

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



INFORME TÉCNICO ENFEN

Año 5 N° 07

JULIO de 2019

Programa Presupuestal por Resultados N° 068:

“Reducción de vulnerabilidad y atención de emergencias por desastres”

Producto: Estudios Para la estimación del Riesgo de Desastres

Modelo Operacional: Generación de información y monitoreo del fenómeno El Niño

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

Comisión Multisectorial ENFEN

Presidente:

Vice-Alm. (r) Javier Alfonso Gaviola Tejada

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

Vice-Presidente:

Calm. Jorge Manuel Paz Acosta

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

Dr. Hernando Jhonny Tavera Huarache

Presidente Ejecutivo, Instituto Geofísico del Perú (IGP)

Dr. Ken Takahashi Guevara

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

Ing. Walter Obando Licera

Jefe, Autoridad Nacional del Agua (ANA)

General de Brigada EP Jorge Chávez Cresta

Jefe, Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI)

Valm. (r) Wladimiro Giovannini Y Freire

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

Grupo de Trabajo Científico Técnico

Coordinador Científico Técnico: Dr. Kobi Mosquera Vásquez.

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

DHN: Rina Gabriel, Roberto Chauca, Fernando Allasi.

SENAMHI: Grinia Ávalos, Nelson Quispe y Christian Febre.

IGP: Yamina Silva, Jorge Reupo

ANA: Litzia Cisneros y Jairo Chunga.

INDECI: Jakie Rojas.

CENEPRED: Ena Jaimes.

Año: 5

Redacción del informe: Grupo de Trabajo Científico Técnico ENFEN

Edición y Producción: Luis Pizarro (Secretaría Técnica ENFEN)

Diseño de carátula: IMARPE

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

Este documento se puede citar como:

Comisión Multisectorial Encargada del Estudio Nacional del Fenómeno El Niño (ENFEN) 2019.

Informe Técnico ENFEN. Año 5, N° 07, julio de 2019, **80 p.**

El Informe Técnico ENFEN de julio 2019 y los informes previos están disponibles en la World Wide Web de las páginas electrónicas de las instituciones que conforman la Comisión. De tener inconveniente para acceder al informe, contacte a la Secretaría Técnica ENFEN a la dirección electrónica: st_enfen@imarpe.gob.pe.

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, julio 2019

PRESENTACIÓN

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



Han transcurrido casi cuatro décadas desde que el Estado peruano estableciera el Comité Multisectorial encargado del Estudio Nacional del Fenómeno El Niño (ENFEN). Durante este tiempo, el Comité ha monitoreado, vigilado, analizado y alertado sobre las anomalías del océano y la atmósfera con el fin de prevenir y mitigar los impactos de El Niño en el Perú. Estas acciones se realizan de forma sinérgica, coordinada. En mayo de 2017 se recompone el Comité y adquiere la denominación de Comisión Multisectorial encargada del Estudio Nacional del Fenómeno El Niño, conformada por el Instituto del Mar del Perú IMARPE (Preside de la Comisión), el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI), la Dirección de Hidrografía y Navegación (DHN), el Instituto Geofísico del Perú (IGP), la Autoridad Nacional del Agua (ANA), el Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI) y el Centro Nacional de Estimación, Prevención y de Reducción del Riesgo de Desastres (CENEPRED).

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

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

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

Figuras:

3.1.1.1	a) Índice de Oscilación del Sur (IOS). b) Índice de Oscilación del Sur Ecuatorial (IOS-Eq). Ambas series de tiempo son medias móviles de tres meses obtenidas del <i>reanalysis</i> CDAS.	32
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 julio de 2019. Datos: CFS y NCEP. Procesamiento: NOAA/SENAMHI	33
3.1.1.3.	Radiación de Onda Larga – OLR (W/m^2), desde el mes de enero de 2017 hasta el 10 de agosto de 2019, en el Pacífico central-oriental en: a) $170^{\circ}W-140^{\circ}W$, $5^{\circ}S-5^{\circ}N$ y b) $170^{\circ}W-100^{\circ}W$, $5^{\circ}S-5^{\circ}N$. Datos: ESRL/NOAA. Procesamiento: IGP.	34
3.1.1.4.	Configuración atmosférica en niveles altos (300 - 200 hPa) para el mes de julio de 2019: a) Promedio del viento total (m/s, vectores) y geopotencial (m _g p, contornos) junto a anomalías estandarizadas de la velocidad total del viento (matrices de colores cada $\pm 0,5 \sigma$), b) Anomalías del campo de viento (m/s, vectores) y anomalías estandarizadas de la componente zonal del viento (matrices de colores cada $\pm 0,5 \sigma$). En ambos gráficos los vectores gruesos indican vientos anómalos con desviación estándar mayor a 1 ($\sigma > 1$). Fuente: SPC/SENAMHI.	35
3.1.1.5.	Configuración atmosférica en niveles bajos (1000 - 850 hPa) para el mes de julio de 2019: a) Promedio del viento total (m/s, vectores) y geopotencial (m _g p, contornos) junto a anomalías estandarizadas de la velocidad total del viento (matrices de colores cada $\pm 0,5 \sigma$), b) Anomalías del campo de viento (m/s, vectores) y anomalías estandarizadas de la componente zonal del viento (matrices de colores cada $\pm 0,5 \sigma$). En ambos gráficos los vectores gruesos indican vientos anómalos con desviación estándar mayor a 1 ($\sigma > 1$). Fuente: SPC/SENAMHI.	36
3.1.1.6.	Secciones verticales de la circulación atmosférica ecuatorial (Walker), de este a oeste, para el mes de julio de 2019. (a) patrón promedio, (b) patrón climatológico y (c) patrón anómalo. Fuente: SPC/SENAMHI.	37
3.1.1.7.	Diagrama longitud-tiempo de la anomalía del esfuerzo de viento zonal ecuatorial basado en datos del producto WINDSAT. Elaboración: IGP.	38
3.1.1.8	a) Anomalía promedio de la TSM para junio (arriba) y julio (abajo) de 2019. Fuente: OSTIA, Gráfico: DHN. b) Series de tiempo de las anomalías semanales de la TSM en las regiones Niño, desde setiembre de 2018 a julio de 2019. Fuente: AVHRR NCEP/NOAA.	39
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.	40
3.1.2.1.	Diagramas longitud-profundidad de la temperatura del mar (a) y su anomalías (b) en el océano Pacífico ecuatorial (promediados entre $2^{\circ}N$ y $2^{\circ}S$) para los días, de izquierda a derecha y de arriba abajo, 5, 10, 15, 20, 25 y 30 de julio de 2019. Fuente: TAO/TRITON, PMEL/NOAA.	41
3.1.2.2.	Diagrama longitud-tiempo de la profundidad de la isoterma de $20^{\circ}C$ (m) promediado entre $2^{\circ}N$ y $2^{\circ}S$, desde enero a julio de 2019, tanto para su valor total (a) como para su anomalía (b). Fuente: Global Tropical Moored Buoy Array Program office, NOAA/PMEL	42
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 $2^{\circ}N$ y $2^{\circ}S$; y b) del contenido de calor en la región ecuatorial. Estas series de tiempo se obtuvieron usando datos de las boyas TAO entre $2^{\circ}N$ y $2^{\circ}S$. Elaboración: IGP.	43
3.1.2.4	Campos de la anomalía del nivel del mar en el Pacífico tropical del 07, 12, 27 de julio y 01 de agosto de 2019. Climatología 1981–2010. Fuente: GODAS.	44
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.	45
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 $20^{\circ}C$ calculado de los datos de TAO y derivados de ARGO, (b) diagrama de la onda Kelvin y Rossby (c), diagrama de la onda Kelvin (d) y finalmente diagrama de la onda Rossby, calculada con el modelo LOM-IGP (forzado por WINSAT, y $\tau=0$ para el pronóstico). Las líneas diagonales representan la trayectoria de una onda Kelvin si tuviera una velocidad de 2,6 m/s. Elaboración: IGP.	46

3.2.1.1.	Análisis de superficie para el mes de julio de 2019. Arriba: Promedio del campo de presión reducida a nivel del mar (PRMSL, hPa) y vientos entre 1000 - 975 hPa (contornos rojos >8 m/s), vectores gruesos representan velocidad estandarizadas, ($\sigma > 1$). Abajo: Anomalías del campo de viento (m/s) y PRMSL (hPa, contornos), las matices en colores representan valores estandarizados de la PRMSL cada $\pm 1 \sigma$, vectores gruesos indican velocidades anómalas del viento total, $\sigma > 1$. Fuente: SPC/SENAMHI.	47
3.2.1.2	Mapas de la velocidad del viento frente a la costa peruana durante el mes de julio de 2019 (Fuente: Satélite ASCAT y productos del modelo GFS (ASCAT disponible hasta el 03 de marzo de 2019 por lo cual la información fue completada con el producto del modelo GFS, previa validación de acuerdo a Correa et al. 2016). Procesamiento: Laboratorio de Hidro-Física Marina, IMARPE). Actualizada hasta el 30/07/2019.	48
3.2.1.3	Mapas de la anomalía de la velocidad del viento frente a la costa peruana, durante el mes de julio de 2019 (Fuente: Satélite ASCAT y productos del modelo GFS, Procesamiento: Laboratorio de Hidro-Física Marina, IMARPE). Actualizada hasta el 30/07/2019.	49
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 05/08/2019.	50
3.2.1.5.	Diagrama Hovmöller de la anomalía del viento a lo largo de la costa peruana meses (Fuente: Satélite ASCAT, Procesamiento: Laboratorio de Hidro-Física Marina, IMARPE). Actualizada hasta el 05/08/2019.	50
3.2.1.6	Diagrama de Hovmöller del Índice de Afloramiento Costero ($m^3 s^{-1} 100m$), calculado a partir del viento satelital ASCAT y productos del modelo GFS a 40 km frente a la costa del Perú. Los contornos señalan la persistencia del afloramiento bajo condiciones de velocidad a $4 m s^{-1}$ durante 5 días o más. Fuente: Satélite ASCAT, Procesamiento: Laboratorio de Hidro-Física Marina, IMARPE. Actualizada hasta el 05/08/2019.	50
3.2.2.1.	Anomalías de las temperaturas extremas del aire (Tmax y Tmin) para estaciones costeras a lo largo del litoral del Perú distribuidas desde el norte hacia el sur. Fuente: SPC/SENAMHI.	51
3.2.3.1	Anomalías termo-pluviométricas a nivel nacional para el mes de julio de 2019. Las anomalías porcentuales de la precipitación, temperatura máxima, y temperatura mínima se muestran en el panel de la izquierda, el centro y la derecha, respectivamente. Fuente: SPC/SENAMHI.	52
3.2.3.2	Caudales diarios (m^3/s) de los principales ríos del norte del Perú: Tumbes (panel superior), Piura (panel central) y Lambayeque (panel inferior), hasta los primeros días de agosto de 2019. Las líneas azules indican caudales de los años 2018-2019, rojas: Promedio histórico; celeste: promedio de años húmedos y líneas grises: promedio de años secos. Fuente datos: SENAMHI/ Procesamiento: ANA	53
3.2.3.3	Igual que la figura 3.2.3.2 pero para los principales ríos del centro del Perú: Santa (panel superior), Chillón (panel central) y Rímac (panel inferior).	54
3.2.3.4	Igual que la figura 3.2.3.2 pero para los principales ríos del sur del Perú: Camaná (panel superior) y Chili (panel inferior).	55
3.2.4.1.	TSM promedio para julio de 2019 (a) y su anomalía (b), frente a la costa peruana y ecuatoriana. Climatología 1981 – 2009 (Pathfinder V5). Fuente Datos OSTIA. Procesamiento y gráfico: DIHIDRONAV.	56
3.2.4.2.	Diagrama Hovmöller de las anomalías de la TSM en el litoral de Perú. Desde marzo hasta julio de 2019. Climatología 1981 – 2010 DIHIDRONAV Fuente: DIHIDRONAV.	57
3.2.4.3.	Serie de tiempo de las anomalías de la TSM ($^{\circ}C$) diaria en la red de estaciones costeras del IMARPE durante el último trimestre. Datos y procesamiento: IMARPE.	57
3.2.4.4	Variabilidad temporal ICEN para los años 1971-1973 (verde), 1981-1983 (rojo), 1996-1998 (azul), 2013-2015 (anaranjado), 2015-2017 (morado), y 2017-2019 (negro).Fuente: IGP.	58
3.2.4.5	Distribución espacial de la salinidad superficial del mar (SSM), durante los días (de izquierda a derecha y de arriba a abajo) 05, 10, 15, 20, 25 y 31 de mayo de 2019. Fuente: HYCOM, Procesamiento: DGIICC-IMARPE.	59
3.2.4.6	Anomalía centrada del nivel del mar a lo largo de la franja ecuatorial (figura superior izquierda) y a lo largo de la costa peruana (figura inferior izquierda). A la derecha se muestra el promedio de los últimos 365 días en la franja ecuatorial (superior) y a lo largo de la costa (inferior), que fueron sustraídos a las figuras de la izquierda, respectivamente. Las unidades están centímetros.	60
3.2.4.7	Diagrama Hovmöller de las anomalías del nivel medio del mar en el litoral de Perú. De abril a agosto de 2019. Climatología 1981 – 2010 DIHIDRONAV Fuente: DIHIDRONAV.	60
3.2.4.8	Anomalía de altura del nivel medio del mar (cm) y corrientes geostróficas cada cinco días para el mes de julio de 2019. Fuente: CMEMS, Procesamiento: IMARPE.	61

3.2.4.9	Variación temporal de la ANMM, dentro de las 60 mn de la costa y en la zona de Galápagos, durante un año hasta el 31 de julio de 2019. Fuente: CMEMS, Procesamiento: IMARPE.	62
3.2.5.1	Diagrama Hovmöller de a) TSM, b) ATSM, c) SSM, d) profundidad de la isoterma de 15°C (m) y e) Profundidad de la iso-oxigena de 1 mL.L ⁻¹ (m) de las secciones verticales frente a Paita, registrado desde enero de 2015 hasta julio de 2019	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 24 y 25 de julio de 2019. Fuente: IMARPE.	63
3.2.5.3	Diagrama Hovmöller de a) TSM, b) ATSM, c) SSM, d) profundidad de la isoterma de 15 °C (m) y e) Profundidad de la iso-oxigena de 1 mL.L ⁻¹ (m) de las secciones verticales frente a Chicama, registrado desde enero de 2015 hasta julio de 2019	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 20-21 de julio de 2019. Fuente: IMARPE	64
3.2.5.5	Serie de tiempo, de enero de 2018 a julio de 2019, de la estructura térmica vertical (°C) en las estaciones fijas de: Paita, Chicama, Callao, Atico e Ilo.	65
3.2.5.6	Serie de tiempo, de enero de 2018 a julio de 2019, de la anomalía térmica vertical (°C) en las Estaciones Fijas de: Paita, Chicama y Callao.	66
3.2.5.7	Serie de tiempo, de enero de 2018 a julio de 2019, de la salinidad del agua de mar (ups) en los Estaciones Fijas de Paita, Chicama, Callao, Atico e Ilo.	67
3.2.5.8	Serie de tiempo, de enero de 2018 a julio de 2019, de la concentración de oxígeno disuelto (mL.L ⁻¹) en las Estaciones Fijas de Paita, Chicama, Callao, Atico e Ilo.	68
3.2.5.9	(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.	69
3.2.6.1.	Concentración de silicatos en $\mu\text{mol L}^{-1}$ en las Estaciones Fijas, de arriba a abajo, Paita, Chicama, Callao e Ilo de IMARPE entre enero 2018 a julio 2019.	70
3.2.6.2	Concentración de nitratos en $\mu\text{mol L}^{-1}$ en las Estaciones Fijas, de arriba a abajo, Paita, Chicama, Callao e Ilo de IMARPE entre enero 2018 a julio 2019.	71
3.2.6.3	Concentración de fosfatos en $\mu\text{mol L}^{-1}$ en las Estaciones Fijas, de arriba a abajo, Paita, Chicama, Callao e Ilo de IMARPE entre enero 2018 a julio 2019.	72
3.2.6.4	Mapa de la concentración de la clorofila-a (a) y su anomalía (b) obtenida del satélite MODIS-AQUA, VIIRS-SNPP durante julio de 2019. Número de días con nubes en (c). Serie de tiempo (d) para 4 °S-16 °S y dentro de los 100 km de la costa, de las concentraciones de clorofila-a satelital (línea negra) y su climatología (línea verde) proveniente de MODIS (en $\mu\text{g L}^{-1}$); y (e) Diagrama Hovmöller de las anomalías de clorofila-a con respecto a la latitud.	73
3.2.7.2	Distribución de peces incidentales en la pesca de anchoveta durante julio 2019, a) Jurel y b) Caballa. Fuente: PBP/ADPERP/DGIRP/IMARPE.	74
3.2.7.3	a) Anomalía de la TSM (°C) en Chicama. Indicadores reproductivos: b) Índice Gonadosomático (IGS), c) Fracción Desovante (FD) y d) contenido graso del stock norte – centro del recurso anchoveta. Serie mensual: julio 2017 – julio 2019. Fuente: LBR/AFIRNP/DGIRP/IMARPE.	75
4.1.1	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.	76
4.1.2	Índice Niño 3.4 mensual observado (línea negra continua) y pronosticado por los modelos de NMME. Los pronósticos de los modelos numéricos son indicados con líneas de distinto color mientras que el promedio de estos se grafica con una línea negra entrecortada. Fuente: CPC/NCEP/NOAA.	77
4.1.3	Índice Costero El Niño (ICEN, línea negra con círculos y triángulos llenos) y su valor temporal (ICENtmp, línea roja con círculo y triángulo lleno). Además, pronósticos numéricos del ICEN (media móvil de 3 meses de las anomalías pronosticadas de la TSM en Niño 1+2) por diferentes modelos climáticos. Los pronósticos de los modelos CFSv2, CMC1, CMC2, GFDL, NASA, GFDL_FLOR y NCAR_CCSM4 tiene como condición inicial del mes de agosto de 2019. Fuente: IGP, NOAA, proyecto NMME.	77
4.2.1	Pronóstico probabilístico de la temperatura superficial del mar (calibrados) para setiembre-noviembre de 2019 de los modelos de NMME inicializados en agosto de 2019. Fuente: NMME	78

4.2.2	Pronóstico probabilístico de precipitación (calibrados) para el trimestre setiembre-noviembre de 2019 por modelos de NMME, inicializado en agosto de 2019. Fuente: NMME	78
-------	---	----

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 setiembre de 2018 a junio de 2019, así como sus valores temporales para julio y agosto de 2019. Fuente IGP.	79
Tabla 3.2.4.2.	Anomalías mensuales de la temperatura superficial del mar (°C) y del nivel medio del mar (cm) en el periodo que va de abril a julio de 2019. Fuente: Estaciones costeras – DHN.	80
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).	81
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)	81
Tabla 4.2.3	Probabilidades estimadas de las magnitudes de El Niño – La Niña en el Pacífico central en el verano diciembre 2019 – marzo 2020.	82
Tabla 4.2.4	Probabilidades estimadas de las magnitudes de El Niño – La Niña en el Pacífico oriental en el verano diciembre 2019 – marzo 2020.	82

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

RESUMEN

1. INTRODUCCIÓN.....	12
2. DATOS	12
2.1. Variables.....	12
2.2. Índices.....	12
2.3. Modelo de Pronóstico	12
3. CONDICIONES OBSERVADAS EN JULIO	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	16
3.2. Condiciones a Escala Regional	17
3.2.1. Circulación atmosférica en el Pacífico Suroriental.....	17
3.2.2. Temperatura del Aire	18
3.2.3. Precipitaciones e hidrología en la vertiente del Pacífico	18
3.2.4. Temperatura superficial del mar y nivel medio del mar.	18
3.2.5. Condiciones oceanográficas sub-superficiales frente al litoral peruano	20
3.2.6. Nutrientes y Productividad en la costa peruana	22
3.2.7. Recursos Pesqueros e indicadores biológicos.....	23
4. PRONÓSTICO.....	25
4.1. A corto plazo (semanas)	25
4.2. A largo plazo (más de 3 meses).....	25
5. CONCLUSIONES.....	26
6. REFERENCIAS.....	30
7. FIGURAS.....	30

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 al mes de julio de 2019.

En el Pacífico ecuatorial central (región Niño 3.4); según el Índice Oceánico el Niño (ONI, por sus siglas en inglés), se mantienen las condiciones El Niño de magnitud débil. En el campo de los vientos, tanto en niveles bajos como altos, se observó valores por debajo de lo normal junto a una predominancia de la componente meridional sobre la región oriental. Desde julio hasta los primeros días de agosto se ha observado el arribo de ondas Kelvin oceánicas a la costa sudamericana: una cálida a inicios de julio y otra fría a fines de julio e inicios de agosto. Adicionalmente, existe una onda Kelvin cálida, no tan intensa y localizada actualmente en 120°W, que se está acercando al continente americano. Un nuevo pulso de viento del este en el Pacífico central sería favorable en la generación de una nueva onda Kelvin fría.

En la región oriental, la anomalía de la temperatura superficial del mar indicó valores negativos, aunque dentro de su rango normal. Como consecuencia de esto, el Índice Costero El Niño (ICEN) de junio y el estimado para julio mantienen una condición neutra.

Por otro lado, la aproximación anómala de la región noreste del Anticiclón del Pacífico Sur (APS) hacia el borde continental sostuvo mayormente el comportamiento del viento costero, lo cual mantuvo las temperaturas extremas del aire por debajo de sus rangos normales durante la última quincena del mes, principalmente en la costa central y sur.

La temperatura superficial del mar en el litoral peruano mostró un comportamiento fluctuante durante el mes de julio debido al paso tanto de la onda Kelvin cálida como la fría. El nivel medio del mar mostró anomalías positivas en la zona norte y centro durante las dos primeras semanas del mes; sin embargo, este panorama cambió luego del paso de la onda fría y la intensificación de los vientos, los cuales redujeron el nivel medio del mar y la temperatura subsuperficial por debajo de sus valores climatológicos. A 10 millas de la costa, en la primera semana de agosto, la columna de agua hasta los 100 m de profundidad registró una condición neutra a excepción de un pequeño núcleo frío sobre los 10 m de profundidad, en cambio, frente a Chicama y Callao, se registraron condiciones frías principalmente sobre los 40 m de profundidad. Respecto a la salinidad, estas indicaron aguas de mezcla al norte de Chicama y aguas propias del afloramiento en Callao, Atico e Ilo.

La concentración de la clorofila-a en la capa superficial presentó un comportamiento acorde al patrón histórico para el invierno. Resaltando núcleos con relativos valores altos ($> 3 \text{ mg.m}^{-3}$) frente a San Juan y Atico.

En la región norte-centro, la anchoveta continuó presentando una distribución dentro de las 30 millas de la costa, desde el sur de Paita a Huarmey. Los indicadores reproductivos muestran el inicio de los procesos de maduración y desove gonadal, de acuerdo con el patrón histórico. Las especies transzonales como el jurel y caballa se presentaron entre Chicama y Pisco, fuera de las 20 millas náuticas.

Perspectiva

Frente a la costa peruana, se mantiene el Estado de Alerta de El Niño en No Activo, debido a que se observan en promedio condiciones neutras en la temperatura superficial del mar frente a la costa peruana y considera más probable que estas se mantengan hasta fin de año.

De mantenerse las condiciones El Niño en el océano Pacífico central hasta el invierno, el ENFEN no descarta el desarrollo de episodios cálidos en la costa peruana en los próximos meses, sin embargo, estas condiciones no generarían precipitaciones debido a su estacionalidad

Para el próximo verano, en el Pacífico ecuatorial central (región Niño 3.4) son más probables las condiciones Neutras (64 %), seguidas de condiciones El Niño débil (18 %); en tanto que, para el Pacífico oriental (región Niño 1+2, que incluye la costa peruana) son más probables las condiciones Neutras (64 %), seguidas de condiciones El Niño débil (21 %).

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 "reanalysis" 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 costeras	Estaciones costeras??	Estaciones fijas	Secciones verticales	Cruceiros	Boyas TAO/TRITON	ARGO	Programa Bitácoras de Pesca	Seguimiento de Pesquerías	Muestras de puertos	TRMM-3B42	ESRL/NOAA	Reanálisis NCEP/NOAA	ASCAT	AVHRR (Daily OI SSTV2-NOAA)	OSTIA	JASON-2		AVISO	MODIS	HYCOM	
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						IGP	
	Nivel medio del Mar	X																X	X		DHN		
																	X				IMARPE		
	Salinidad				X			X												X	DHN		
Biogeoquímicas	Oxígeno y Nutrientes			X	X	X								X							IMARPE		
				X	X	X																IMARPE	
	Clorofila		X		X	X														X	IMARPE		
Pesqueras	Desembarques índices reproductivos Indicadores de masas de agua del plancton Distribución de especies incidentales							X	X											X	IMARPE, Climatología: 2002-2014		
										X												IMARPE	
											X												IMARPE
									X	X	X												IMARPE
VARIABLES HIDROLÓGICAS																							
	Caudal de ríos			X																	ANA/SENAMHI		
	Capacidad Hidráulica de reservorios			X																	ANA		

3. CONDICIONES OBSERVADAS EN JULIO

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 ecuatorial (IOSeq), registrado en el mes de julio muestra valores ligeramente negativos, muy cercanos a su valor climatológico con una tendencia a su normalización. El índice de Oscilación del Sur (IOS) también presentó las mismas condiciones pero con una ligera tendencia a seguir decreciendo (Figura 3.1.1.1).

La oscilación Madden Julian (MJO, por sus siglas en inglés) permaneció débil y fluctuó entre el oeste de África y el Océano Índico, donde se presentó una señal más lenta en los últimos 15 días. En el Pacífico ecuatorial, la proyección de la MJO sobre los campos de vientos zonales, la convección y velocidad potencial disminuyó rápidamente hacia la segunda semana del mes, debido a la interferencia de ondas Kelvin atmosféricas propagadas sobre la región oriental desde la quincena del mes, mientras que las ondas Rossby mantuvieron condiciones favorables para la sucesión de ciclones tropicales de la región occidental (Figura 3.1.1.2). La información de OLR en la región del Pacífico Central y Oriental continúa indicando valores alrededor de su climatología, tal como se pueden apreciar en Figura 3.1.1.3.

En niveles altos de la atmosfera (300-200 hPa), en promedio se observó la predominancia de flujos del Este justo al norte de la línea ecuatorial con un patrón débil en la región oriental del Pacífico, donde se resaltó la componente meridional de viento asociado a un patrón de dipolo de la circulación anómala del viento frente a la costa oeste de Sudamérica (Figura 3.1.1.4). Por otro lado, sobre la región del Atlántico ecuatorial oriental, dominaron los flujos zonales del oeste representándose con intensas anomalías del Este; originados como respuesta a la subsidencia de esta región. De lo anterior, sobre Sudamérica, el patrón de la dorsal Sudamericana, característico de invierno, se intensificó significativamente hacia la vertiente del Pacífico, relacionado con la proyección norte de la Corriente en Chorro al este de 150 °W.

En niveles bajos de la atmósfera (Figura 3.1.1.5), los vientos alisios a lo largo de la línea ecuatorial en el océano Pacífico se mantuvieron, en promedio, ligeramente menos intensos que lo habitual, presentándose anomalías justo al sur de la región oriental, las que estarían asociadas a la intensificación de los alisios del sureste, manifestándose incluso frente a la costa de Perú. Cabe resaltar que se observó la influencia externa a las anomalías del trópico tras la intensificación norte del giro anticiclónico asociada al Anticiclón del Pacífico Sur. Con ello, frente a la costa noroeste del Perú, se evidenciaron anomalías de vientos de componente noroeste, producto de la aceleración parcial del giro subtropical de NASH (North Atlantic Subtropical High) hacia Centro América.

En asociación con la estructura vertical de Walker (Figura 3.1.1.6), la convección (subsidencia) al oeste (este) de 180° continúa debilitada, observándose un patrón intenso de descensos (ascensos) de masas de aire anómalos. Sobre el Pacífico ecuatorial, los flujos zonales se presentaron mayormente alrededor de su patrón promedio, con excepción de la región al este de 120°W donde los flujos zonales del oeste se mantuvieron débiles respecto a lo habitual. Para otras regiones del trópico, la convección sobre el norte de Sudamérica y Atlántico tropical continuó debajo de lo habitual.

Durante el mes de julio, según la información de TAO, se desarrolló un pulso de viento del oeste al oeste de 150 °E y desde inicios de agosto se viene desarrollando un pulso del este entre la línea de cambio de fecha y 140 °W. Este pulso de viento del este también se observa en el producto WindSAT y en el reanalysis de NCEP (Figura 3.1.1.7).

En el océano Pacífico ecuatorial, la anomalía positiva de la temperatura superficial del mar disminuyó en extensión, en particular al este de los 140 °W. En la región occidental, al oeste de 170 °W, la anomalía ecuatorial (+1 °C) se extendió hasta latitudes mayores; por otro lado, en la región oriental, al este de los 110 °W, y en latitudes negativas, la anomalía disminuyó hasta tomar valores negativos. (Figura 3.1.1.8 a).

Por regiones Niño en la franja ecuatorial, el promedio mensual para la anomalía de temperatura superficial del mar fue de +0,9 °C en la región Niño 4, de +0,4 °C en la región Niño 3.4 y de +0.1 °C en la región Niño 3; mientras que en la región Niño 1+2, la anomalía continuó ligeramente por debajo de cero (-0,3 °C) . (Figura 3.1.1.8 b).

El índice ONI (Oceanic Niño Index en inglés) del Pacífico central (Niño 3.4), desde octubre hasta junio de 2019 se mantiene en condiciones cálidas débiles, el ONI de junio le corresponde el valor 0,54 °C. Este último valor sigue la tendencia a decrecer mostrada desde el mes de marzo, siendo 0,12 °C menor que el ONI del mes de mayo (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 central-oriental muestran, a lo largo de todo el mes, aguas frías anómalas hasta los 150 m de profundidad, alcanzando valores de hasta -3 °C alrededor de 140 °W, lo cual se estaría propagando hasta el extremo oriental. De igual modo, en el extremo occidental del Pacífico ecuatorial, por debajo de la columna de agua se observó la persistencia del núcleo cálido observado a finales del mes anterior, el cual se vendría desplazando lentamente hacia el este, encontrándose actualmente alrededor de 160 °W (Figura 3.1.2.1).

Además, los datos de las boyas muestran la elevación de la isoterma de 20 °C desde comienzos de junio, persistiendo a lo largo del mes, entre 170 °W y 150 °W. Sin embargo, este comportamiento anómalo no influenció sobre las condiciones presentadas desde el mes anterior, donde encontramos una termoclina somera en el extremo occidental y central-oriental, posiblemente asociado a la generación y propagación de ondas Kelvin frías, respectivamente. A su vez, la zona del Pacífico oriental mantiene una termoclina anómalamente profunda, similar a lo observado durante junio (Figura 3.1.2.2 y Figura 3.1.2.3. a). Durante la última semana del mes de junio se observó una tendencia al incremento del contenido de calor ecuatorial, la cual se mantuvo, en promedio, durante el mes de julio. Este incremento se detuvo a comienzos del mes debido a la persistencia de anomalías negativas asociadas a la propagación de la onda Kelvin fría, sin embargo, la aparición del núcleo cálido en la zona central y la persistencia de condiciones cálidas en la región oriental continuaron la tendencia al incremento, encontrándose actualmente con valores ligeramente por encima de su valor estacional (Figura 3.1.2.3 b).

El nivel del mar en el Pacífico ecuatorial occidental mostró un incremento anómalo a lo largo del mes, ubicándose durante la última semana del mes en los 140 °W; mientras que lo opuesto fue observado en el extremo oriental, donde anomalías negativas fueron observadas en el mismo periodo (Figura 3.1.2.4)

La información de altimetría del producto DUACS (Figura 3.1.2.5) y los resultados de los modelos numéricos (Figura 3.1.2.6) indican la propagación de la onda Kelvin fría a lo largo del mes de julio, así como la generación de un nuevo pulso positivo el cual se encontraría por 120 °W, aunque con poca intensidad.

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) continúa mostrando valores negativos hacia la región occidental; mientras que, al norte de la línea ecuatorial oriental, se evidenciaron cambios significativos de los valores positivos del campo de presión. Cabe resaltar el dominio de los valores positivos de la presión en latitudes subtropicales para el hemisferio sur, los cuales sostuvieron la intensificación de la componente sureste de los flujos alisios hacia el Ecuador. En particular, el Anticiclón del Pacífico Sur (APS) mostró una configuración zonal con una proyección anómala significativa al norte de lo habitual con una intensidad atípica de hasta +3 hPa en su núcleo, el cual alcanzó a superar los 1026 hPa durante el mes. Esta aproximación hacia la costa sur del Perú contribuyó en la intensificación de los vientos costeros a lo largo de costa, principalmente frente a la costa central y sur y reduciéndose hacia el extremo norte.

El viento frente a la costa peruana, procedente del proyecto COPERNICUS corregido en base a información del satélite ASCAT (Correa et al., 2016), mantuvo velocidades de 4,0 m s⁻¹ a 9,0 m s⁻¹ durante casi todo el mes. En la zona oceánica, el viento varió entre 5,0 m s⁻¹ y 8,0 m s⁻¹, con máximos valores durante la segunda quincena del mes (Figura 3.2.1.2). A lo largo de la costa entre Chicama y Pisco la velocidad del viento presentó predominancia de anomalías negativas. Durante la segunda quincena y mar adentro, se presentaron anomalías positivas de velocidad de viento frente a Pisco y San Juan. Asimismo, dentro de la última semana a lo largo de la costa la velocidad del viento presentó anomalías negativas (-1,0 m s⁻¹) y positivas (1 m s⁻¹), respectivamente. Sin embargo, anomalías negativas entre Pisco y Callao se mantuvieron durante todo el mes (Figura 3.2.1.3).

A lo largo de la franja costera de 40 km se presentaron vientos con velocidades entre 3,0 m s⁻¹ y 8,0 m s⁻¹ (Figura 3.2.1.4), con tendencia a aumentar conforme a su estacionalidad. Durante las tres primeras semanas del mes, predominaron las anomalías negativas y neutras a lo largo del litoral; sin embargo, durante la última semana se presentaron anomalías positivas con un núcleo intenso alrededor de los 15 °S (Figura 3.2.1.5).

El afloramiento costero, estimado a partir del esfuerzo de viento, persistió durante todo el mes entre Talara y San Juan, con excepción de la zona entre Huacho y Pisco. Frente a Talara y Paita el índice de afloramiento (IAC) estuvo entre 400 m³ s⁻¹ 100m⁻¹ y 500 m³ s⁻¹ 100m⁻¹. Entre los 5 °S y los 13 °S, el IAC presentó valores por debajo de 200 m³ s⁻¹ 100m⁻¹. Frente a Pisco y San Juan el IAC mostró valores ligeramente superiores al mes anterior (250 m³ s⁻¹ 100m⁻¹) (Figura 3.2.1.6).

3.2.2. Temperatura del Aire

A nivel nacional, en el mes de julio, las temperaturas máximas, se registraron anomalías positivas sobre Tumbes y Piura, así como, la sierra sur; para el resto del país se observaron condiciones alrededor de lo normal. Respecto de las temperaturas mínimas, las anomalías positivas se mantuvieron dispersas con anomalías intensas en Cajamarca y Amazonas, y parcialmente en la sierra sur occidental. En la costa, las temperaturas nocturnas se presentaron alrededor de lo normal, con excepción de Ica, donde predominaron condiciones cálidas.

Con respecto a la región costera del país, las temperaturas diurnas del aire se mostraron anómalamente cálidas en Piura y Tumbes (Figura 3.2.2.1a), para el resto de la costa predominaron condiciones frías; mientras que, las temperaturas nocturnas mostraron cálidas al sur de Huarmey y extremo norte, no así, en Piura y Lambayeque (Figura 3.2.2.1b).

3.2.3. Precipitaciones e hidrología en la vertiente del Pacífico

En el mes de julio (Figura 3.2.3.1) se observaron anomalías positivas de precipitación sobre gran parte de la vertiente oriental de los Andes y selva norte del país. Hacia la vertiente occidental de los Andes, las cuencas altas de Cajamarca, Piura, La Libertad y Ancash, el acumulado mensual de la lluvia alcanzaron anomalías positivas superiores al 100 %. Así también, debido al incremento de las lloviznas registradas sobre Lima, los acumulados mostraron altas anomalías positivas, situación similar a la encontrada en la región sur de Arequipa y el extremo sur del país.

Los ríos de la costa norte, (ríos Tumbes, Piura y Lambayeque), en promedio, mostraron caudales similares a su promedio histórico (Figura 3.2.3.2). Los ríos de la costa central (Santa, Chillón y Rímac) mostraron caudales similares a su promedio histórico, (Figura 3.2.3.3). Finalmente, en la costa sur los ríos Pisco, Huancané y Chili, también mostraron caudales similares a su promedio histórico (Figura 3.2.3.4).

Las reservas hídricas de los principales embalses de la costa norte y sur vienen operando al 93 % y 67 % de su capacidad de almacenamiento respectivamente. En promedio a nivel nacional las reservas se encuentran al 75 %.

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

En la región Niño 1+2, que incluye la zona norte del mar de Perú, la temperatura varió de 18 °C en la zona más adyacente a la costa de Sudamérica a 22 °C en la zona más oceánica, con un contraste entre las zonas al norte y sur de 1°S, mostrando valores de hasta 24 °C al norte. Las anomalías sobre esta región presentaron una predominancia de valores negativos, manifestándose julio como un mes ligeramente frío dentro de la región con anomalías de -0,5 °C a -1 °C. (Figura 3.2.4.1b).

En el mar del Perú, la temperatura disminuyó 1 °C en promedio comparado con el mes anterior, principalmente en la zona centro y sur. Asimismo, por dentro de las 50 millas náuticas de la zona centro, entre 8 °S y 12 °S, las temperaturas se mantuvieron, en promedio, alrededor de los 17 °C (Figura 3.2.4.1a), lo cual representa valores alrededor del promedio climatológico. Por otro lado, en la zona sur las condiciones se mantuvieron frías dentro de las 100 millas náuticas con la presencia de un núcleo de anomalía positiva de 0,5 °C, mientras que, en la zona norte se presenciaron variaciones positivas con respecto a la media entre 3 °C y 5 °C. (Figura 3.2.4.1b).

A lo largo del litoral del Perú, la ATSM cambió de condiciones ligeramente cálidas, presentadas en el mes anterior, a condiciones normales de norte a sur, con presencia de ligeras anomalías alrededor de -0,5 °C en la zona norte (Figura 3.2.4.2 y Tabla 3.2.4.2).

La TSM registrada en los laboratorios costeros del IMARPE, continuó disminuyendo en el valor de promedio mensual a lo largo de toda la costa. Las anomalías promedio en la mayoría de las estaciones fue negativa excepto en Tumbes. La TSM mensual varió entre 15,2 °C (Ilo) y 26,2 °C (Tumbes), mientras que las anomalías variaron entre -1,5 °C (San José) y +1,1 °C (Tumbes)

A nivel diario, predominaron durante todo el mes anomalías negativas de TSM desde Ilo a Paita y positivas en Tumbes. Las anomalías de mayor intensidad se presentaron en San José, Huanchaco y Huacho con valores negativos que alcanzaron hasta -2 °C y en Tumbes con valores positivos por encima de +1,5 °C (Figura 3.2.4.3).

El índice LABCOS (Quispe & Vásquez, 2016) presentó un valor de -0,14 °C para el trimestre MJJ del 2019 y un valor mensual de julio de -0,29 °C, siendo menor al valor observado durante junio de 2019 (+0,08 °C)

Con los datos de TSM hasta el mes de julio se estimó el Índice Costero El Niño (ICEN) para el mes de junio, siendo las fuentes OISSTv2, ERSSTv3 y ERSSTv5 con su respectivo índice -0,33 (condición neutra), -0,21 (condición neutra) y -0,12 (condición neutra). Para los meses más recientes se generaron versiones preliminares y temporales de los ICEN (ICENtmp), se obtienen combinando datos observados para cada fuente OISSTv2, ERSSTv3 y ERSSTv5 con datos pronosticados de NMME, los cuales coinciden en indicar condiciones neutras para los meses de julio y agosto (ver Tabla 3.1.4.1).

Según el modelo HYCOM (HYbrid Coordinate Ocean Model; Chassignet et. al., 2007), en la zona norte las aguas con salinidad menor a 34,8 ups, asociadas a aguas ecuatoriales superficiales (AES), permanecieron frente a Tumbes y a mediados de mes habrían llegado hasta Sechura. Frente a la costa norte las aguas de mezcla con salinidad entre 34,9 a 35,1 ups se presentaron frente a Paita (5°S) y la última semana se habrían expandido hacia el norte hasta los 2 °S. La influencia de las aguas subtropicales superficiales (ASS) continuó frente a la costa central, con valores de salinidad > 35,1 ups presentes dentro de las 10 m.n., aunque los valores >35,3 ups se habrían alejado fuera de las 200 m.n., sugiriendo mezcla con las aguas del afloramiento en la franja costera. Frente a la costa sur las aguas costeras frías del afloramiento (ACF) con salinidad < 35,1 ups se presentaron desde Atico a Callao, y en la última semana se habrían expandido hasta los 10 °S (Huarmey). Las ACF permanecieron frente a Ilo y desde la tercera semana de junio se presentaron dentro de las 10 m.n. desde Pisco hacia el sur; al finalizar el mes se habrían expandido hasta unas 30 m.n. de la costa entre Pisco y San Juan (Figura 3.2.4.5).

Con respecto al nivel medio del mar (NMM), a lo largo de la línea ecuatorial se observó la propagación y llegada de las ondas Kelvin: cálida a inicios del mes, fría entre finales de julio y comienzos de agosto, y la presencia de otra onda cálida en propagación (Figura 3.2.4.6). El paso de la onda Kelvin cálida por el litoral de Perú provocó un aumento de las anomalías a valores por encima de su media estacional durante la primera quincena del mes; sin embargo, la llegada de la onda fría generó la aparición de núcleos fríos entre Callao y Pisco de hasta -12 cm (Figura 3.2.4.7. Tabla 3.2.4.2).

En la costa peruana, la distribución espacial de ANMM mostró diferencias latitudinales. Frente al norte se presentaron valores alrededor de +10 cm que se fueron debilitando hasta mostrar en la última semana valores cercanos a cero frente a Tumbes y Salaverry; mientras que, a lo largo de toda la costa, se observó una expansión de valores menores a +5 cm. Frente a la costa sur permanecieron vórtices de menor extensión, con giro anticiclónico (anti-horario) de +10 cm y vórtices de giro ciclónico (horario; < +5 cm) que tendieron a expandirse hacia zonas oceánicas en la última semana (Figura 3.2.4.8).

En la franja de 60 m.n. adyacente a la costa, y durante la primera quincena del mes, se detectó la propagación de ANMM entre +5 cm y +10 cm. Sin embargo, a mediados de mes, se observó la disminución de las anomalías a valores negativos con un núcleo localizado entre Callao y Chimbote durante la tercera semana del mes para luego concentrarse entre Pisco y Callo, más al sur de su posición inicial (Figura 3.2.4.7). La variación temporal mostró una tendencia descendente casi simultánea en la costa peruana y la zona de Galápagos (Figura 3.2.4.9).

3.2.5. Condiciones oceanográficas sub-superficiales frente al litoral peruano

Por debajo de la superficie del mar, también se manifestaron cambios en la temperatura y salinidad, respecto al mes de abril.

Paita (24-25 de julio)

La TSM presentó valores alrededor de 17 °C en toda la sección frente a Paita; las isotermas de 17 °C, que se encontraban a 30 m.n. a fines de junio, se desplazaron hasta las 20 m.n. Se estimaron anomalías de TSM de -1,0 °C dentro de las 30 m.n. (Figura 3.2.5.1 a, b, Figura 3.2.5.2. a, b). Sobre los 100 m de profundidad, las temperaturas variaron de 15 °C a 17 °C con una débil termoclina. La isoterma de 15 °C se presentó entre los 90 m y 150 m de profundidad, similar al mes de junio (Figura 3.2.5.1 d). Sobre los 50 m se registraron anomalías térmicas negativas de -1,0 °C dentro de las 30 m.n. y a 70 - 100 m.n., y un núcleo de +1,0 °C a 50 - 75 m.n., y debajo de estas hasta los 500 m las condiciones térmicas fueron normales (Figura 3.2.5.2 b).

La salinidad en los primeros 50 m de profundidad sugirió la presencia de aguas de mezcla entre ASS y las aguas costeras frías (ACF) en toda la sección ($S < 35,1$ ups), estando de acuerdo a su comportamiento estacional (Figura 3.2.5.2 c, d). Por otra parte, los datos sugieren la presencia de aguas de mezcla entre ASS y aguas ecuatoriales subsuperficiales (AESS) entre los 50 m y 100 m, y AESS por debajo de estas, ambas conformes al patrón estacional.

La distribución del oxígeno disuelto (OD) mostró que la iso-oxígena de 1,0 mL L⁻¹, asociada a la oxiclina, se observó más superficial de 180 m a 150 m de profundidad en toda la zona costera, respecto a junio (Figuras 3.2.5.1 e y 3.2.5.2 e). El límite superior de la zona de mínima de oxígeno (ZMO; OD < 0,5 mL L⁻¹), se detectó a 170 - 200 m de profundidad en toda la sección. En los primeros 25 metros se estimaron flujos geostroficados hacia el norte con una velocidad de hasta 30 cm s⁻¹, en toda la sección. Asimismo, se estimaron flujos geostroficados hacia el sur entre los 30 m y 450 m a 30 - 100 m.n, con velocidades de hasta 30 cm s⁻¹ (Figura 3.2.5.2 e, f).

Chicama (20 – 21 de julio)

La TSM presentó valores entre 17 °C y 20 °C en toda la sección, con la isoterma de 20 °C a 65 m.n. frente a la costa. Las condiciones térmicas superficiales fueron normales en la zona costera, mientras que por fuera de las 50 m.n. se presentaron anomalías de +1,0 °C, desde la superficie hasta los 70 m (Figura 3.2.5.3 a, b; Figura 3.2.5.4. a, b). Asimismo, la isoterma de 15 °C se ubicó a 100 m de profundidad por fuera de las 40 m.n., mientras que en la zona costera mostró más somera con respecto al mes de junio (Figura 3.2.5.3. d).

En la capa superficial hasta los 50 m de profundidad, la salinidad y las temperaturas indicaron la presencia de aguas de mezcla entre ACF y ASS dentro de las 30 m.n. y de ASS fuera de las 30 m.n., asociada a anomalías halinas de hasta +0,20 ups. Por otra parte, entre los 50 y 100 m de profundidad, se detectaron aguas de mezcla ASS – AESS y AESS a mayor profundidad, ambas conformes al patrón estacional (Figura 3.2.5.4. c, Figura 3.2.5.3 c).

La distribución del OD exhibió un leve ascenso de las iso-oxígenas cerca de la costa debido al afloramiento. La iso-oxígena de 1,0 mL L⁻¹ se presentó a unos 20 - 100 m de profundidad, en promedio similar a junio (Figura 3.2.5.4 e). El borde superior de la ZMO se presentó a 25 - 130 m (Figura 3.2.5.3 e). Por otra parte, se estimaron flujos geostroficados con dirección hacia el norte sobre los 50 m dentro de las 80 m.n. de hasta 30 cm s⁻¹, disminuyendo en intensidad y grosor hacia la costa (Figura 3.2.5.4.f).

Estaciones fijas costeras

El monitoreo de la columna de agua (<100 m) que se realiza en las estaciones fijas mostró que en el último mes para Paita la temperatura varió entre los 16 °C y 19 °C, en Chicama entre 15 °C y 17 °C, en Callao entre 14 °C y 16 °C, en Atico entre 14 °C y 15 °C y en Ilo entre 13 °C y 16 °C (Figura 3.2.5.5). En Paita, se detectó pequeños pulsos de anomalías de +1,0 °C, en promedio, durante la primera semana del mes, asociado al paso de una onda Kelvin cálida (ENFEN, 2019 a), posteriormente se observó una transición a condiciones térmicas neutras y hacia una anomalía de -1,0 °C en la capa superficial en la segunda quincena. En Chicama se observó anomalías térmicas de -1,0 °C sobre los 40 m en la segunda quincena de julio y condiciones térmicas neutras en el resto de la columna; en Callao se detectó una clara transición de condiciones térmicas neutras a negativas en toda la columna de agua, con valores de hasta -1,0 °C sobre los 20 m hacia finales de julio (Figura 3.2.5.6). En general la presencia de anomalías térmicas negativas en las estaciones fijas hacia finales de julio está asociado al paso de una onda Kelvin fría y la intensificación de los vientos (ENFEN, 2019 a).

En Paita y Chicama, los registros de salinidad y temperatura evidenciaron la presencia de aguas de mezcla ASS – ACF durante todo el mes. En Callao se observó el paso de aguas de mezcla entre ASS y ACF a ACF, hacia fines de julio. En Atico e Ilo se observó el predominio de ACF (Figura 3.2.5.7).

En cuanto al OD, se detectó más superficial a las iso-oxígenas en Paita, Chicama y Callao, mientras que en Atico e Ilo las iso-oxígenas de 1 y 0,5 mL.L⁻¹ mostraron una ligera profundización respecto al mes de junio. La iso-oxígena de 0,5 mL L⁻¹ no se registró en Paita y se determinó a 40 - 60 m en Chicama, a 15 - 20 m en Callao, a 80 m en Atico y a 50 - 100 en Ilo durante el mes, en promedio (Figura 3.2.5.8).

Flotadores ARGO

Según la información del flotador ARGO (No. 3901231), el cual se localizó durante mayo e inicios de agosto entre 85 – 82,5 °W y 3,5-6 °S (frente a la costa norte del Perú), las anomalías negativas presentadas durante el mes de junio se fueron reduciendo durante el mes de julio de -2 °C hasta -0,5 °C (climatología de IMARPE), aun concentrándose por encima de los 50 metros. Por debajo de los 50 m, durante la primera mitad del mes, se continuó desarrollando el núcleo positivo encontrado durante junio, extendiéndose hasta los 300 metros de profundidad en donde alcanzó su valor máximo (+1 °C) para luego normalizarse durante la última semana del mes, alcanzando anomalías ligeramente frías entre los 250 m y 400 m de profundidad (Figura 3.2.5.9). Pese a la distancia en la que se encuentra el flotador con respecto a la costa, los datos recopilados guardan relación con lo observado en Paita durante este periodo.

3.2.6. Nutrientes y Productividad en la costa peruana

En las estaciones fijas costeras, Los nutrientes se incrementaron respecto al mes anterior en las estaciones fijas costeras de la zona centro.

3.2.6.1. Silicatos

Respecto a los silicatos, estos mostraron un aumento progresivo en altas concentraciones hacia la capa superficial durante el mes en todas las estaciones. En Paita la isolínea de 15 $\mu\text{mol L}^{-1}$ se observó más superficial durante la segunda quincena de 80 m a 10 m. En el resto de estaciones, el comportamiento fue similar con el ascenso de las isolíneas de 15 $\mu\text{mol L}^{-1}$ y 20 $\mu\text{mol L}^{-1}$. (Figura 3.2.6.1).

3.2.6.2. Nitratos

Los nitratos presentaron mayor concentración en la costa central y menor concentración en la costa norte y sur. En las estaciones de Paita e Ilo se presentaron con valores menores a 10 $\mu\text{mol L}^{-1}$, indicando una disminución en toda la columna respecto al mes anterior. En Chicama, en la capa superficial hasta los 20 m se mantuvo entre 10 a 15 $\mu\text{mol L}^{-1}$, pero por debajo de los 20 m las concentraciones se elevaron a más de 15 $\mu\text{mol L}^{-1}$. En la estación de Callao, las concentraciones altas que estuvieron a inicios de mes por encima de 20 $\mu\text{mol L}^{-1}$, disminuyeron en toda la columna a mediados de mes a menos de 15 $\mu\text{mol L}^{-1}$, volviendo a recuperarse a estos valores hacia finales del mes (Figura 3.2.6.2).

3.2.6.3. Fosfatos

Los fosfatos en el norte continuaron presentando bajas concentraciones, mientras que en la costa centro-sur mantuvieron altas concentraciones. En Paita y Chicama en toda la columna durante la mayor parte del mes predominaron fosfatos $<1,5 \mu\text{mol L}^{-1}$. En Callao, la isolínea de $2,5 \mu\text{mol L}^{-1}$ ascendió a la capa superficial en la última semana (Figura 3.2.6.3), mientras que en Ilo, las concentraciones fluctuaron entre $2,0 \mu\text{mol L}^{-1}$ y $2,5 \mu\text{mol L}^{-1}$ en la mayor parte de la columna de agua ($> 10 \text{ m}$, Figura 3.2.6.3 d)

3.2.6.4. Clorofila-a

La concentración mensual de clorofila-a satelital, proveniente de la unión de todos los satélites que registran clorofila-a superficial (www.oceancolor.gsfc.nasa.gov/l3/), presentó valores predominantes de $1 \mu\text{g L}^{-1}$ a lo largo de la costa dentro de las 60 m.n. Al sur de Chimbote su distribución se vio en áreas discontinuas que se distribuyeron entre Pisco e Ilo hasta unas 90 m.n. fuera de la costa, presentando pequeñas zonas con mayor productividad en la Bahía Pisco e Ilo, donde habrían sobrepasado los $3 \mu\text{g L}^{-1}$, mientras que frente a Paita y Tumbes áreas con valores entre 1 a $2 \mu\text{g L}^{-1}$ se expandieron hasta más allá de las 150 m.n. de la costa (Figura 3.2.6.4 a).

En promedio mensual, el sistema costero mostró una predominancia de condiciones normales, con presencia de pequeñas zonas con anomalía positiva frente a Ilo y frente a Pisco, así como anomalías negativas dentro de las 50 m.n. entre el sur de Paita y Chimbote (Figura 3.2.6.4. b).

A escala diaria se ha utilizado la información de MODIS (Ocean Biology Processing Group, 2003) corregida respecto a SeaWIFS (O'Reilly et al. 1998). A partir de este producto, el promedio pentadal, entre los $6^\circ\text{S} - 16^\circ\text{S}$ y dentro de las 60 m.n., nos indica que las concentraciones presentaron valores acorde a su ciclo anual (Figura 3.2.6.4. d). Latitudinalmente, se observaron débiles anomalías negativas ($-1 \mu\text{g L}^{-1}$) entre los $6,5^\circ\text{S}$ a 9°S , mientras que las anomalías positivas se observaron durante la segunda quincena entre los 13°S a 14°S . A su vez, se presentó ausencia de información entre los 11°S a 13°S debido a altas concentraciones de nubosidad (Figura 3.2.6.4. e).

Un factor clave para el crecimiento fitoplanctónico es la cantidad de luz incidente, la cual es afectada por la presencia de nubes. La media mensual del porcentaje de nubosidad para este mes estuvo por encima del 80 %, en gran parte de la costa. Sin embargo, frente a Paita y Tumbes dentro de las 60 mn la cobertura nubosa fue menor de 50 %, así como en la zona ubicada entre Pisco y San Juan dentro de las 30 mn y algunas zonas aisladas dentro de las 10 mn entre San José y Supe (Figura 3.2.6.4. c).

3.2.7. Recursos Pesqueros e indicadores biológicos

Distribución, capturas y tallas de la anchoveta

La primera temporada de pesca de anchoveta 2019 en la región norte – centro de la costa peruana, que se inició el 28 abril, finalizó el 30 de julio. En el periodo comprendido entre el 01 de enero al 30 de julio del 2019, la flota industrial de cerco desembarcó aproximadamente 2 034 020 toneladas correspondiente al 97 % de la cuota otorgada (2 100 000 t).

Los desembarques durante julio presentaron una tasa de captura promedio de 7 mil toneladas. La anchoveta estuvo distribuida hasta las 30 millas de la costa desde Paita (05 °S) hasta Huarmey (10 °S), con las mayores capturas frente a Bayovar, Chicama y Chimbote. La estructura de tallas de la anchoveta estuvo en el rango de 8,0 a 17,5 cm LT, con modas de 13,0 cm. Los ejemplares <12,0 cm alcanzaron alrededor del 8,7 %.

Especies Indicadoras

En la pesca dirigida a la anchoveta en la región norte, se registró como captura incidental de recursos transzonales al jurel (*Trachurus murphy*) (Figura 3.2.7.2. a) y caballa (*Scomber japonicus*) (Figura 3.2.7.2. b), asociados al frente térmico y halino registrado entre Salaverry y Casma dentro de las 30 mn, mientras que en la región centro, se capturó incidentalmente al invertebrado múnida (*Pleuroncodes monodon*), indicador de aguas frías que estuvieron distribuidas dentro de las 20 m.n. frente a Callao.

Indicadores reproductivos y somáticos de la anchoveta

Los indicadores reproductivos de la anchoveta peruana del stock norte-centro, índice gonadosomático (IGS) y Fracción desovante (FD), en el mes de julio, indicaron que la anchoveta presentó un aumento de la actividad desovante y maduración gonadal con respecto a su patrón histórico (Figura 3.2.7.3), mostrando un comportamiento similar al año anterior.

4. PRONÓSTICO

4.1. A corto plazo (semanas)

El resultado de los modelos oceánicos lineales simplificados, tanto del IGP (Figura 3.1.2.6. c y d), como del IMARPE (Figura 4.1.1), además de las proyecciones teóricas sobre los datos observados, indican la llegada de una onda Kelvin cálida entre fines del mes de agosto e inicios de setiembre, la cual se habría generado debido a las anomalías de viento del este en el Pacífico ecuatorial occidental en junio de 2019. La llegada de ésta no tendría impacto en la TSM, aunque sí en el nivel del mar.

Se espera que el pulso de viento del este, desarrollado durante las dos primeras semanas de agosto, se proyecte en una onda Kelvin fría que debe arribar a la costa sudamericana en setiembre.

En el Pacífico central continúan las condiciones de un evento el Niño, este evento se manifiesta desde el mes de octubre del año anterior, alcanzando hasta el momento la magnitud de Cálida Débil, de persistir estas condiciones, no se descarta la formación de nuevas ondas Kelvin cálidas que pueden afectar el Pacífico oriental, sin embargo, no se esperarían precipitaciones en la región por la estacionalidad.

Según los pronósticos de 5 modelos climáticos de NMME (CFSv2, GFDL_CMC2.1, NASA_GEOS5v2, GFDL_FLOR y NCAR_CCSM4), con condiciones iniciales del mes de agosto de 2019, para el Pacífico central (región Niño 3.4) indican en promedio condiciones Neutras de agosto a octubre del año en curso, (Figura 4.1.2.). Por otro lado, para el Pacífico oriental (región Niño 1+2), 4 modelos de NMME (CFSv2, GFDL_CMC2.1, GFDL_FLOR_A, GFDL_FLOR_B) indica en promedio condiciones Neutras para el mismo periodo (Figura 4.1.3).

4.2. A largo plazo (más de 3 meses)

Los modelos climáticos de agencias internacionales indican condiciones neutras entre los meses de octubre y enero de 2020 para el Pacífico central (Niño 3.4), sin embargo, el modelo de NASA indica condiciones frías débiles entre los meses de diciembre y febrero. En la región oriental (Niño1+2), que incluye la costa norte del Perú, también se esperarían condiciones neutras en el mismo periodo del Pacífico central. El patrón espacial de TSM (Figura 4.2.1) y de precipitación (Figura 4.2.2) pronosticado por los modelos NMME, tienen características de condiciones neutras en el océano Pacífico ecuatorial.

Debido a que los principales impactos de El Niño y La Niña suelen darse en la temporada de lluvias, durante el verano austral, el ENFEN proporciona una estimación de las probabilidades de ocurrencia de éstos (ver Tabla 1 y 2) para el próximo verano (diciembre 2019-marzo 2020). El análisis indica que para el Pacífico central (Niño 3.4) son más probables las condiciones Neutras (62 %), seguidas de condiciones El Niño débil (18 %); en tanto que, para el Pacífico oriental (Niño 1+2, que incluye la costa norte del Perú) son más probables las condiciones Neutras (64 %), seguidas de condiciones La Niña débil (21 %).

5. CONCLUSIONES

En el mes de julio la ATSM en la región el Niño 1+2 se mantuvo con valores por debajo de la media. Desde julio a los primeros días de agosto se ha observado el arribo de ondas Kelvin a la costa americana: una cálida a inicios del mes de julio y otra fría a fines de julio e inicios de agosto. En las dos primeras semanas de julio se observaron ligeros incrementos de la anomalía de la TSM y del nivel del mar en la zona norte y centro, asociados al paso de una onda Kelvin cálida. Por otro lado, el paso de la onda Kelvin fría a partir de la segunda quincena de julio, sumado a la intensificación de los vientos, provocó la disminución de la TSM y del nivel del mar hasta valores por debajo de sus promedios frente a la costa centro y sur.

El Anticiclón del Pacífico Sur (APS) se mantuvo, en promedio, anómalamente intenso al noreste de su posición habitual. Se observó una mayor proyección del APS sobre la costa oeste de Sudamérica que, sumado con las anomalías atmosféricas del trópico, ha sido favorable en el incremento sostenido de los vientos alisios en la región (fuera de las 100 millas) y, episódicamente, a lo largo de la costa peruana, principalmente en la región norte.

El afloramiento costero persistió durante todo el mes entre Talara y San Juan, con excepción de la zona entre Huacho y Pisco. Frente a Talara y Paita el índice de afloramiento (IAC) se estuvo entre $400 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} 100\text{m}^{-1}$ y $450 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} 100\text{m}^{-1}$.

En el Pacífico central (región Niño 3.4), la anomalía de la TSM disminuyó con respecto al mes de junio. El ONI de junio (MJJ) tiene la categoría de Cálida Débil y el estimado (ONI-tmp) para julio y agosto indica condiciones neutras. Por otro lado, en el Pacífico oriental (región Niño 1+2), el valor de ICEN para junio y sus respectivos temporales (ICEN-tmp) de julio y agosto indican condiciones Neutras.

Los caudales de los principales ríos de las regiones hidrográficas del Pacífico se han mantenido próximos a sus valores normales, y con un comportamiento ligeramente descendente; propio del periodo de estiaje. Las reservas hídricas de los principales embalses de la costa norte y sur se encuentran, en promedio, al 93 % y 67 % de su capacidad de almacenamiento, respectivamente.

La anchoveta de la región norte - centro presentó una distribución hasta las 30 mn de la costa, ubicándose la principal zona de pesca frente a Bayovar, Chicama y Chimbote. Los índices reproductivos de la anchoveta peruana del stock norte-centro indicaron que el recurso viene mostrando un aumento en el proceso de maduración gonadal y desove, acorde al patrón histórico.

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

Para el verano 2019-2020, según el análisis del escenario actual, así como la información proporcionada por los modelos climáticos, se estima que para el Pacífico ecuatorial central (Niño 3.4) son más probables las condiciones Neutras (62 %), seguidas de condiciones El Niño débil (18 %); en tanto que, para el Pacífico oriental (Niño 1+2) son más probables las condiciones Neutras (64 %), seguidas de condiciones El Niño débil (21 %).

La Comisión Multisectorial ENFEN, a través del monitoreo y análisis de la información proporcionada por las instituciones que la conforman y la evaluación mediante el juicio experto de su grupo científico, considera que es más probable que hasta fin de año se mantengan, en promedio, las condiciones neutras. Sin embargo, debido a la presencia de ondas Kelvin frías en el Pacífico ecuatorial se podrían dar periodos cortos con temperatura del mar por debajo de lo normal frente a la costa peruana entre setiembre y octubre.

6. REFERENCIAS

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

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

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, 2019 a. Comunicado Oficial ENFEN, N° 10 -2019, junio de 2019.

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.

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.

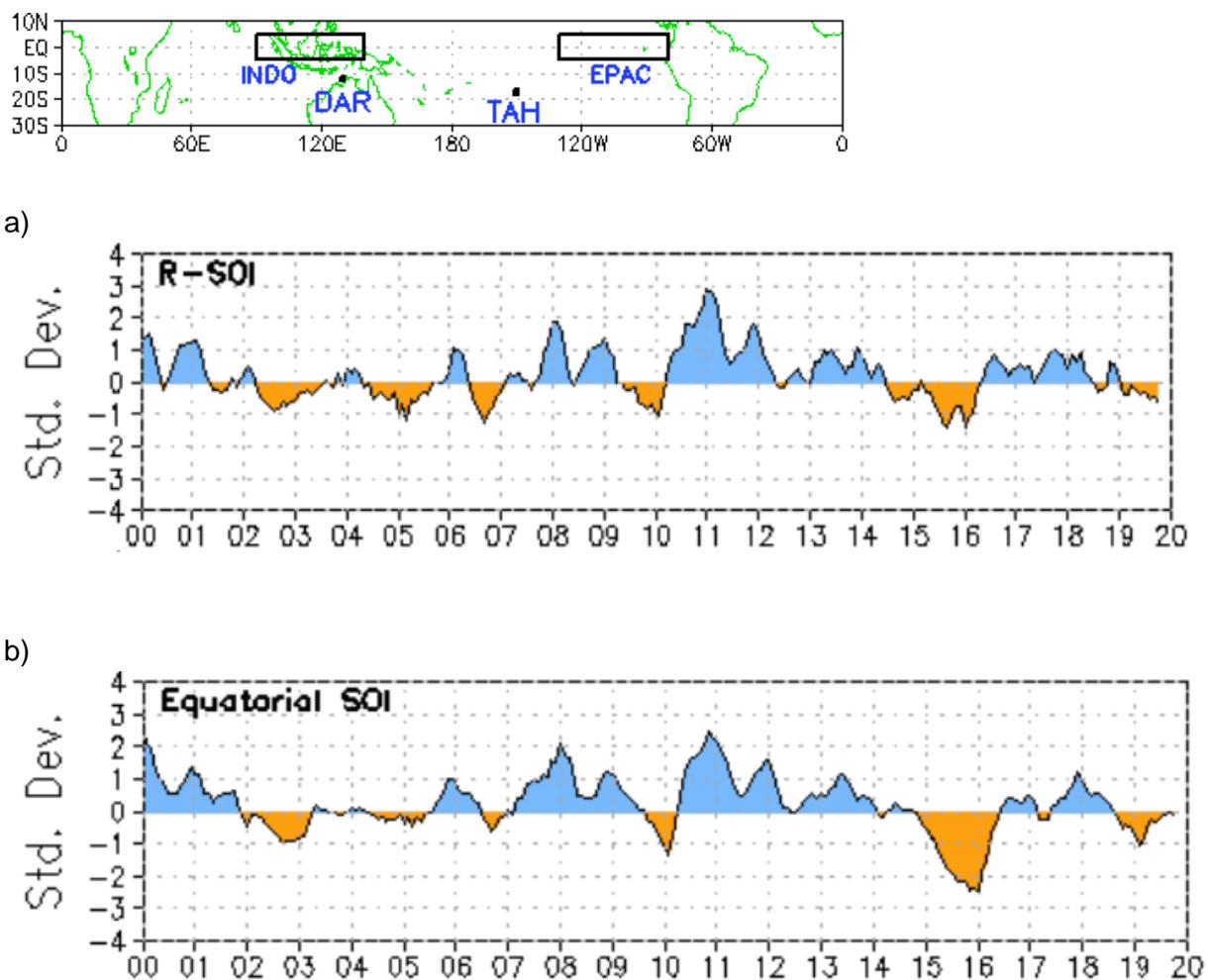
Mosquera, K., 2014: Ondas Kelvin oceánicas y un modelo oceánico simple para su diagnóstico y pronóstico, Boletín Técnico "Generación de modelos climáticos para el pronóstico de la ocurrencia del Fenómeno El Niño", Instituto Geofísico del Perú, Enero, 1, 1, 4-7.

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.

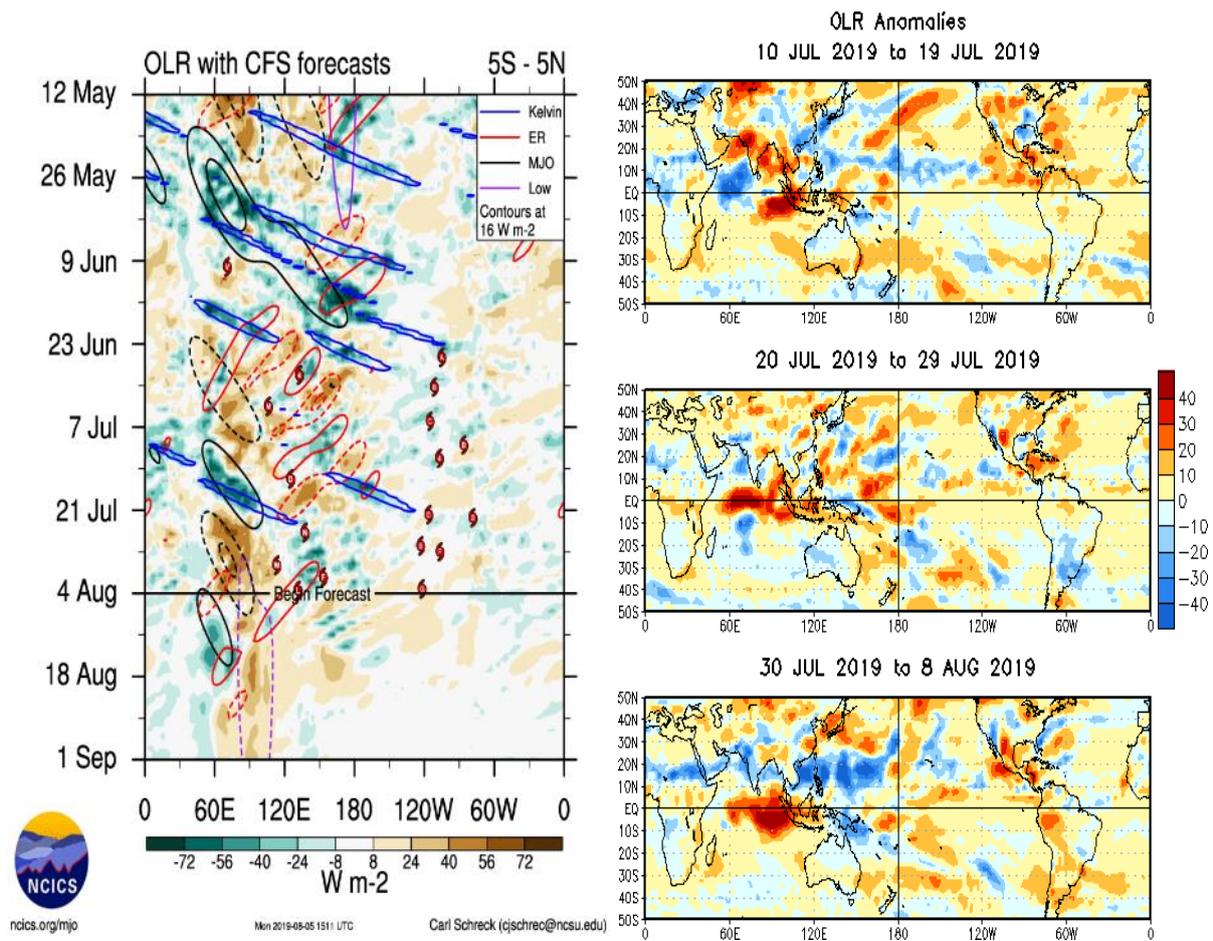
Wentz, F.J., L.Ricciardulli, C.Gentemann, T. Meissner, K.A. Hilburn, J. Scott, 2013: Remote Sensing Systems Coriolis WindSat [indicate whether you used Daily, 3-Day, Weekly, or Monthly] Environmental Suite on 0.25 deg grid, Version 7.0.1. Remote Sensing Systems, Santa Rosa, CA. Available online at www.remss.com/missions/windsat.

7. FIGURAS



Media móvil de tres meses de un CDAS / Derivados de Reanalysis.

Figura 3.1.1.1 a) Índice de Oscilación del Sur (IOS). b) Índice de Oscilación del Sur Ecuatorial (IOS-Eq).

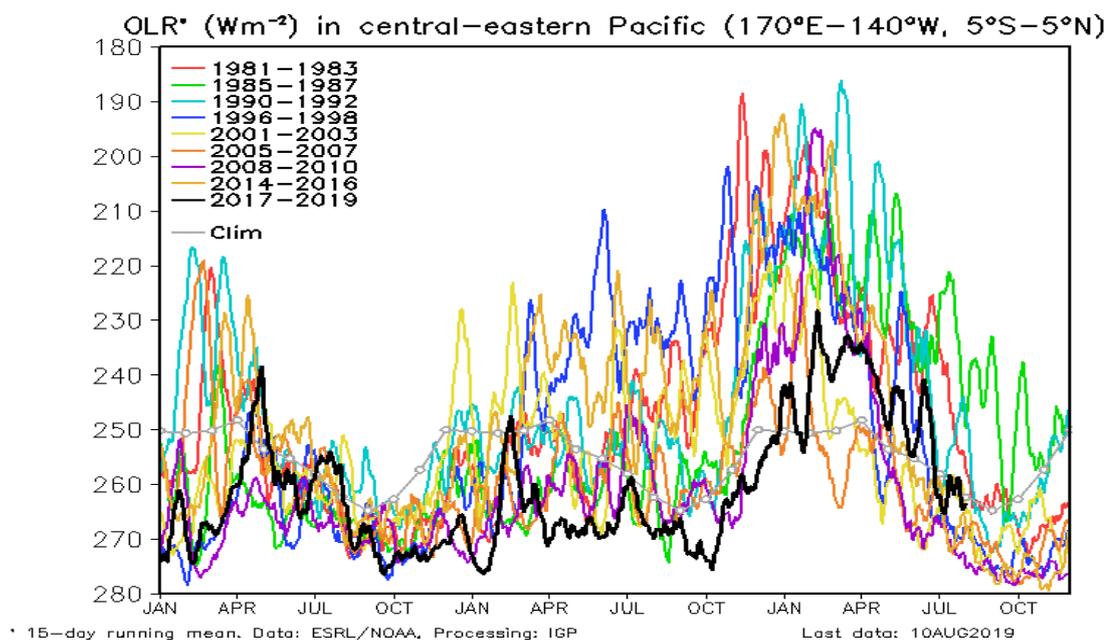


a)

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 decadas de OLR para el mes de julio de 2019. Datos: CFS y NCEP. Procesamiento: NOAA/SENAMHI

a)



b)

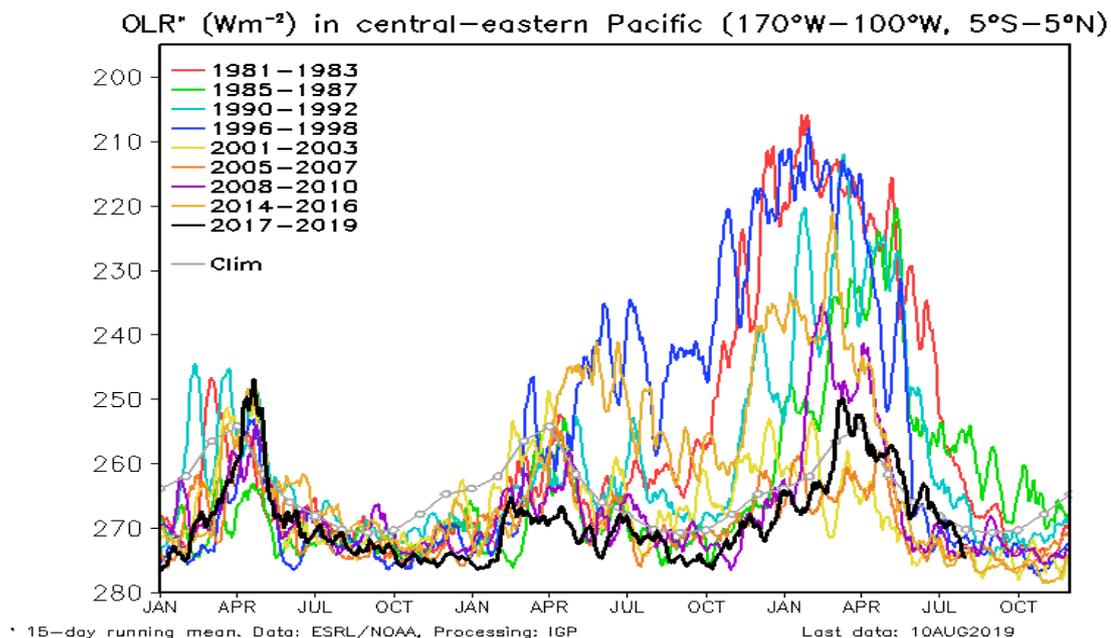
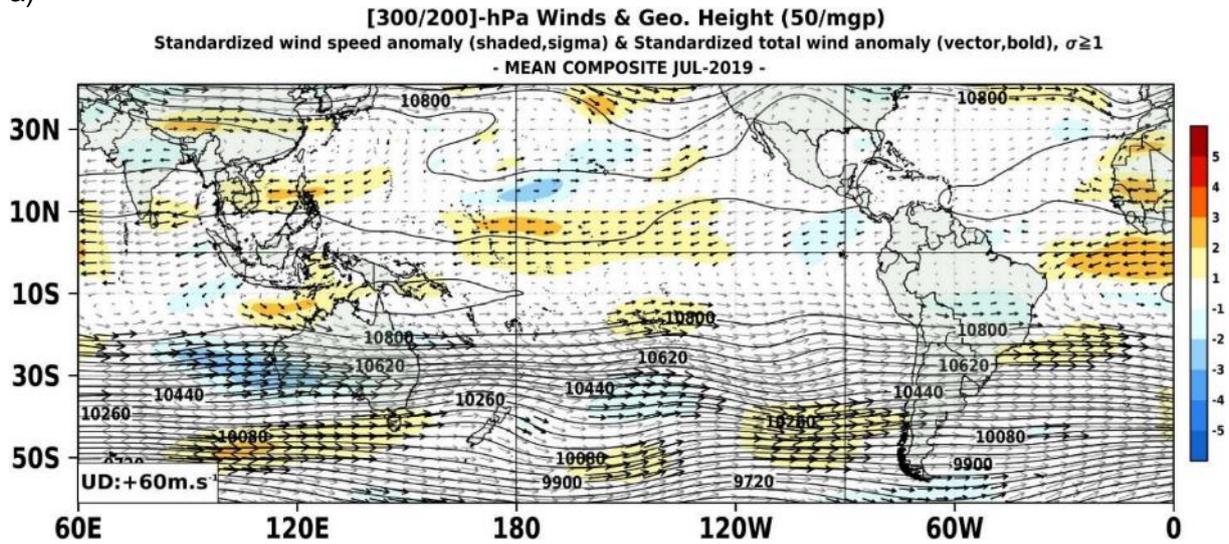


Figura 3.1.1.3 Radiación de onda larga – OLR (W/m^2), desde el mes de enero de 2017 hasta el 10 de agosto de 2019, en el Pacífico central-oriental en: a) $170^{\circ}W-140^{\circ}W, 5^{\circ}S-5^{\circ}N$ y b) $170^{\circ}W-100^{\circ}W, 5^{\circ}S-5^{\circ}N$. Datos: ESRL/NOAA. Procesamiento: IGP.

a)



b)

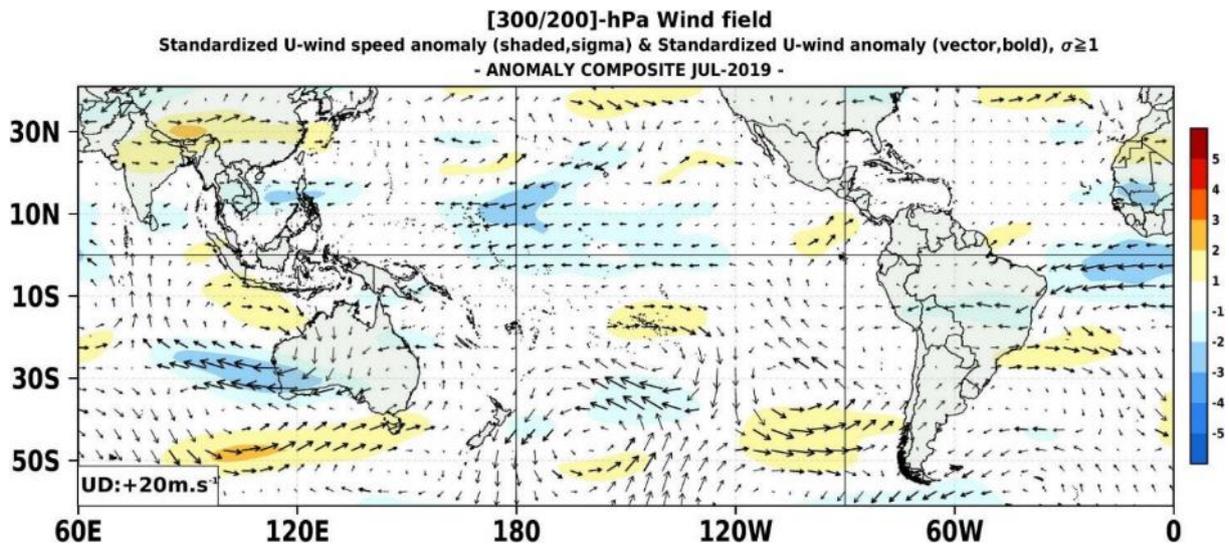
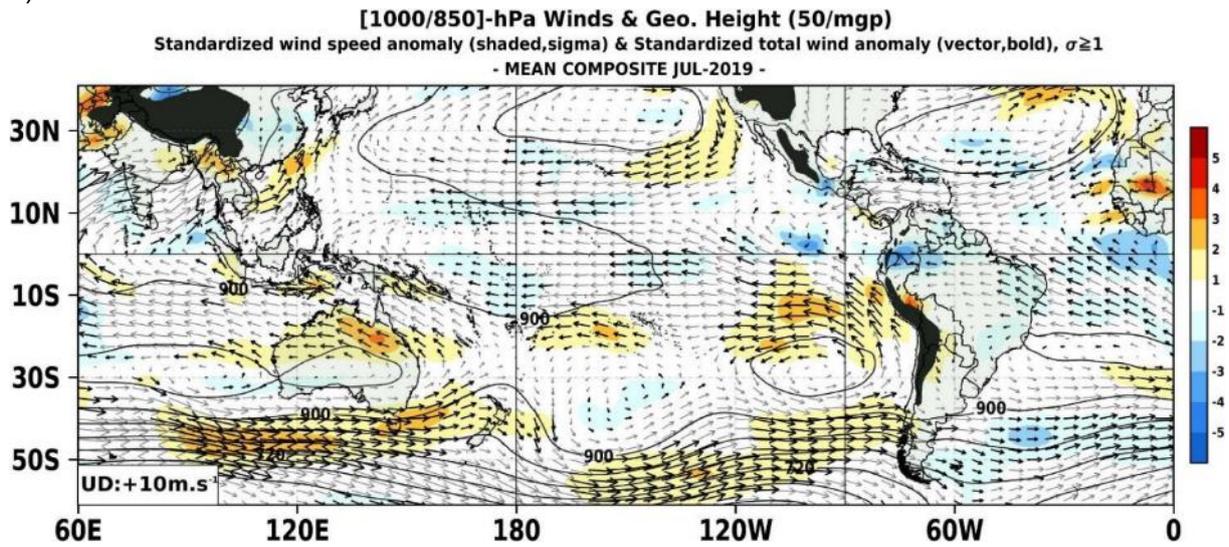


Figura 3.1.1.4 Configuración atmosférica en niveles altos (300 - 200 hPa) para el mes de julio de 2019. a): Promedio del viento total (m/s, vectores) y geopotencial (mgp, contornos) junto a anomalías estandarizadas de la velocidad total del viento (matrices de colores cada $\pm 0,5 \sigma$). b): Anomalías del campo de viento (m/s, vectores) y anomalías estandarizadas de la componente zonal del viento (matrices de colores cada $\pm 0,5 \sigma$). En ambos gráficos los vectores gruesos indican vientos anómalos con desviación estándar mayor a 1 ($\sigma > 1$). Fuente: SPC/SENAMHI.

a)



b)

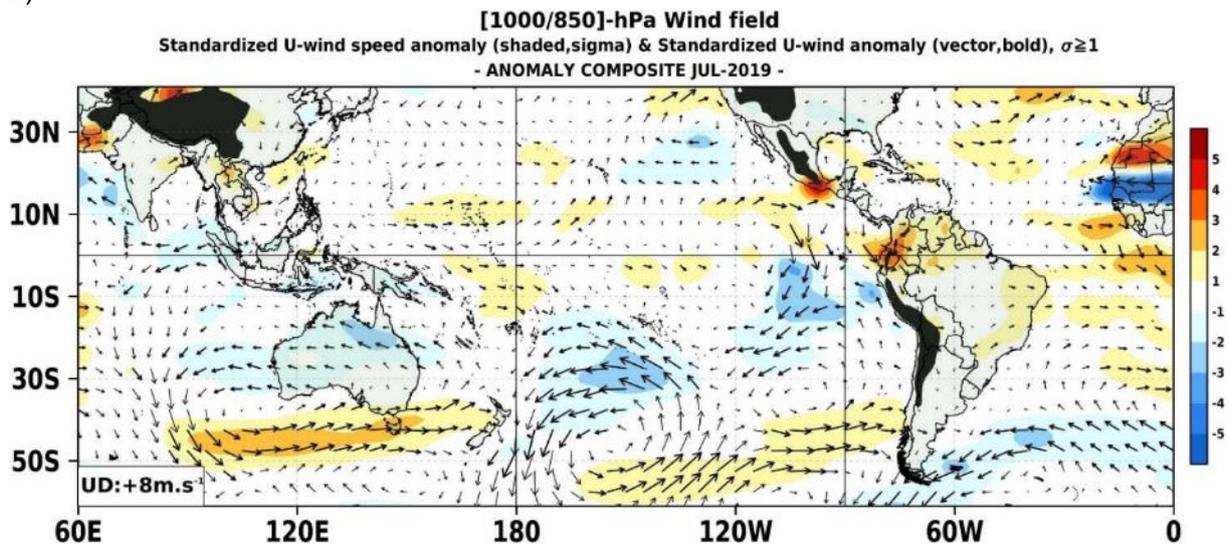
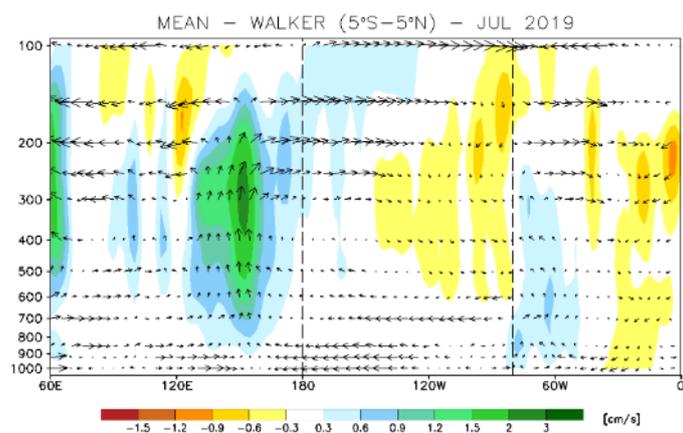
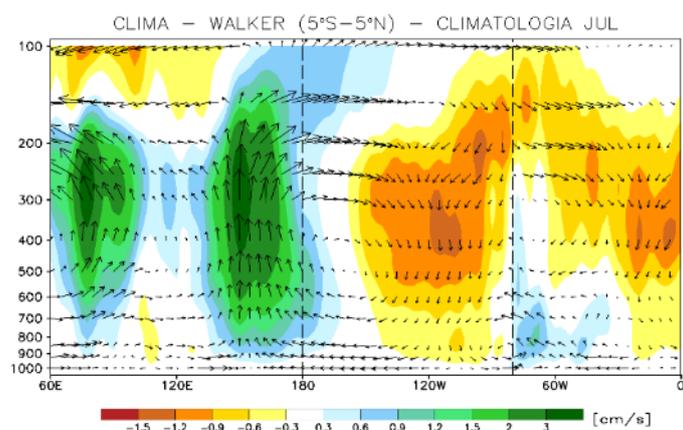


Figura 3.1.1.5. Configuración atmosférica en niveles bajos (1000 - 850 hPa) para el mes de julio del 2019. a): Promedio del viento total (m/s, vectores) y geopotencial (mgp, contornos) junto a anomalías estandarizadas de la velocidad total del viento (matices de colores cada $\pm 0,5 \sigma$). b): Anomalías del campo de viento (m/s, vectores) y anomalías estandarizadas de la componente zonal del viento (matices de colores cada $\pm 0,5 \sigma$). En ambos gráficos los vectores gruesos indican vientos anómalos con desviación estándar mayor a 1 ($\sigma > 1$). Fuente: SPC/SENAMHI.

a)



b)



c)

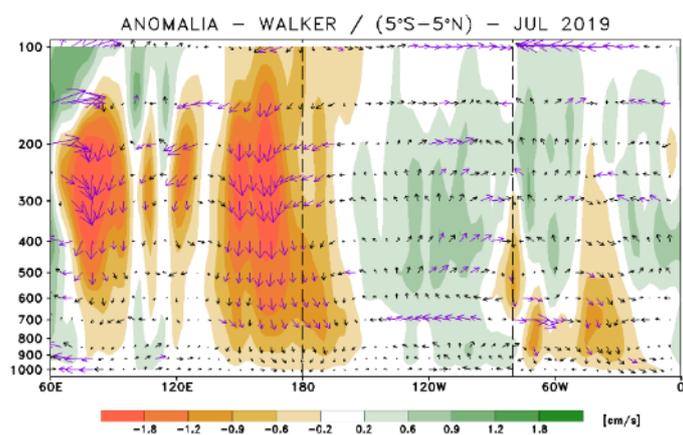


Figura 3.1.1.6. Secciones verticales de la Circulación Atmosférica Ecuatorial (Walker), de este a oeste, para el mes de julio de 2019. (a) patrón promedio, (b) patrón climatológico y (c) patrón anómalo. Fuente: SPC/SENAMHI.

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

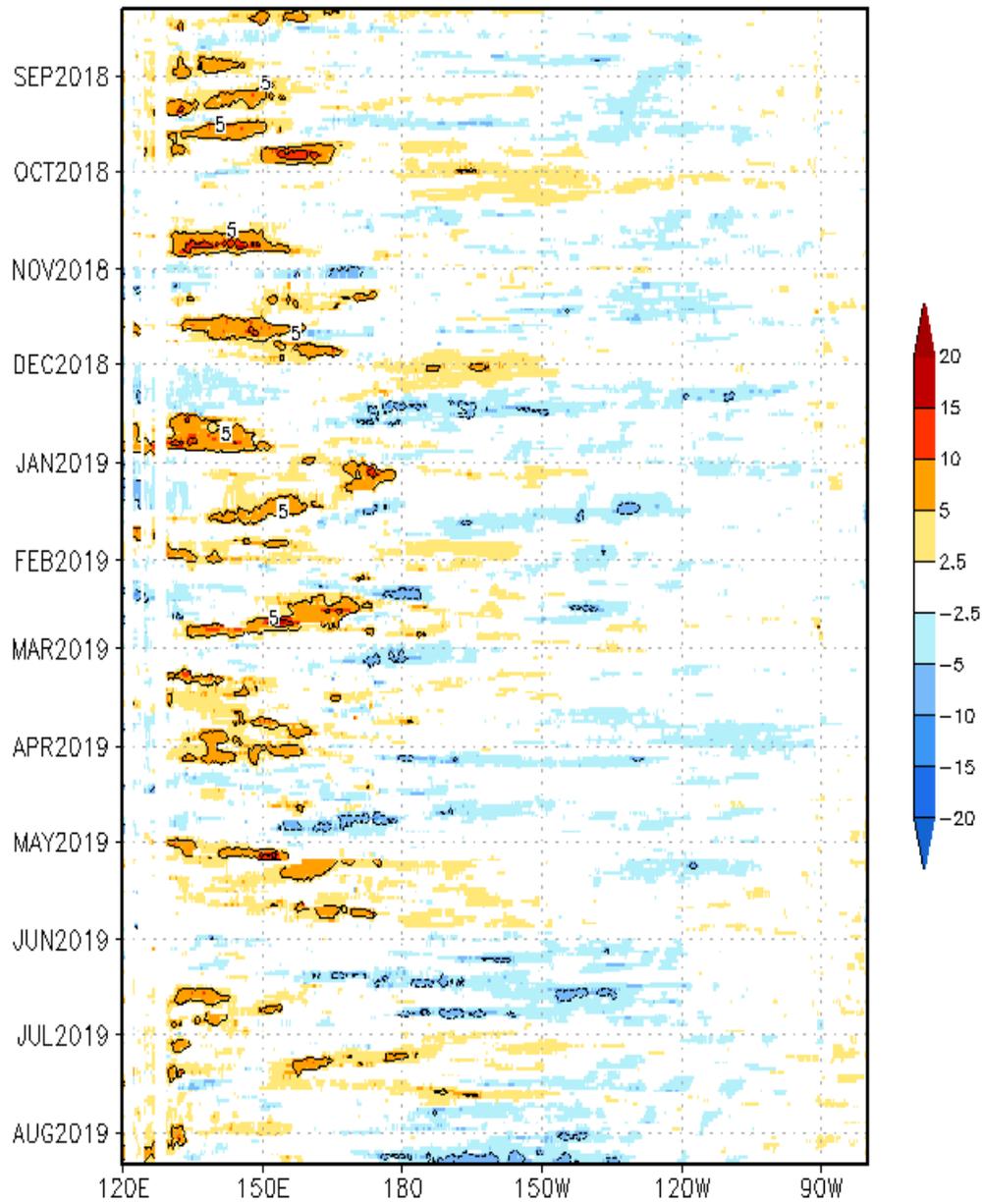
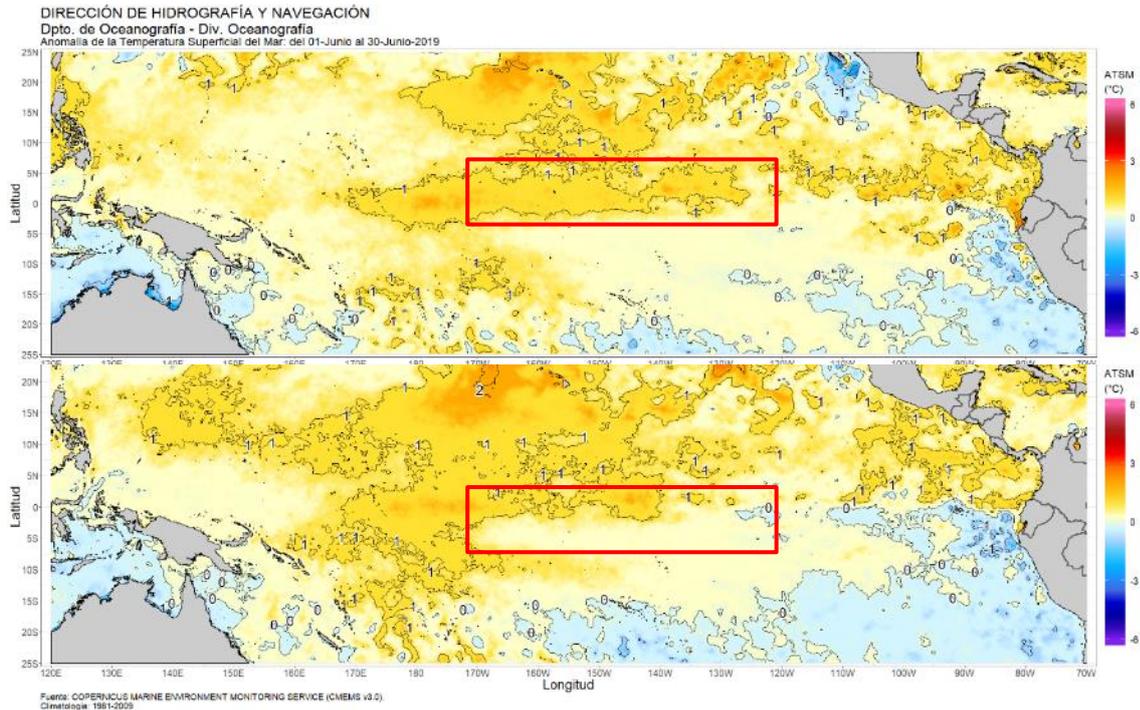
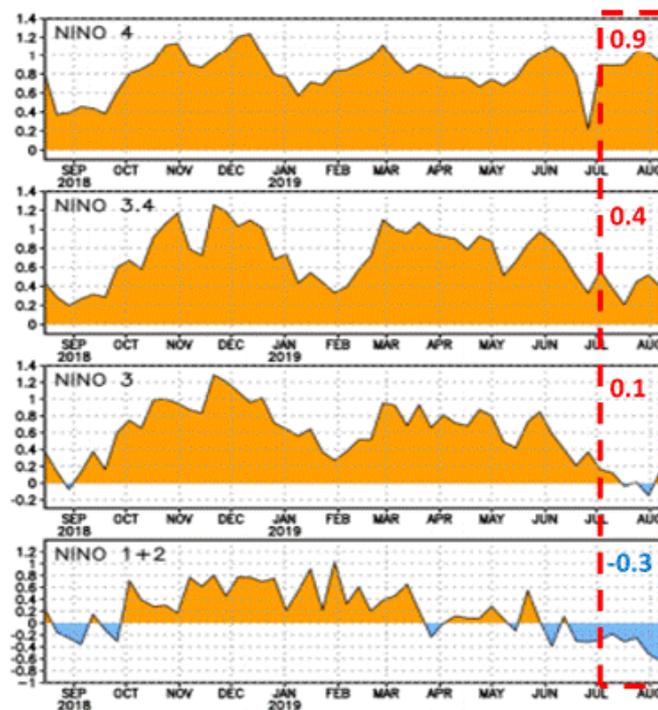


Figura 3.1.1.7. Diagrama longitud-tiempo de la anomalía del esfuerzo de viento zonal ecuatorial basado en datos del producto WINDSAT. Elaboración: IGP.



(a)



(b)

Figura 3.1.1.8. a) Anomalia promedio de la TSM para junio (arriba) y julio (abajo) de 2019. Fuente: OSTIA, Gráfico: DHN. b) Series de tiempo de las anomalías semanales de la TSM en las regiones Niño, desde setiembre de 2018 a julio de 2019. Fuente: AVHRR NCEP/NOAA.

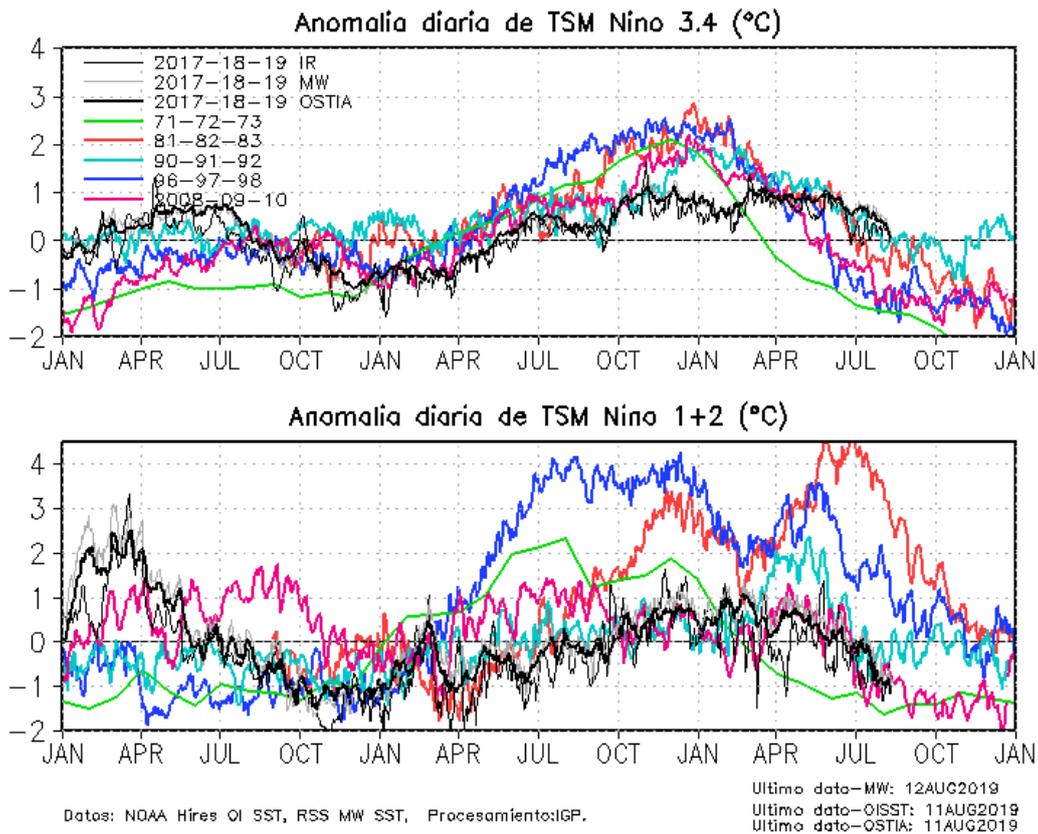
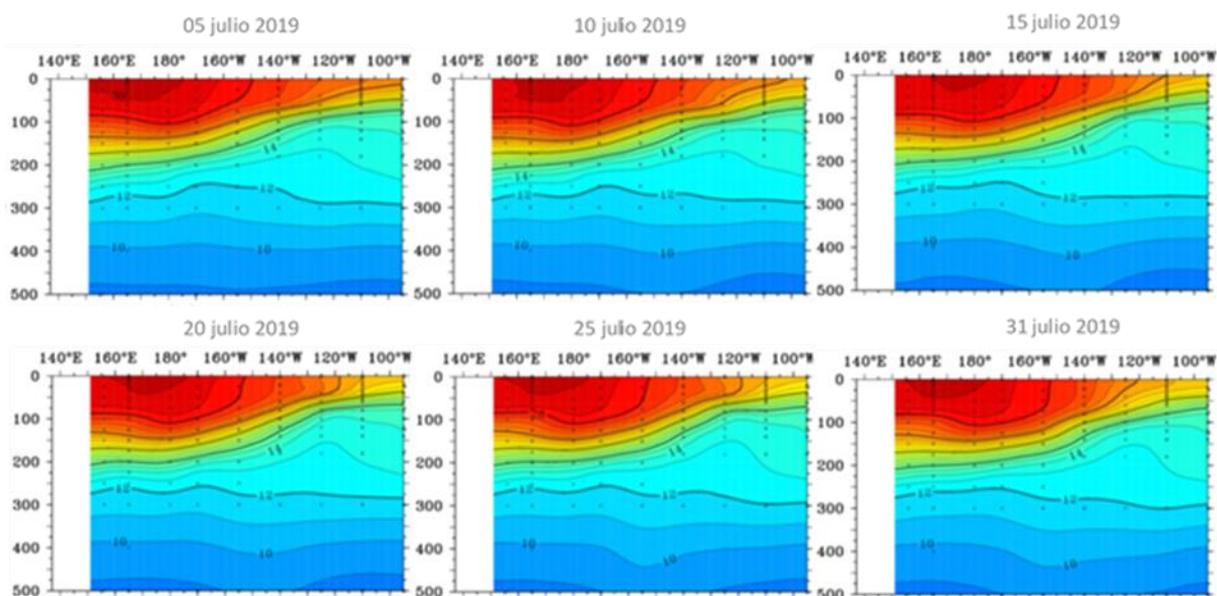
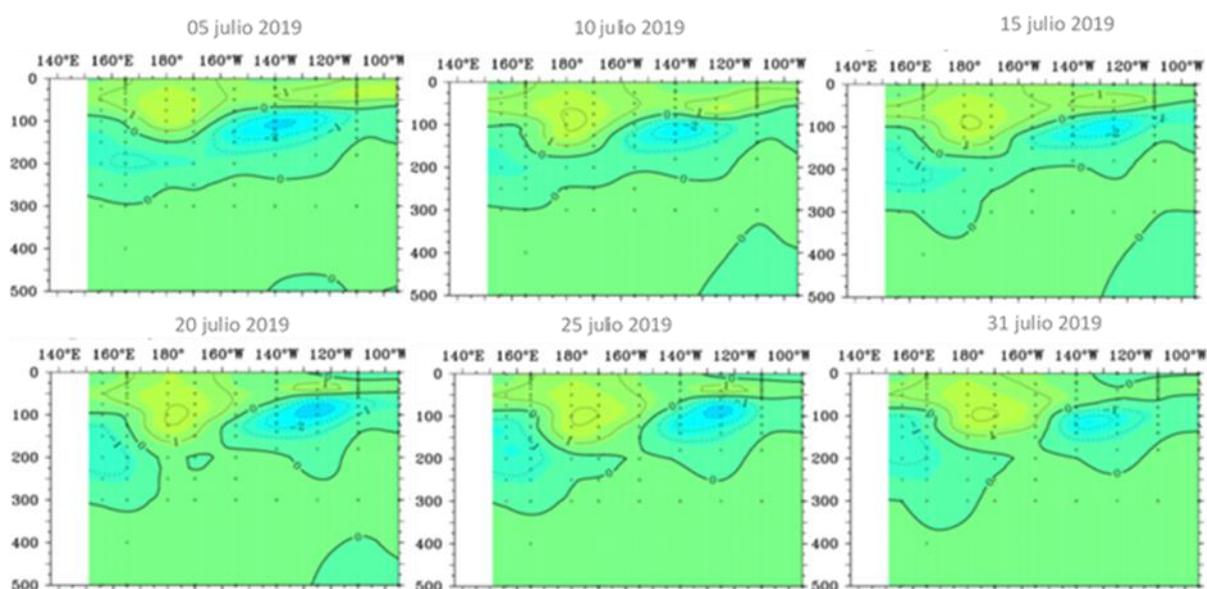


Figura 3.1.1.9 Series de tiempo de la anomalía diaria de la TSM en la región Niño 3.4 (panel superior) y Niño 1+2 (panel inferior). Las líneas en color negro (gruesa), gris y negro (fina) indican la evolución de la anomalía de la TSM en el presente año usando información infrarroja (IR), microondas (MW)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



(a)



(b)

Figura 3.1.2.1. Diagramas longitud-profundidad de la temperatura del mar (a) y su anomalías (b) en el océano Pacífico ecuatorial (promediados entre 2 °N y 2 °S) para los días, de izquierda a derecha y de arriba abajo, 5, 10, 15, 20, 25 y 30 de julio de 2019. Fuente: TAO/TRITON, PMEL/NOAA.

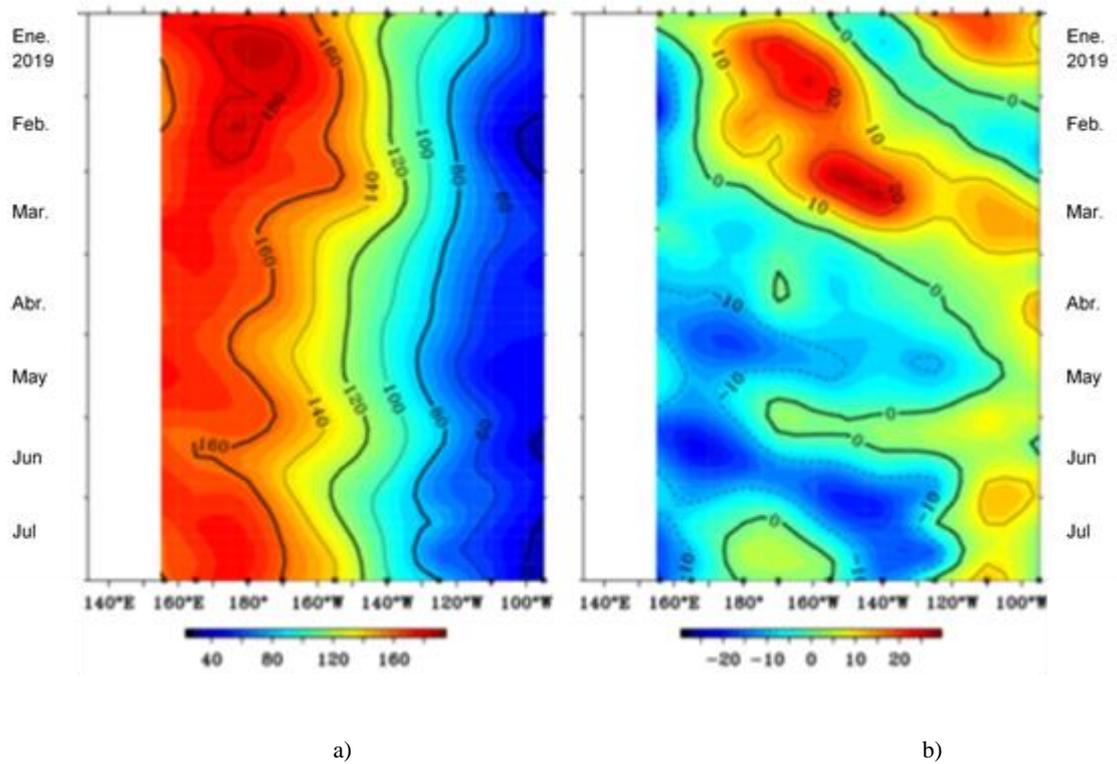


Figura 3.1.2.2. Diagrama longitud-tiempo de la profundidad de la isoterma de 20 °C (m) promediado entre 2 °N y 2 °S, desde enero a julio de 2019, tanto para su valor total (a) como para su anomalía (b). Fuente: Global Tropical Moored Buoy Array Program office, NOAA/PMEL

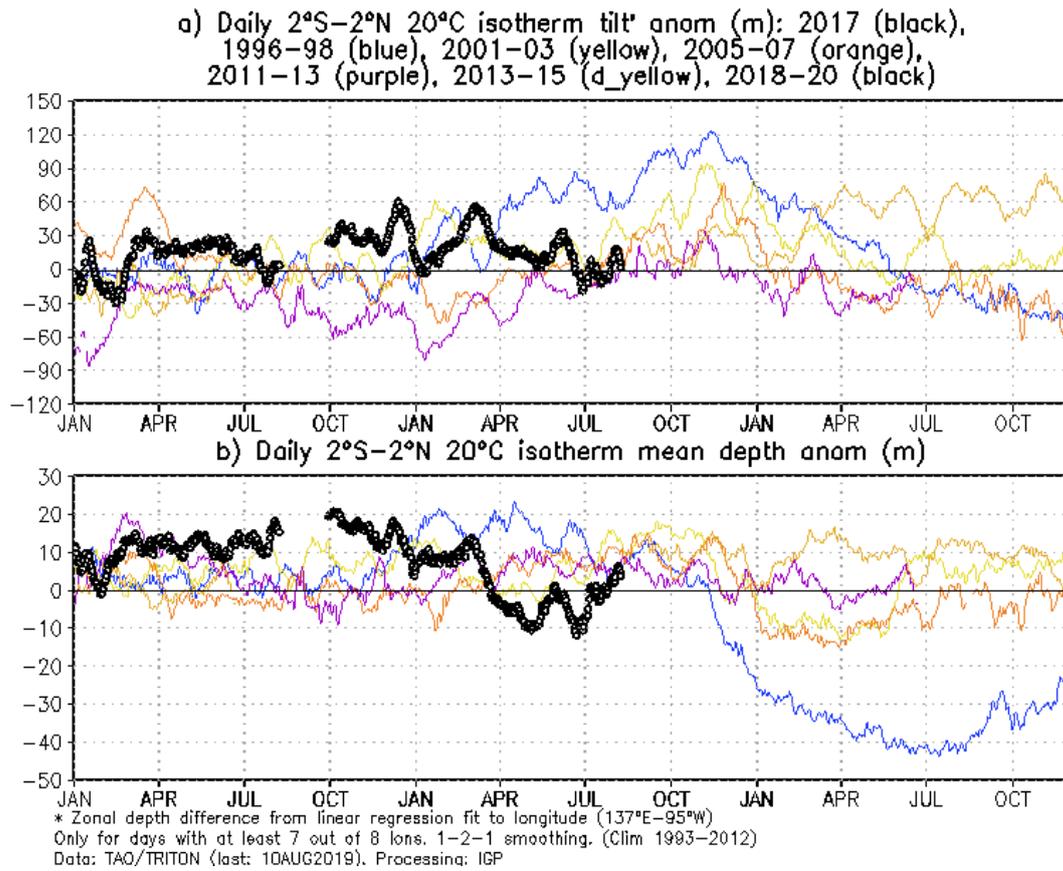


Figura 3.1.2.3. Series de tiempo de: a) la inclinación de la termoclina en el Pacífico ecuatorial basado en los datos de TAO entre 2 °N y 2 °S; y b) del contenido de calor en la región ecuatorial. Estas series de tiempo se obtuvieron usando datos de las boyas TAO entre 2 °N y 2 °S. Elaboración: IGP

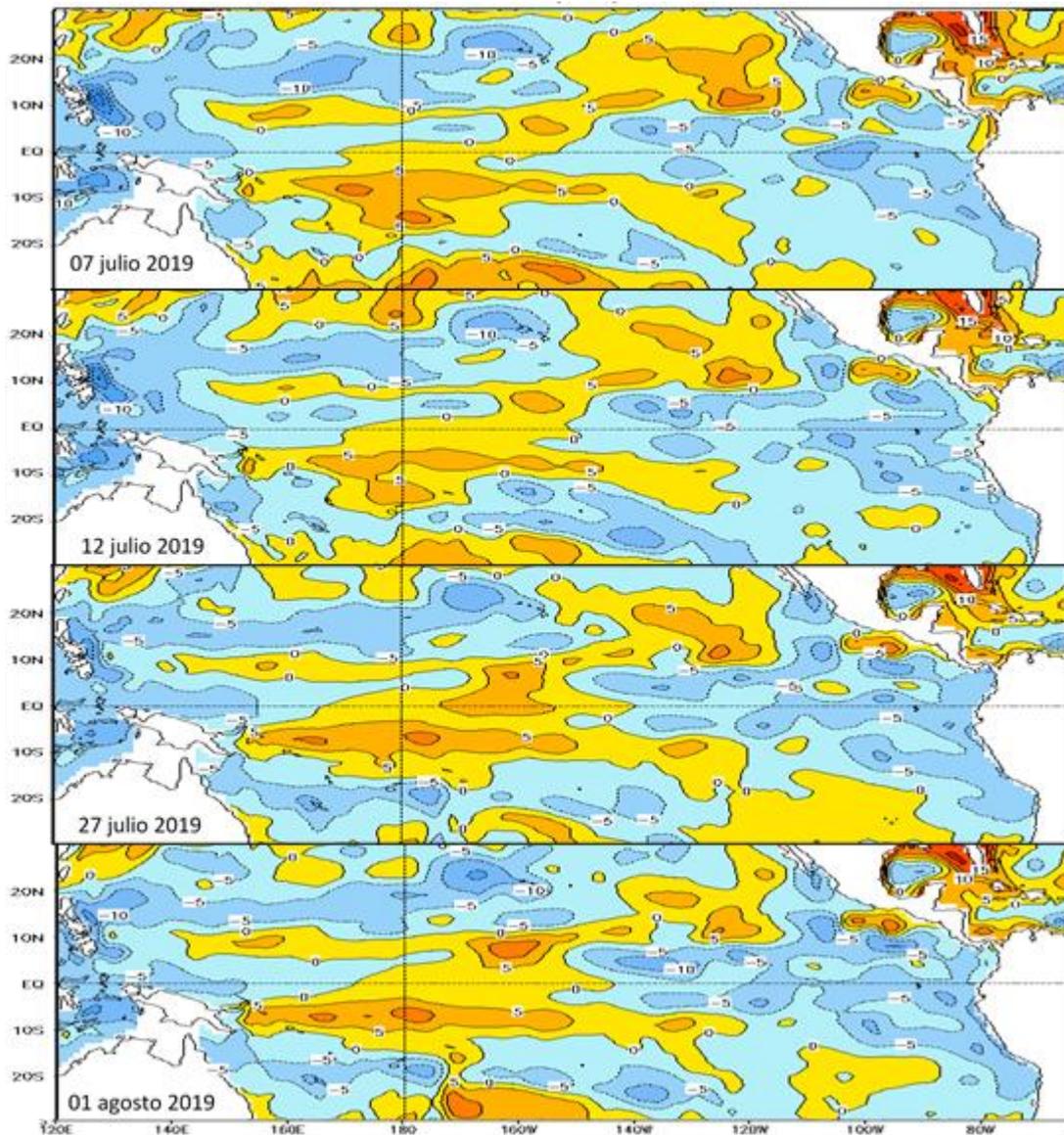


Figura 3.1.2.4 Campos de la anomalía del nivel del mar en el Pacífico tropical del 07, 12, 27 de julio y 01 de agosto de 2019. Climatología 1981–2010. Fuente: GODAS.

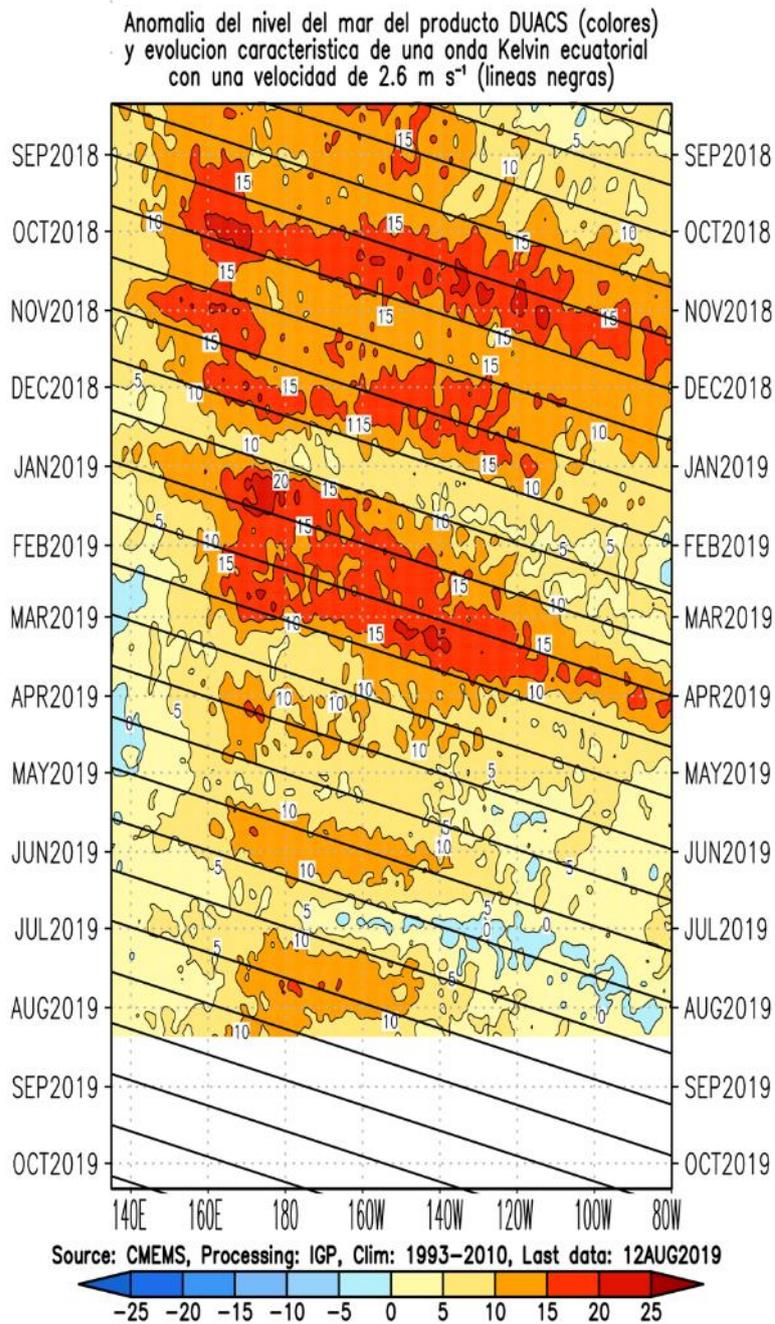


Figura 3.1.2.5. Diagrama longitud – tiempo de la anomalía del nivel medio del mar en el Pacífico ecuatorial usando el producto DUACS. Las líneas diagonales indican la trayectoria teórica de la onda Kelvin si tuviera una velocidad aproximada de 2,6 m/s. Elaboración IGP.

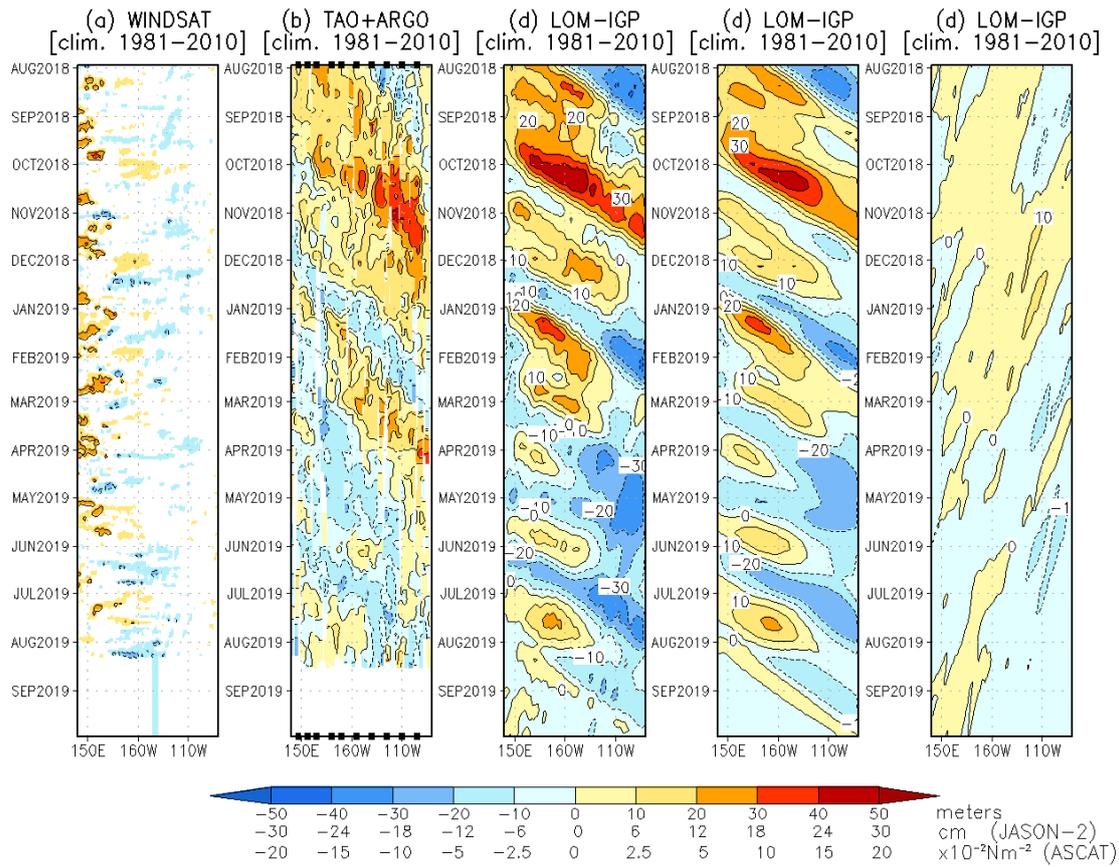
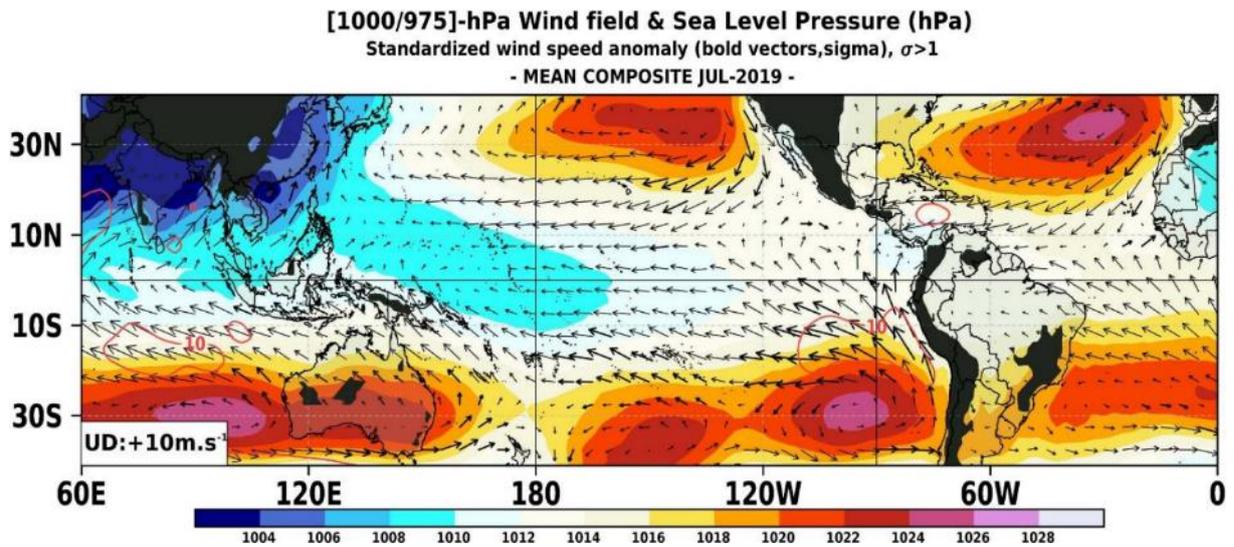
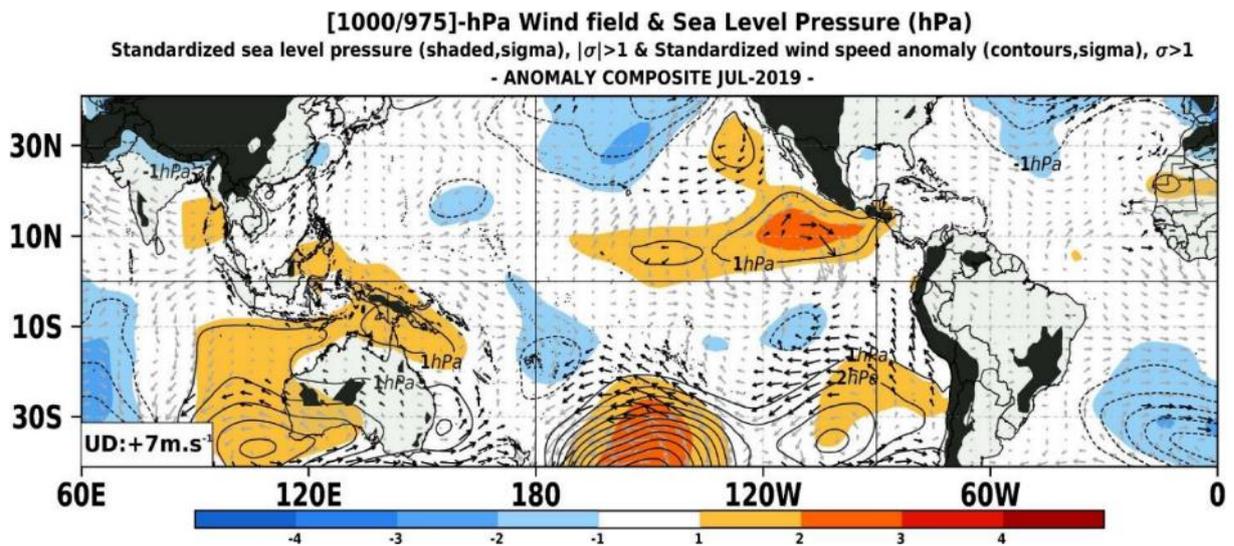


Figura 3.1.2.6. Diagrama longitud-tiempo de las anomalías de esfuerzo de viento zonal ecuatorial basado en datos de WINSAT (a), anomalía de la profundidad de la isoterma de 20°C calculado de los datos de TAO y derivados de ARGO (b), diagrama de la onda Kelvin y Rossby (c), diagrama de la onda Kelvin (d) y finalmente diagrama de la onda Rossby, calculada con el modelo LOM-IGP (forzado por WINSAT, y $\tau=0$ para el pronóstico). Las líneas diagonales representan la trayectoria de una onda Kelvin si tuviera una velocidad de 2,6 m/s. Elaboración: IGP.



a)



b)

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

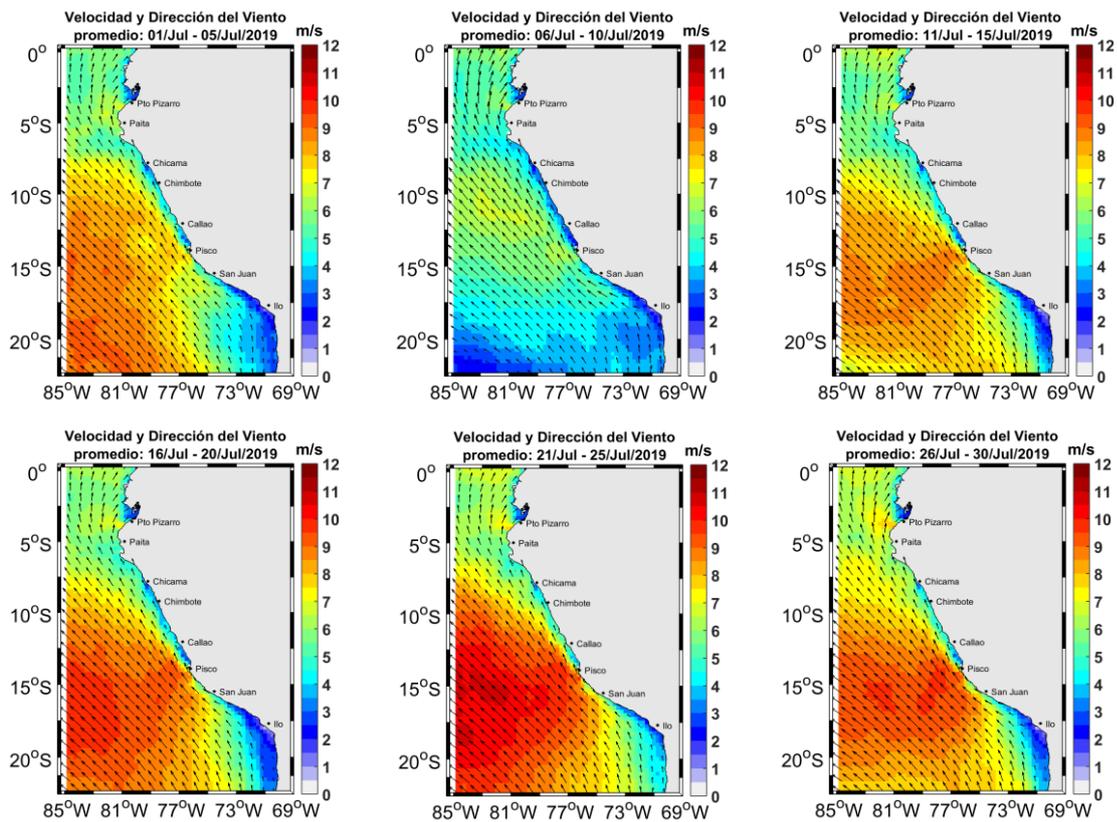


Figura 3.2.1.2. Mapas de la velocidad del viento frente a la costa peruana durante el mes de julio de 2019 (Fuente: Satélite ASCAT y productos del modelo GFS (ASCAT disponible hasta el 03 de marzo de 2019 por lo cual la información fue completada con el producto del modelo GFS, previa validación de acuerdo a Correa et al. 2016). Procesamiento: Laboratorio de Hidrofísica Marina, IMARPE). Actualizada hasta el 30/07/2019.

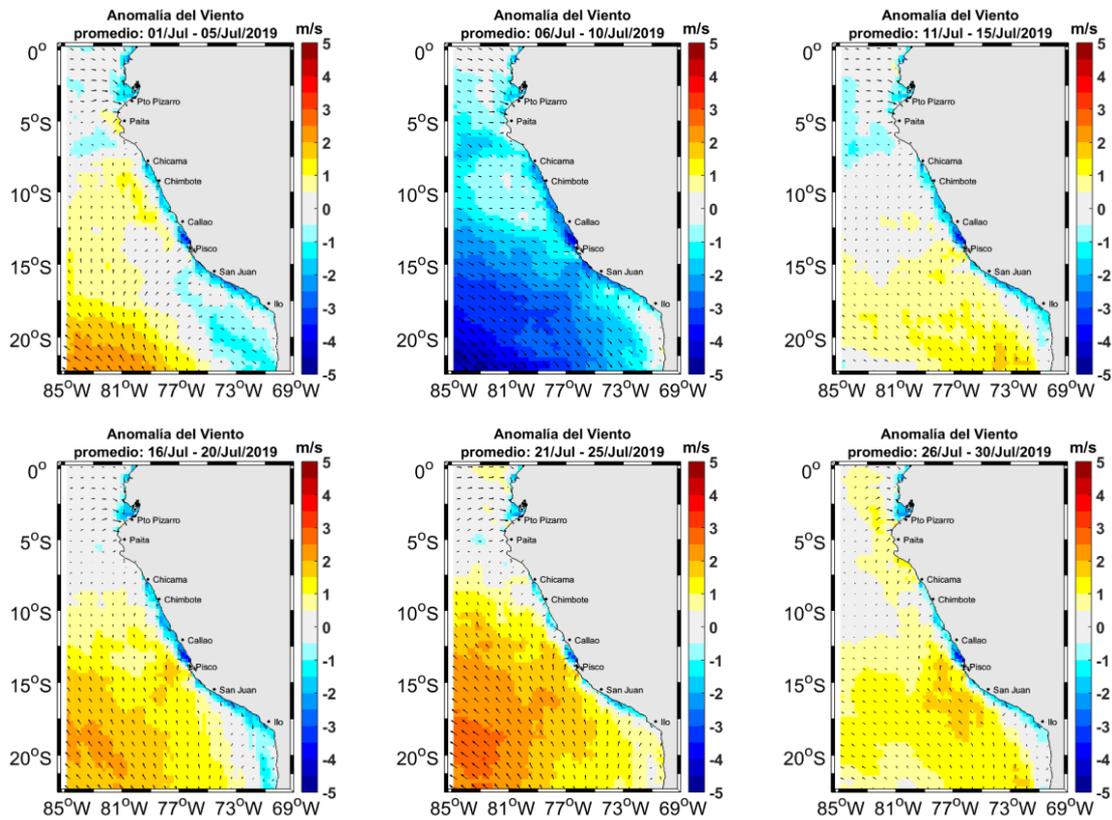


Figura 3.2.1.3. Mapas de la anomalía de la velocidad del viento frente a la costa peruana, durante el mes de julio de 2019 (Fuente: Satélite ASCAT y productos del modelo GFS, Procesamiento: Laboratorio de Hidro-Física Marina, IMARPE). Actualizada hasta el 30/07/2019.

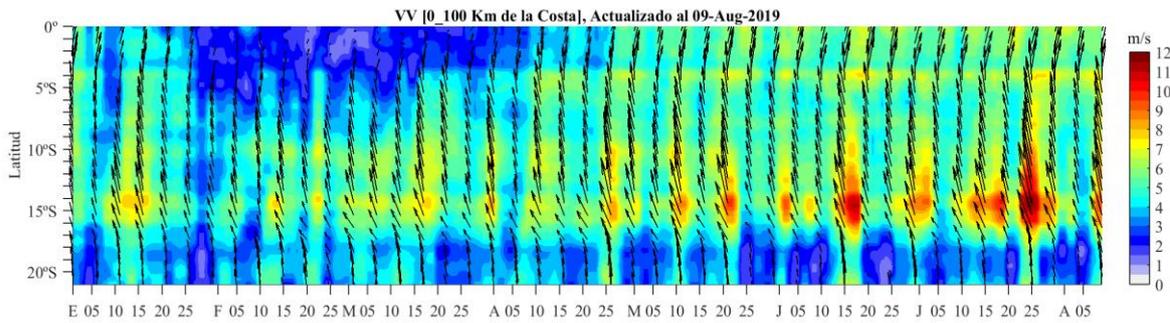


Figura 3.2.1.4 Diagrama Hovmöller de la velocidad del viento a lo largo de la costa peruana (Fuente: Satélite ASCAT, Procesamiento: Laboratorio de Hidro-Física Marina, IMARPE). Actualizada hasta el 05/08/2019.

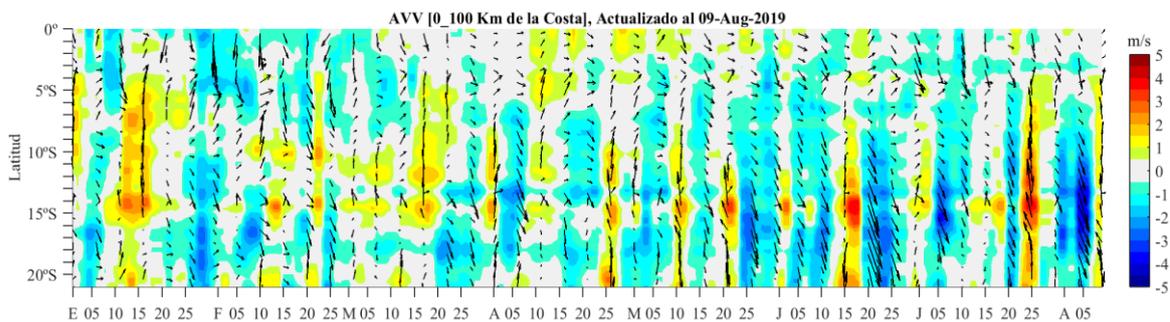


Figura 3.2.1.5 . Diagrama Hovmöller de la anomalía del viento a lo largo de la costa peruana meses (Fuente: Satélite ASCAT, Procesamiento: Laboratorio de Hidro-Física Marina, IMARPE). Actualizada hasta el 05/08/2019.

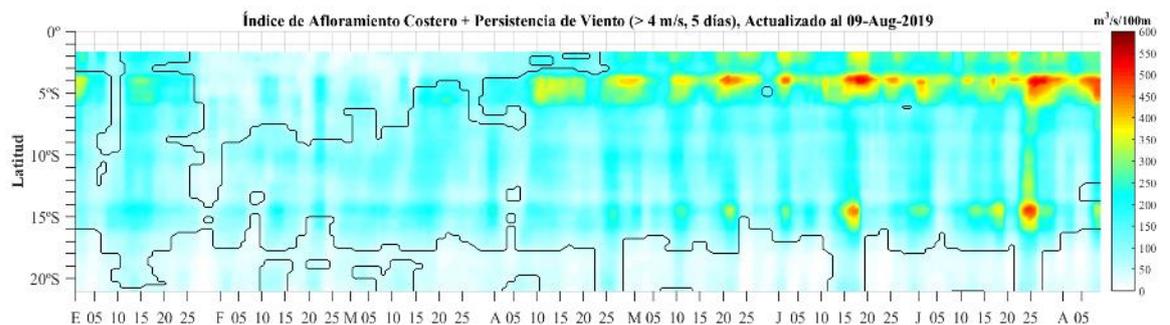
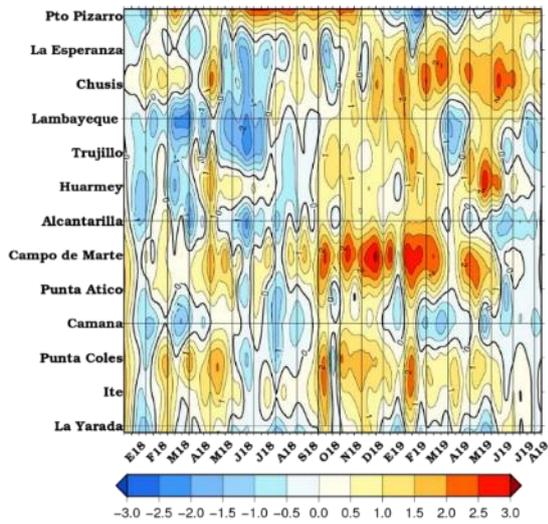


Figura 3.2.1.6. Diagrama de Hovmöller del Índice de Afloramiento Costero ($\text{m}^3 \text{s}^{-1} 100\text{m}$), calculado a partir del viento satelital ASCAT y *productos del modelo GFS* a 40 km frente a la costa del Perú. Los contornos señalan la persistencia del afloramiento bajo condiciones de velocidad a 4 m s^{-1} durante 5 días o más. Fuente: Satélite ASCAT, Procesamiento: Laboratorio de Hidro-Física Marina, IMARPE. Actualizada hasta el 05/08/2019.

(a)



(b)

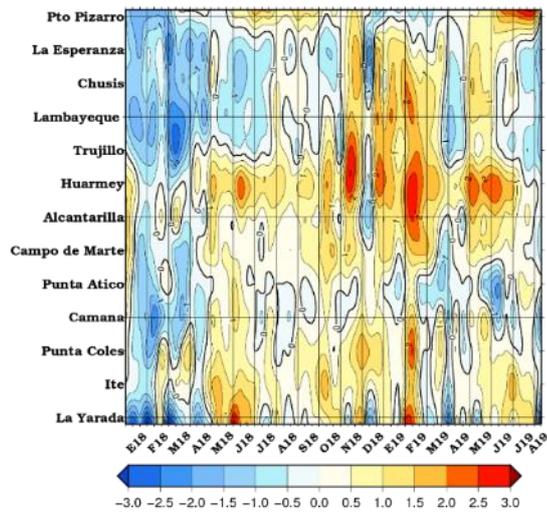


Figura 3.2.2.1. Anomalías de las temperaturas extremas del aire (Tmax y Tmin) para estaciones costeras a lo largo del litoral del Perú distribuidas desde el norte hacia el sur. Fuente: SPC/SENAMHI.

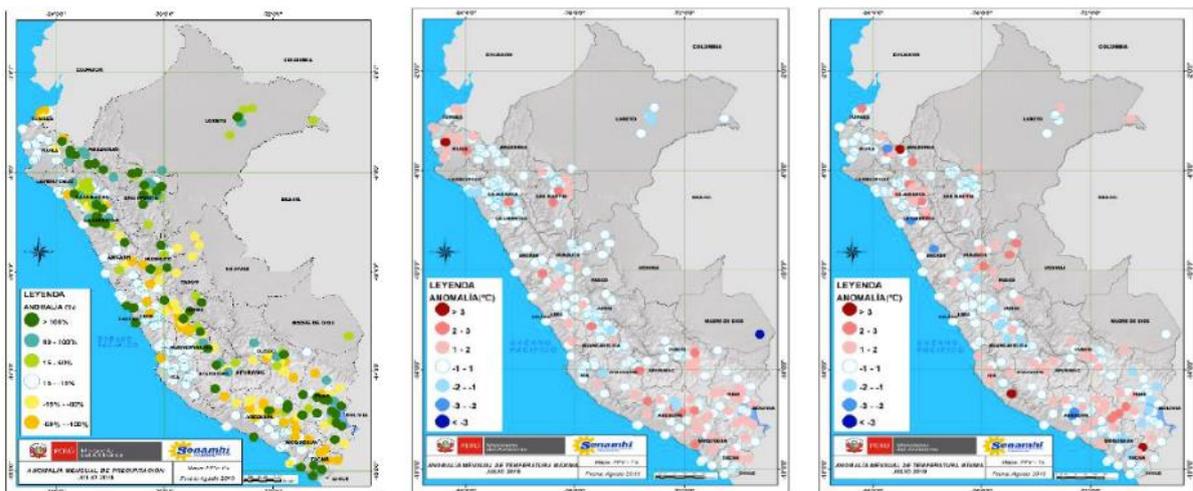


Figura 3.2.3.1. Anomalías termo-pluviométricas a nivel nacional para el mes de julio de 2019. Las anomalías porcentuales de la precipitación, temperatura máxima, y temperatura mínima se muestran en el panel de la izquierda, el centro y la derecha, respectivamente. Fuente: SPC/SENAMHI.

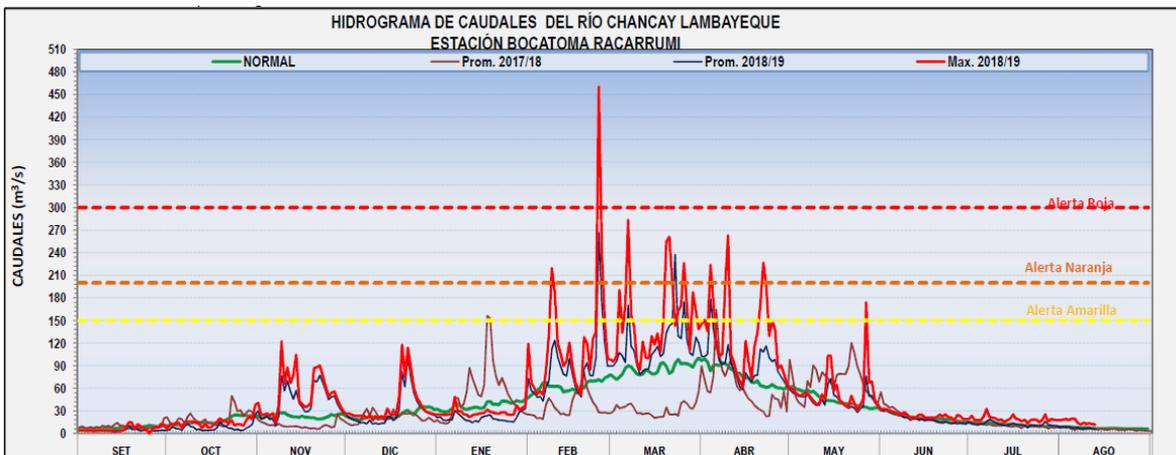
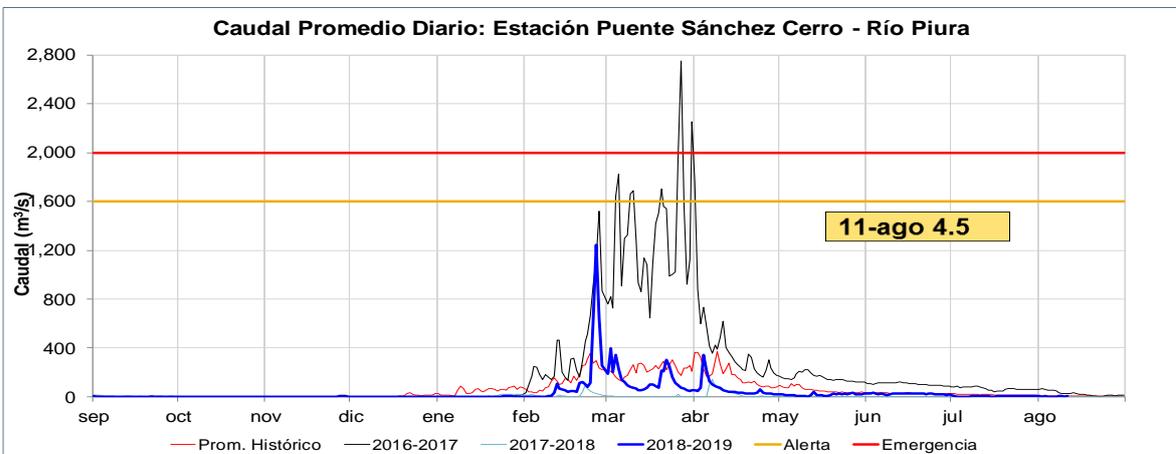
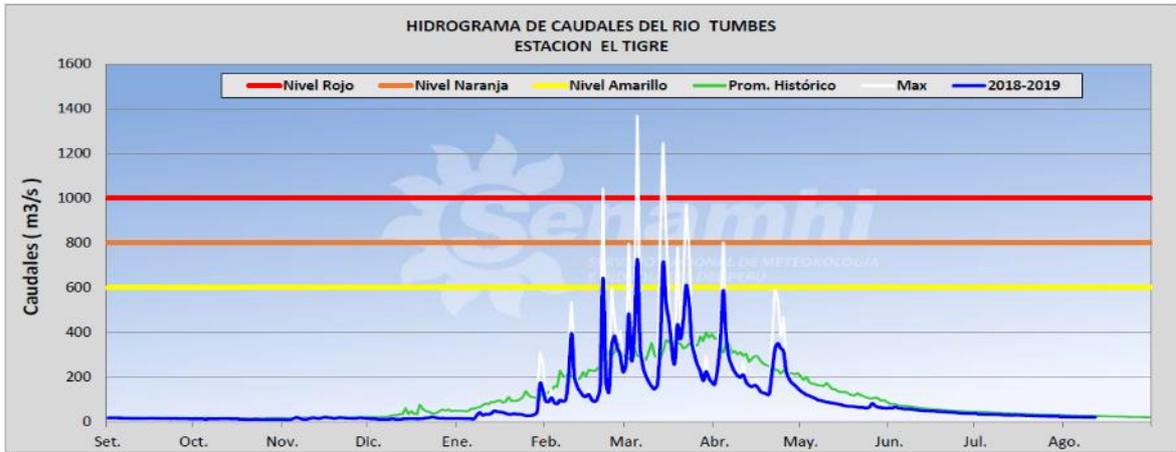


Figura 3.2.3.2 Caudales diarios (m³/s) de los principales ríos del norte del Perú: Tumbes (panel superior), Piura (panel central) y Lambayeque (panel inferior), hasta los primeros días de agosto de 2019. Las líneas azules indican caudales de los años 2018-2019, rojas: Promedio histórico; celeste: promedio de años húmedos y líneas grises: promedio de años secos. Fuente datos: SENAMHI/ Procesamiento: ANA

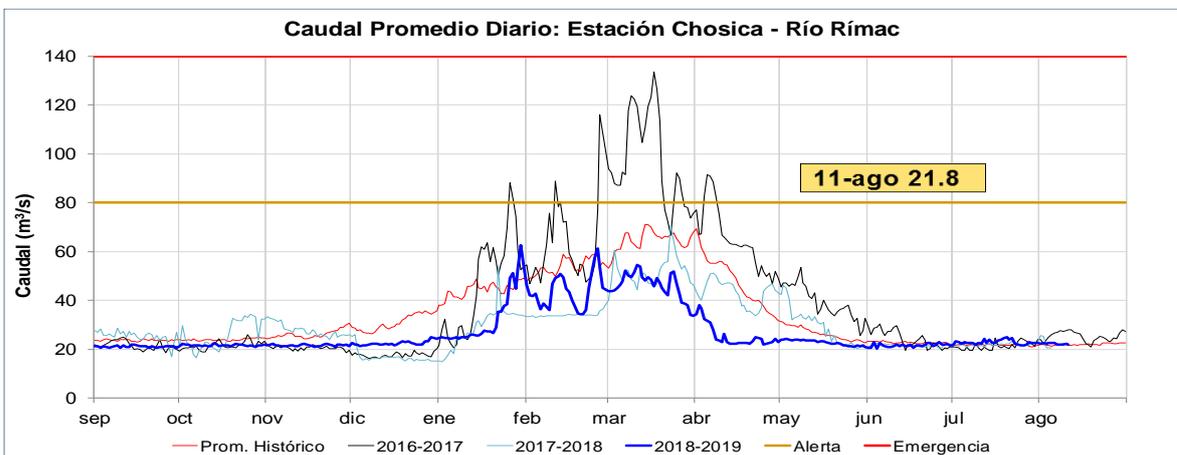


Figura 3.2.3.3 Caudales diarios (m³/s) de principales ríos del centro del Perú: Santa (panel superior), Chillón (panel central) y Rímac (panel inferior), hasta los primeros días de agosto de 2019. Líneas azules: caudales de los años 2018-2019, rojas: Promedio histórico; celeste: promedio de años húmedos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

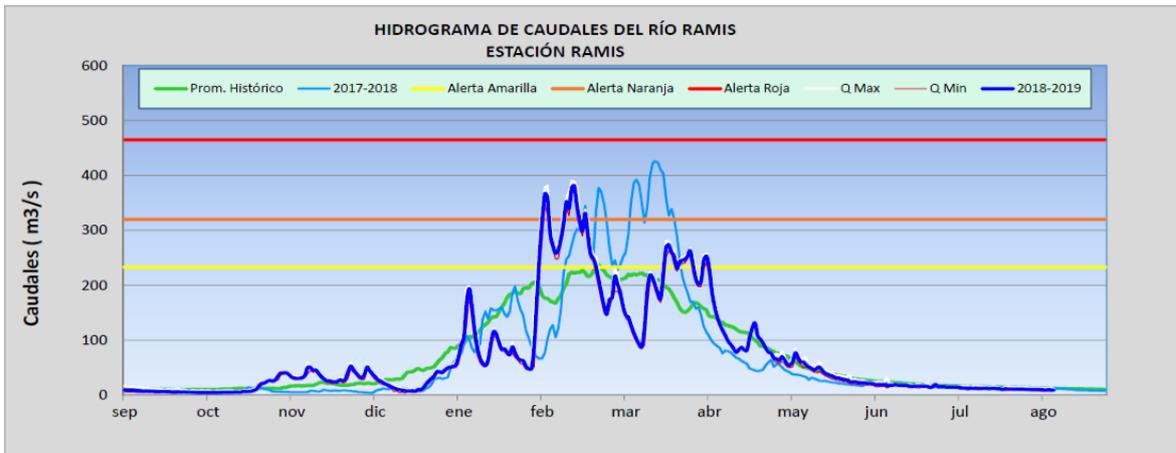
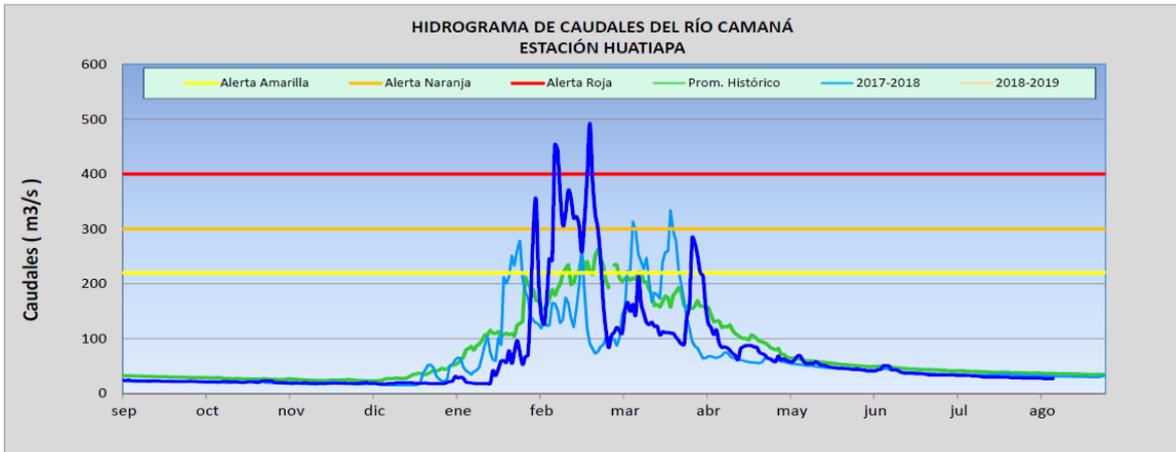
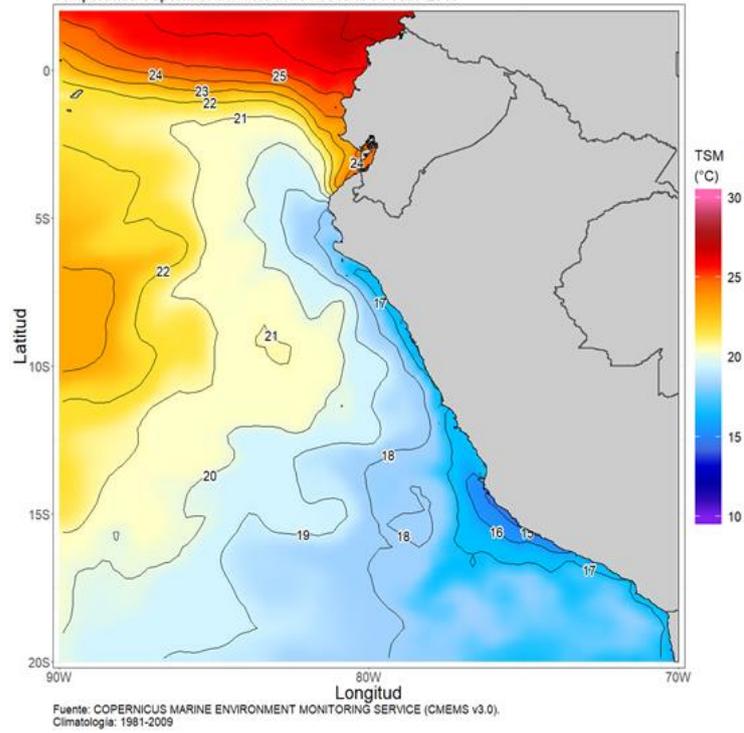


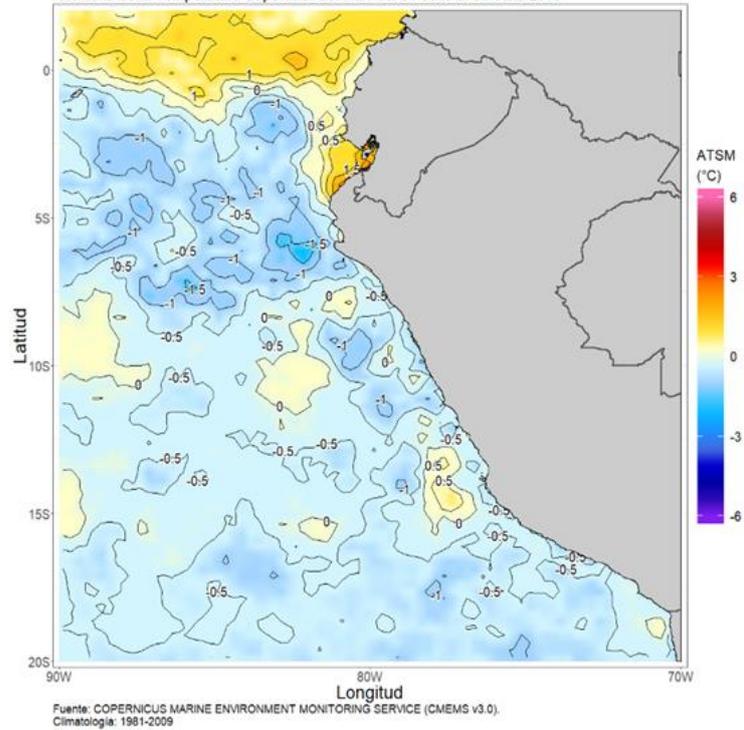
Figura 3.2.3.4 Caudales diarios (m^3/s) de principales ríos del sur del Perú: Camaná (panel superior) y Ramis (panel inferior), hasta los primeros días de agosto de 2019. Líneas azules: caudales de los años 2018-2019, rojas: Promedio histórico; celeste: promedio de años húmedos y líneas grises: promedio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

DIRECCIÓN DE HIDROGRAFÍA Y NAVEGACIÓN
Dpto. de Oceanografía - Div. Oceanografía
Temperatura Superficial del Mar: del 01-Julio al 31-Julio-2019



(a)

DIRECCIÓN DE HIDROGRAFÍA Y NAVEGACIÓN
Dpto. de Oceanografía - Div. Oceanografía
Anomalia de la Temperatura Superficial del Mar: del 01-Julio al 31-Julio-2019



(b)

Figura 3.2.4.1. TSM promedio para julio de 2019 (a) y su anomalía (b), frente a la costa peruana y ecuatoriana. Climatología 1981 – 2009 (Pathfinder V5). Fuente Datos OSTIA. Procesamiento y gráfico: DIHIDRONAV.

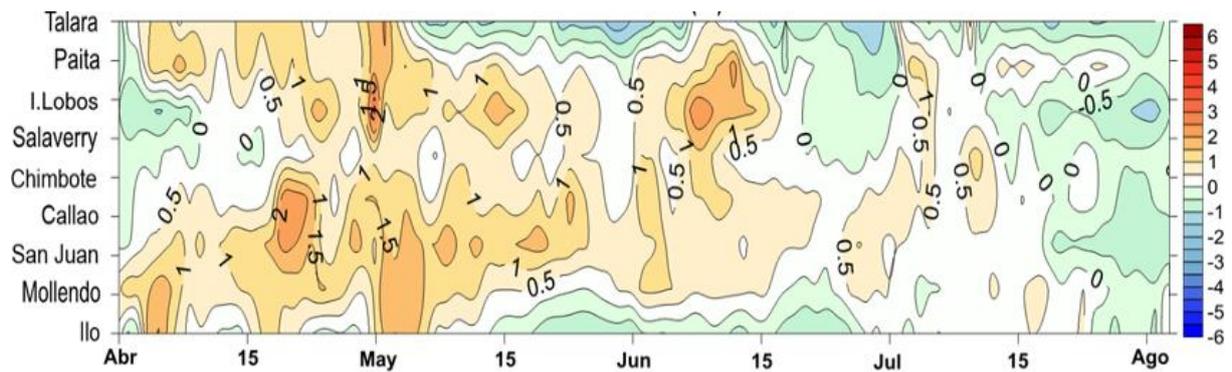


Figura 3.2.4.2. Diagrama Hovmöller de las anomalías de la TSM en el litoral de Perú. Desde marzo hasta julio de 2019. Climatología 1981 – 2010 DIHIDRONAV Fuente: DIHIDRONAV.

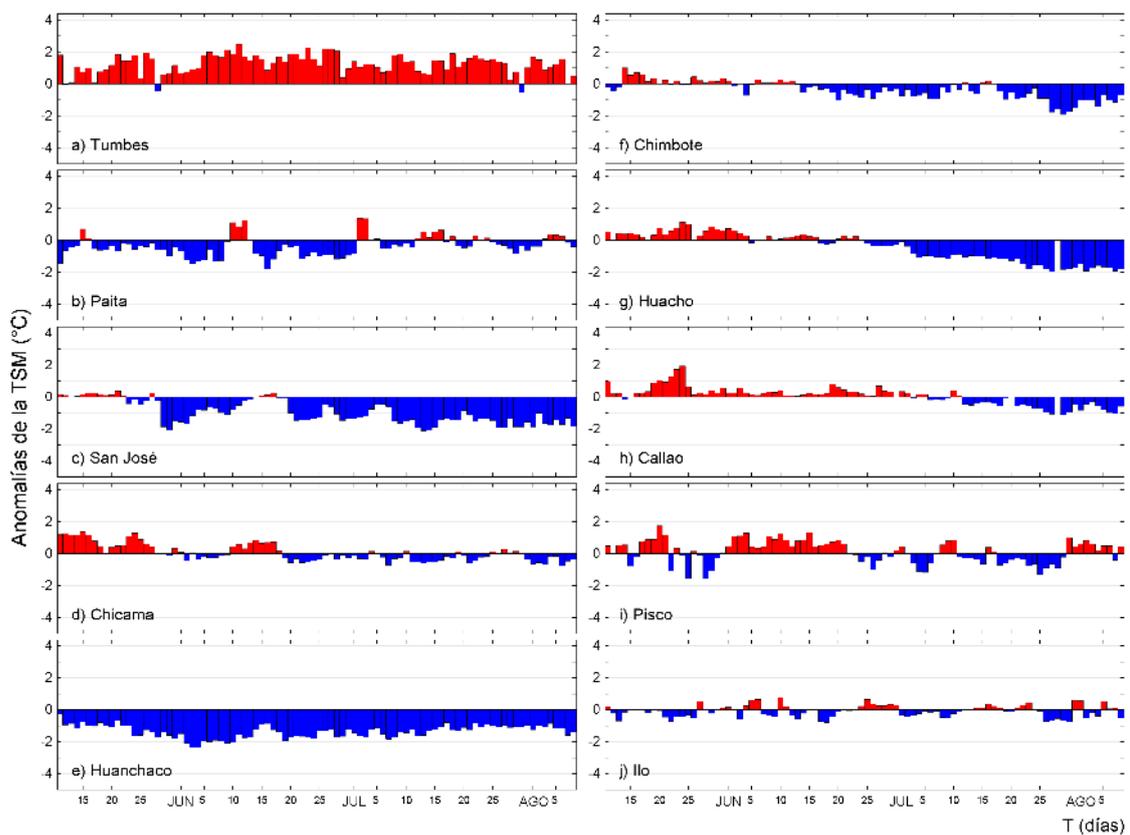


Figura 3.2.4.3. Series de tiempo de las anomalías de la TSM (°C) diaria en la red de estaciones costeras del IMARPE durante el último trimestre. Datos y procesamiento: IMARPE.

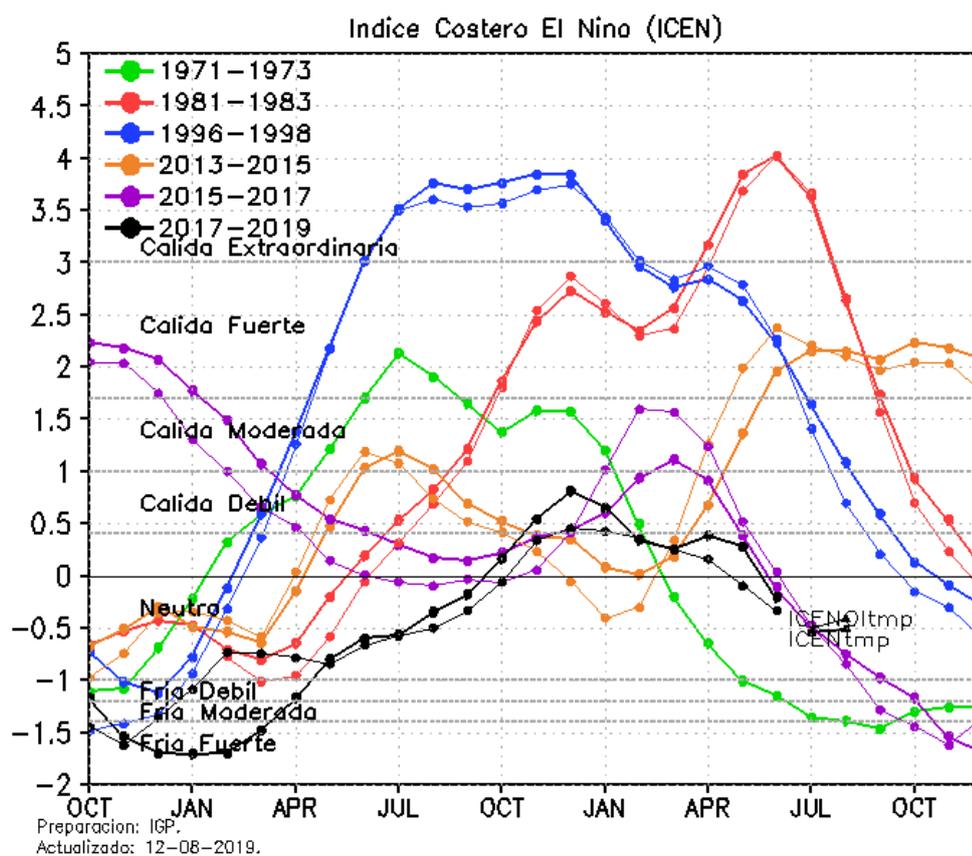


Figura 3.2.4.4 Variabilidad temporal ICEN para los años 1971-1973 (verde), 1981-1983 (rojo), 1996-1998 (azul), 2013-2015 (anaranjado), 2015-2017 (morado), y 2017-2019 (negro). Fuente: IGP

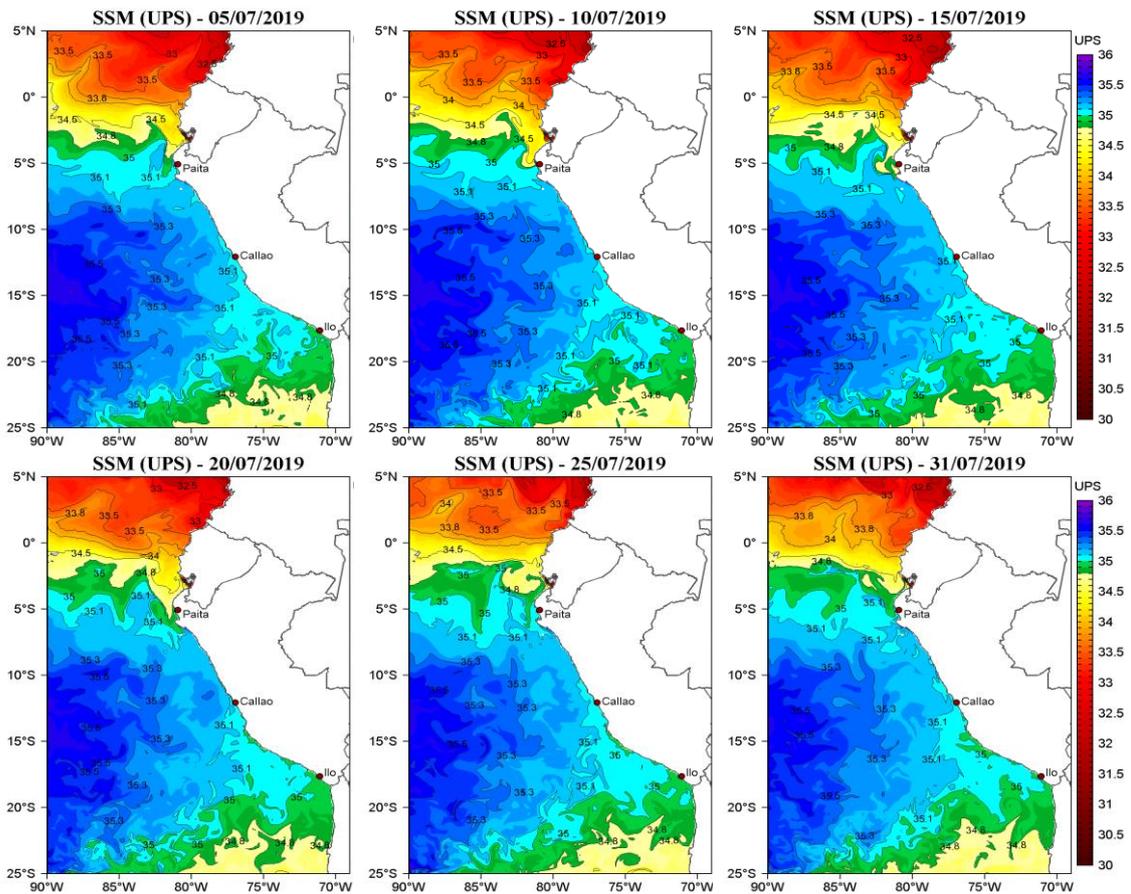


Figura 3.2.4.5. Distribución espacial de la salinidad superficial del mar (SSM), durante los días (de izquierda a derecha y de arriba a abajo) 05, 10, 15, 20, 25 y 31 de julio de 2019. Fuente: HYCOM, Procesamiento: DGIOCC-IMARPE.

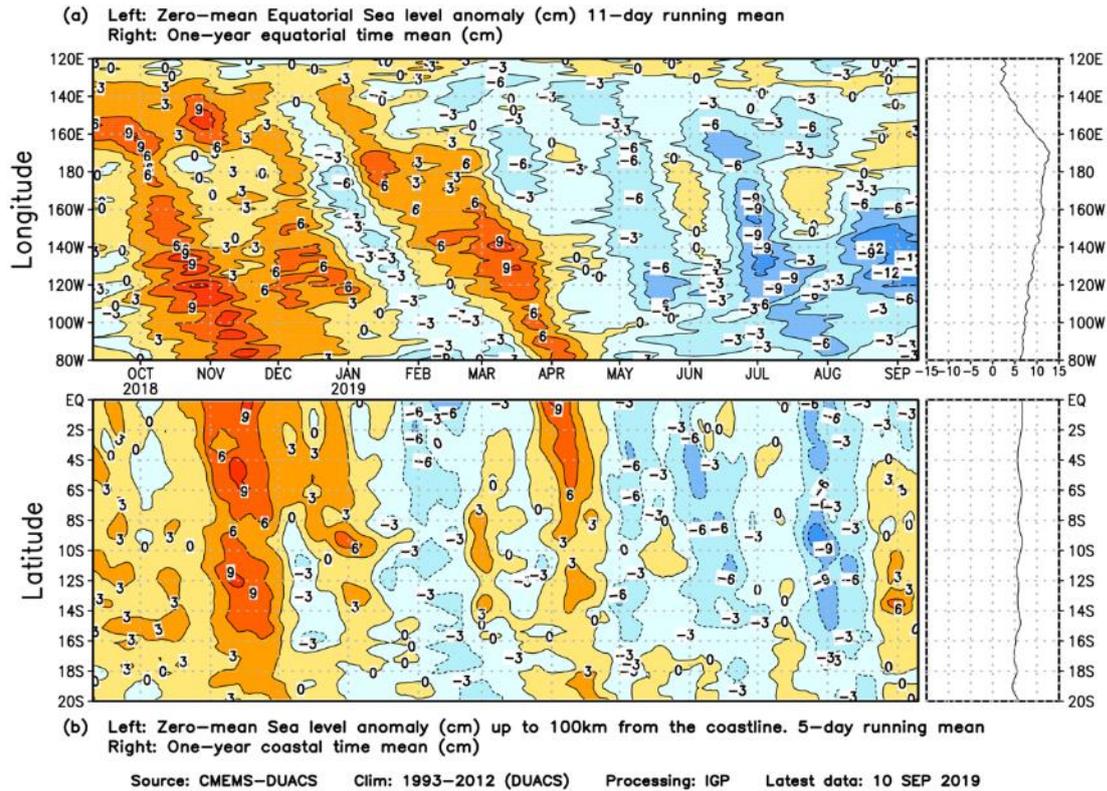


Figura 3.2.4.6. Anomalia centrada del nivel del mar a lo largo de la franja ecuatorial (figura superior izquierda) y a lo largo de la costa peruana (figura inferior izquierda). A la derecha se muestra el promedio de los últimos 365 días en la franja ecuatorial (superior) y a lo largo de la costa (inferior),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

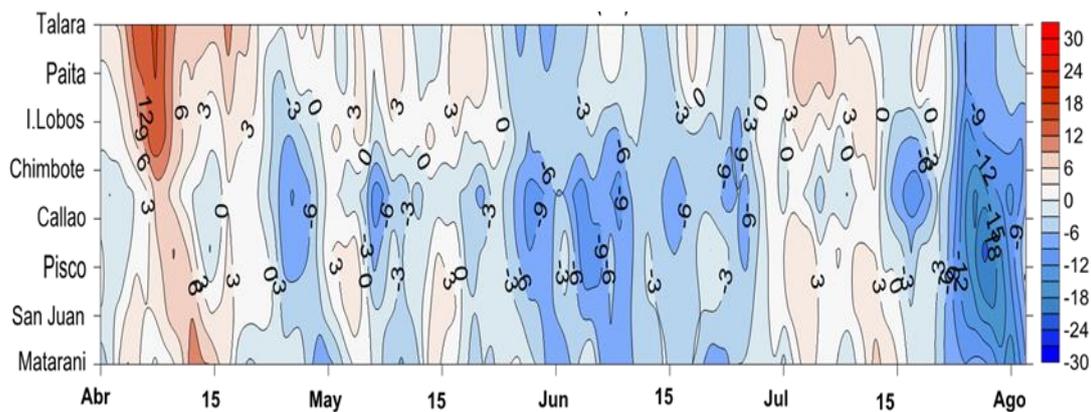


Figura 3.2.4.7. Diagrama Hovmöller de las anomalías del nivel medio del mar en el litoral de Perú. De abril a agosto de 2019. Climatología 1981 – 2010 DIHIDRONAV Fuente: DIHIDRONAV.

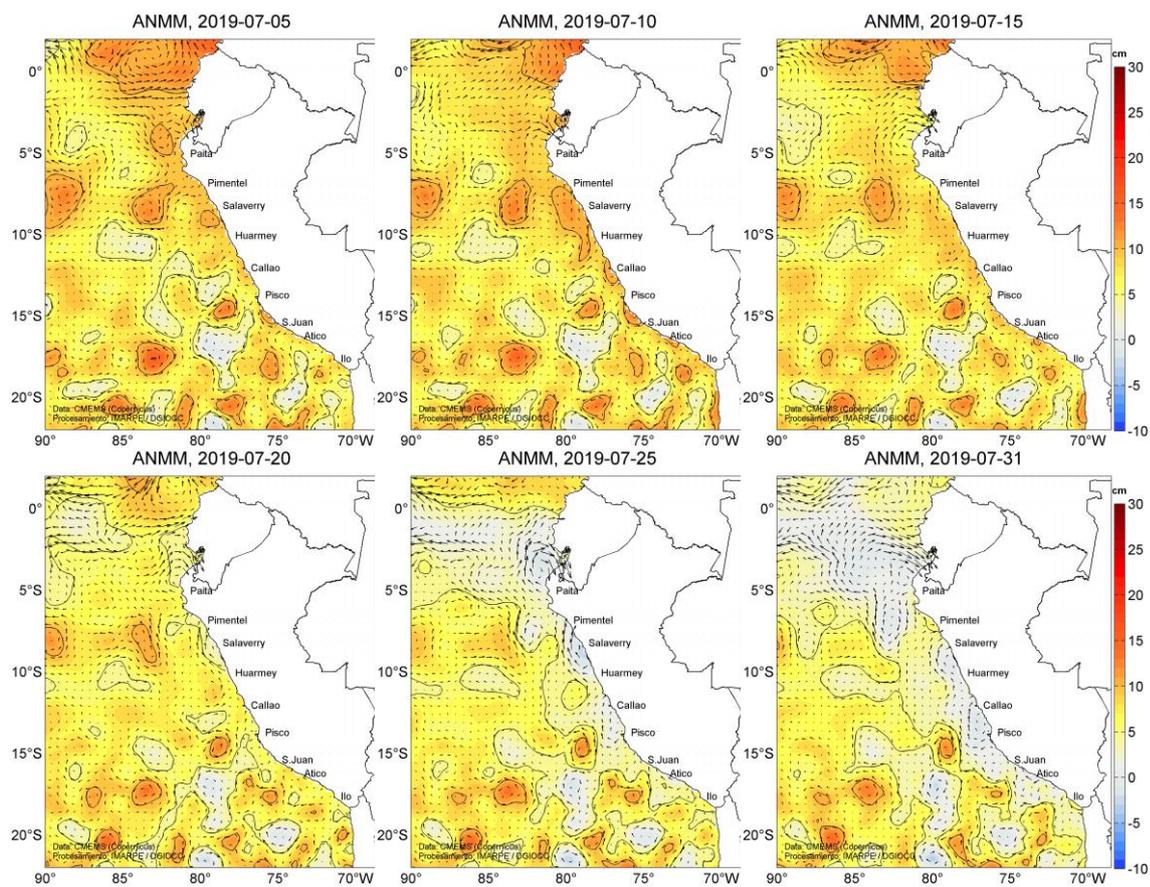


Figura 3.2.4.8. Anomalía de altura del nivel medio del mar (cm) y corrientes geostróficas, cada cinco días para el mes de julio de 2019. Fuente: CMEMS, Procesamiento: IMARPE.

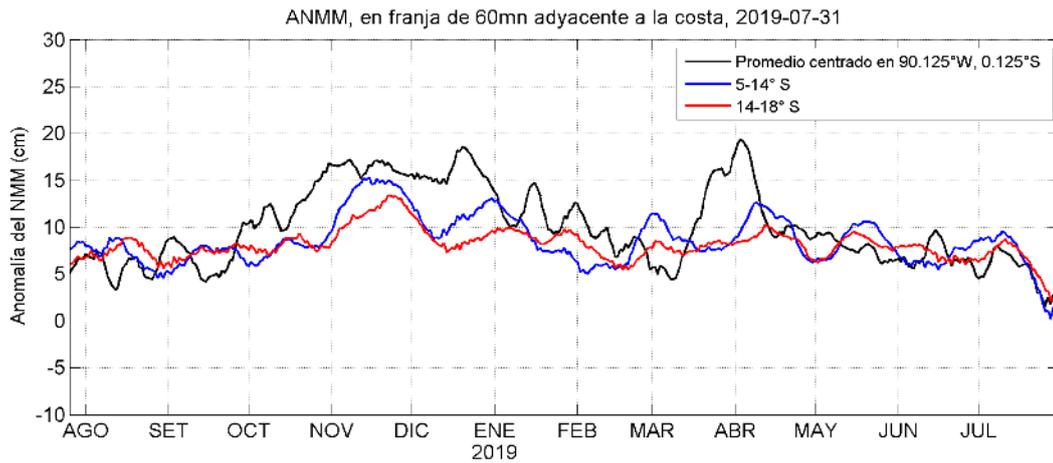


Figura 3.2.4.9. Variación temporal de la ANMM, dentro de las 60 m.n. de la costa y en la zona de Galápagos, durante un año hasta el 31 de julio del 2019. Fuente: CMEMS, Procesamiento: IMARPE.

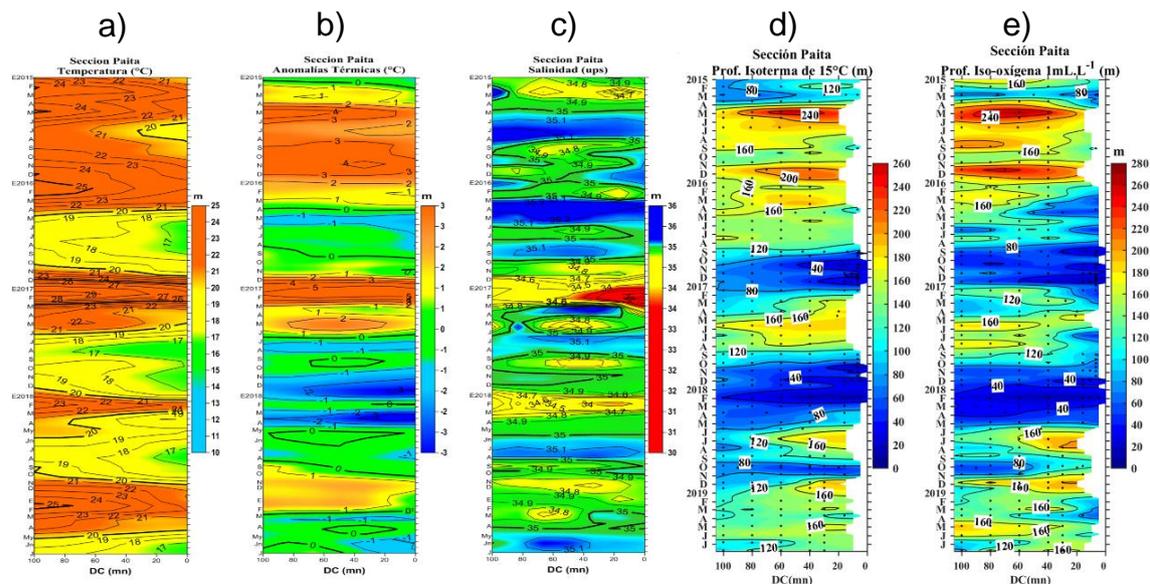


Figura 3.2.5.1. Diagrama Hovmöller de a) TSM, b) ATSM, c) SSM, d) ASSM, y e) Profundidad de la iso-oxigena de 1 mL.L⁻¹ (m) de las secciones verticales frente a Paíta, registrado desde enero de 2015 hasta julio de 2019

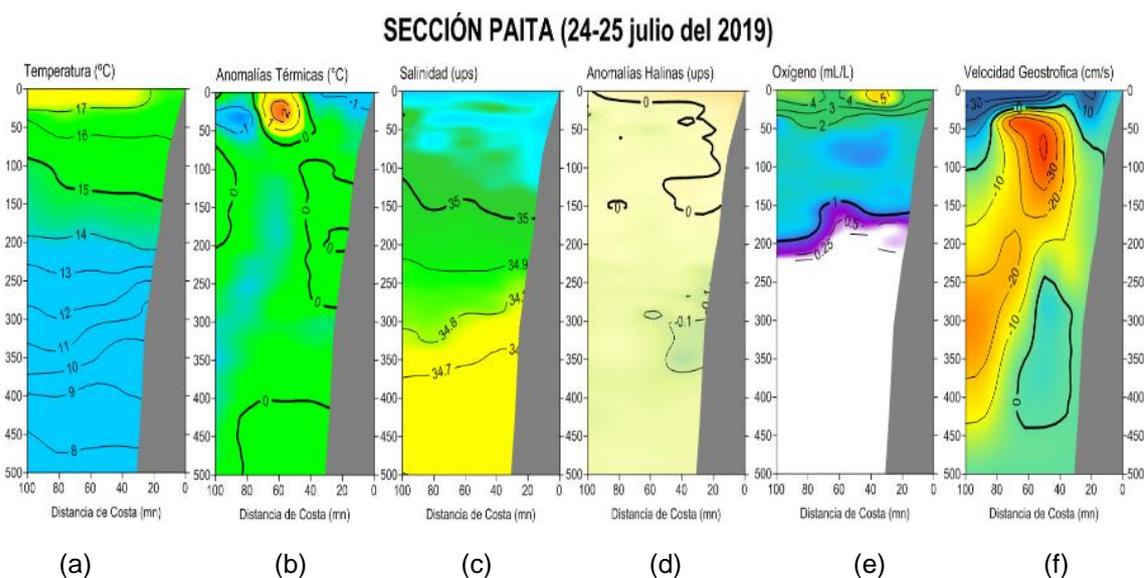


Figura 3.2.5.2. Distribución vertical de: a) temperatura (°C), b) anomalía de temperatura (°C), c) salinidad (ups), d) anomalía de salinidad (ups), e) oxígeno (mL.L⁻¹) y f) velocidad geostrofica (cm/s) frente a Paíta, realizada durante el 24 y 25 de julio de 2019. Fuente: IMARPE.

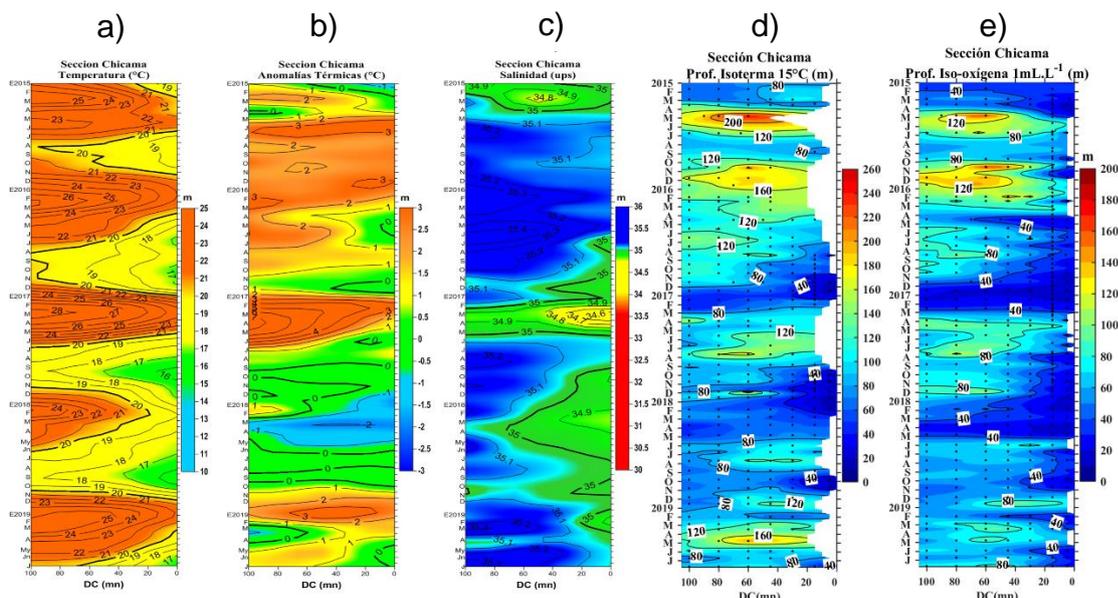


Figura 3.2.5.3. Diagrama Hovmöller de a) TSM, b) ATSM, c) SSM, d) profundidad de la isoterma de 15 °C (m) y e) Profundidad de la iso-oxigena de 1 mL.L⁻¹ (m) de las secciones verticales frente a Chicama, registrado desde enero del 2015 hasta julio del 2019

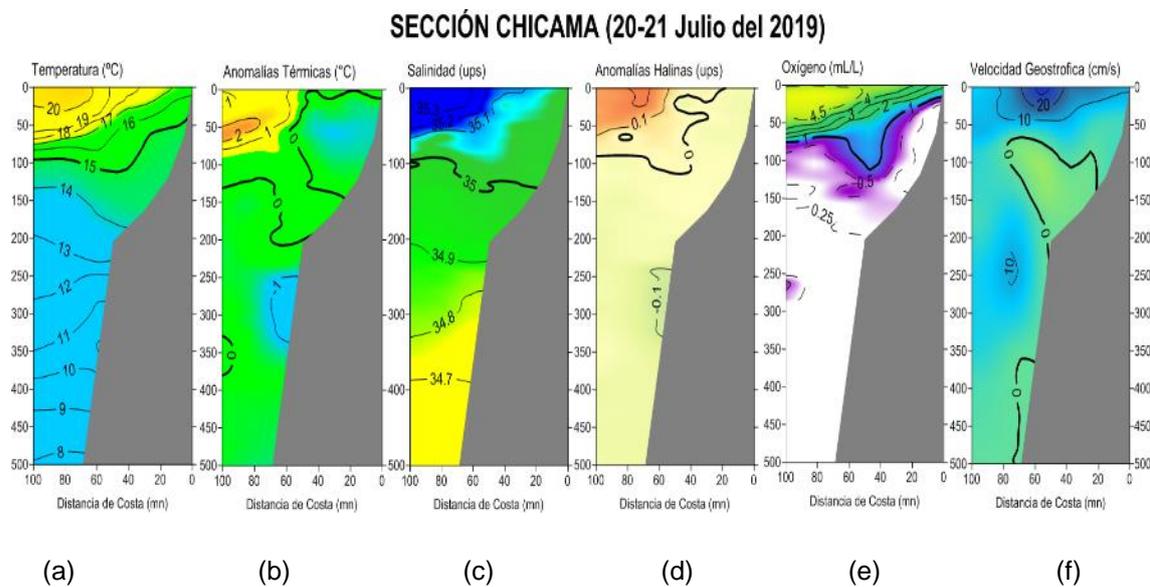


Figura 3.2.5.4. Distribución vertical de: a) Temperatura superficial del mar (°C), b) Anomalia de temperatura superficial del mar (°C), c) Salinidad superficial del mar (ups), d) Anomalia de salinidad superficial del mar (ups), e) Oxígeno (mL.L⁻¹) y f) Velocidad geostrofica (cm/s) frente a Chicama, realizada durante el 20-21 de julio de 2019. Fuente: IMARPE.

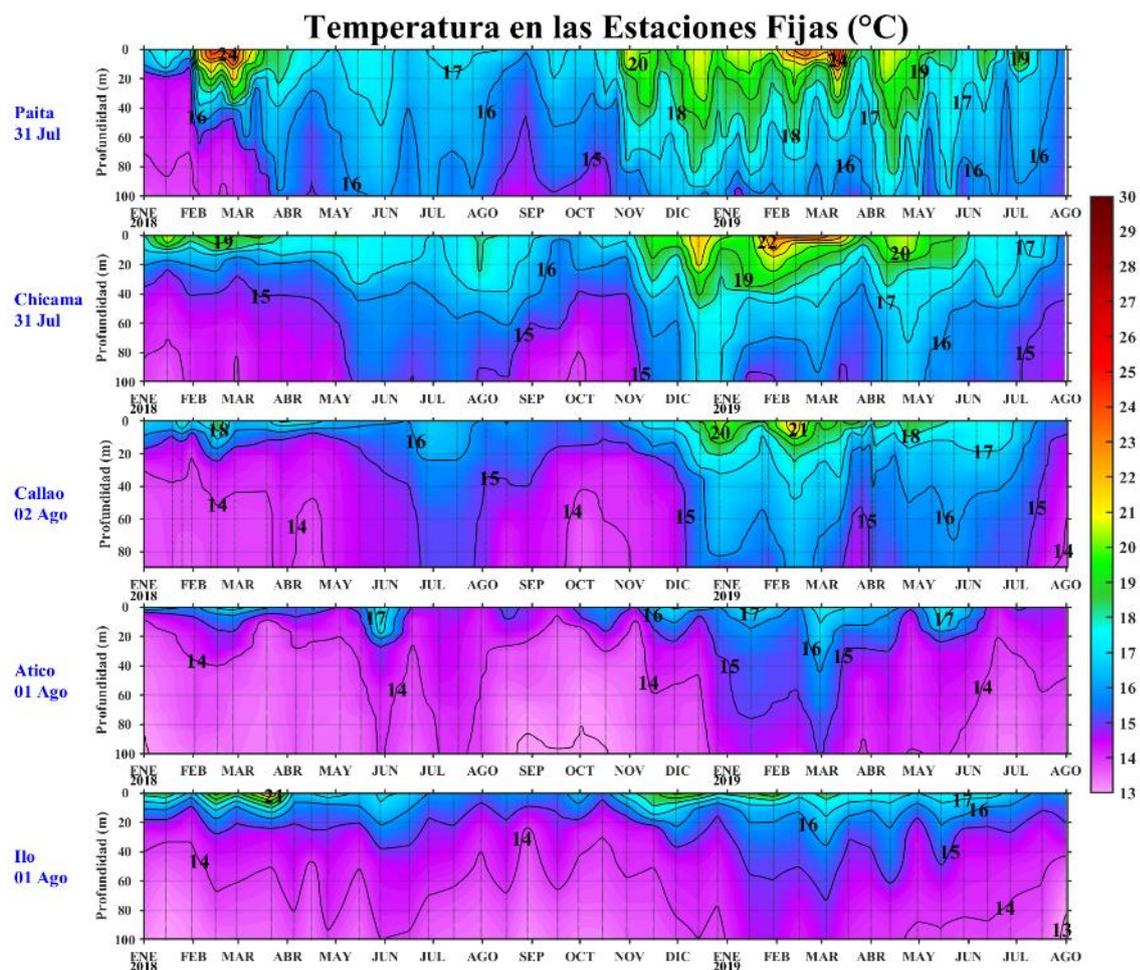


Figura 3.2.5.5. Series de tiempo, de enero de 2018 a julio de 2019, de la estructura térmica vertical (°C) en las estaciones fijas de: Paíta, Chicama, Callao, Atico e Ilo.

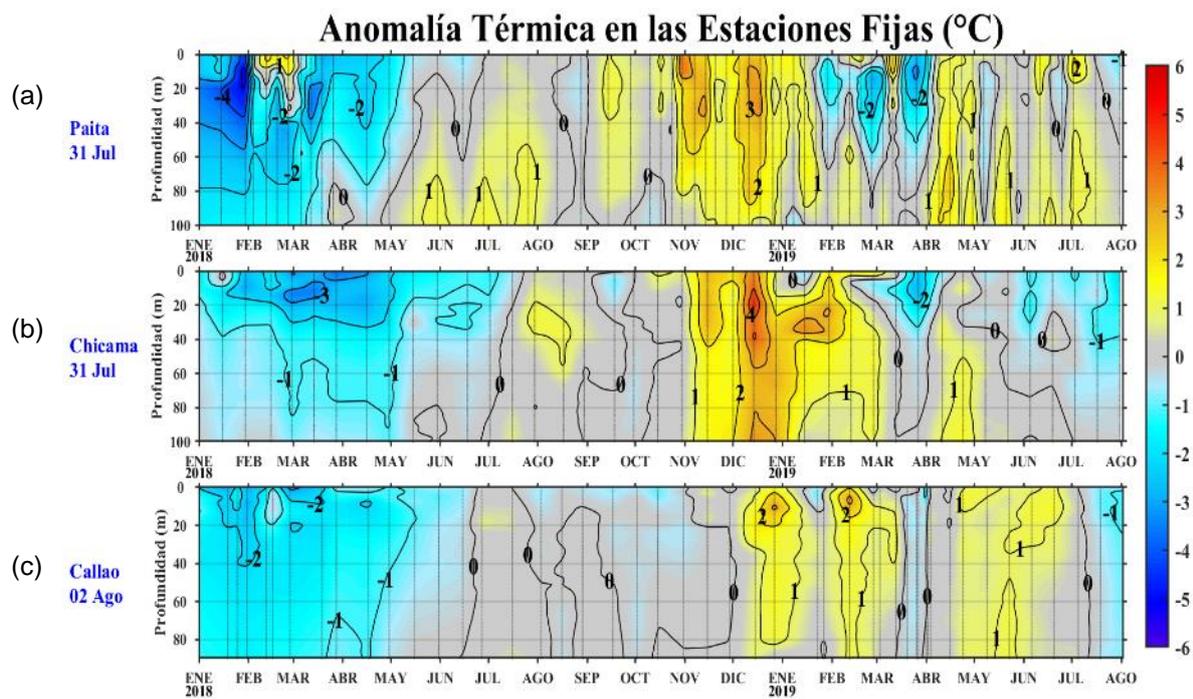


Figura 3.2.5.6. Series de tiempo, de enero de 2018 a julio de 2019, de la anomalía térmica vertical (°C) en las estaciones fijas de: Paqueta, Chicama y Callao.

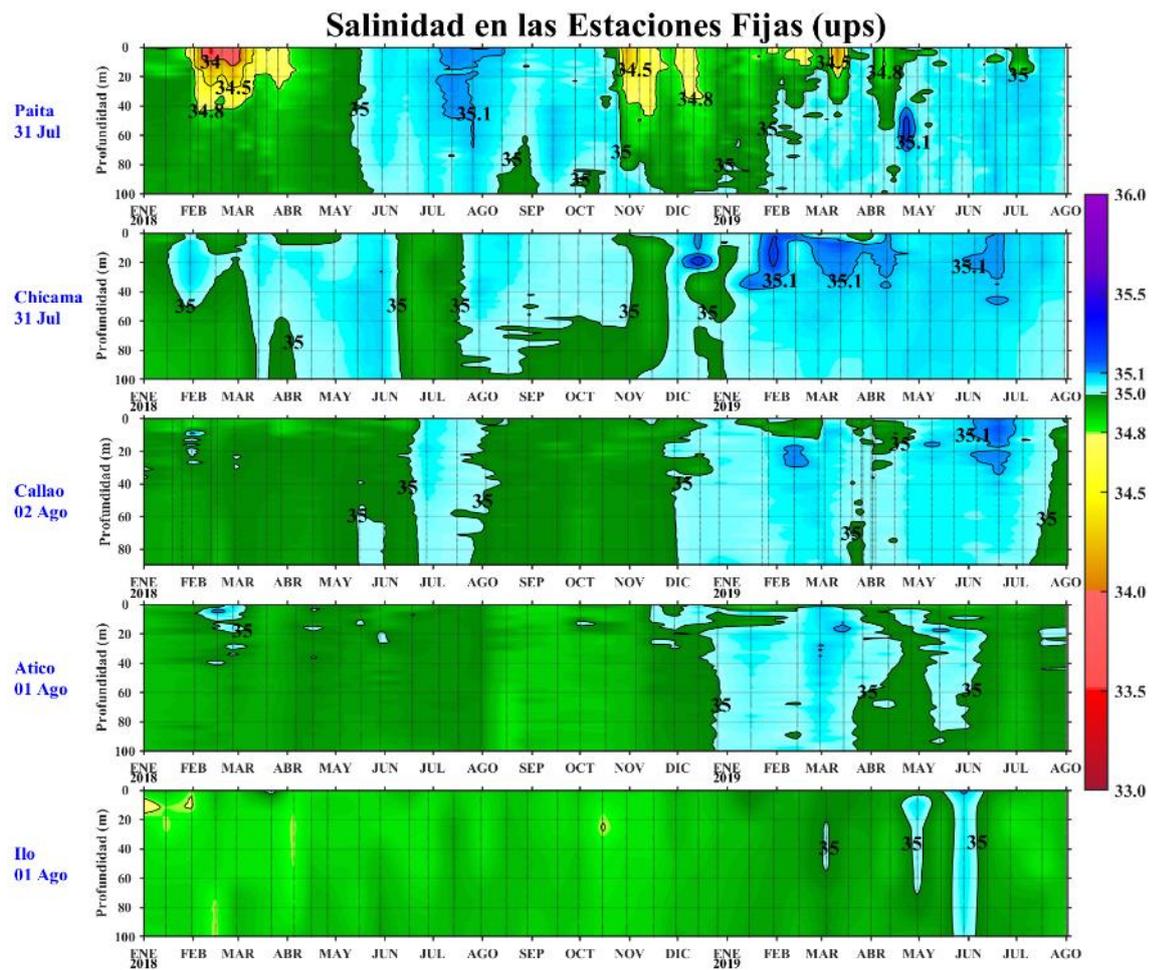


Figura 3.2.5.7. Series de tiempo, de enero de 2018 a julio de 2019, de la salinidad del agua de mar (ups) en los Puntos Fijos de Paita, Chicama, Callao, Atico e Ilo.

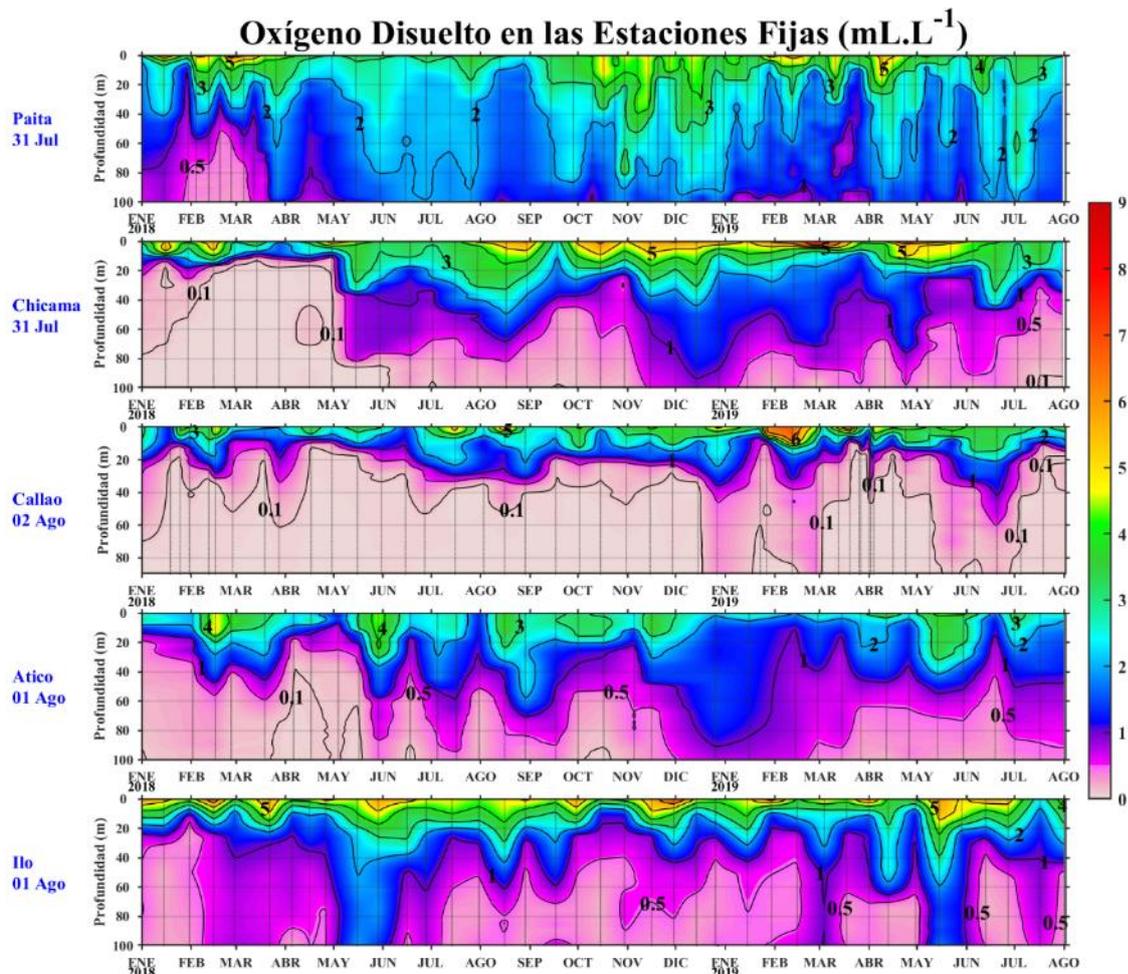


Figura 3.2.5.8. Series de tiempo, de enero de 2018 a julio de 2019, de la concentración de oxígeno disuelto (mL.L⁻¹) en las estaciones fijas de Paíta, Chicama, Callao, Atico e Ilo.

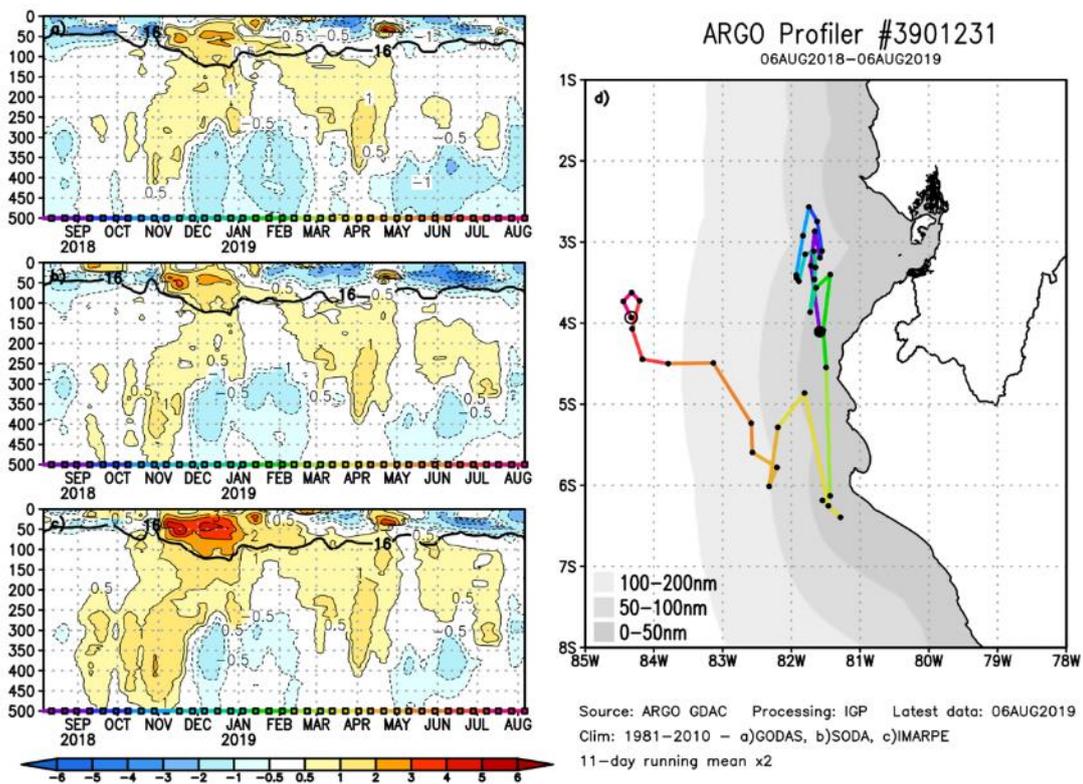


Figura 3.2.5.9. (Izquierda) Perfiles verticales de anomalía de la temperatura del mar hasta los 500 metros de profundidad calculada de los datos del flotador ARGO No. 3901231. Esta anomalía se calcula en base a la climatología (1981-2010) de: (a) GODAS, (b) SODA e (c) IMARPE. (Derecha) Trayectoria del 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.

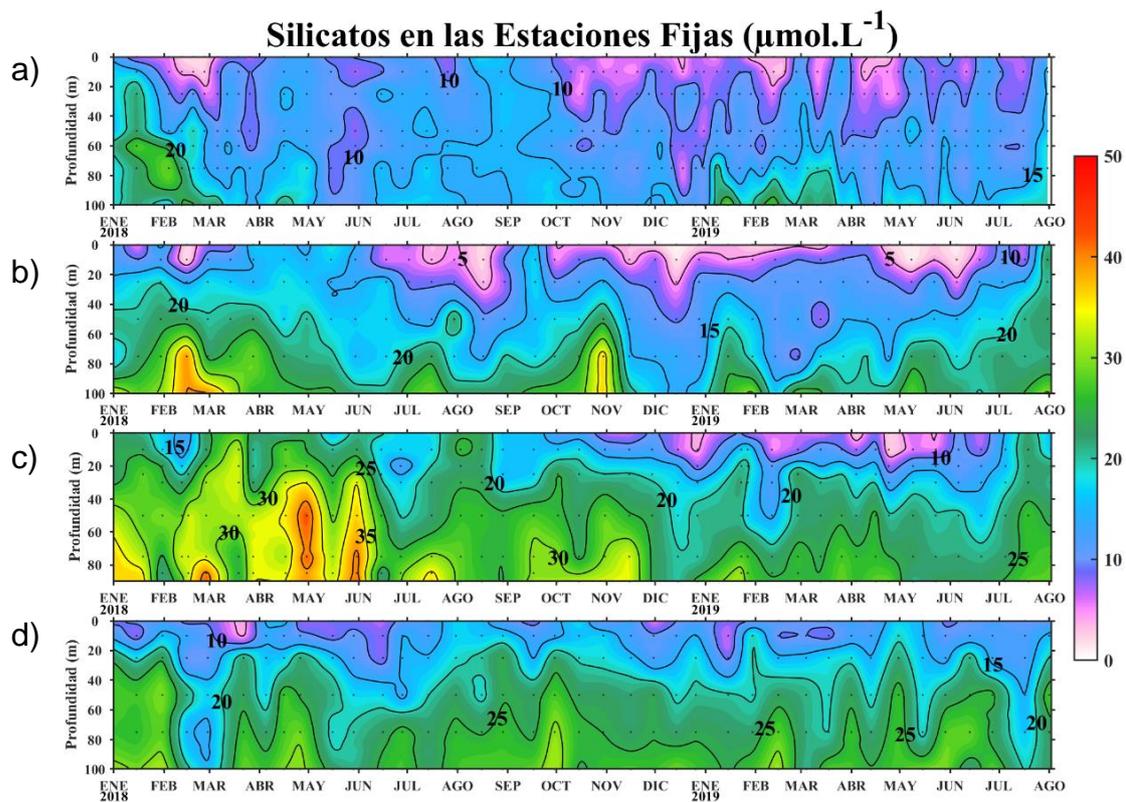


Figura 3.2.6.1. Concentración de silicatos en $\mu\text{mol L}^{-1}$ en las Estaciones Fijas de Paita, Chicama, Callao e Ilo de IMARPE entre enero 2018 a julio 2019.

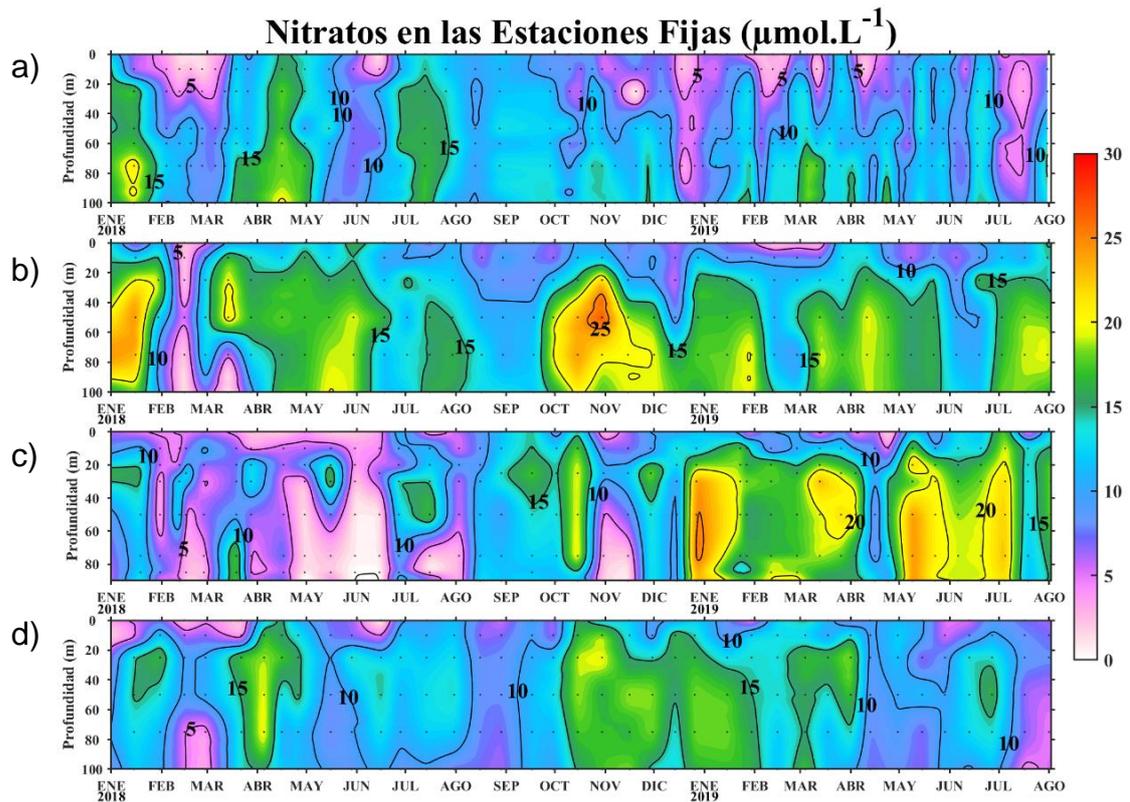


Figura 3.2.6.2. Concentración de nitratos en $\mu\text{mol L}^{-1}$ en las Estaciones Fijas de Paita, Chicama, Callao e Ilo de IMARPE entre enero 2018 a julio 2019.

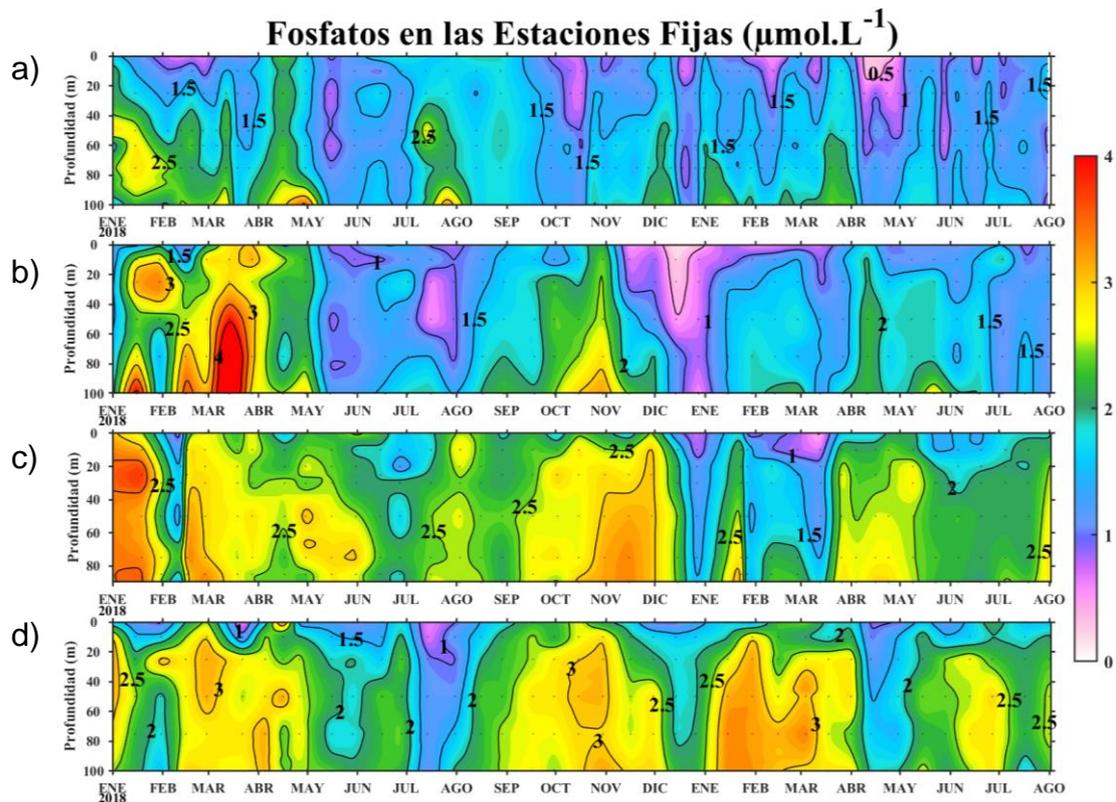


Figura 3.2.6.3. Concentración de fosfatos en $\mu\text{mol L}^{-1}$ en las Estaciones Fijas de Paita, Chicama, Callao e Ilo de IMARPE entre enero 2018 a julio 2019.

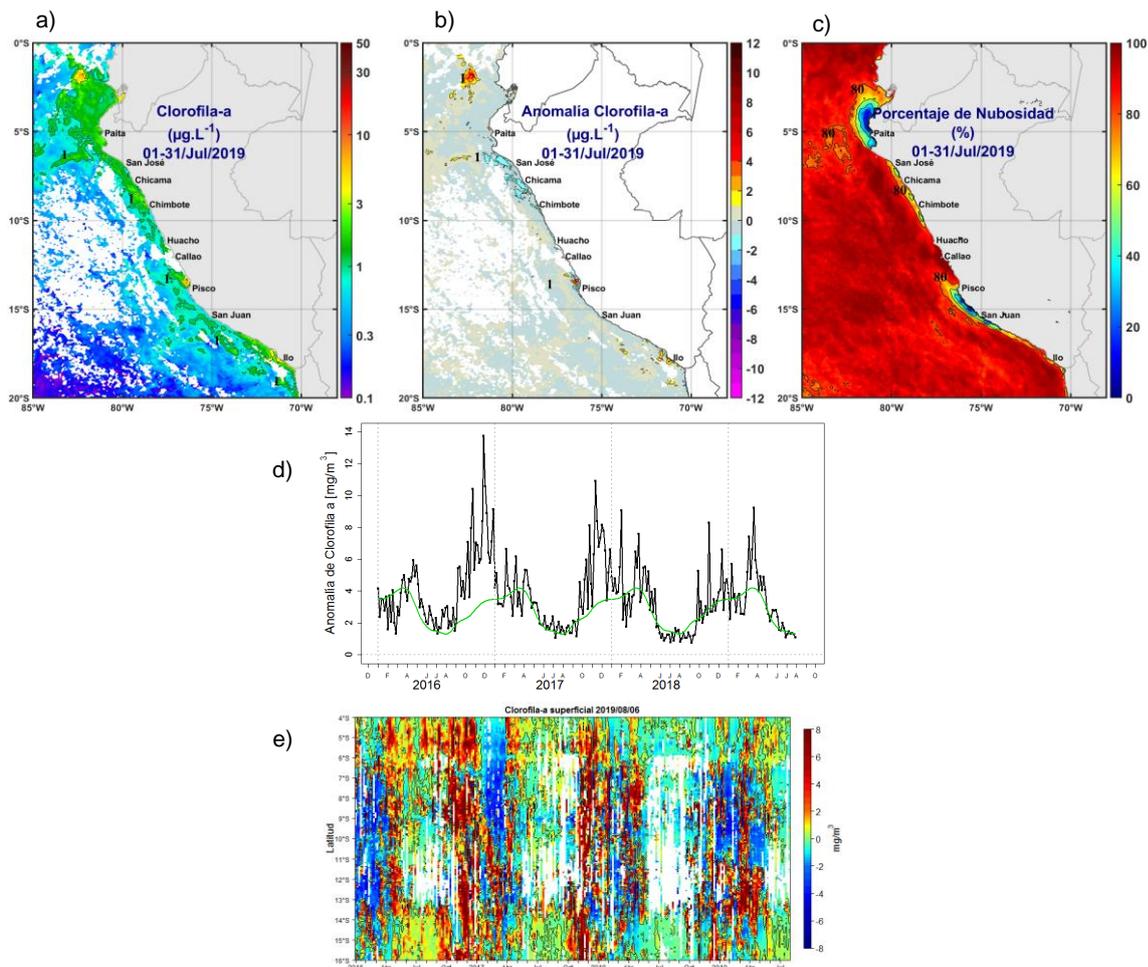


Figura 3.2.6.4. Mapa de la concentración (a) y anomalía (b) de la clorofila-a obtenida del satélite MODIS-AQUA, VIIRS-SNPP durante junio de 2019. Número de días con nubes en (c). Serie de tiempo (d) para 4 °S-16 °S y dentro de los 100 km de la costa, de las concentraciones de clorofila-a satelital (línea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

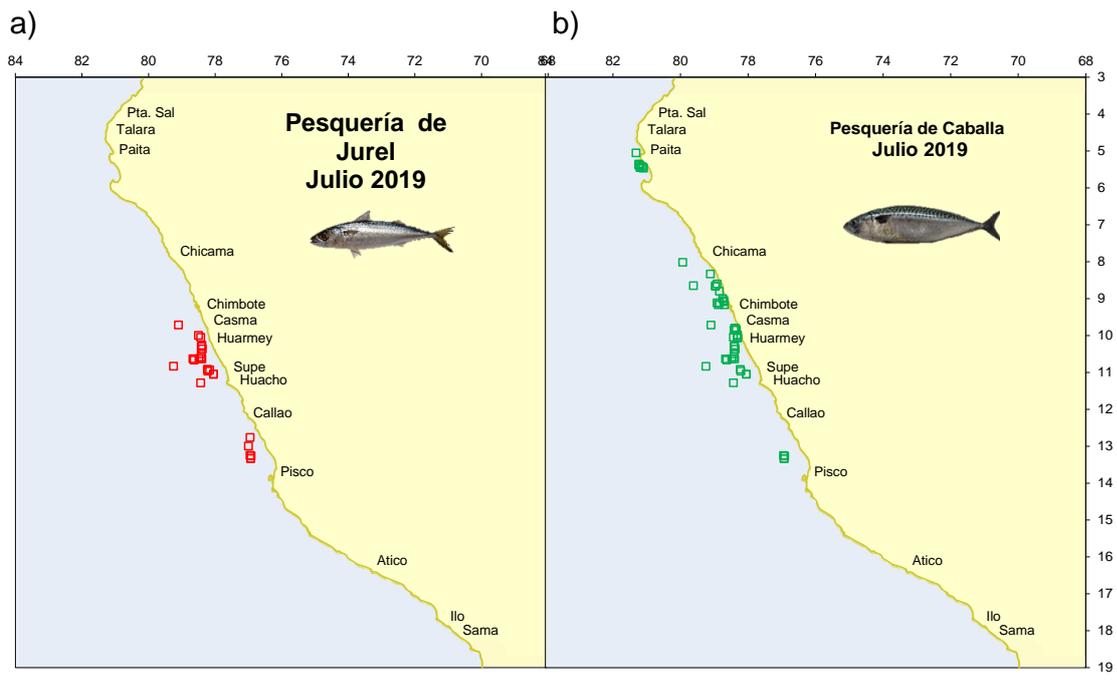


Figura 3.2.7.2. Distribución de peces incidentales en la pesca de anchoveta durante julio 2019, a) Jurel y b) Caballa. Fuente: PBP/ADPERP/DGIRP/IMARPE.

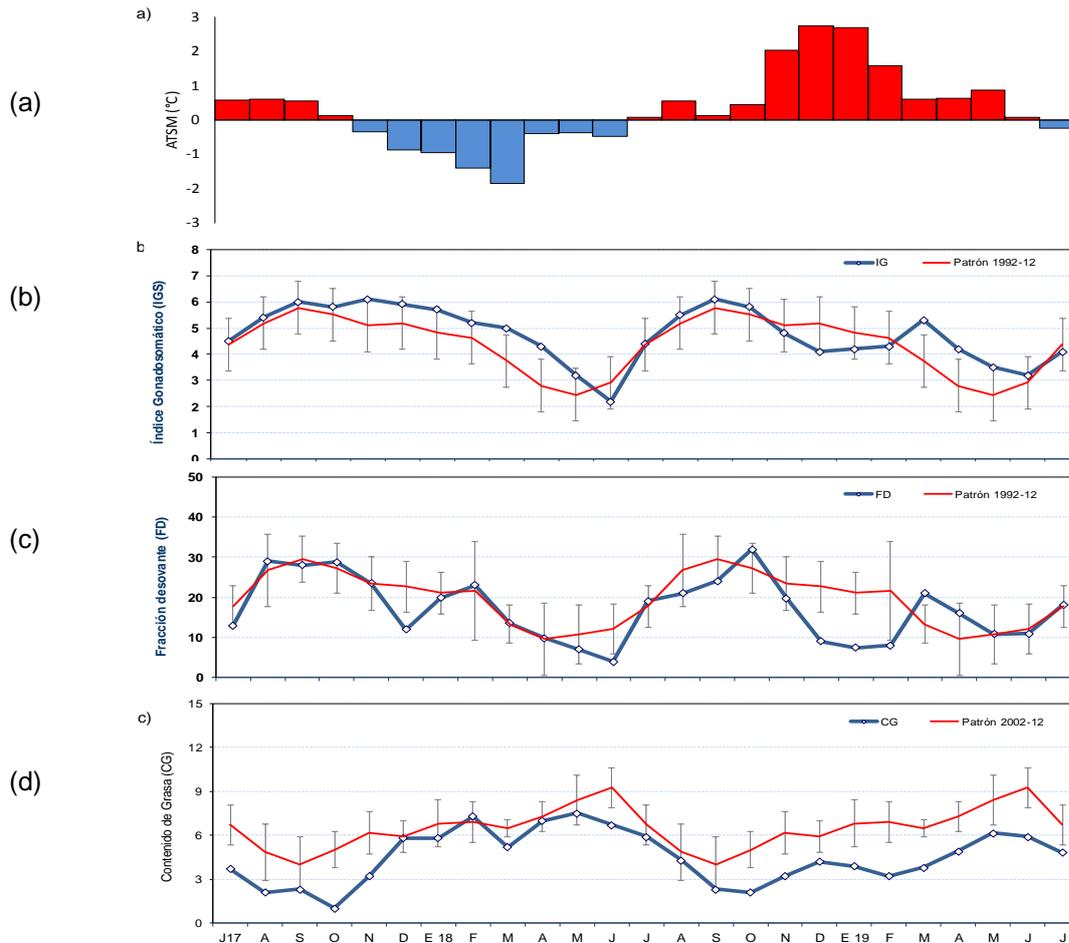


Figura 3.2.7.3 a) Anomalia de la TSM ($^{\circ}\text{C}$) en Chicama. Indicadores reproductivos: b) Índice Gonadosomático (IG), c) Fracción Desovante (FD) y d) contenido graso del stock norte – centro del recurso anchoveta. Serie mensual: julio 2017 – julio 2019. Fuente: LBR/AFIRNP/DGIRP/IMARPE.

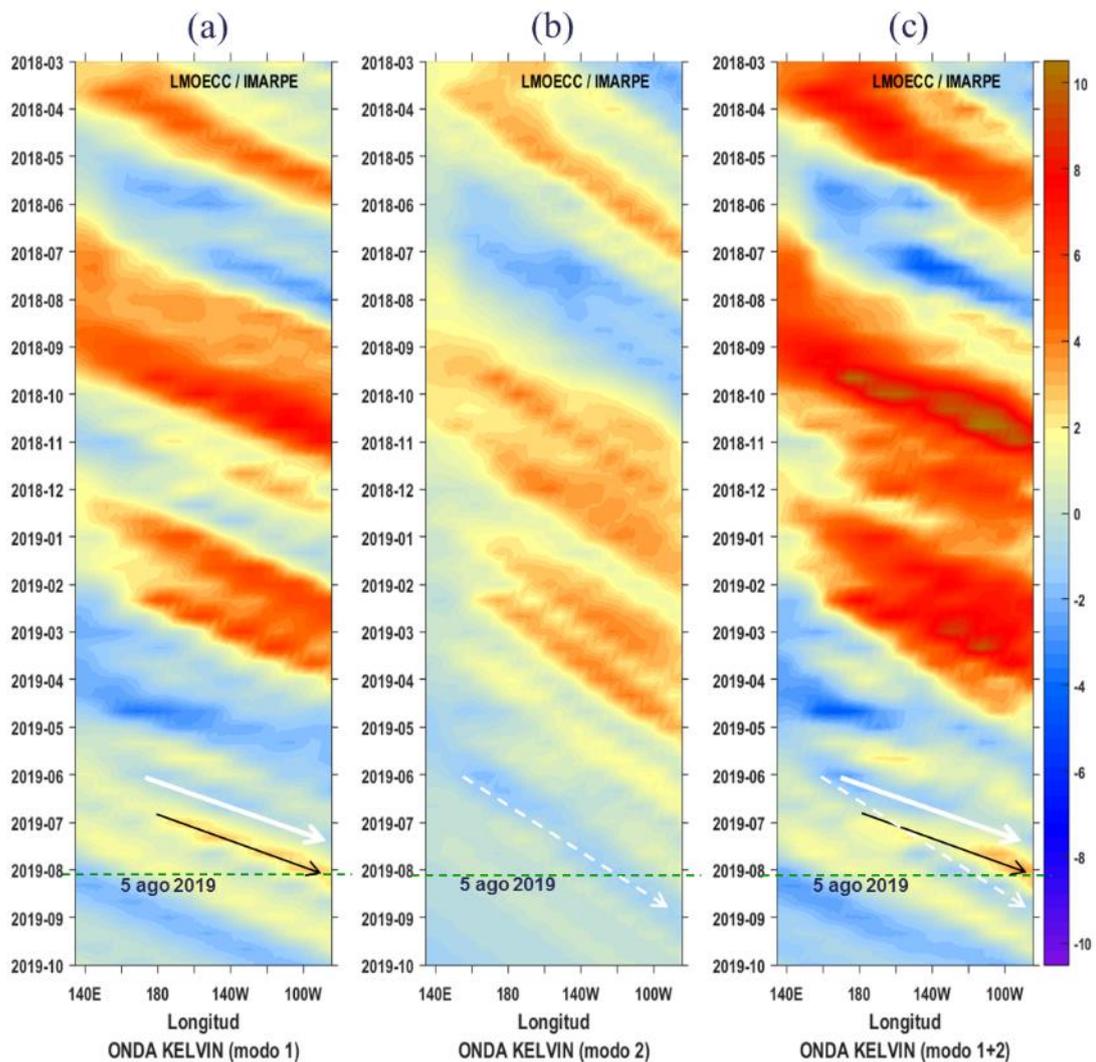


Figura 4.1.1. Diagrama Hovmöller de longitud-tiempo de las ondas Kelvin oceánicas en el Pacífico ecuatorial: (a) Modo 1, (b) Modo 2, (c) Modo 1+ Modo 2. El modelo fue forzado con información de NCEP. La línea discontinua horizontal de color verde indica el inicio del pronóstico sin el forzante de viento. Fuente: IMARPE.

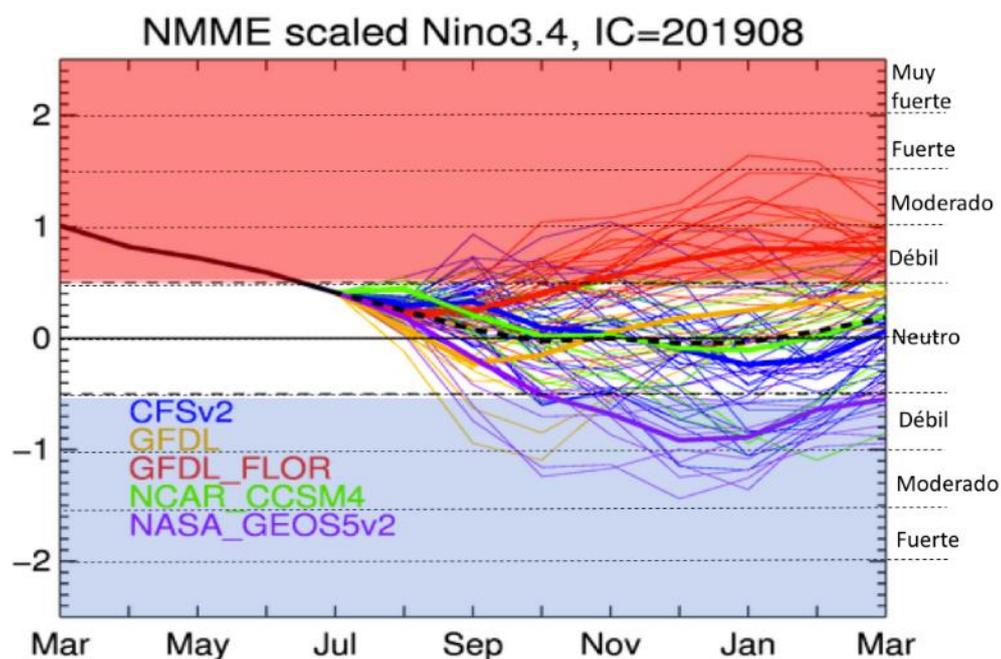


Figura 4.1.2. Índice Niño 3.4 mensual observado (línea negra continua) y pronosticado por los modelos de NMME. Los pronósticos de los modelos numéricos son indicados con líneas de distinto color mientras que el promedio de estos se grafica con una línea negra entrecortada. Fuente: CPC/NCEP/NOAA.

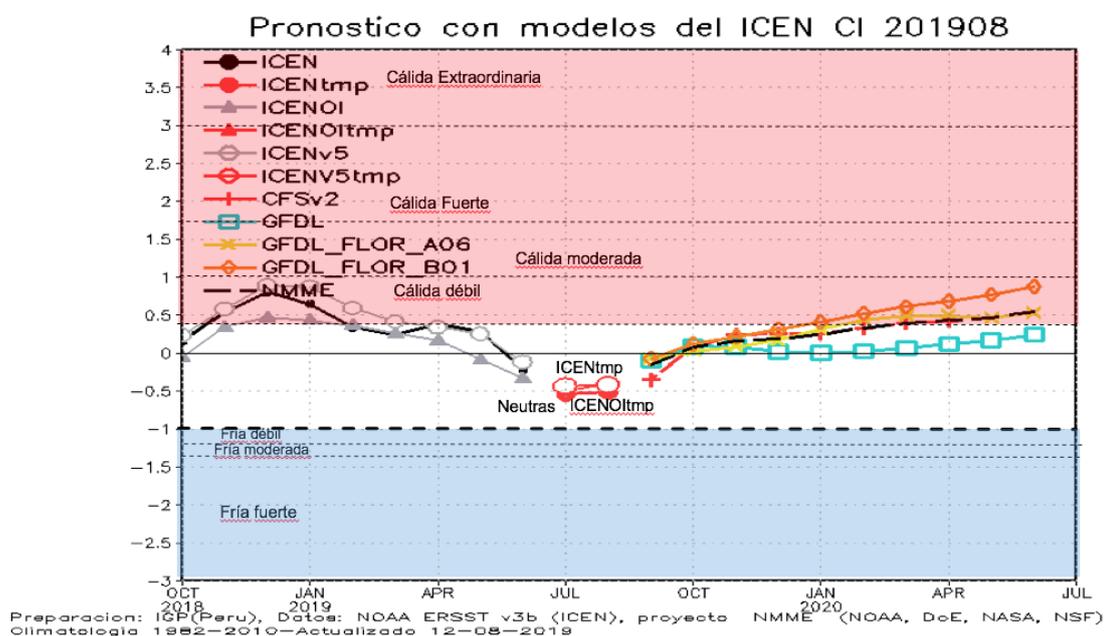


Figura 4.1.3. Índice Costero El Niño (ICEN, línea negra con círculos y triángulos llenos) y su valor temporal (ICENtmp, línea roja con círculo y triángulo lleno). Además, pronósticos numéricos del ICEN (media móvil de 3 meses de las anomalías pronosticadas de la TSM en Niño 1+2) por diferentes modelos climáticos. Los pronósticos de los modelos CFSv2, GFDL, GFDL_FLOR_A06 y GFDL_FLOR_B01, tiene como condición inicial del mes de agosto de 2019. Fuente: IGP, NOAA, proyecto NMME.

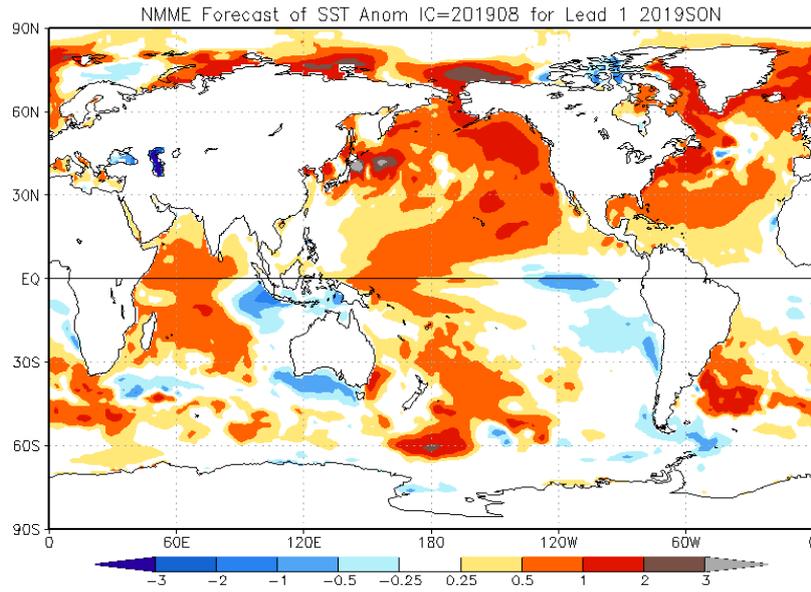


Figura 4.2.1. Pronóstico probabilístico de temperatura superficial del mar (calibrados) para setiembre-Noviembre del 2019 por el promedio de los modelos de NMME inicializados en agosto de 2019. Fuente: NMME

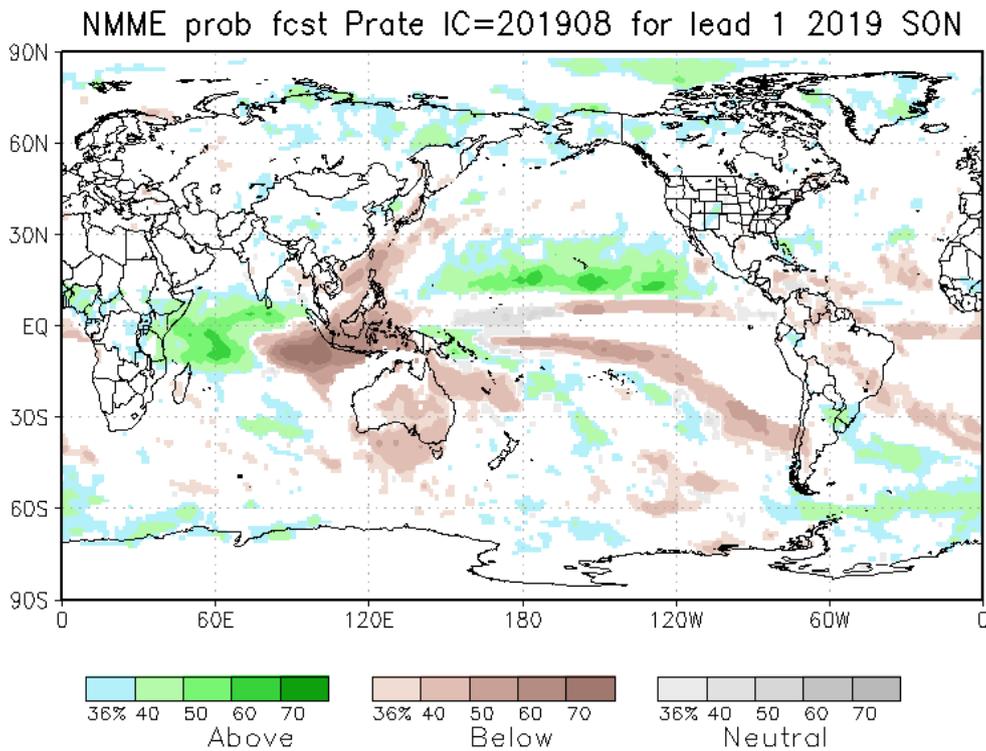


Figura 4.2.2 Pronóstico probabilístico de precipitación (calibrados) para el trimestre setiembre-noviembre de 2019 por modelos de NMME, inicializado en agosto de 2019. Fuente: NMME

Tabla 3.1.4.1. Valores del Índice Oceánico Niño (ONI, por sus siglas en inglés) y el Índice Costero El Niño (ICEN) de setiembre de 2018 a junio de 2019, así como sus valores temporales para julio y agosto de 2019. Fuente IGP.

Valores del Índice Costero El Niño							ONI	
Mes	ICEN v3	Categoría	ICENOI	Categoría	ICEN v5	Categoría	ONI	Categoría
09/2018	-0.18	Neutro	-0.33	Neutro	-0.11	Neutro	0.5	Neutro
10/2018	0.16	Neutro	-0.06	Neutro	0.23	Neutro	0.72	C. Débil
11/2018	0.54	C. Débil	0.34	Neutro	0.57	C. Débil	0.87	C. Débil
12/2018	0.81	C. Débil	0.46	C. Débil	0.89	C. Débil	0.83	C. Débil
01/2019	0.65	C. Débil	0.43	C. Débil	0.87	C. Débil	0.79	C. Débil
02/2019	0.34	Neutro	0.36	Neutro	0.59	C. Débil	0.84	C. Débil
03/2019	0.25	Neutro	0.26	Neutro	0.41	C. Débil	0.82	C. Débil
04/2019	0.38	Neutro	0.16	Neutro	0.34	Neutro	0.76	C. Débil
05/2019	0.28	Neutro	-0.09	Neutro	0.25	Neutro	0.66	C. Débil
06/2019	-0.21	Neutro	-0.33	Neutro	-0.12	Neutro	0.54	C. Débil
Mes	ICENtmp	Categoría	ICENtmp	Categoría	ICENtmp	Categoría	ONItmp	Categoría
07/2019	-0.54	Neutro	-0.50	Neutro	-0.44	Neutro	0.46	Neutro
08/2019	-0.51	Neutro	-0.41	Neutro	-0.42	Neutro	0.27	Neutro

Tabla 3.2.4.2. Anomalías mensuales de la temperatura superficial del mar (°C) y del nivel medio del mar (cm) en el periodo que va de abril a julio de 2019. Fuente: Estaciones costeras – DHN.

Estación	ATSM 2019				ANMM 2019			
	Abr	May	Jun	Jul	Abr	May	Jun	Jul
Talara	0.8	-0.8	-0.6	-0.7	7	0	-1	0.0
Paita	0.9	0.6	0.3	0.6	5	0	-2	3.0
Isla Lobos de Afuera	0.3	1.0	0.8	-0.8	4	3	0	-2.0
Salaverry	0.1	0.8	0.5	0.5	-	-	-	-
Chimbote	0.2	0.0	0.2	-0.3	0	-4	-5	-5.0
Callao	1.1	1.5	1.1	0.5	-2	-4	-5	-5.0
San Juan	1.1	1.2	0.4	-0.4	-	-	-	-
Mollendo	1.2	0.7	0.5	0.3	1	-2	-4	-3.0
Ilo	0.3	-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).

	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDE	DEF	EFM
CFS2		0.37	0.23	0.15	0.01	-0.11	-0.19	-0.13
GFDL		0.13	-0.10	-0.12	0.02	0.15	0.24	0.32
NASA		0.18	-0.17	-0.46	-0.70	-0.83	-0.82	-0.70
GFDL_FLOR		0.38	0.24	0.15	0.01	-0.11	-0.19	-0.14
NCAR_CCSM4		0.39	0.22	0.08	-0.02	-0.06	-0.07	0.03
NMME		0.29	0.08	-0.04	-0.14	-0.19	-0.20	-0.12
ONItmp	0.46							

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	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDE	DEF	EFM
CFS2		-0.35	0.07	0.25	0.25	0.26	0.33	0.40
GFDL		-0.10	0.09	0.09	0.02	0.00	0.03	0.07
GFDL_FLOR_a		-0.08	0.03	0.09	0.17	0.31	0.44	0.49
GFDL_FLOR_b		-0.07	0.12	0.21	0.31	0.41	0.53	0.61
NMME		-0.15	0.08	0.16	0.19	0.25	0.33	0.39
ICENtmp	-0.54							

Tabla 4.2.3. Probabilidades estimadas de las magnitudes de El Niño – La Niña en el Pacífico central en el verano diciembre 2019 – marzo 2020.

Magnitud del evento diciembre 2019 - marzo 2020	Probabilidad de Ocurrencia
El Niño fuerte -Muy fuerte - moderado	2%
El Niño débil	18%
Neutro	62%
La Niña débil	17%
La Niña moderada - fuerte	1%

Tabla 4.2.4. Probabilidades estimadas de las magnitudes de El Niño – La Niña en el Pacífico oriental en el verano diciembre 2019 – marzo 2020.

Magnitud del evento diciembre 2019 - marzo 2020	Probabilidad de ocurrencia
El Niño extraordinario - fuerte - moderado	1%
El Niño débil	13%
Neutro	64%
La Niña débil	21%
La Niña moderada - fuerte	1%