

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



INFORME TÉCNICO ENFEN

Año 5 N° 08

AGOSTO 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 y Jorge Reupo

ANA: Litzia Cisneros y Jairo Chunga.

INDECI: Jakie Rojas.

CENEPRED: Ena Jaimes.

Año: 5

Redacción del informe: Grupo de Trabajo Científico Técnico ENFEN

Edición y Producción: Luis Pizarro (Secretaría Técnica ENFEN)

Diseño de carátula: IMARPE

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

Este documento se puede citar como:

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

Informe Técnico ENFEN. Año 5, N° 08, agosto de 2019, **76 p.**

El Informe Técnico ENFEN de agosto 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, agosto 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.



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

Figuras:

3.1.1.1	a) Índice de Oscilación del Sur (IOS). b) Índice de Oscilación del Sur Ecuatorial (IOS-Eq). Ambas series de tiempo son medias móviles de tres meses obtenidas del reanalysis CDAS.	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 agosto 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 agosto de 2019, en el Pacífico central-oriental en: a) 170 °W-140 °W, 5 °S-5 °N y b) 170 °W-100 °W, 5 °S-5 °N. Datos: ESRL/NOAA. Procesamiento: IGP.	34
3.1.1.4.	Configuración atmosférica en niveles altos (300 - 200 hPa) para el mes de agosto de 2019: a) Promedio del viento total (m/s, vectores) y geopotencial (m ² /s ² , 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 agosto de 2019: a) Promedio del viento total (m/s, vectores) y geopotencial (m ² /s ² , 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 agosto 2019: (a) patrón promedio, (b) patrón climatológico y (c) patrón anómalo. Fuente: SPC/SENAMHI.	37
3.1.1.7.	Diagrama longitud-tiempo de las anomalías del esfuerzo de viento zonal ecuatorial basado en datos del producto WINDSAT. Elaboración: IGP.	38
3.1.1.8	a) Anomalía de la TSM promediada para agosto (arriba) y de los primeros días de setiembre (abajo). Fuente: OSTIA, Gráfico: DHN. b) Series de tiempo de las anomalías semanales de la temperatura superficial del mar (°C) en las regiones Niño, desde setiembre de 2018 hasta agosto 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 las anomalías de la temperatura del mar 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 agosto de 2019. Fuente: TAO/TRITON, PMEL/NOAA.	41
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 hasta agosto de 2019, tanto para su valor total (a) como para su anomalía (b). Fuente: Global Tropical Moored Buoy Array Program office, NOAA/PMEL.	41
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.	42
3.1.2.4	Campos de anomalía del nivel del mar en el Pacífico tropical, de arriba a abajo, el 01, 11 y 31 de agosto de 2019. Fuente: GODAS; Climatología 1981–2010.	43
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.	44
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 los derivados de ARGO (b), diagrama de la onda Kelvin y Rossby (c), diagrama de la onda Kelvin (d) y finalmente diagrama de la onda Rossby, calculada con el modelo LOM-IGP (forzado por WINSAT, y $\tau=0$ para el pronóstico). Las líneas diagonales representan la trayectoria de una onda Kelvin si tuviera una velocidad de 2,6 m/s. Elaboración: IGP.	45

3.2.1.1.	Análisis de superficie para el mes de agosto 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.	46
3.2.1.2	Mapas de la velocidad del viento frente a la costa peruana, durante el mes de agosto de 2019 (Fuente: Satélite ASCAT y productos del modelo GFS (ASCAT disponible hasta el 03 de marzo del 2019 por lo cual la información fue completada con el producto del modelo GFS, previa validación de acuerdo con Correa et al. 2016). Procesamiento: Laboratorio de Hidro-Física Marina, IMARPE). Actualizada hasta el 30/08/2019.	47
3.2.1.3	Mapas de anomalía de la velocidad del viento frente a la costa peruana, durante el mes de agosto del 2019 (Fuente: Satélite ASCAT y productos del modelo GFS, Procesamiento: Laboratorio de Hidro-Física Marina, IMARPE). Actualizada hasta el 04/09/2019.	48
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 05/09/2019.	49
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 05/09/2019.	49
3.2.1.6	Diagrama de Hovmöller del índice de afloramiento costero ($\text{m}^3/\text{s} \cdot 100\text{m}$), calculado a partir del viento satelital ASCAT a 40 km frente a la costa del Perú. Los contornos señalan la persistencia del afloramiento bajo condiciones de velocidad a 4 m/s durante 5 días o más. Fuente: Satélite ASCAT, Procesamiento: Laboratorio de Hidro-Física Marina, IMARPE. Actualizada hasta el 05/06/2019.	49
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	50
3.2.3.1	Anomalías termo-pluviométricas a nivel nacional para el mes de agosto 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.	51
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 setiembre de 2019. Fuente datos: SENAMHI/ Procesamiento: ANA	52
3.2.3.3	Caudales diarios (m^3/s) de principales ríos del centro del Perú: Santa (panel superior), Chillón (panel central) y Rímac (panel inferior), hasta los primeros días de setiembre de 2019. Fuente datos: SENAMHI/Procesamiento: ANA	53
3.2.3.4	Caudales diarios (m^3/s) de principales ríos del sur del Perú: Camaná (panel superior) y Sama (panel inferior), hasta los primeros días de setiembre de 2019. Fuente datos: SENAMHI/ Procesamiento: ANA	54
3.2.4.1.	(a) TSM promedio para agosto de 2019 y (b) anomalía, frente a la costa peruana y ecuatoriana. Climatología 1981 – 2009 (Pathfinder V5). Fuente Datos OSTIA, Procesamiento y gráfico: DIHIDRONAV.	55
3.2.4.2.	Diagrama Hovmöller de las anomalías de la TSM en el litoral de Perú. Desde abril hasta los primeros días de setiembre de 2019. Climatología 1981 – 2010 DIHIDRONAV. Fuente: DIHIDRONAV.	56
3.2.4.3.	Serie temporales del promedio diario de las anomalías de la TSM ($^{\circ}\text{C}$) en la red de estaciones costeras del IMARPE durante el último trimestre. Datos y procesamiento: IMARPE.	56
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.	57
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) 03, 08, 13, 18, 23 y 28 de agosto, 02 y 07 de setiembre de 2019. Fuente: HYCOM, Procesamiento: DGIOCC-IMARPE.	58
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.	59

3.2.4.7	Diagrama Hovmöller de las anomalías del nivel medio del mar en el litoral de Perú. De abril hasta los primeros días de setiembre de 2019. Climatología 1981 – 2010 DIHIDRONAV Fuente: DIHIDRONAV.	59
3.2.4.8	Anomalía de altura del nivel medio del mar (cm) y corrientes geostróficas, cada cinco días para todo el mes de agosto y comienzos de setiembre de 2019. Fuente: CMEMS, Procesamiento: IMARPE.	60
3.2.4.9	Variación temporal de la ANMM, dentro de las 60mn de la costa y en la zona de Galápagos, durante un año hasta el 07 de setiembre del 2019. Fuente: CMEMS, Procesamiento: IMARPE.	60
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 Paita, registrado desde enero de 2015 hasta agosto de 2019.	61
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 agosto de 2019. Fuente: IMARPE.	61
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 agosto del 2019.	62
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 21 y 22 de agosto de 2019. Fuente: IMARPE.	62
3.2.5.5	Serie de tiempo, de enero de 2018 a agosto de 2019, de la estructura térmica vertical (°C) en las estaciones fijas de: Paita, Chicama, Callao, Atico e Ilo.	63
3.2.5.6	Serie de tiempo, de enero de 2018 a agosto de 2019, de la anomalía térmica vertical (°C) en las estaciones fijas de: Paita, Chicama y Callao.	64
3.2.5.7	Serie de tiempo, de enero de 2018 a agosto de 2019, de la salinidad del agua de mar (ups) en los Puntos Fijos de Paita, Chicama, Callao, Atico e Ilo.	64
3.2.5.8	Serie de tiempo, de enero de 2018 a agosto de 2019, de la concentración de oxígeno disuelto (mL.L ⁻¹) en las estaciones fijas de Paita, Chicama, Callao, Atico e Ilo.	65
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.	66
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 agosto 2019.	67
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 agosto 2019.	67
3.2.6.3	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 agosto 2019.	68
3.2.6.4	Mapa de la concentración (a) y anomalía (b) de la clorofila-a obtenida del satélite MODIS-AQUA, VIIRS-SNPP durante agosto 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.	69
3.2.7.2	Distribución de mayores desembarques de captura de anchoveta y estructura por tamaños de anchoveta según el gradiente latitudinal, distribuidos en el mar peruano (Puntos negros: adultos, puntos rojos: juveniles); durante agosto 2019. Fuente: AFIRNP/DGIRP/IMARPE.	70
3.2.7.3	Figura 3.2.7.3. Distribución de (a) peces oceánicos indicadores de masas de agua durante, y (b) aves marinas durante la Prospección de Monitoreo Oceanográfico Líneas Chicama Paita en el mes de agosto. Fuente: PBP/ADPERP/DGIRP/IMARPE.	70
3.2.7.4.	a) Anomalía de la TSM (°C) en Chicama. Indicadores reproductivos: b) Índice Gonadosomático (IGS), c) Fracción Desovante (FD) y d) contenido graso del stock norte-centro del recurso anchoveta. Serie mensual: julio 2017 – agosto 2019. Fuente: LBR/AFIRNP/DGIRP/IMARPE.	71
4.2.1	Diagrama Hovmöller de longitud-tiempo de las ondas Kelvin oceánicas en el Pacífico ecuatorial: (a) Modo 1, (b) Modo 2, (c) Modo 1+ Modo 2. El modelo fue forzado con información de NCEP. La línea discontinua horizontal de color verde indica el inicio del pronóstico sin el forzante de viento. Fuente: IMARPE.	72

4.2.2	Índice Niño 3.4 mensual observado (línea negra continua) y pronosticado por los modelos de NMME. Los pronósticos de los modelos numéricos son indicados con líneas de distinto color mientras que el promedio de estos se grafica con una línea negra entrecortada. Fuente: CPC/NCEP/NOAA.	73
4.2.3	Índice Costero El Niño (ICEN, línea negra con círculos y triángulos llenos) y su valor temporal (ICENtmp, línea roja con círculo y triángulo lleno). Además, pronósticos numéricos del ICEN (media móvil de 3 meses de las anomalías pronosticadas de la TSM en Niño 1+2) por diferentes modelos climáticos. Los pronósticos de los modelos CFSv2, CMC1, CMC2, GFDL, NASA, GFDL_FLOR y NCAR_CCSM4 tiene como condición inicial del mes de junio de 2019. Fuente: IGP, NOAA, proyecto NMME.	73
4.2.4	Pronóstico probabilístico de temperatura superficial del mar (calibrados) para octubre-diciembre del 2019 por el promedio de los modelos de NMME inicializados en setiembre de 2019. Fuente: NMME.	74
4.2.5	Pronóstico probabilístico de precipitación (calibrados) para el trimestre julio- setiembre de 2019 por modelos de NMME, inicializado en setiembre de 2019. Fuente: NMME	75

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 noviembre de 2018 a julio de 2019, así como sus valores temporales para agosto y setiembre de 2019. Fuente IGP.	76
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 mayo a agosto de 2019. Fuente: Estaciones costeras – DHN.	77
Tabla 4.2.1	Pronóstico del ONI por los modelos de NMME (promedios trimestrales de los pronósticos de las anomalías de la TSM en la región Niño 3.4).	78
Tabla 4.2.2	Pronóstico del ICEN por los modelos de NMME (promedios trimestrales de los pronósticos de las anomalías de la TSM en la región Niño 1+2)	78
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.	79
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.	79

Diagnóstico Climático y Previsión de El Niño-Oscilación del Sur en el Perú, agosto 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 AGOSTO	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.....	24
4.1. A mediano plazo (3 meses)	24
4.2. A largo plazo (más de 3 meses)	24
5. CONCLUSIONES.....	25
6. REFERENCIAS	30
7. FIGURAS	32

RESUMEN

La Comisión Multisectorial encargada del Estudio Nacional del Fenómeno El Niño (ENFEN) se reunió para analizar y actualizar la información de las condiciones meteorológicas, oceanográficas, biológico-pesqueras e hidrológicas hasta el mes de agosto de 2019.

En el Pacífico ecuatorial central (región Niño 3.4); según el Índice Oceánico Niño (ONI, por sus siglas en inglés), indica condiciones Neutras, dando fin al evento El Niño. Las señales de convección en la región occidental se mostraron reducidas en comparación al mes anterior. En lo que respecta a los vientos, en los niveles altos los flujos zonales del oeste de mantuvieron ligeramente anómalos y en los niveles bajos se observaron que los vientos alisios estuvieron débiles en la región oriental, alrededor de 102 °W, y justo al oeste de 180°.

En la región oriental, la anomalía de la temperatura superficial del mar indicó valores negativos, sin embargo, estuvieron dentro de su rango normal. El máximo valor anómalo que se alcanzó en la última semana se acercó a -0,4 °C. El Índice Costero El Niño (ICEN) de julio y el estimado para el mes de agosto mantienen una condición neutra.

Por otro lado, el Anticiclón del Pacífico Sur (APS) estuvo alejado del litoral peruano, lo que propició el debilitamiento de los vientos costeros del sur, presentando anomalías negativas del viento que persistieron a partir de la segunda quincena de agosto.

La temperatura superficial del mar en el litoral del Perú mostró una tendencia negativa en promedio, esto debido al arribo de la onda Kelvin fría durante la primera quincena del mes y al poco impacto de la onda Kelvin cálida débil que la siguió. El nivel medio del mar mostró un comportamiento fluctuante debido a la llegada de las ondas ecuatoriales a la costa sudamericana, mostrando anomalías de alrededor -5 cm y +5 cm; sin embargo, durante la última semana del mes estos valores mostraron una tendencia a la normalización.

Las estaciones fijas costeras mostraron un ascenso de las isotermas. En Paita, Chicama y Callao se observó el desarrollo de anomalías térmicas negativas en la columna de agua (<100 m) durante la primera quincena del mes, asociado al paso de la onda Kelvin fría. En las estaciones fijas de Paita y Chicama se registró el predominio de aguas de mezcla ASS-ACF. En Callao, Atico e Ilo se observó la presencia de ACF durante todo el mes.

Las concentraciones de clorofila-a, a lo largo de la costa peruana, exhibieron valores bajos, que están acorde con su estacionalidad, salvo algunos núcleos de alta productividad en la zona de Callao- Pisco y al norte de Ilo.

Los indicadores reproductivos, del stock norte-centro de la anchoveta peruana, muestran que los procesos de maduración gonadal y desove siguieron los patrones históricos durante el mes de agosto. Las especies tranzonales y oceánicas se presentaron en el norte y más allá de las 50 millas náuticas, mientras que en el centro estuvieron por fuera de las 30 millas náuticas.

Perspectiva

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 setiembre, indican condiciones NEUTRAS entro los meses de setiembre de 2019 y marzo de 2020.

La Comisión Multisectorial ENFEN, por medio del monitoreo y análisis de la información proporcionada por las instituciones que la conforman, así como de 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 a pesar de la llegada de una onda Kelvin fría y otra cálida a la costa peruana entre setiembre y noviembre, respectivamente.

Para el próximo verano, en el Pacífico ecuatorial central (región Niño 3.4) son más probables las condiciones Neutras (62 %), seguidas de condiciones El Niño débil (20 %); en tanto que, para el Pacífico oriental (región Niño 1+2, que incluye la costa peruana) son más probables las condiciones Neutras (65 %), seguidas de condiciones El Niño débil (18 %).

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, constante 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	Estaciones costeras	Estaciones fijas	Secciones verticales	Cruceros	Boyas TAO/TRITON	ARGO	Programa Bitácoras de	Seguimiento de Pesquerías	Muestras de	TRMM-3B42	ESRL/NOAA	Reanálisis NCEP/NOAA	ASCAT	AVHRR (Daily OI SSTv2-NOAA)	OSTIA	JASON-2	AVISO	MODIS		HYCOM		
VARIABLES ATMOSFÉRICAS																									
	Temperatura del Aire		X																				SENAMHI		
	Precipitación	X																					SENAMHI		
	Precipitación Estimada											X											SENAMHI/IGP		
	Radiación de Onda Larga												X										IGP		
	Presión Atmosférica														X								SENAMHI		
	Vientos														X									SENAMHI	
															X								IGP/ IMARPE		
VARIABLES OCEANOGRÁFICAS																									
Físicas	Temperatura del Mar		X				X	X	X								X	X						DHN	
						X	X																	IMARPE	
	Nivel medio del Mar		X					X	X						X		X	X						IGP	
																					X			DHN	
	Salinidad						X			X										X				X	IMARPE
						X	X	X																	DHN
Biogeoquímicas	Oxígeno y Nutrientes				X	X	X																	IMARPE	
	Clorofila			X		X	X																	IMARPE	
																					X			IMARPE, Climatología: 2002-2014	
Pesqueras	Desembarques								X	X														IMARPE	
	índices reproductivos											X												IMARPE	
	Indicadores de masas de agua del plancton											X												IMARPE	
	Distribución de especies incidentales									X	X	X												IMARPE	
VARIABLES HIDROLÓGICAS																									
	Caudal de ríos				X																			ANA/SENAMHI	
	Capacidad Hidráulica de reservorios				X																			ANA	

3. CONDICIONES OBSERVADAS EN AGOSTO

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 agosto muestra valores muy cercanos a su valor estacional, continuando la tendencia a su normalización presentada desde junio. El índice de Oscilación del Sur (IOS) mostró ligeras oscilaciones negativas muy cercanos a su promedio climatológico (Figura 3.1.1.1).

La Oscilación Madden Julian (MJO, por sus siglas en inglés) permaneció débil e incoherente en su proyección oeste-este, residiendo sobre el Pacífico a partir de la quincena del mes, presentando una mayor propagación de ondas Kelvin y Rossby atmosféricas en el Pacífico central y oriental. La proyección de la MJO sobre los campos de vientos zonales, convección y velocidad potencial, evidenció la supresión convectiva sobre la región del continente Marítimo debido a la señal débil de la MJO. Recientemente, la débil influencia de la MJO, sumadas a las ondas señaladas anteriormente, mantuvo anomalías de vientos zonales del oeste al norte de Sudamérica; mientras que, al oeste de 180°, ondas del tipo Rossby y de baja frecuencia mantuvieron los flujos zonales anómalos del oeste intensos a partir de la segunda semana del mes (Figura 3.1.1.2). La información de OLR en la región del Pacífico central y oriental indica valores superiores a su climatología, tal como se pueden apreciar en la Figura 3.1.1.3.

En los niveles altos de la atmósfera (300-200 hPa), se observaron condiciones propias a su estacionalidad a lo largo del Pacífico ecuatorial. El flujo zonal del oeste sobre el norte del continente Marítimo se mantuvo ligeramente más intenso, dominando la componente anómala del este. Por otro lado, hacia latitudes subtropicales del Pacífico Sur, se observó un tren de ondas simétricas con una configuración zonal desde el meridiano de 180° hacia el codo Perú-Chile (Figura 3.1.1.4), donde predominó el giro anticiclónico asociado a un patrón de dorsal. Este comportamiento zonal del flujo subtropical correspondió a la intensificación de las Corrientes en Chorro Polares de latitudes medias; principalmente entre 180° y 120 °W, y la región central de Chile.

En niveles bajos de la atmósfera (Figura 3.1.1.5), en promedio, los vientos alisios se mantuvieron ligeramente intensos justo al este de la línea de cambio de fecha; mientras que, hacia la región oriental, la componente zonal estuvo debajo del promedio predominando la componente meridional norte anómala entre 120 °W y al norte de la línea ecuatorial. Por otro lado, hacia el Pacífico occidental, se observaron ligeras anomalías zonales del oeste. Hacia latitudes subtropicales, el tren de ondas Rossby mencionado en niveles altos, se vio reflejado en niveles más bajos. Ello favoreció el giro anticiclónico próximo a la costa sur del Perú, debilitándose hacia el Ecuador. Entre otras características, hacia el lado suroeste del Pacífico se observó una circulación ciclónica prominente.

En asociación con la estructura vertical tropical de Walker (Figura 3.1.1.6), la convección/subsidencia anómala al oeste (este) de 180° continúa debilitada (reforzada); observándose ascensos (descensos) débiles en estas regiones. En niveles altos de la atmósfera, los flujos zonales del oeste de mantuvieron ligeramente anómalos y en niveles bajos se observó vientos alisios débiles en la región oriental, alrededor de 102 °W, y justo al oeste de 180°. Para otras regiones del trópico, como el extremo norte de la costa norte del Perú, se continúa observando subsidencia anómala, al igual que el norte de Sudamérica y el Atlántico ecuatorial.

Durante el mes de agosto, según la información de TAO en la franja ecuatorial, se mantienen los vientos del este (oeste) al este (oeste) de 160 °W. En las dos primeras semanas de agosto, según la información de WindSat, se observaron anomalías negativas entre 180° y 145 °W, estas anomalías continuaron con menos intensidad en la tercera semana. En la cuarta semana del mes de agosto y en la primera semana del mes de setiembre se observan pequeños pulsos de vientos del este entre 130 °E y 165 °E (Figura 3.1.1.7).

En el océano Pacífico ecuatorial, la anomalía positiva de la temperatura superficial del mar (TSM) presentada en meses anteriores disminuyó considerablemente en extensión, mostrando en promedio condiciones normales a lo largo del ecuador. En la región occidental, al oeste de 170°W, la anomalía ecuatorial (+1°C) aún se mantuvo predominante; por otro lado, en la región oriental, al este de los 95°W, y en latitudes negativas, las anomalías negativas presentadas en el mes de julio aumentaron en intensidad y extensión. (Figura 3.1.1.8 a).

Por regiones Niño en la franja ecuatorial, el promedio mensual para la anomalía de TSM del mar fue de +0,9 °C en la región Niño 4, de +0,2 °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 por debajo de cero (-0,4 °C) (Figura 3.1.1.8 b).

El índice ONI (Oceanic Niño Index en inglés), que estuvo en el rango de condiciones cálidas desde octubre hasta junio de 2019, mostró un valor en el rango Neutral, con un valor de 0,32 °C para el mes de julio. Este último valor, el cual siguió la tendencia a decrecer desde el mes de marzo, estableció el fin el evento El Niño débil de acuerdo con el criterio usado por la NOAA (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 toda la primera quincena del mes, aguas cálidas anómalas hasta los 150 m de profundidad, alcanzando valores de hasta +2 °C alrededor de 180°. De igual modo, durante la segunda quincena del mes, se observa un núcleo de anomalías negativas a 100 m de profundidad y alrededor de 130 °W, el cual se estaría propagando hacia el extremo oriental (Figura 3.1.2.1).

Con respecto a la profundidad de la isoterma de 20 °C, las condiciones presentadas para el mes de agosto son similares a las del mes julio, a diferencia de una mayor profundización en el extremo oriental. El núcleo cálido observado alrededor de 180°, que se extiende entre 160 °E y 160 °W, sostuvo una profundización anómala de la isoterma en esta misma región, persistiendo a lo largo de todo el mes. Sin embargo, las condiciones someras presentadas desde el mes de junio en la región central-oriental aún se mantuvieron en el mes de agosto, aumentando en intensidad, estando aún asociadas a la generación y propagación de ondas Kelvin frías. A su vez, la profundización observada en el Pacífico oriental mantiene una termoclina anómalamente profunda con mayor intensidad respecto a los meses anteriores. En promedio, la inclinación anómala de la isoterma de 20 °C a lo largo del Pacífico ecuatorial se encuentra 30m por encima de su valor estacional (Figura 3.1.2.2 y Figura 3.1.2.3. a).

El contenido de calor ecuatorial tuvo un comportamiento oscilante durante el mes de agosto, terminando con la tendencia al incremento, el cual estuvo observándose durante los últimos meses.

Estas variaciones están asociadas a la dinámica de ondas a lo largo del mes, con la propagación y llegada a la costa sudamericana de una onda Kelvin fría y otra cálida débil, en donde la última caída en las anomalías con respecto al valor estacional se debe a la nueva onda fría que se encontraría alrededor de 130°W (Figura 3.1.2.3 b).

El nivel del mar en el Pacífico ecuatorial occidental se mantuvo con valores normales al oeste de los 150 °W; en tanto que, entre los 150 °W-110 °W el nivel disminuyó hasta predominar con anomalías negativas del orden -5 cm, asociado a las condiciones frías en el área (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 agosto, así como la generación de un nuevo pulso positivo, el cual se encontraría entre 160 °E—160 °W.

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 que han dominado 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, principalmente frente a la costa central y sur, reduciéndose hacia el extremo norte.

El viento frente a la costa peruana, obtenido del proyecto COPENICUS y corregido en base a información del satélite ASCAT (Correa et al., 2016), mantuvo velocidades de 4,0 m s⁻¹ a 8,0 m s⁻¹ durante casi todo el mes. En la zona oceánica, el viento varió entre 5,0 m s⁻¹ y 10,0 m s⁻¹, con máximos valores durante la segunda semana del mes (Figura 3.2.1.2), correspondiente a anomalías de +4 m s⁻¹ frente a Pisco y San Juan. A lo largo de la costa entre Chicama y Pisco la velocidad del viento presentó predominancia de anomalías negativas a lo largo del mes a excepción de la segunda semana en donde se presentaron anomalías positivas (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. A lo largo del mes, en promedio, predominaron las anomalías negativas y neutras a lo largo del litoral. A partir de la segunda semana se observó una intensificación de las anomalías negativas frente a Pisco y San Juan, alcanzando valores de hasta -4 m s⁻¹ (Figura 3.2.1.5).

El afloramiento costero, estimado a partir del esfuerzo de viento perdió intensidad y persistencia en la segunda quincena y principalmente entre los 08 °S y 13 °S, disminuyendo significativamente en la última semana al sur de Paita. Frente a Talara y Paita (04 °S - 05 °S) el índice de afloramiento (IAC) alcanzó entre 400 m³ s⁻¹ 100m⁻¹ y 500 m³ s⁻¹ 100m⁻¹ para la primera quincena, y valores inferiores a 200 m³ s⁻¹ 100m⁻¹ para la última semana.

Entre los 5 °S y los 13 °S, el IAC presentó valores por debajo de $200 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} 100\text{m}^{-1}$ en la segunda quincena Frente a Pisco y San Juan el IAC mostró valores alrededor de $400 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} 100\text{m}^{-1}$ para la segunda semana, mientras que para fines del mes fueron también inferiores a $200 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} 100\text{m}^{-1}$ (Figura 3.2.1.6).

3.2.2. Temperatura del Aire

Las temperaturas extremas del aire en la costa peruana predominaron por debajo de su promedio, siendo la temperatura mínima mayor en la costa norte, principalmente en la región de Lambayeque. En estas dos primeras semanas de setiembre, las temperaturas extremas muestran una tendencia hacia la normalización (Figura 3.2.2.1 a y b).

3.2.3. Precipitaciones e hidrología en la vertiente del Pacífico

En el mes de agosto (Figura 3.2.3.1), las precipitaciones a nivel nacional mantuvieron su estacionalidad, observándose episodios de lloviznas en las costas de Lima y Tumbes. En la selva nororiental se observaron anomalías positivas de lluvia asociadas a la proyección favorable de la ZCIT sobre el norte Sudamérica.

Los ríos de la costa norte (Figura 3.2.3.2), costa central (Figura 3.2.3.3) y costa sur (Figura 3.2.3.4) mostraron caudales mínimos del año, propio del periodo de estiaje.

Las reservas hídricas de los principales embalses de la costa norte y sur se encuentran, en promedio operando al 85 % y 68 % de su capacidad de almacenamiento respectivamente.

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 17 °C, en la zona más adyacente a la costa de Sudamérica, a 21 °C, en la zona más oceánica, con mayor gradiente térmico en la zona norte de la región. Las anomalías sobre esta región presentaron una predominancia de valores negativos, estableciendo a agosto como un mes frío (Figura 3.2.4.1b).

En el mar de Perú la temperatura disminuyó en promedio 1 °C, principalmente en la zona centro y sur. En el norte dominaron temperaturas de 17 °C a 18 °C, en el centro de 16 °C a 17 °C y en el sur de 14 °C a 16 °C, manifestando condiciones normales en la zona centro-sur y de condiciones frías en el norte, con anomalías hasta de -2 °C (Figura 3.2.4.1b).

En el litoral peruano, los registros diarios de temperatura superficial mostraron la normalización de las condiciones principalmente en la zona centro y sur, mientras que en la zona norte disminuyeron las condiciones respecto al mes anterior, predominando anomalías de -0,5 °C. En los últimos días de agosto, en el litoral sur las condiciones cambiaron de normal a ligeramente cálidas. En promedio del mes, en Talara e Isla Lobos de Afuera continuaron en condiciones frías; mientras que, en el resto de las estaciones del litoral predominaron condiciones normales (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, a excepción de Pisco. Las anomalías promedio en la mayoría de las estaciones fue negativa excepto en Pisco. La TSM mensual varió entre 14,8 °C (Huacho e Ilo) y 24,8 °C (Tumbes), mientras que las anomalías variaron entre -1,7 °C (San José) y +0,2 °C (Pisco).

A nivel diario, predominaron durante todo el mes anomalías negativas de TSM desde San José a Callao, mientras que de Tumbes a Paita y de Pisco a Ilo se observaron alternancia de anomalías negativas y positivas. Las anomalías negativas de mayor intensidad se presentaron en San José (segunda quincena) y Huacho (primera semana) con valores que alcanzaron hasta -2 °C. En Pisco las máximas anomalías positivas fueron de alrededor de +1,9 °C en la tercera semana (Figura 3.2.4.3).

El índice LABCOS (Quispe & Vásquez, 2016) presentó un valor de -0,14 °C para el trimestre JJA del 2019 y un valor mensual de julio de -0,24 °C, siendo igual al valor observado durante julio 2019 (+0,08 °C)

Con los datos de TSM hasta el mes de agosto, se estimó el Índice Costero El Niño (ICEN) para el mes de julio, siendo las fuentes OISSTv2, ERSSTv3 y ERSSTv5 con su respectivo índice -0,63 (condición neutra), -0,62 (condición neutra) y -0,63 (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 agosto y setiembre.

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. 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). 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 permanecieron a 300 m.n. Frente a la costa sur las aguas costeras frías del afloramiento (ACF) con salinidad < 35,1 ups se presentaron desde Ilo a Callao (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: fría a inicios del mes, y cálida débil entre finales de agosto y comienzos de setiembre. Además, otra onda fría y cálida se encontrarían en propagación, aproximadamente en 120 °W y entre 160 °E – 160 °W respectivamente (Figura 3.2.4.6). El paso de la onda Kelvin fría por el litoral de Perú provocó un descenso de las anomalías a valores por debajo de su media estacional durante la primera quincena del mes. La llegada de la onda cálida débil regresó las condiciones costeras a sus valores climatológicos, sin generar un impacto mayor sobre la TSM (Figura 3.2.4.7. Tabla 3.2.4.2).

En la costa peruana, la distribución espacial de ANMM mostró valores en el rango neutro <+0,5 cm a inicios de mes, que se fueron incrementando hasta alcanzar en la última semana valores cercanos a +15 cm, con un núcleo de casi +20 cm entre Callao y Pisco. Frente a la costa norte permanecieron dos remolinos con giro ciclónico (horario; < +5 cm). Frente a la costa sur se presentaron remolinos durante la segunda quincena del mes con giro ciclónico (< +5 cm) (Figura 3.2.4.8).

En la franja de 60 mn adyacente a la costa, durante casi todo el mes se observó ANM entre -5,0 y +5,0 cm. Sin embargo, durante la segunda quincena se detectó el incremento de la ANM entre los 5 °S y 14 °S, hasta + 8 cm en promedio. La tendencia durante la última semana del mes fue a la normalización (Figura 3.2.4.7). La variación temporal en la costa peruana y la zona de Galápagos mostraron una tendencia similar durante la primera quincena del mes, divergiendo durante la segunda quincena donde Galápagos mostró un descenso mientras que frente a la costa las condiciones se mantenían casi constantes (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 agosto)

La TSM presentó valores entre 16 °C y 18 °C en toda la sección; las isotermas de 17 °C, que se encontraban a 20 mn a fines de julio, se desplazaron hasta las 50 mn. Se estimaron anomalías de TSM de -1,0 °C dentro de las 55 mn (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 18 °C, mostrando una isoterma de 15°C no muy inclinada. La isoterma de 15 °C se presentó entre los 80 m y 120 m de profundidad, 20 m más somera respecto a fines de julio (Figura 3.2.5.1 d). Sobre los 40 m y dentro de las 55 mn se registraron anomalías térmicas negativas de -1,0 °C, y en el resto de la sección 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) con ligeras anomalías halinas de hasta +0,05 ups (Figura 3.2.5.2 c, d). Por otra parte, los datos sugieren 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 julio (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 140 - 170 m de profundidad en toda la sección. Entre 5 a 35 m.n. de la costa, dentro de los primeros 25 m y a 60 – 80 m.n. sobre los 260 m se estimaron flujos geostróficos hacia el norte con una velocidad de hasta 10 y 30 cm s⁻¹, respectivamente. Asimismo, se estimaron flujos geostróficos hacia el sur a 85 – 100 m.n. sobre los 400 m, con velocidades de hasta 20 cm s⁻¹ (Figura 3.2.5.2 e, f).

Chicama (20 – 21 de agosto)

La TSM presentó valores entre 16 °C y 17 °C en toda la sección. La isoterma de 17 °C, que se encontraba a 20 m.n. a fines de julio, mostró un alejamiento respecto a la costa hasta las 80 m.n. Las condiciones térmicas superficiales fueron normales en la zona costera, mientras que por fuera de las 60 m.n. se presentaron anomalías de -1,0 °C, desde la superficie hasta los 60 m (Figura 3.2.5.3 a, b; Figura 3.2.5.4. a, b). Asimismo, la isoterma de 15 °C se ubicó a 50 - 80 m de profundidad por fuera de las 10 m.n., y en la zona costera presentó un ascenso hasta 40 m, similar a julio (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 en toda la sección, aunque con una mayor influencia de las ASS por fuera de las 20 m.n., asociada a anomalías halinas de hasta -0,05 ups. Por otra parte, entre los 50 y 100 m de profundidad, se detectaron aguas de mezcla ASS – AEES y AEES 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 - 60 m de profundidad, en promedio 30 m más somera que en julio (Figura 3.2.5.4 e). El borde superior de la ZMO se presentó a 50 - 130 m, más somero en la costa (Figura 3.2.5.3 e). Por otra parte, se estimaron flujos geostroficados con dirección hacia el norte dentro de las 40 mn sobre los 20 m de hasta 10 cm s⁻¹. Asimismo, se estimaron flujos geostroficados hacia el sur sobre los 210 m a 60 – 85 mn, con velocidades de hasta 10 cm s⁻¹ (Figura 3.2.5.4.f).

Estaciones fijas costeras

El monitoreo de alta frecuencia de la columna de agua (<100 m) que se realiza en las estaciones fijas mostró que en el último mes para Paita la temperatura varió alrededor de los 15 °C, en Chicama entre 15 °C y 16 °C, en Callao entre 14 °C y 15 °C, en Atico entre 13 °C y 14 °C y en Ilo entre 13 °C y 16 °C. En general en todas las estaciones fijas se evidenció un ascenso de las isoterms durante la primera quincena de agosto (Figura 3.2.5.5). En Paita, Chicama y Callao, las anomalías térmicas negativas alcanzaron su mayor desarrollo en la primera semana (-0,5 °C en Paita y -1,0 °C en Chicama y Callao) en la capa superficial (< 20 m), para luego disiparse en las siguientes semanas. En el resto de la columna de agua las condiciones térmicas fueron neutras todo el mes (Figura 3.2.5.6).). La presencia de las anomalías térmicas negativas en las estaciones fijas a inicios de agosto estuvo asociada al paso de una onda Kelvin fría (ENFEN, 2019).

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, Atico e Ilo se observó el predominio de ACF (Figura 3.2.5.7).

En cuanto al oxígeno disuelto, se detectó más superficial a las iso-oxígenas en Paita, y una ligera profundización en Atico, mientras que, en Chicama, Callao e Ilo, las iso-oxígenas de menor concentración fluctuaron moderadamente en profundidad durante el mes. La iso-oxígena de 0,5 mL L⁻¹ no se registró en Paita ni en Atico, y se determinó a 50 - 65 m en Chicama, a 20 - 30 m en Callao y a 40 - 50 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 agosto e inicios de setiembre entre 84,5 – 83 °W y 3,5-5 °S (frente a la costa norte del Perú), un núcleo de anomalías negativas estuvo presente a lo largo del mes de agosto con un valor de aproximadamente -2 °C (climatología de IMARPE), concentrándose por encima de los 100 metros. Por debajo de los 100 m, las condiciones subsuperficiales se mostraron, en promedio, con condiciones normales (Figura 3.2.5.9). Durante el mes de agosto este flotador se ha ido acercando a la costa, por lo que 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 mayores concentraciones respecto al mes anterior en todas las estaciones. En Paita, se observaron concentraciones entre $10 - 15 \mu\text{mol L}^{-1}$; mientras que en Chicama, Callao e Ilo la isolínea de $20 \mu\text{mol L}^{-1}$ se observó a $\sim 40 \text{ m}$, 20 m y 30 m de profundidad respectivamente (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 la estación de Paita se observó concentraciones mayores ($10 - 15 \mu\text{mol L}^{-1}$) en la columna de agua respecto al mes anterior. En Chicama, las concentraciones por encima y debajo de los 40 m presentaron valores de $\sim 10 \mu\text{mol L}^{-1}$ y $15 \mu\text{mol L}^{-1}$ respectivamente, estas últimas superiores respecto a julio en promedio. En Callao, las concentraciones se incrementaron respecto al mes anterior oscilando entre 15 a $20 \mu\text{mol L}^{-1}$ en la columna de agua. En Ilo se mantuvieron concentraciones bajas de nitrato ($5 - 10 \mu\text{mol L}^{-1}$) durante el mes, observándose valores menores a $5 \mu\text{mol L}^{-1}$ durante la última semana por encima de los 20 m (Figura 3.2.6.2).

3.2.6.3. Fosfatos

Los fosfatos al norte del Callao mostraron un incremento de sus concentraciones respecto al mes anterior; mientras que, en Ilo se mantuvieron. En Paita las concentraciones oscilaron entre $1,5 - 2 \mu\text{mol L}^{-1}$. En Chicama, las concentraciones aumentaron de $1 \mu\text{mol L}^{-1}$ a $1,5 \mu\text{mol L}^{-1}$ entre la primera y segunda quincena. En Callao los fosfatos alcanzaron máximas concentraciones ($3 \mu\text{mol L}^{-1}$) debajo de los 20 m durante la segunda y tercera semana del mes. En Ilo, las concentraciones se mantuvieron entre $1,5 - 2 \mu\text{mol L}^{-1}$ durante el mes (Figura 3.2.6.3)

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/I3/), presentó valores predominantes de $-1 \mu\text{g L}^{-1}$ a lo largo de la costa dentro de las 30 m.n. ; sin embargo, al sur de los 16°S se observaron valores mayores a $3 \mu\text{g L}^{-1}$ (Figura 3.2.6.4 a). En el sistema costero predominaron condiciones normales, con presencia de pequeñas zonas con anomalía negativa frente a Pisco ($-1 \mu\text{g L}^{-1}$), así como anomalías positivas (entre $+1 \mu\text{g L}^{-1}$ y $+2 \mu\text{g L}^{-1}$) dentro de las 50 m.n. al sur de los 16°S (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 acordes a su ciclo anual, con la presencia de un pico de anomalía positiva de alrededor $+2 \mu\text{g L}^{-1}$ durante la segunda y tercera semana de agosto (Figura 3.2.6.4. d).

Latitudinalmente, en la franja costera predominaron condiciones normales con ausencia de información en diferentes latitudes al largo de la costa debido a la presencia de nubes; sin embargo, se observaron anomalías positivas ($+2 \mu\text{g L}^{-1}$) entre los 13°S a 15°S y a los 9°S durante la primera y última semana respectivamente del mes (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 90 %, en gran parte de la costa. Sin embargo, frente a Paita y Tumbes dentro de las 50 m.n. la cobertura nubosa fue menor de 50 %, así como en la zona ubicada entre Pisco e Ilo dentro de las 30 m.n. (Figura 3.2.6.4. c).

3.2.7. Recursos Pesqueros e indicadores biológicos

Distribución, capturas y tallas de la anchoveta

La segunda temporada de pesca de anchoveta 2019 en la región sur del Perú se inició el 01 de agosto, otorgando una cuota de pesca de 540 mil toneladas. Al 10 de septiembre la flota industrial de cerco solo desembarcó 2 843 toneladas, correspondiente al 0,53 % de la cuota otorgada. La baja captura estaría asociada a la dinámica de la flota industrial de cerco en el sur, la cual encuentra menos accesible al recurso debido a que este se encontraría replegado hacia la costa.

Las capturas ocurridas en agosto entre los 16°S a 18°S se registraron asociadas a una anomalía promedio de TSM de $-0,21^\circ\text{C}$, ACF y aguas de mezcla con valores de salinidad entre 35,0 y 35,1 ups. La anchoveta se distribuyó desde Ático (16°S) hasta el extremo sur (18°S) dentro de las 30 m.n., registrando cardúmenes dispersos, con mayores capturas entre Mollendo (16°S) a Morro Sama (18°S). La estructura de tallas presentó un rango de 7,5 cm a 15,5 cm, moda principal en 12,5 cm y moda secundaria en 9,5 cm de longitud total. Asimismo, se reportó presencia de juveniles en un 30 % en promedio (Figura 3.2.7.2).

Especies Indicadoras

Durante el desarrollo de las secciones oceanográficas de monitoreo (21 – 25 de agosto), se observaron especies oceánicas como “el Perico” y “el Bonito” por fuera de las 50 m.n. frente a Pimentel (Figura 3.2.7.3a).

Con relación al avistamiento de depredadores superiores, se registró a las aves guaneras (guanay, piquero y pelícano) replegadas en el litoral costero de Chicama y Chimbote, mientras que las aves migratorias como *Phoebastria irrorata* “Albatros de las Galápagos”, que habita en la zona ecuatorial (Islas Galápagos), y la especie *Procellaria aequinoctialis* “petrel barba blanca”, que presenta una amplia distribución, fueron registradas frente a Salaverry (Figura 3.2.7.3b).

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 agosto, indican que el recurso continúa con los procesos de maduración gonadal y desove, mientras que, el contenido graso (CG) disminuyó con respecto a julio, reflejando un alto gasto energético relacionado con su condición reproductiva (Figura 3.2.7.4).

4. PRONÓSTICO

4.1. A mediano plazo (3 meses)

Según el resultado de los modelos oceánicos lineales simplificados, tanto del IGP (Figura 3.1.2.6. c y d) como del IMARPE (Figura 4.2.1), además de las proyecciones teóricas sobre los datos observados, estos indican que la onda Kelvin fría que se generó debido a las anomalías de viento del este en el Pacífico ecuatorial central entre julio y agosto de 2019, y que actualmente se encuentra ubicada en 120 °W, arribaría a la costa sudamericana a fines de setiembre e inicios de octubre. La llegada de esta no tendría impacto en la TSM, aunque sí en el nivel del mar.

La onda Kelvin cálida, desarrollada por los pulsos de viento del mes de agosto, debería llegar a la costa americana a fines de octubre e inicios de noviembre.

Se espera que la onda Rossby alcance la frontera occidental durante el mes de octubre y noviembre y se proyecte en una onda Kelvin cálida que podría llegar a la costa americana en enero. De proyectarse en el segundo modo baroclínico, es decir con una velocidad de 1,7 m/s, esta onda podría llegar en febrero de 2020 (Figura 3.1.2.6. e).

En el Pacífico central se presentan condiciones neutras, según el ONI El Niño se mantuvo hasta el mes de junio alcanzando la magnitud Cálida, por lo tanto, no se esperarían precipitaciones en la región por la estacionalidad.

Según los pronósticos de 7 modelos climáticos de NMME (CFSv2, CanCM4i, GEM_NEMO, GFDL_CMC2.1, NASA_GEOS5v2, GFDL_FLOR y NCAR_CCSM4), con condiciones iniciales del mes de setiembre de 2019, para el Pacífico central (región Niño 3.4) indican en promedio condiciones neutras de setiembre a noviembre del año en curso (Figura 4.2.2.). Por otro lado, para el Pacífico oriental (región Niño 1+2), los modelos de NMME en promedio indican condiciones neutras para el mismo periodo (Figura 4.2.3).

4.2. A largo plazo (más de 3 meses)

Los modelos climáticos de agencias internacionales indican condiciones neutras entre los meses de diciembre y marzo de 2020 para el Pacífico central (Niño 3.4), sin embargo, el modelo de GFDL_CMC2.1 indica condiciones cálidas débiles entre los meses de diciembre y marzo. En la región oriental (Niño 1+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 4.2.4) y de precipitación (Figura 4.2.5) pronosticado por los modelos NMME, tienen características de condiciones neutras en el océano Pacífico ecuatorial central y oriental.

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 (20 %); en tanto que, para el Pacífico oriental (Niño 1+2) son más probables las condiciones Neutras (65 %), seguidas de condiciones El Niño (18 %).

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) mostró un alejamiento del litoral peruano, propiciando el debilitamiento de los vientos costeros, presentando anomalías negativas del viento persistentes a partir de la segunda quincena de agosto.

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 $0,2^\circ\text{C}$ con respecto al mes de julio. El ONI de julio (JJA) tiene la categoría Neutro al igual que los estimados (ONI-tmp) agosto y setiembre. Por otro lado, en el Pacífico oriental (región Niño 1+2), el valor de ICEN para julio y sus respectivos temporales (ICEN-tmp) de agosto y setiembre indican condiciones Neutras.

Los caudales de los principales ríos de las regiones hidrográficas del Pacífico se han mantenido próximos a sus valores normales; propios del periodo de estiaje. Las reservas hídricas de los principales embalses de la costa norte y sur se encuentran, en promedio, al 85 % y 68 % de su capacidad de almacenamiento, respectivamente.

La anchoveta de la región norte - centro presentó una distribución hasta las 30 m.n. 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 setiembre indican condiciones NEUTRAS entro los meses de setiembre y marzo de 2020.

Se espera la llegada de una onda Kelvin fría seguido de otra cálida hasta noviembre que podrían contribuir a ligeras variaciones térmicas del mar, del aire, así como el nivel del mar frente de la costa peruana.

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 (20 %); en tanto que, para el Pacífico oriental (Niño 1+2) son más probables las condiciones Neutras (65 %), seguidas de condiciones El Niño débil (18 %).

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, consideran que se mantiene el sistema de alerta “No activo”, debido a que se continúa observando, en promedio, condiciones neutras en la TSM frente a la costa peruana y considera más probable que estas se mantengan hasta fin de año.

6. REFERENCIAS

- Boulanger, J.-P., and C. Menkes, 1995: Propagation and reflection of long equatorial waves in the Pacific Ocean during the 1992–1993 El Niño, *J. Geophys. Res.*, 100(C12), 25,041–25,059.
- Chassignet, E. P., H. E. Hurlburt, O. M. Smedstad, G. R. Halliwell, P. J. Hogan, A. J. Wallcraft, R. Baraille, and R. Bleck (2007), The HYCOM (Hybrid Coordinate Ocean Model) data assimilative system, *Journal of Marine Systems*, 65, 60–83.
- 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.

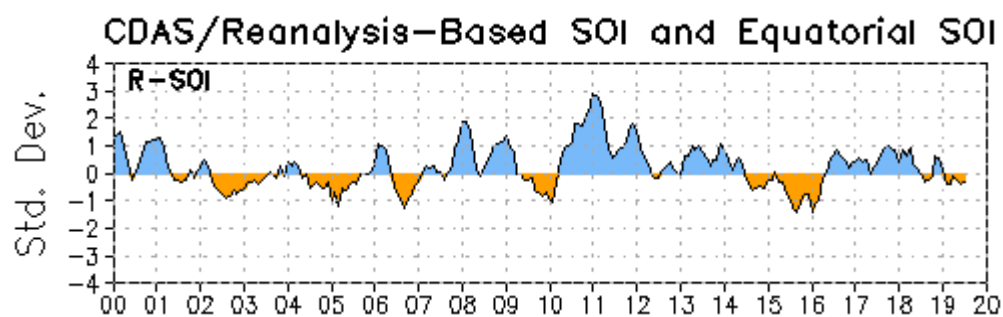
Quispe, J., y Vásquez, L. ,2015: Índice LABCOS para la caracterización de eventos El Niño y La Niña frente a la costa del Perú, 1976-2015. Boletín Trimestral Oceanográfico, Vol.1, Números 1-4, págs.: 14-18, Instituto del Mar del Perú.

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

a)



b)

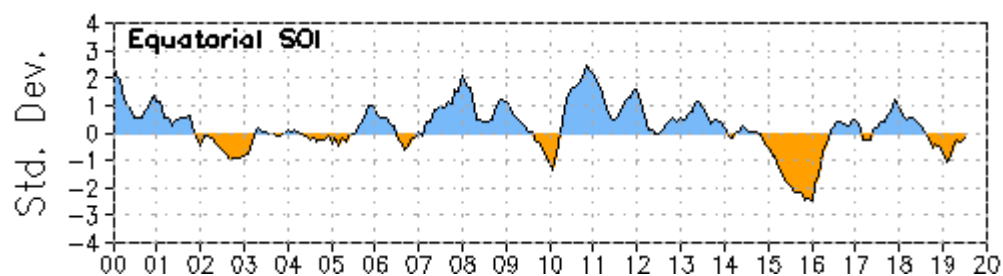


Figura 3.1.1.1 a) Índice de Oscilación del Sur (IOS). b) Índice de Oscilación del Sur Ecuatorial (IOS-Eq). Ambas series de tiempo son medias móviles de tres meses obtenidas del *reanalysis* CDAS.

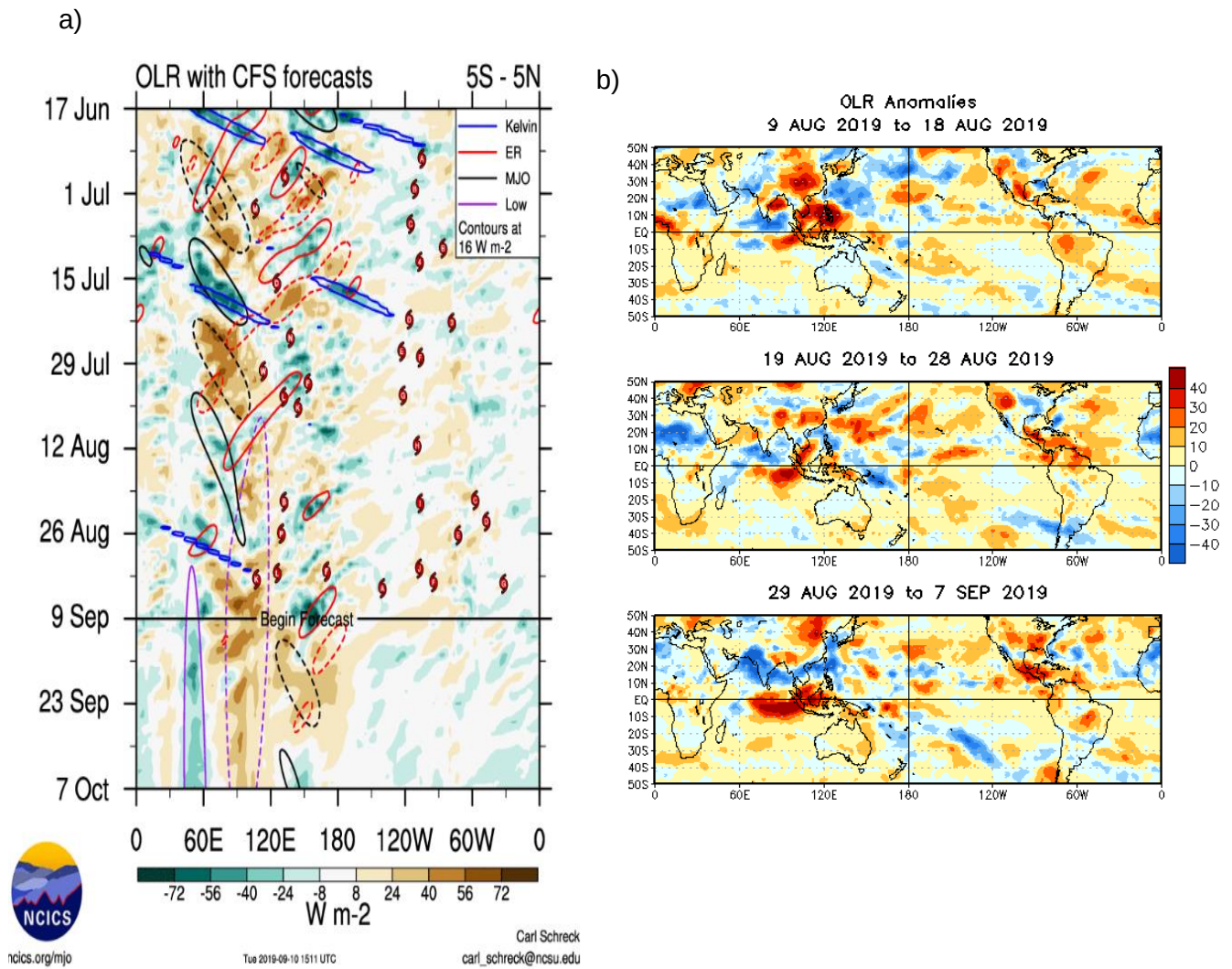
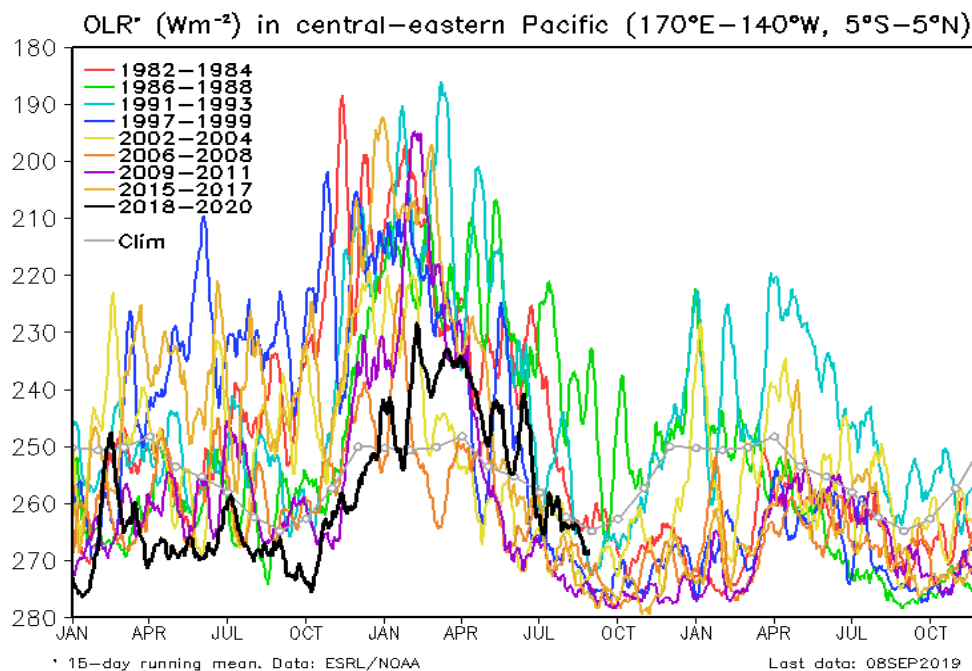


Figura 3.1.1.2. a) Pronóstico a mediano plazo para OLR del modelo CFS. Los contornos indican actividad de ondas atmosféricas b) Anomalías decadas de OLR para el mes de agosto de 2019. Datos: CFS y NCEP. Procesamiento: NOAA/SENAMHI

a)



b)

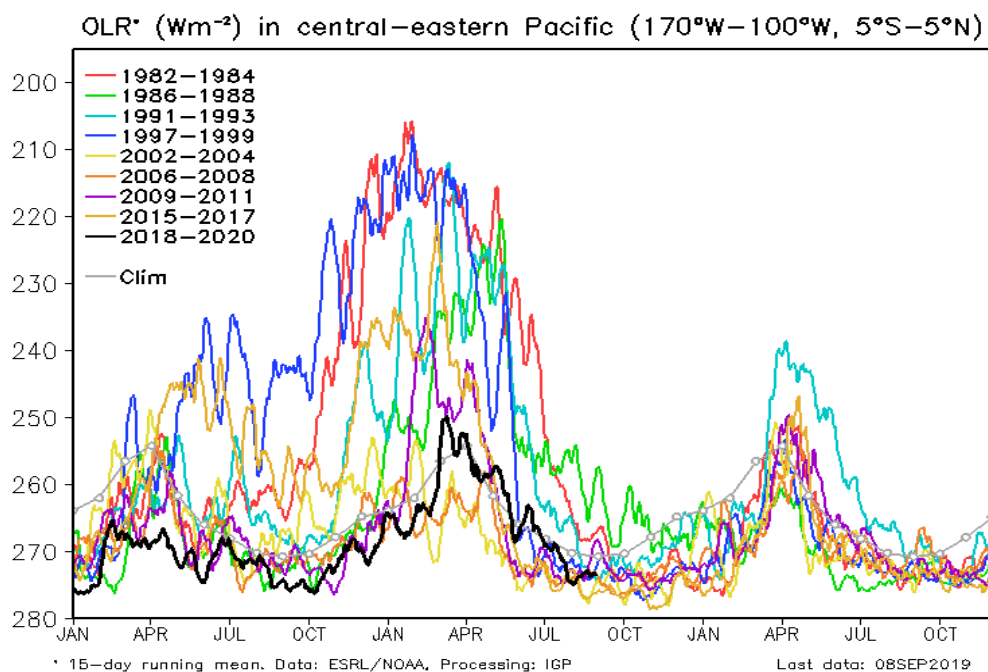
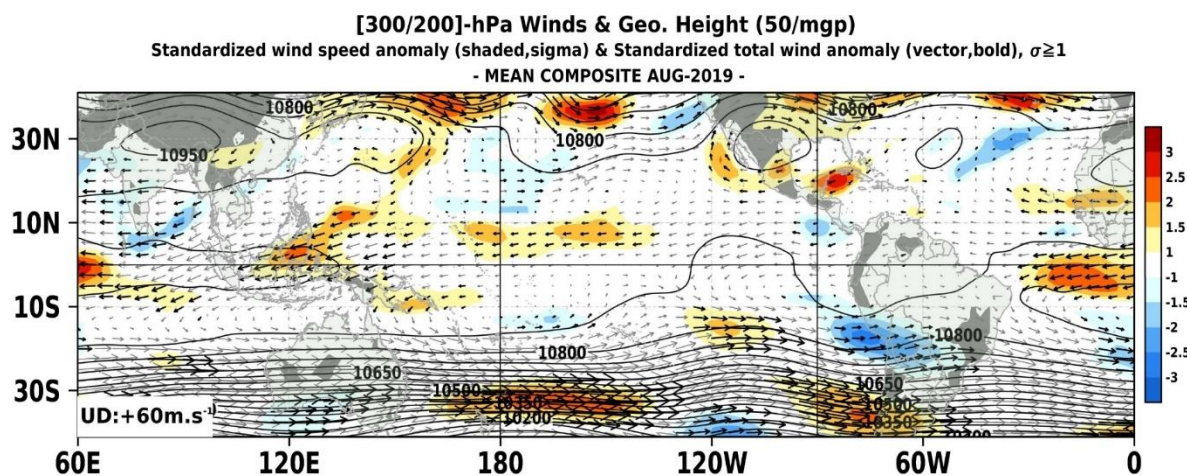


Figura 3.1.1.3 Radiación de onda larga – OLR (W/m^2), desde el mes de enero de 2017 hasta agosto de 2019, en el Pacífico central-oriental en: a) $170^{\circ}\text{W}-140^{\circ}\text{W}$, $5^{\circ}\text{S}-5^{\circ}\text{N}$ y b) $170^{\circ}\text{W}-100^{\circ}\text{W}$, $5^{\circ}\text{S}-5^{\circ}\text{N}$.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

a)



b)

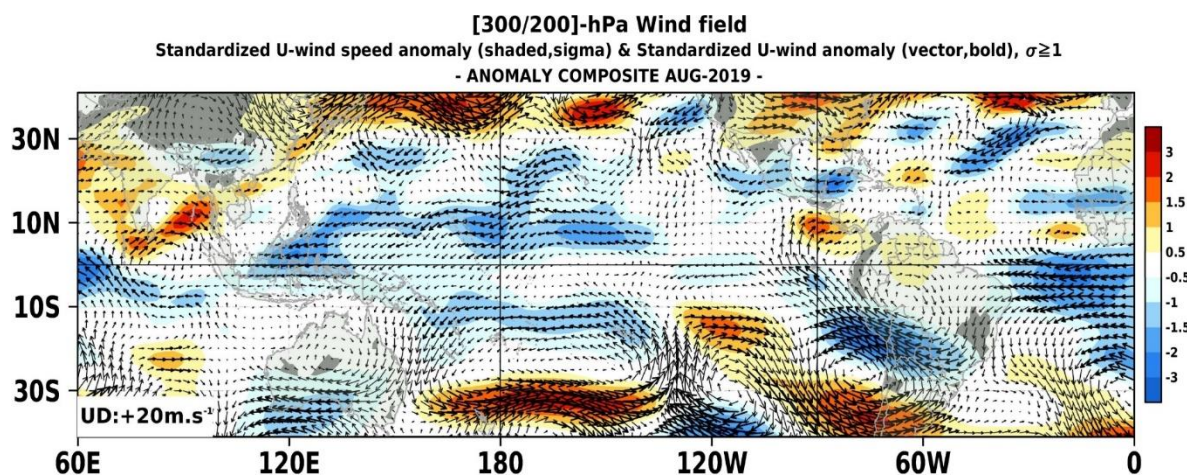
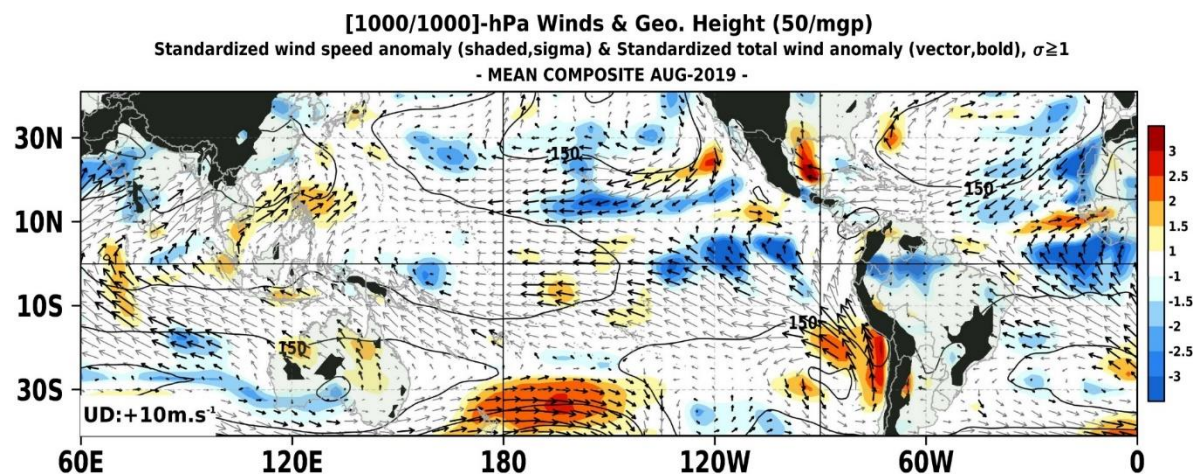


Figura 3.1.1.4 Configuración atmosférica en niveles altos (300 - 200 hPa) para el mes de agosto de 2019: a) Promedio del viento total (m/s, vectores) y geopotencial (mgp, contornos) junto a anomalías estandarizadas de la velocidad total del viento (matrices de colores cada $\pm 0,5 \sigma$), b) Anomalías 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)

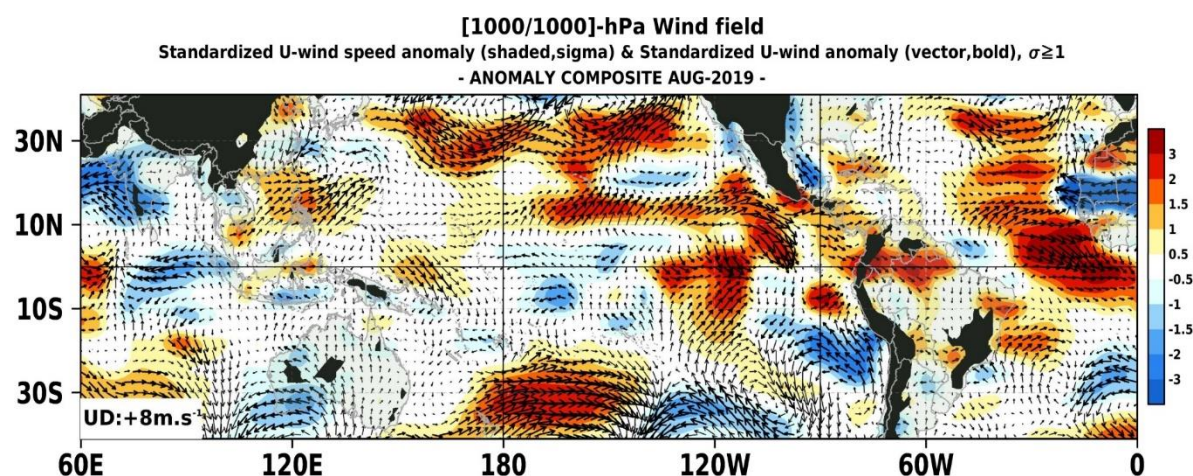
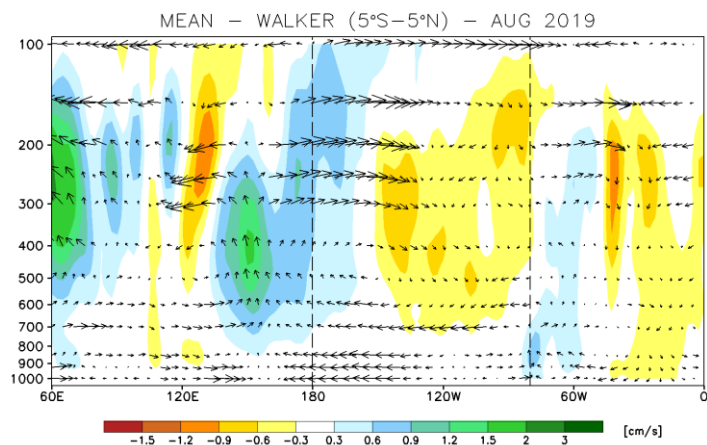
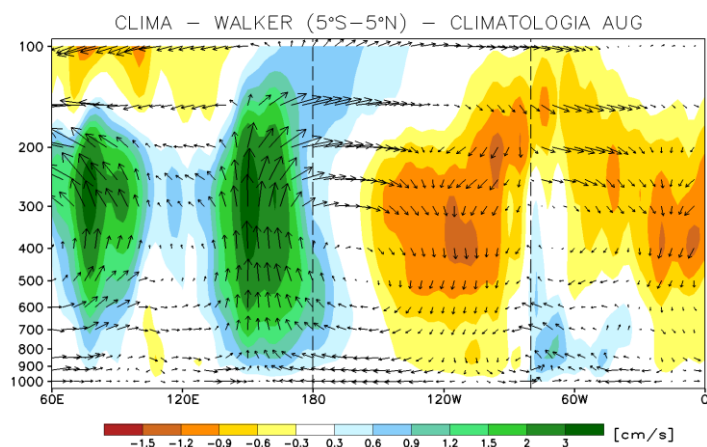


Figura 3.1.1.5. Configuración atmosférica en niveles bajos (1000 - 850 hPa) para el mes de agosto de 2019: a) Promedio del viento total (m/s, vectores) y geopotencial (mgp, contornos) junto a anomalías estandarizadas de la velocidad total del viento (matices de colores cada $\pm 0,5 \sigma$), b) Anomalías 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)

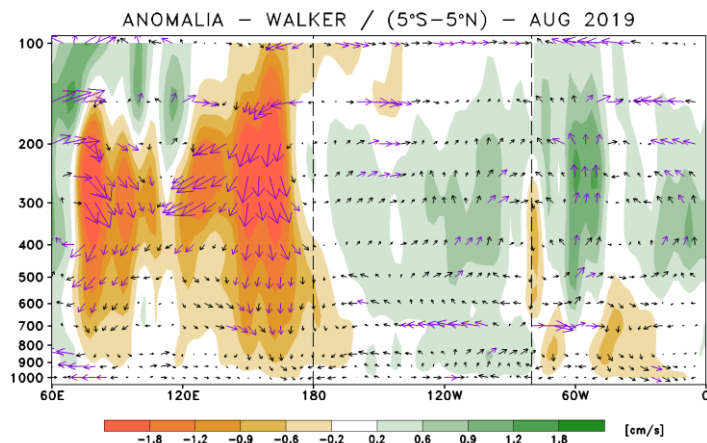


Figura 3.1.1.6. Secciones verticales de la circulación atmosférica ecuatorial (Walker) de este a oeste para el mes de agosto 2019: (a) patrón promedio, (b) patrón climatológico y (c) patrón anómalo. Fuente: SPC/SENAMHI.

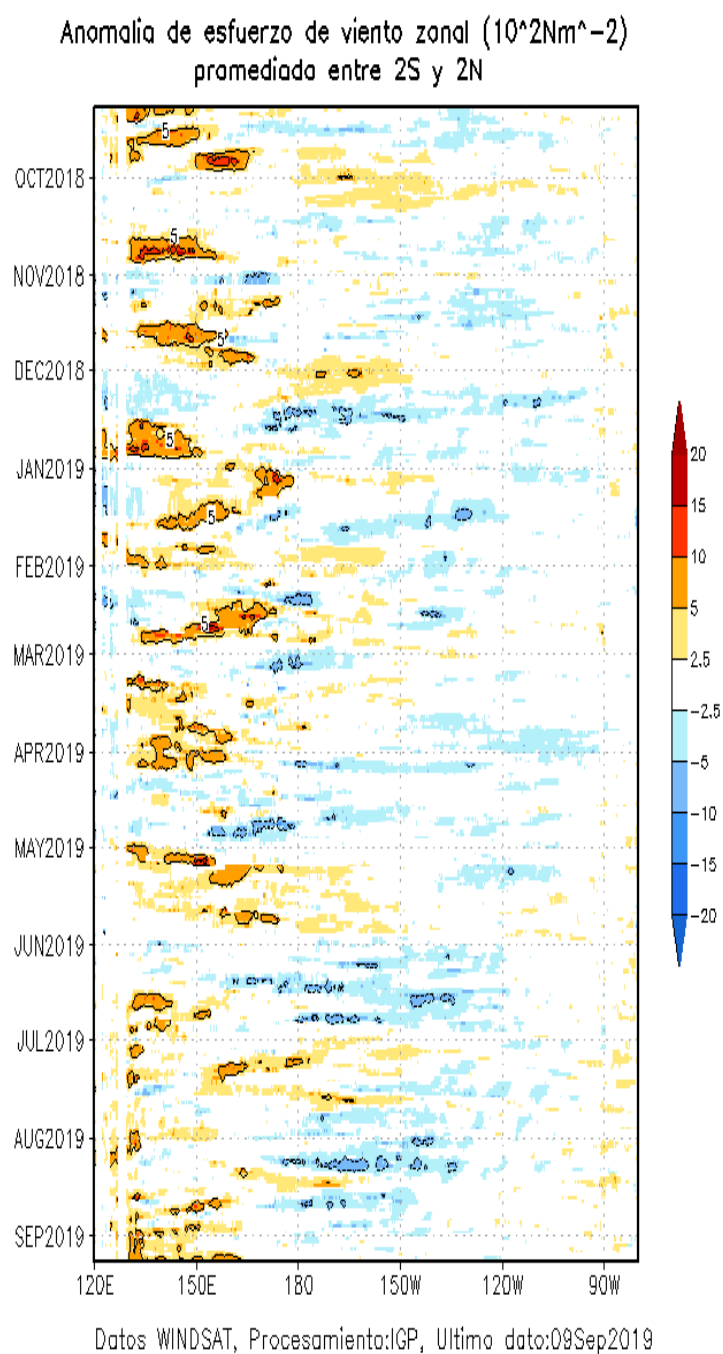


Figura 3.1.1.7. Diagrama longitud-tiempo de las anomalías del esfuerzo de viento zonal ecuatorial basado en datos del producto WINDSAT. Elaboración: IGP.

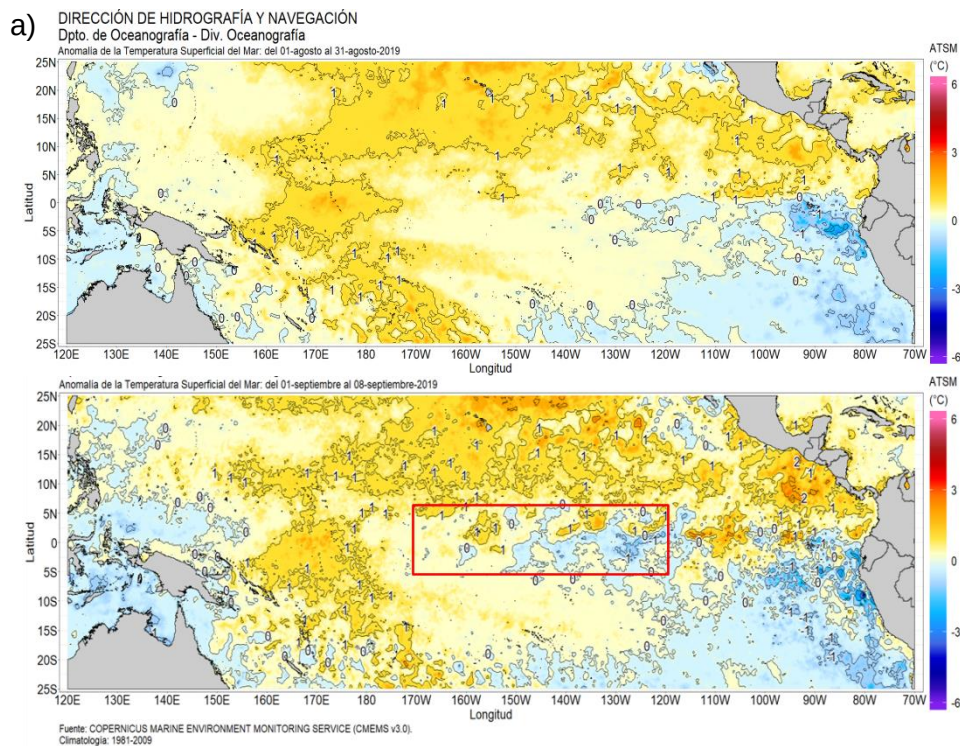
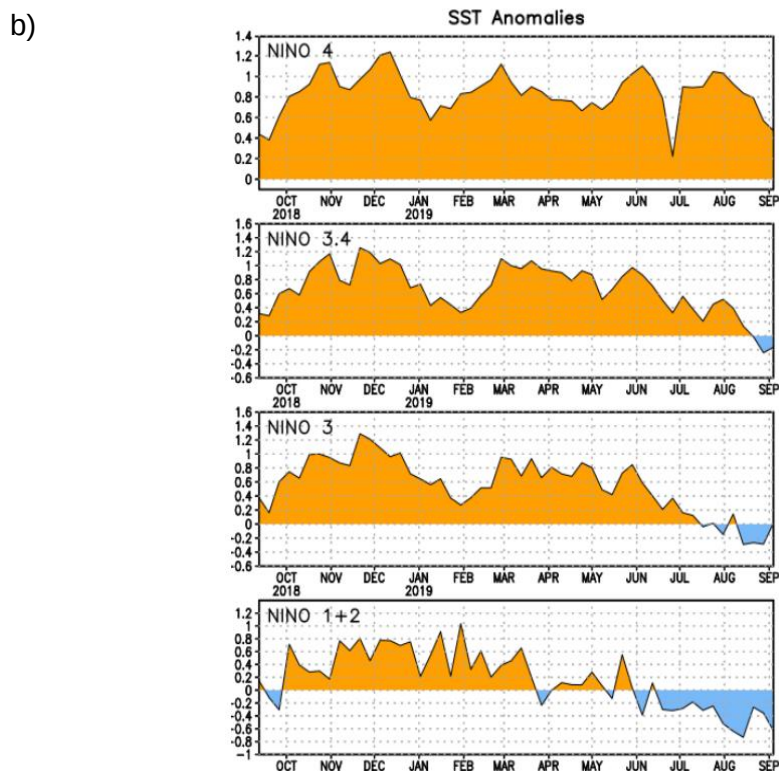


Figura 3.1.1.8. a) Anomalia de la TSM promediada para agosto (arriba) y de los primeros días de setiembre (abajo). Fuente: OSTIA, Gráfico: DHN. b) Series de tiempo de las anomalías semanales de la TSM (°C) en las regiones Niño, desde setiembre de 2018 hasta agosto de 2019. Fuente: AVHRR NCEP/NOAA.

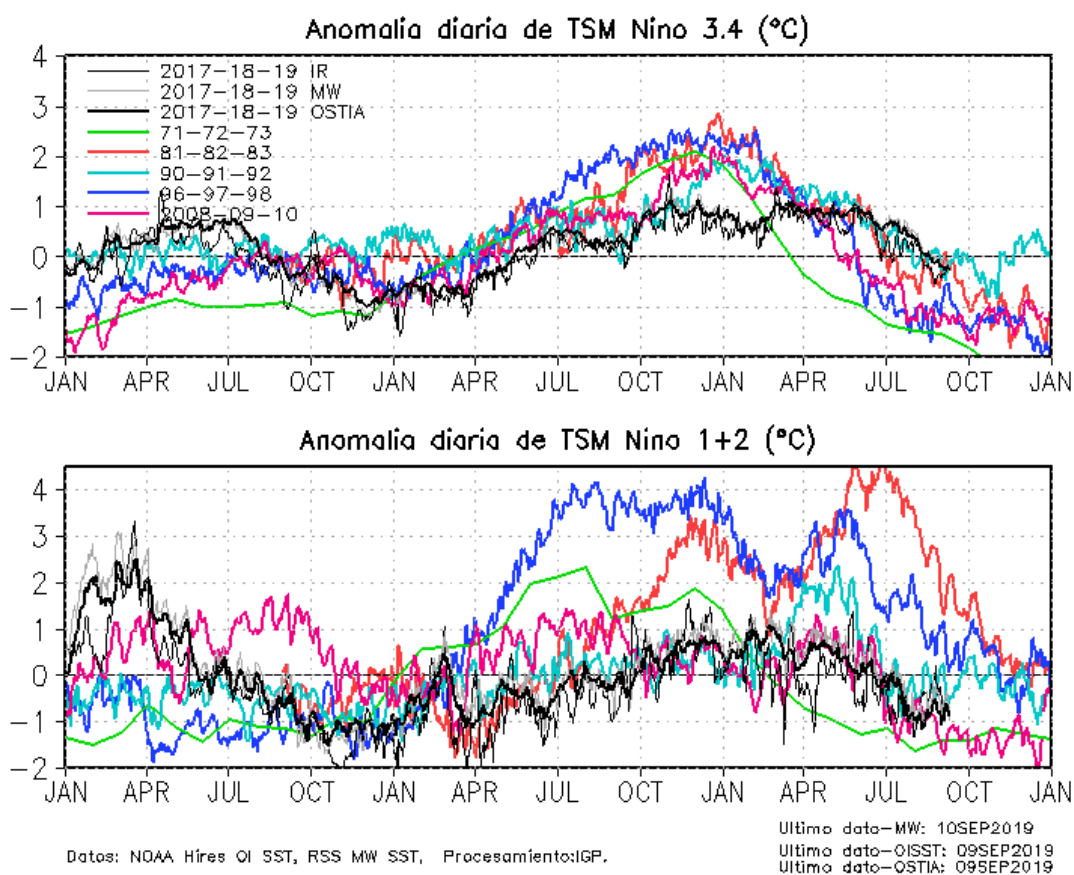


Figura 3.1.1.9 Series de tiempo de la anomalía diaria de la TSM en la región Niño 3.4 (panel superior) y Niño 1+2 (panel inferior). Las líneas en color negro (gruesa), gris y negro (fina) indican la evolución de la anomalía de la TSM en el presente año usando información infrarroja (IR), microondas (MW)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

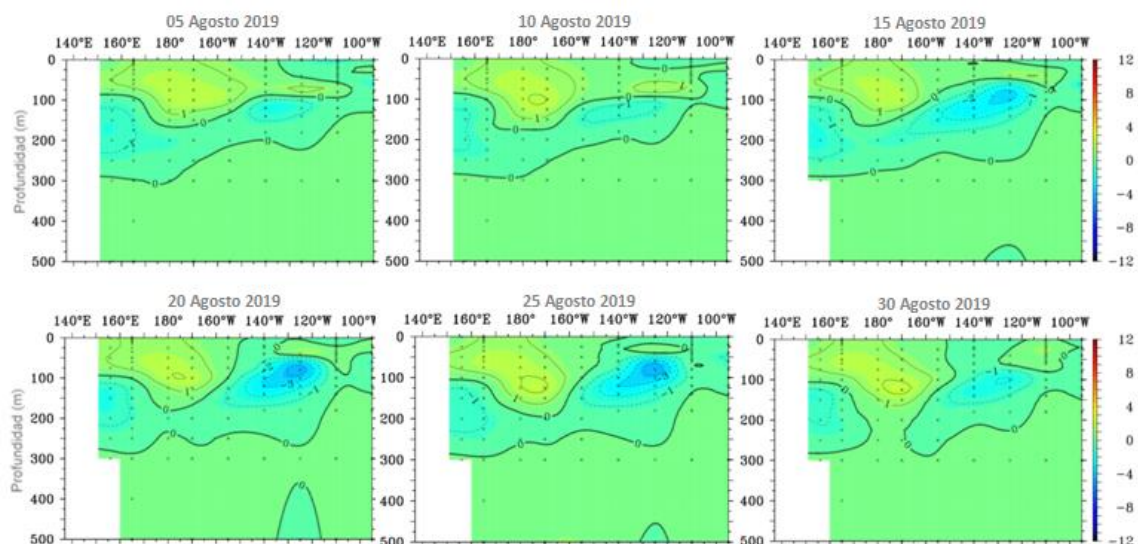


Figura 3.1.2.1. Diagramas longitud-profundidad de las anomalías de la temperatura del mar en el océano Pacífico ecuatorial (promediados entre 2 °N y 2 °S) para los días, de izquierda a derecha y de arriba abajo, 5, 10, 15, 20, 25 y 30 de agosto de 2019. Fuente: TAO/TRITON, PMEL/NOAA.

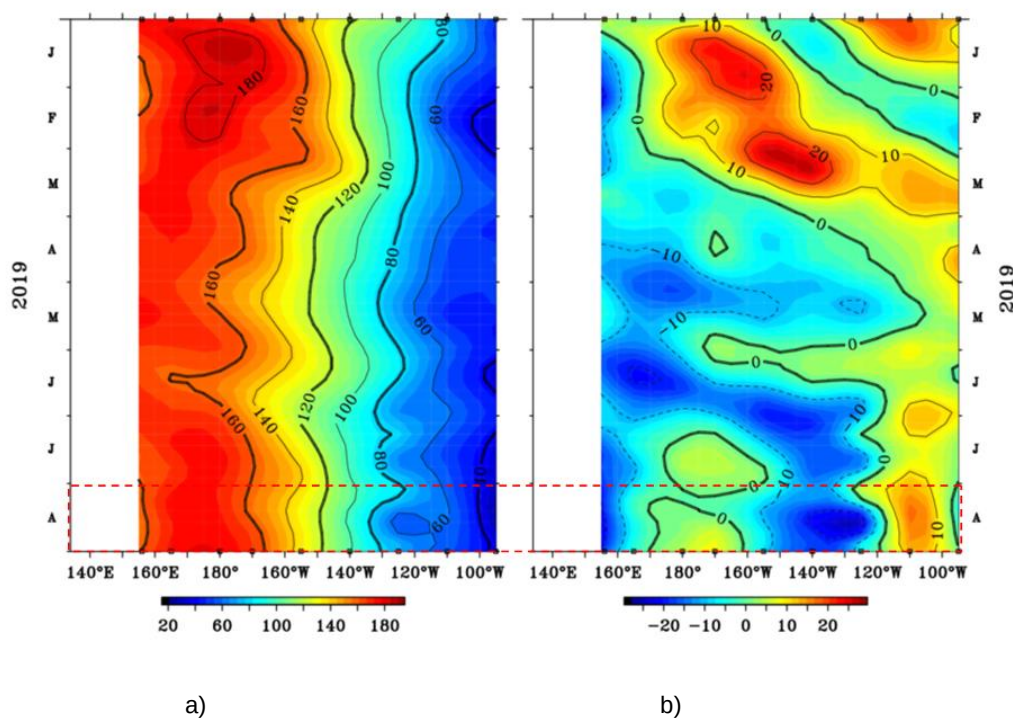


Figura 3.1.2.2. Diagrama longitud-tiempo de la profundidad de la isoterma de 20 °C (m) promediado entre 2 °N y 2 °S, desde enero hasta agosto de 2019, tanto para su valor total (a) como para su anomalía (b). Fuente: Global Tropical Moored Buoy Array Program office, NOAA/PMEL.

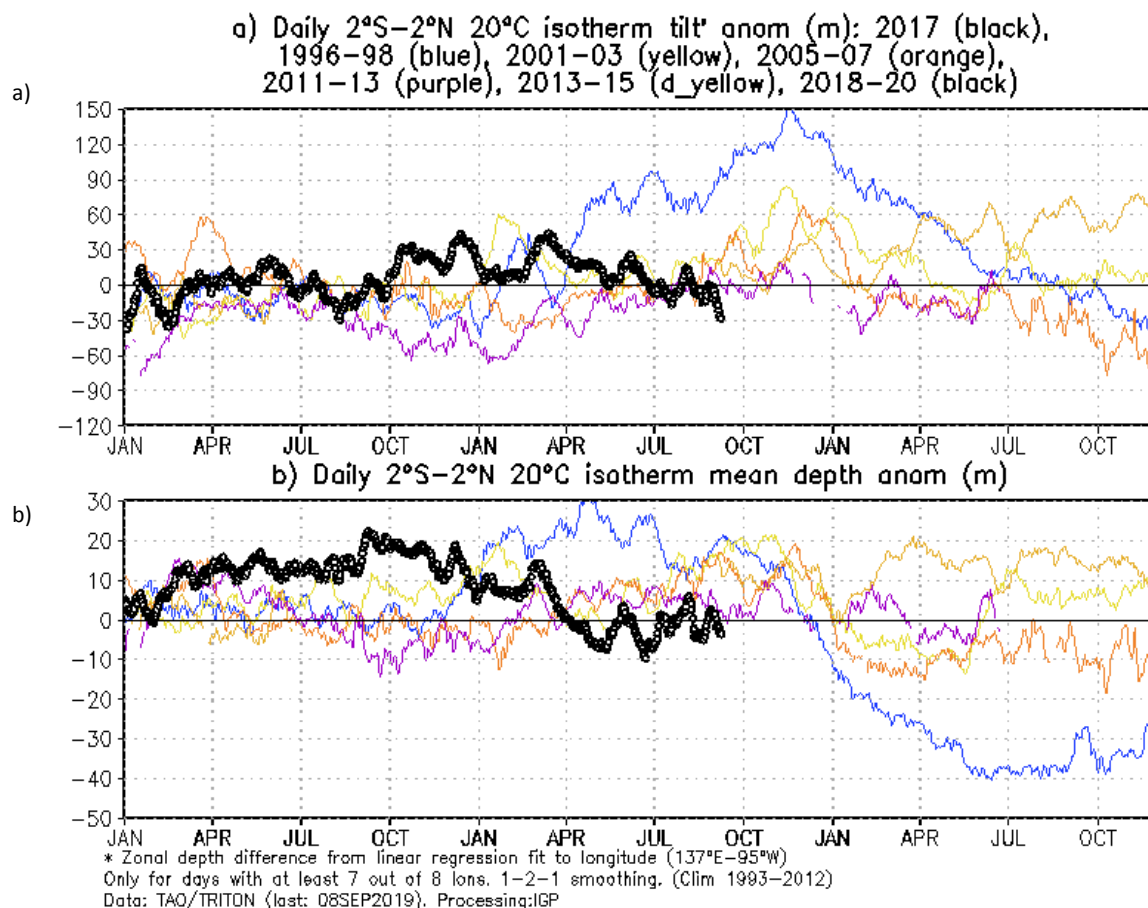


Figura 3.1.2.3. Series de tiempo de: a) la inclinación de la termoclina en el Pacífico ecuatorial basado en los datos de TAO entre 2 °N y 2 °S; y b) del contenido de calor en la región ecuatorial. Estas series de tiempo se obtuvieron usando datos de las boyas TAO entre 2 °N y 2 °S. Elaboración: IGP

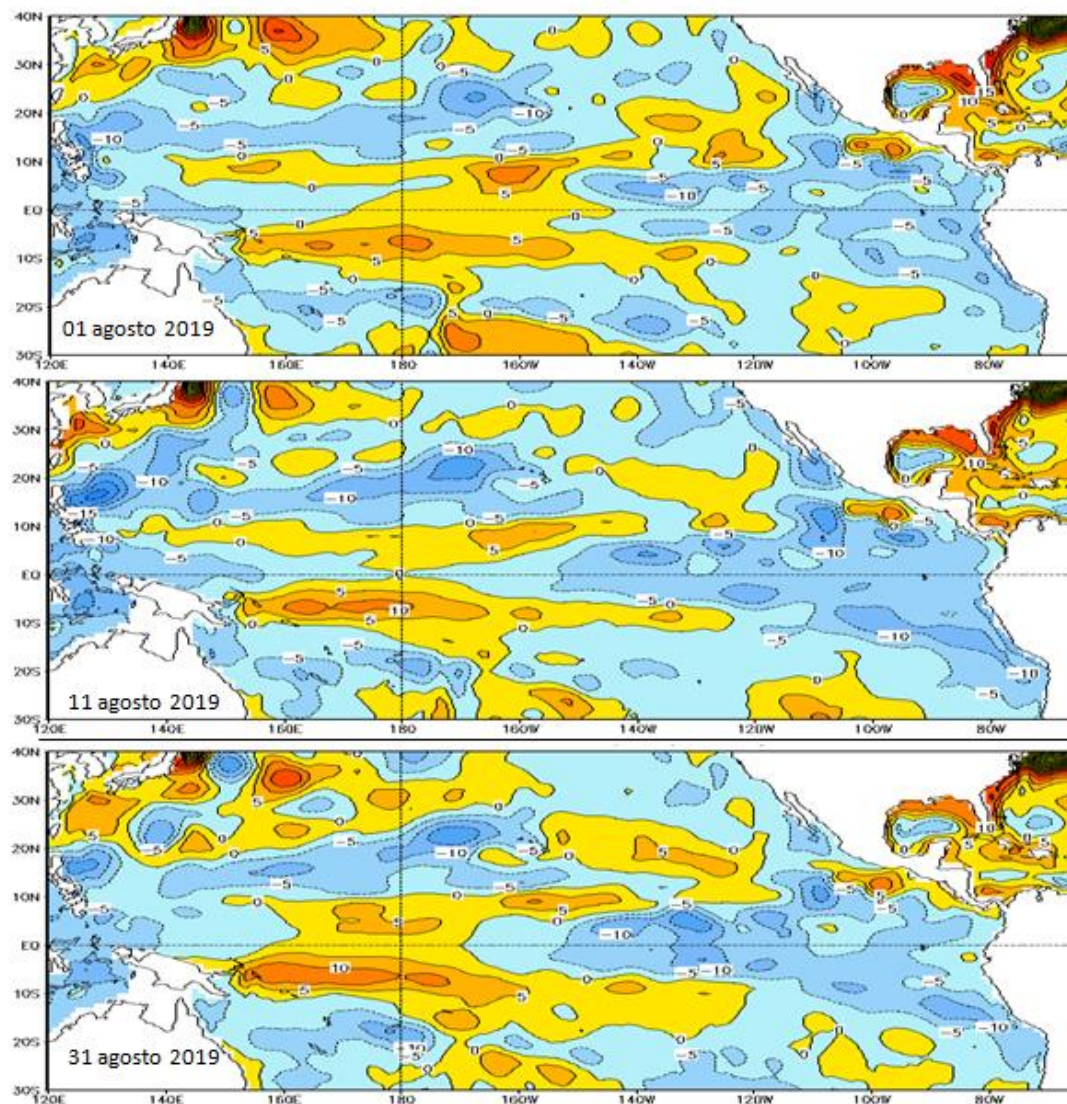


Figura 3.1.2.4. Campos de anomalía del nivel del mar en el Pacífico tropical, de arriba a abajo, el 01, 11 y 31 de agosto de 2019 . Fuente: GODAS; Climatología 1981–2010.

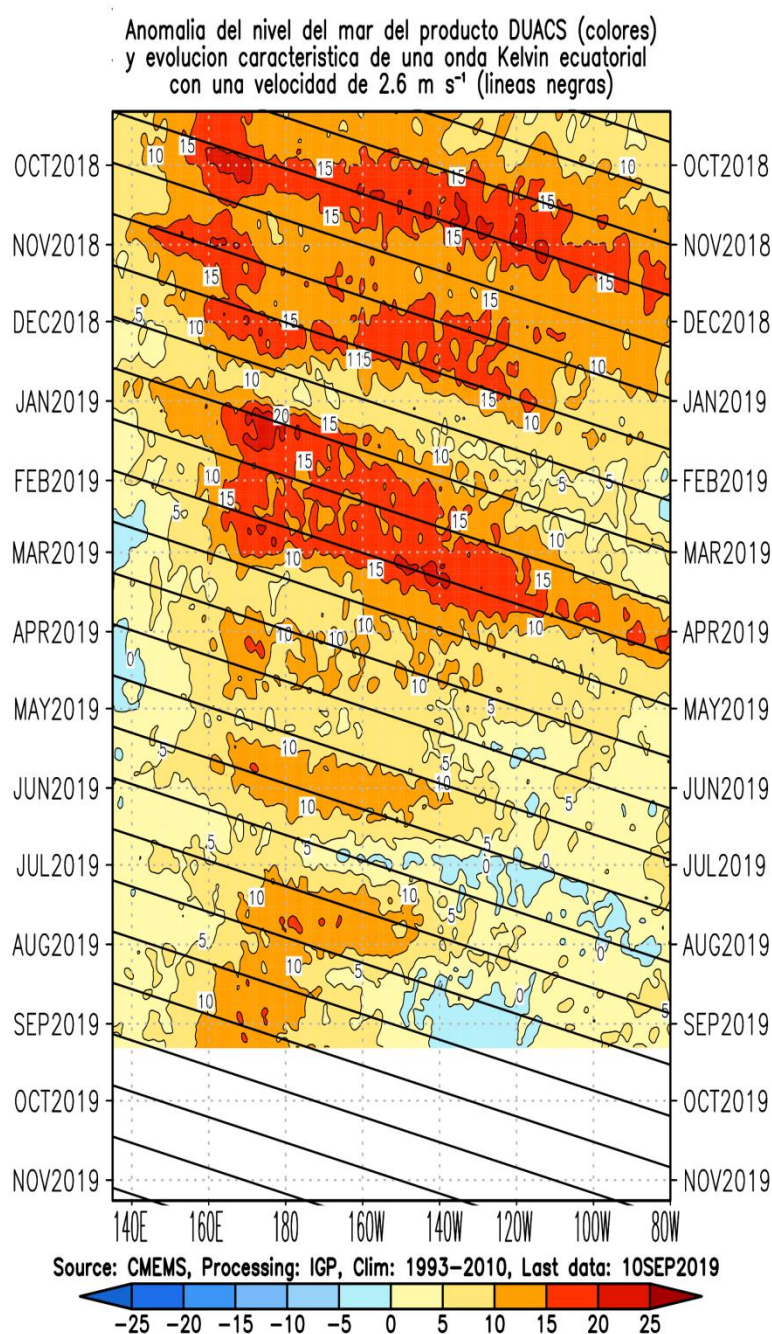


Figura 3.1.2.5. Diagrama longitud – tiempo de la anomalía del nivel medio del mar en el Pacífico ecuatorial usando el producto DUACS. Las líneas diagonales indican la trayectoria teórica de la onda Kelvin si tuviera una velocidad aproximada de 2,6 m/s. Elaboración IGP.

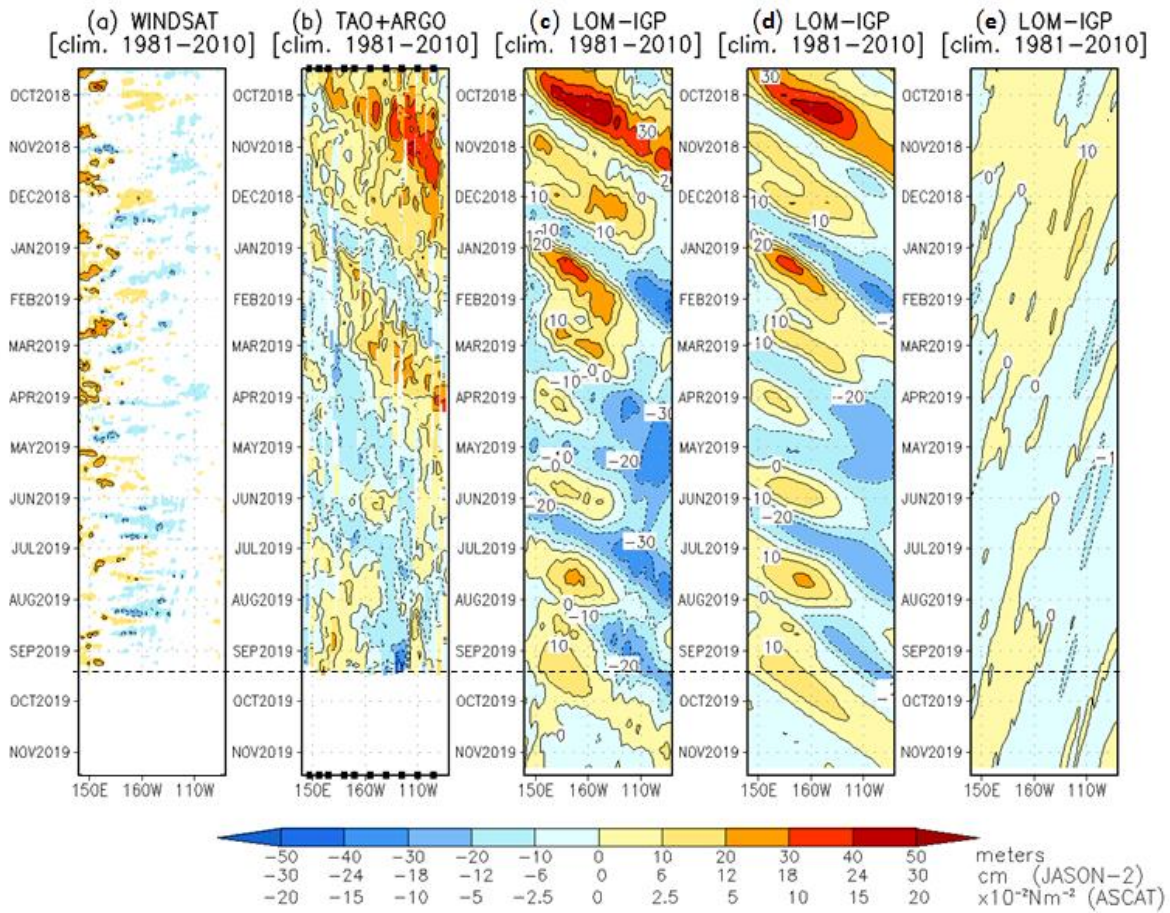
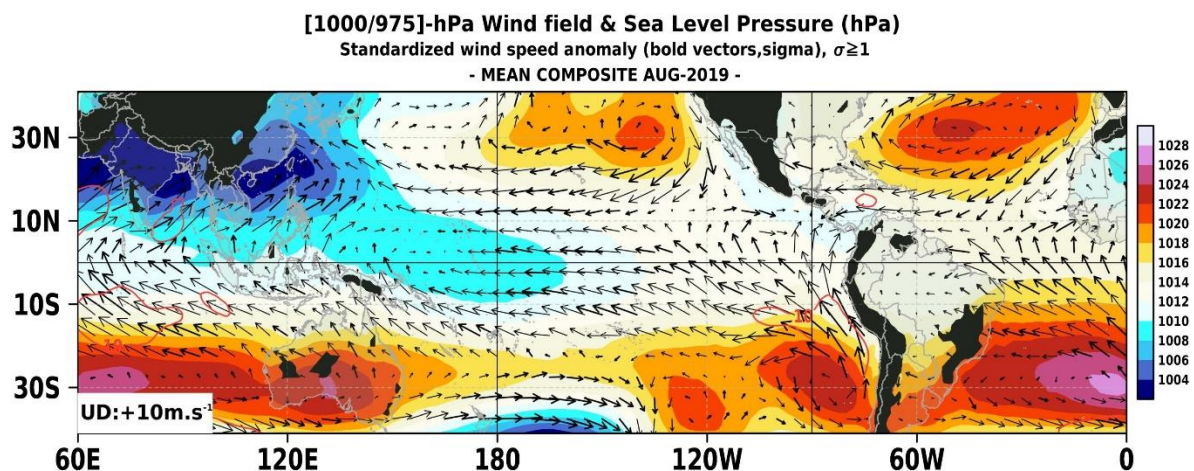


Figura 3.1.2.6. Diagrama longitud-tiempo de las anomalías de esfuerzo de viento zonal ecuatorial basado en datos de WINDSAT (a), anomalía de la profundidad de la isoterma de 20 °C calculado de los datos de TAO y los derivados de ARGO (b), diagrama de la onda Kelvin y Rossby (c), diagrama de la onda Kelvin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

a)



b)

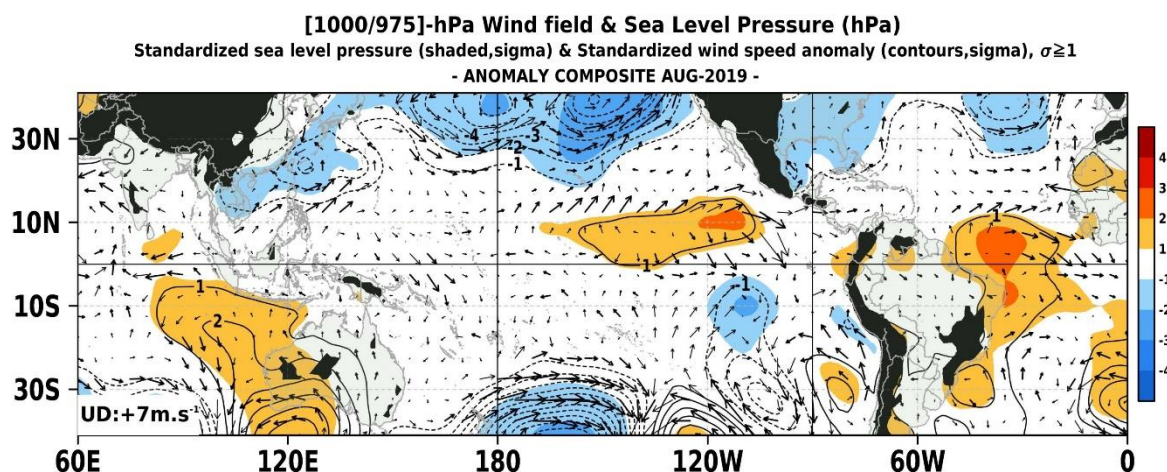


Figura 3.2.1.1. Análisis de superficie para el mes de agosto de 2019. Arriba: Promedio del campo de presión reducida a nivel del mar (PRMSL, hPa) y vientos entre 1000 - 975 hPa (contornos rojos >8 m/s), vectores gruesos representan velocidad estandarizadas, ($\sigma > 1$). Abajo: Anomalías del campo 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.

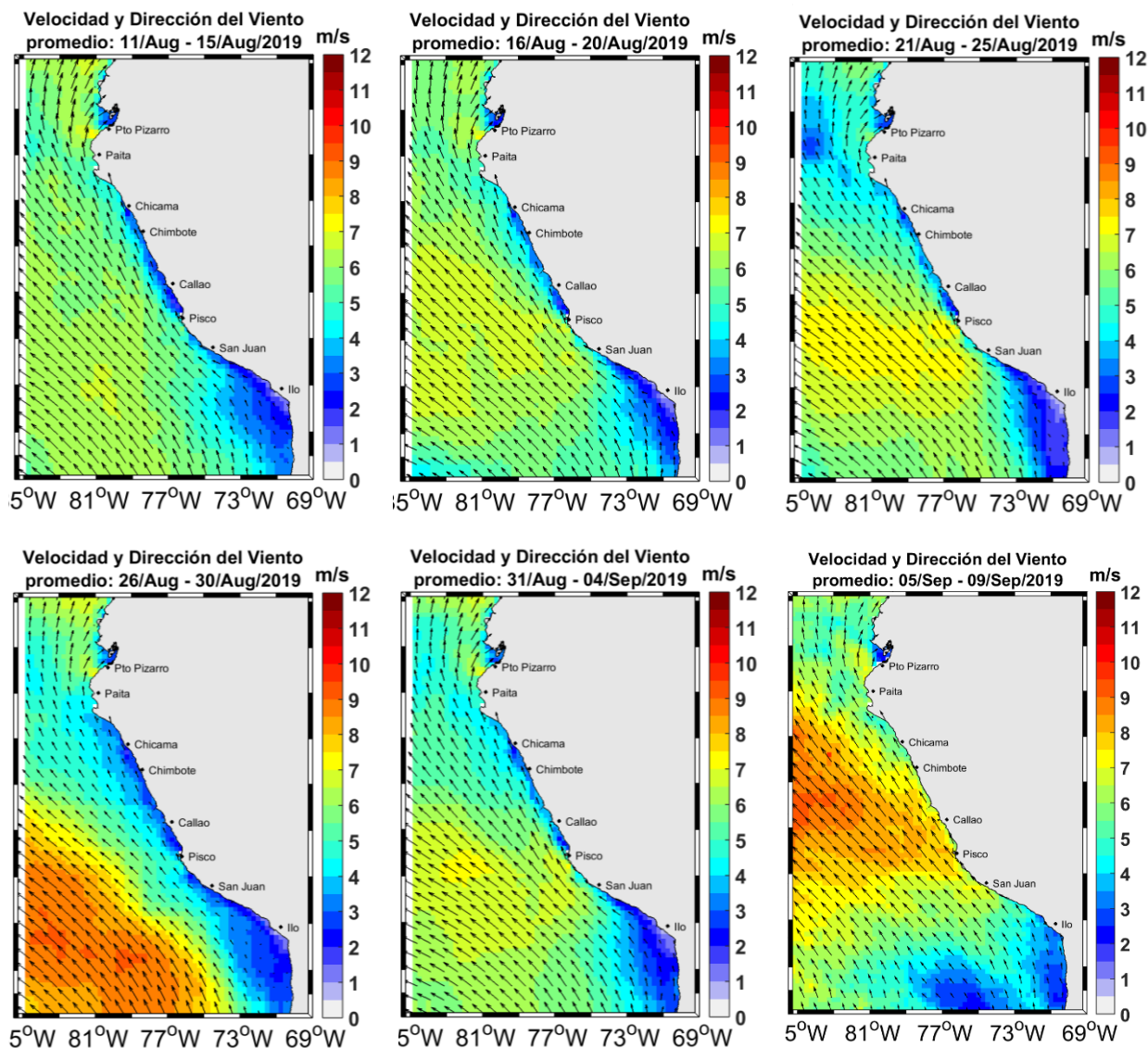


Figura 3.2.1.2. Mapas de la velocidad del viento frente a la costa peruana, durante el mes de agosto de 2019 (Fuente: Satélite ASCAT y productos del modelo GFS (ASCAT disponible hasta el 03 de marzo del 2019 por lo cual la información fue completada con el producto del modelo GFS, previa validación de acuerdo con Correa et al. 2016). Procesamiento: Laboratorio de Hidro-Física Marina, IMARPE). *Actualizada hasta el 30/08/2019.*

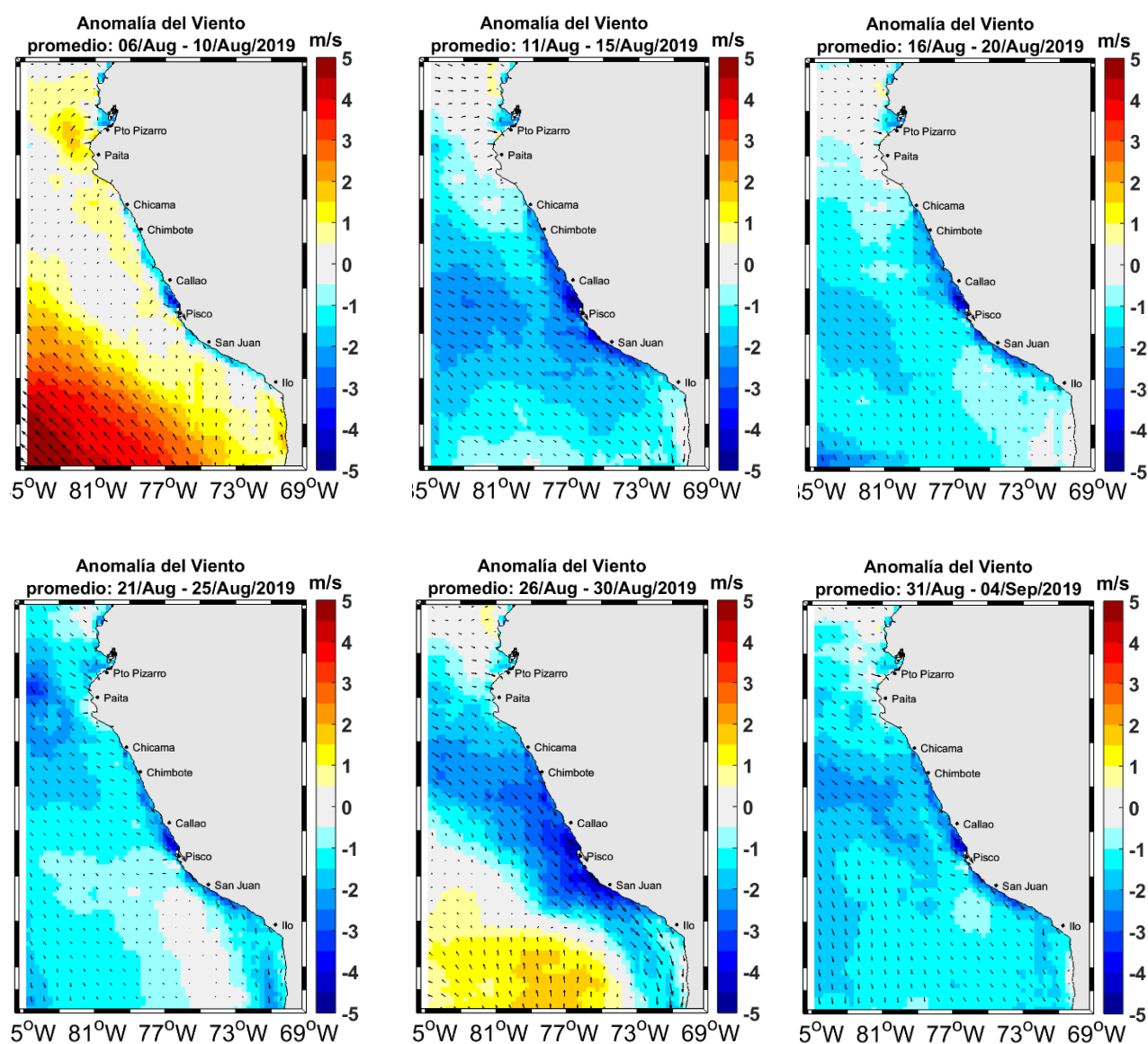


Figura 3.2.1.3. Mapas de anomalía de la velocidad del viento frente a la costa peruana, durante el mes de agosto de 2019 (Fuente: Satélite ASCAT y productos del modelo GFS, Procesamiento: Laboratorio de Hidro-Física Marina, IMARPE). *Actualizada hasta el 04/09/2019.*

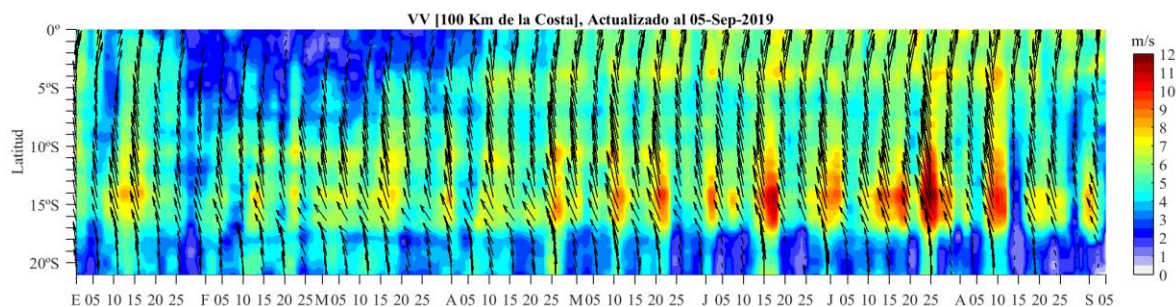


Figura 3.2.1.4 Diagrama Hovmöller de la velocidad del viento a lo largo de la costa peruana (Fuente: Satélite ASCAT, Procesamiento: Laboratorio de Hidro-Física Marina, IMARPE). Actualizada hasta el 05/09/2019.

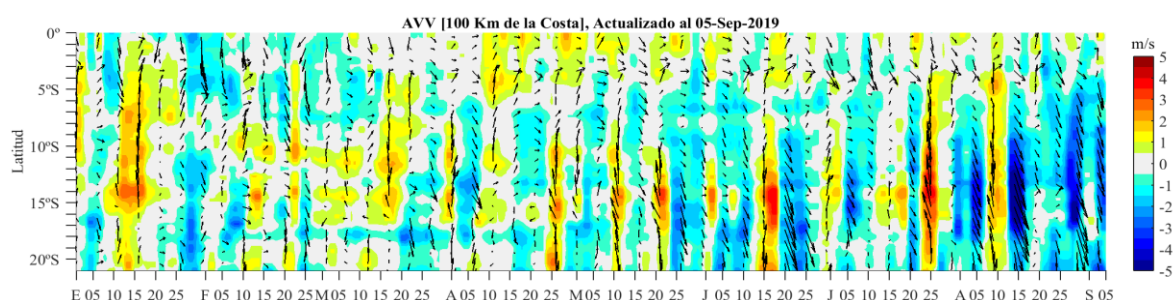


Figura 3.2.1.5. Diagrama Hovmöller de la anomalía del viento a lo largo de la costa peruana (Fuente: Satélite ASCAT, Procesamiento: Laboratorio de Hidro-Física Marina, IMARPE). Actualizada hasta el 05/09/2019.

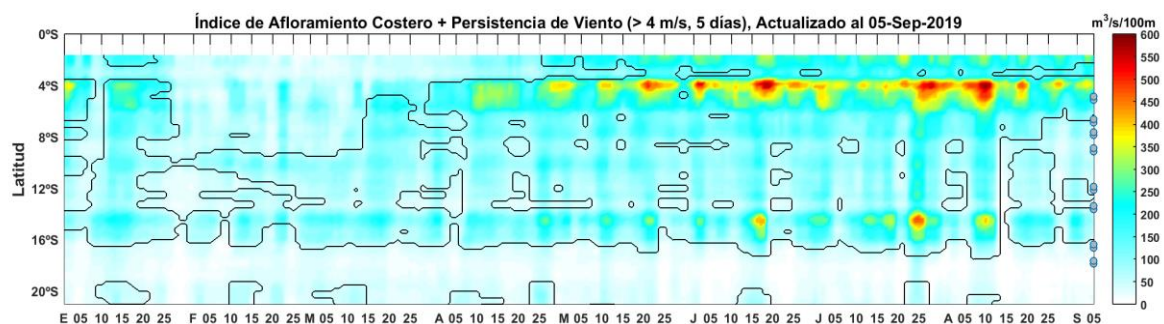


Figura 3.2.1.6. Diagrama de Hovmöller del índice de afloramiento costero ($\text{m}^3/\text{s} \cdot 100\text{m}$), calculado a partir del viento satelital ASCAT a 40 km frente a la costa del Perú. Los contornos señalan la persistencia del afloramiento bajo condiciones de velocidad a 4 m/s durante 5 días o más. Fuente: Satélite ASCAT, Procesamiento: Laboratorio de Hidro-Física Marina, IMARPE. Actualizada hasta el 05/09/2019.

(a)

(b)

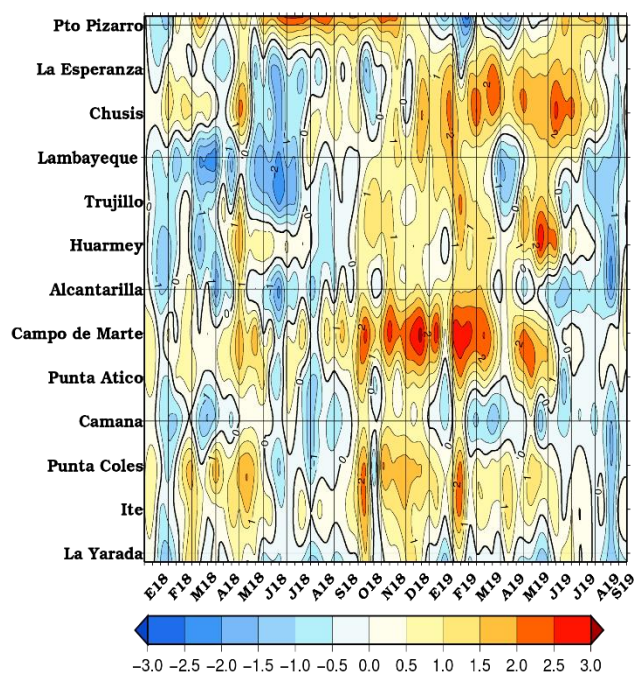
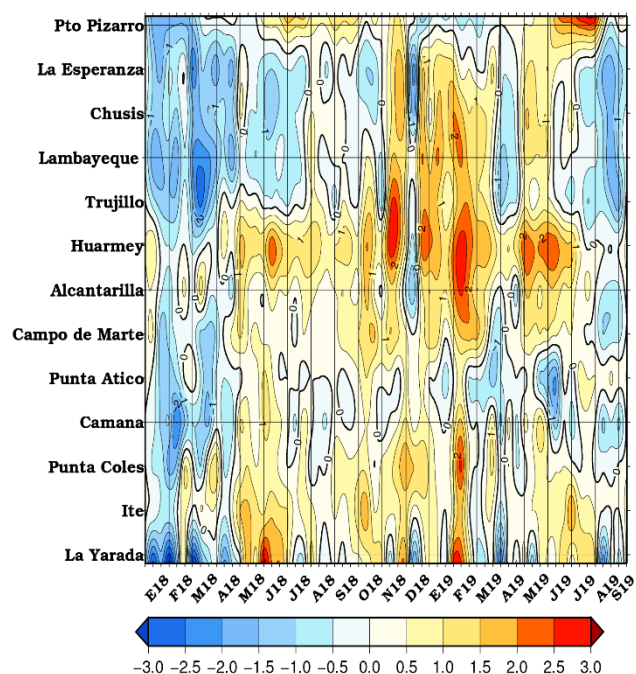


Figura 3.2.2.1. Anomalías de las temperaturas extremas del aire, Tmax (a) y Tmin (b), para estaciones costeras a lo largo del litoral del Perú distribuidas desde el norte hacia el sur. Fuente: SPC/SENAMHI.

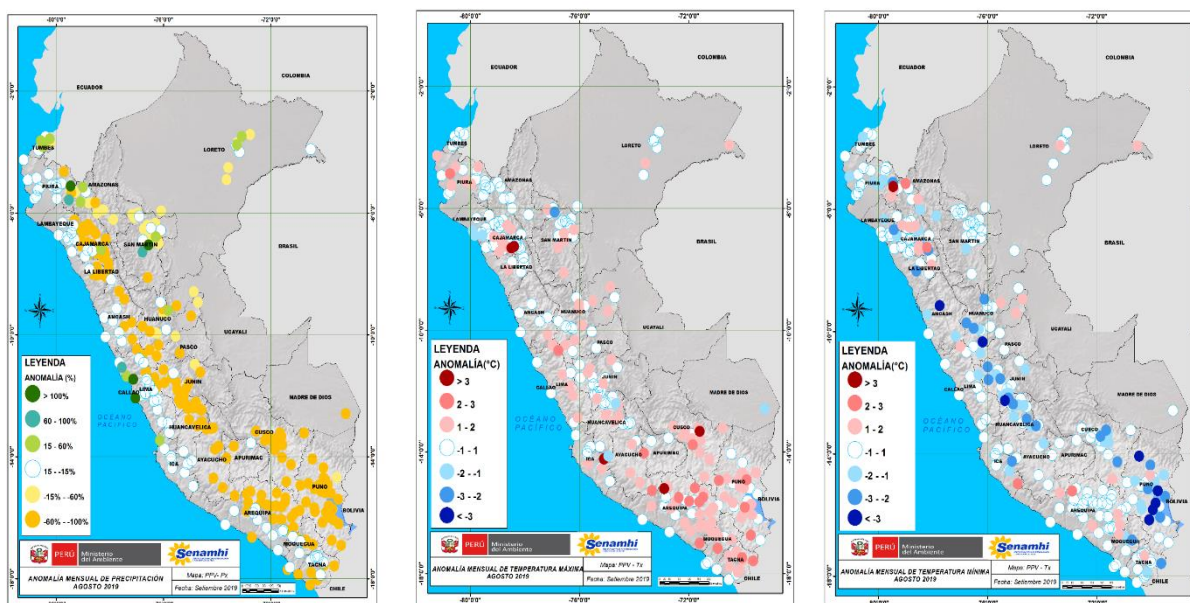


Figura 3.2.3.1. Anomalías termo-pluviométricas a nivel nacional para el mes de agosto de 2019. Las anomalías porcentuales de la precipitación, temperatura máxima, y temperatura mínima se muestran en el panel de la izquierda, el centro y la derecha, respectivamente. Fuente: SPC/SENAMHI.

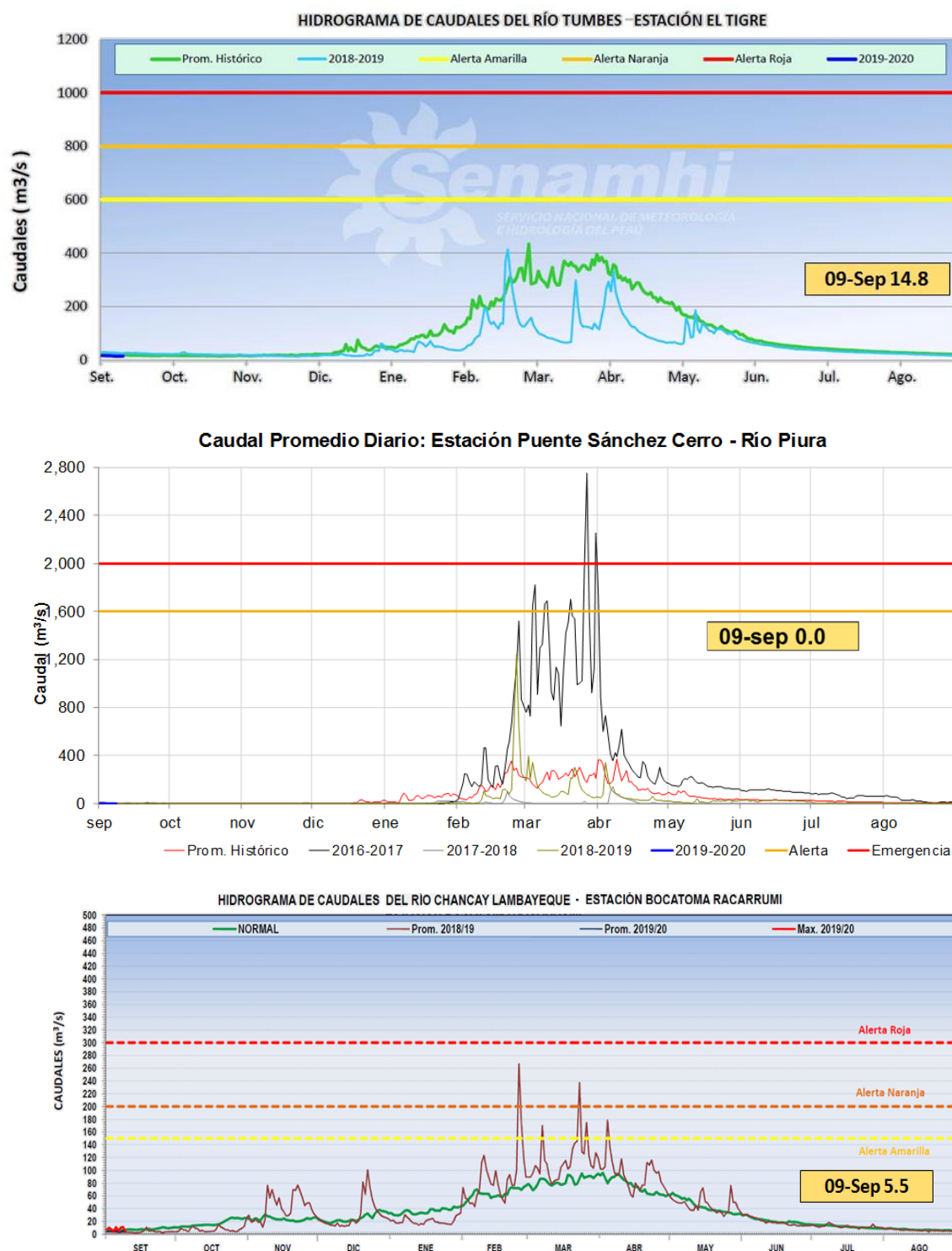


Figura 3.2.3.2 Caudales diarios (m^3/s) de los principales ríos del norte del Perú: Tumbes (panel superior), Piura (panel central) y Lambayeque (panel inferior), hasta los primeros días de setiembre de 2019. Fuente datos: SENAMHI/ Procesamiento: ANA

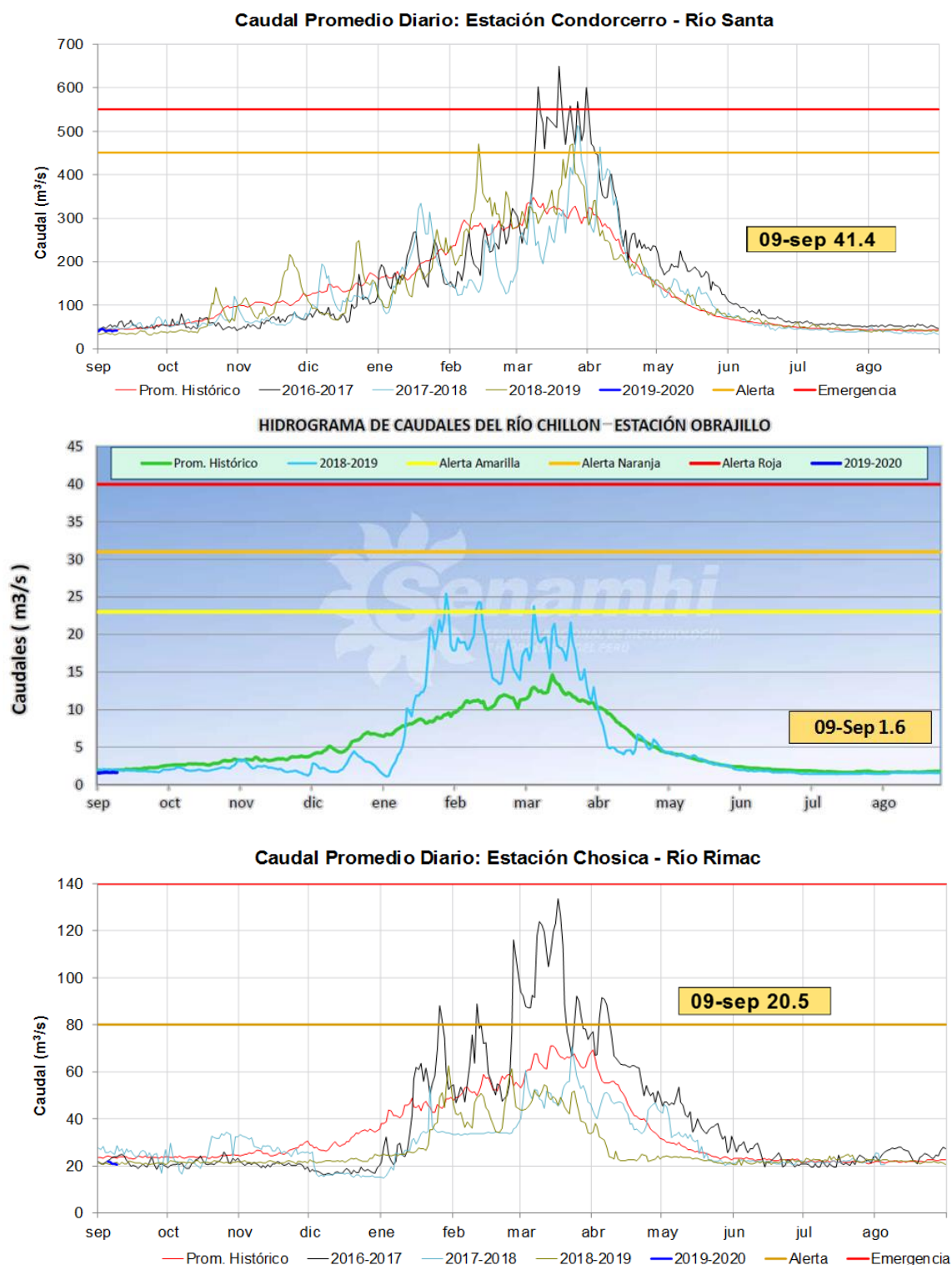


Figura 3.2.3.3 Caudales diarios (m^3/s) de principales ríos del centro del Perú: Santa (panel superior), Chillón (panel central) y Rímac (panel inferior), hasta los primeros días de setiembre de 2019. Fuente datos: SENAMHI/Procesamiento: ANA

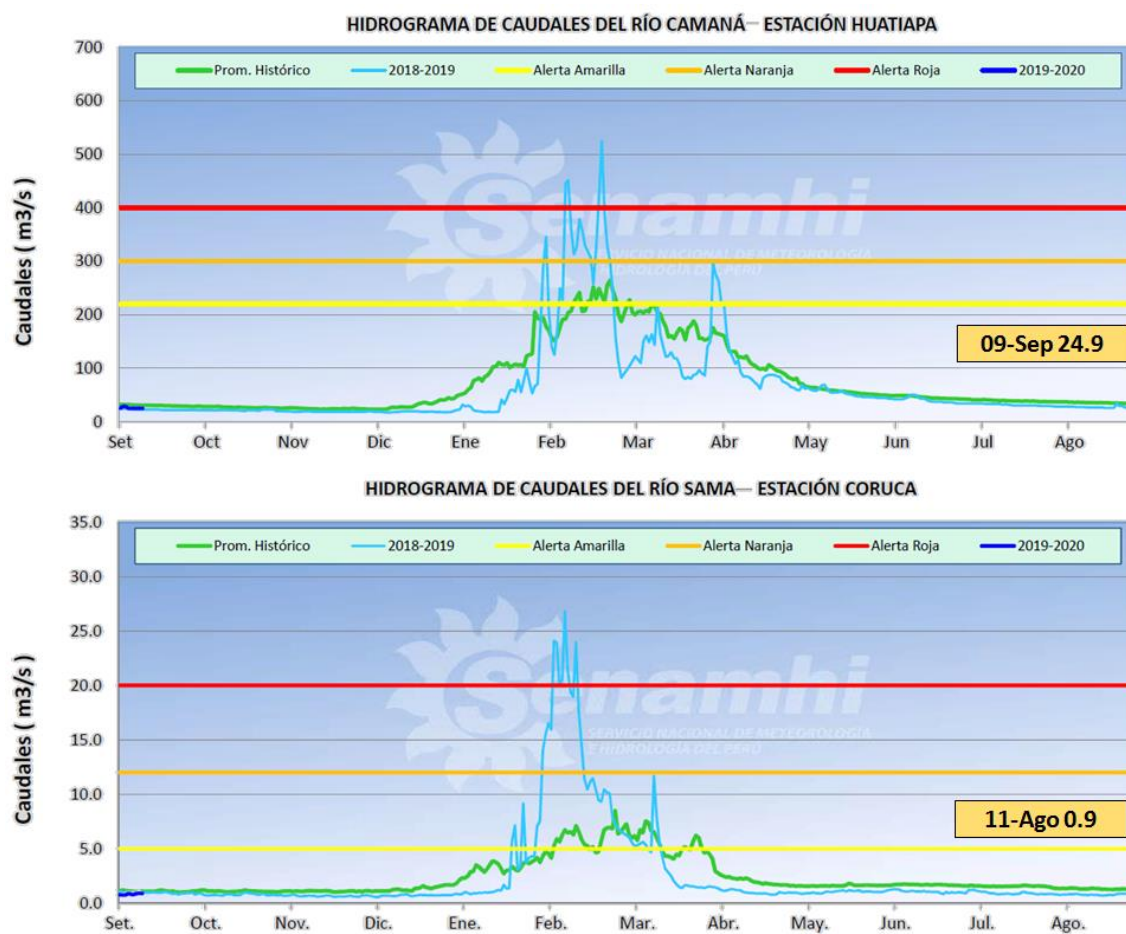
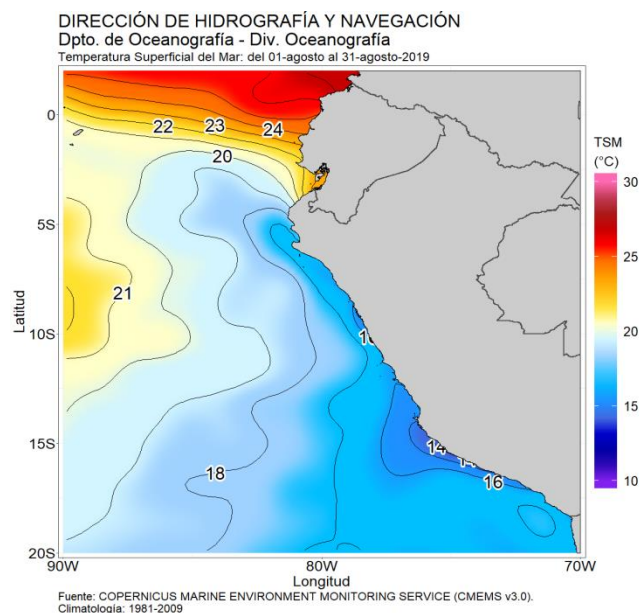


Figura 3.2.3.4 Caudales diarios (m³/s) de principales ríos del sur del Perú: Camaná (panel superior) y Sama (panel inferior), hasta los primeros días de setiembre de 2019. Fuente datos: SENAMHI/ Procesamiento: ANA

a)



b)

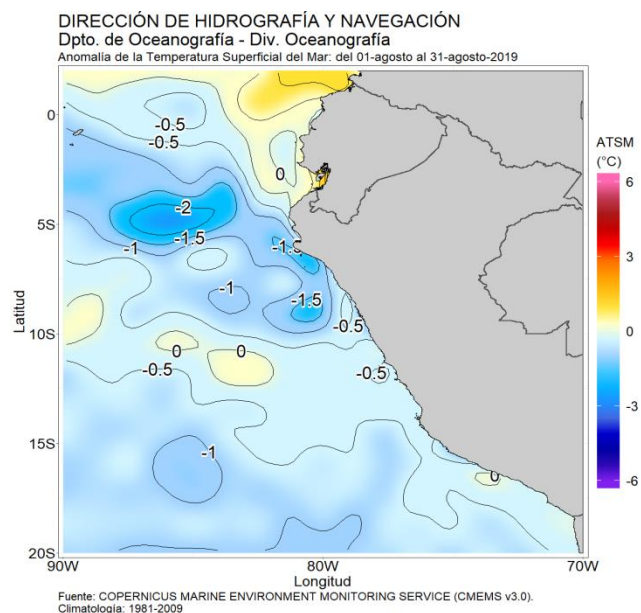


Figura 3.2.4.1. (a) TSM promedio para agosto de 2019 y **(b)** anomalía, frente a la costa peruana y ecuatoriana. Climatología 1981 – 2009 (Pathfinder V5). Fuente Datos OSTIA, Procesamiento y gráfico: DIHIDRONAV.

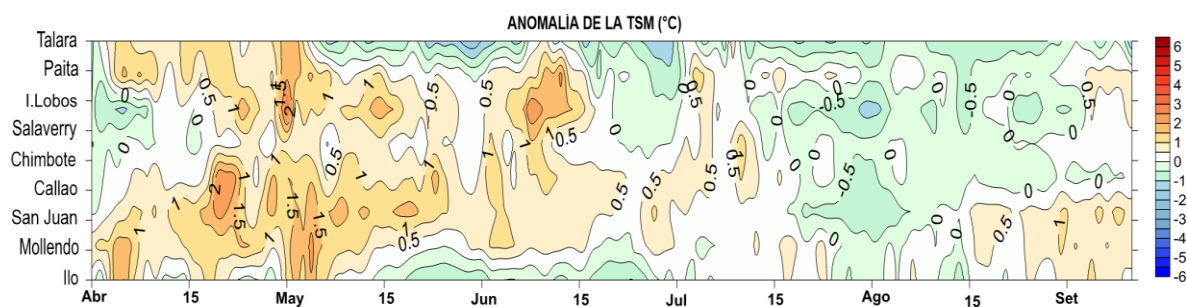


Figura 3.2.4.2. Diagrama Hovmöller de las anomalías de la TSM en el litoral de Perú. Desde abril hasta los primeros días de setiembre de 2019. Climatología 1981 – 2010 DIHIDRONAV. Fuente: DIHIDRONAV.

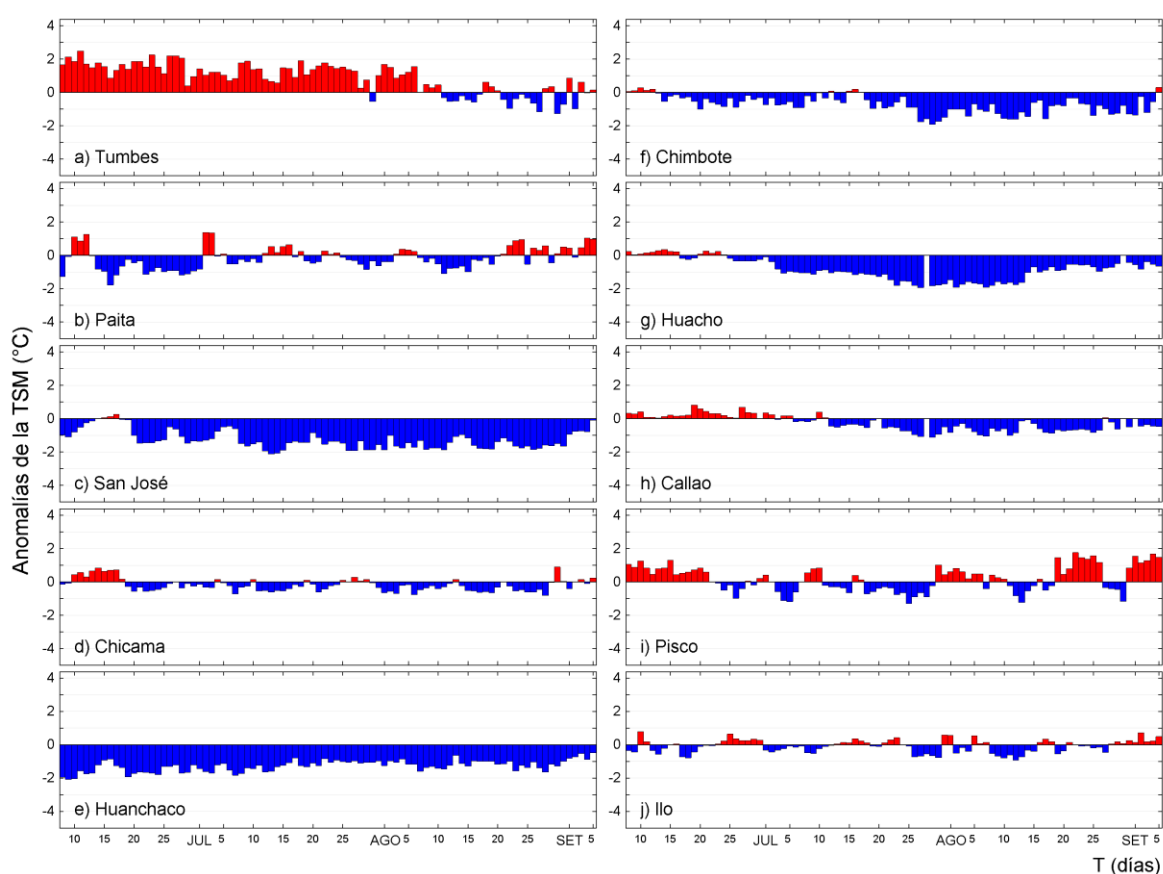


Figura 3.2.4.3. Series temporales del promedio diario de las anomalías de la TSM (°C) en la red de estaciones costeras del IMARPE durante el último trimestre. Datos y procesamiento: IMARPE.

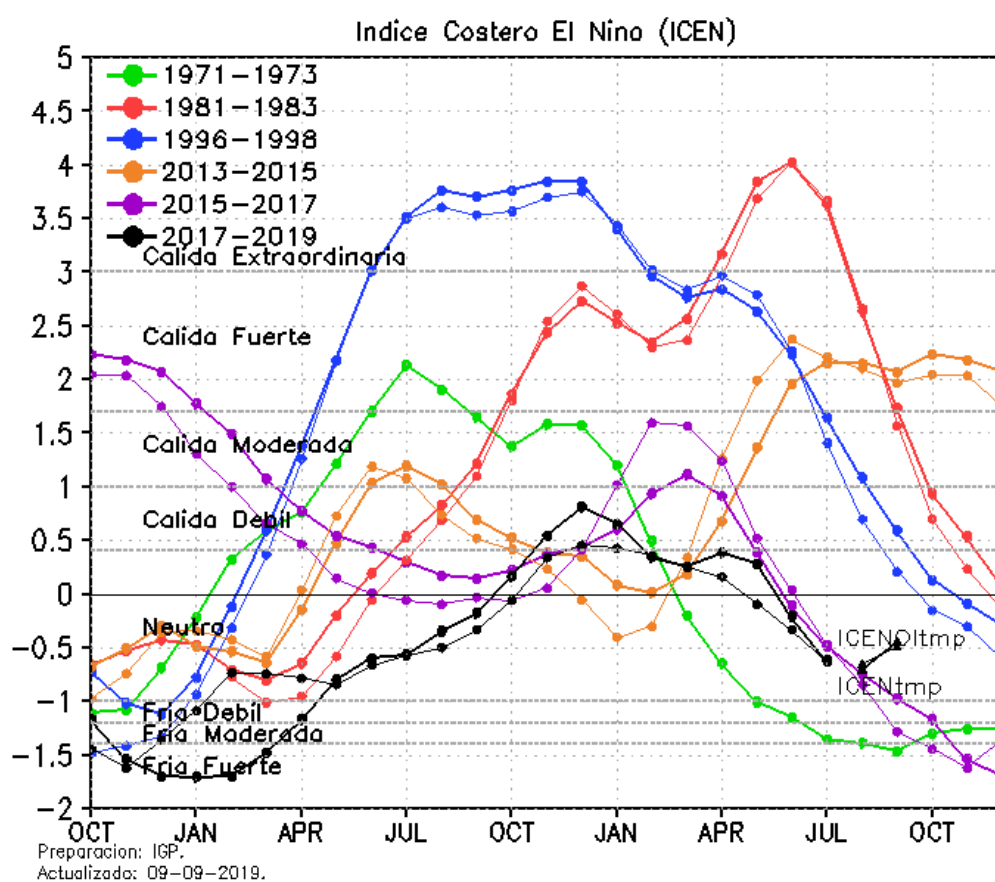


Figura 3.2.4.4 Variabilidad temporal ICEN para los años 1971-1973 (verde), 1981-1983 (rojo), 1996-1998 (azul), 2013-2015 (anaranjado), 2015-2017 (morado), y 2017-2019 (negro). Fuente: IGP

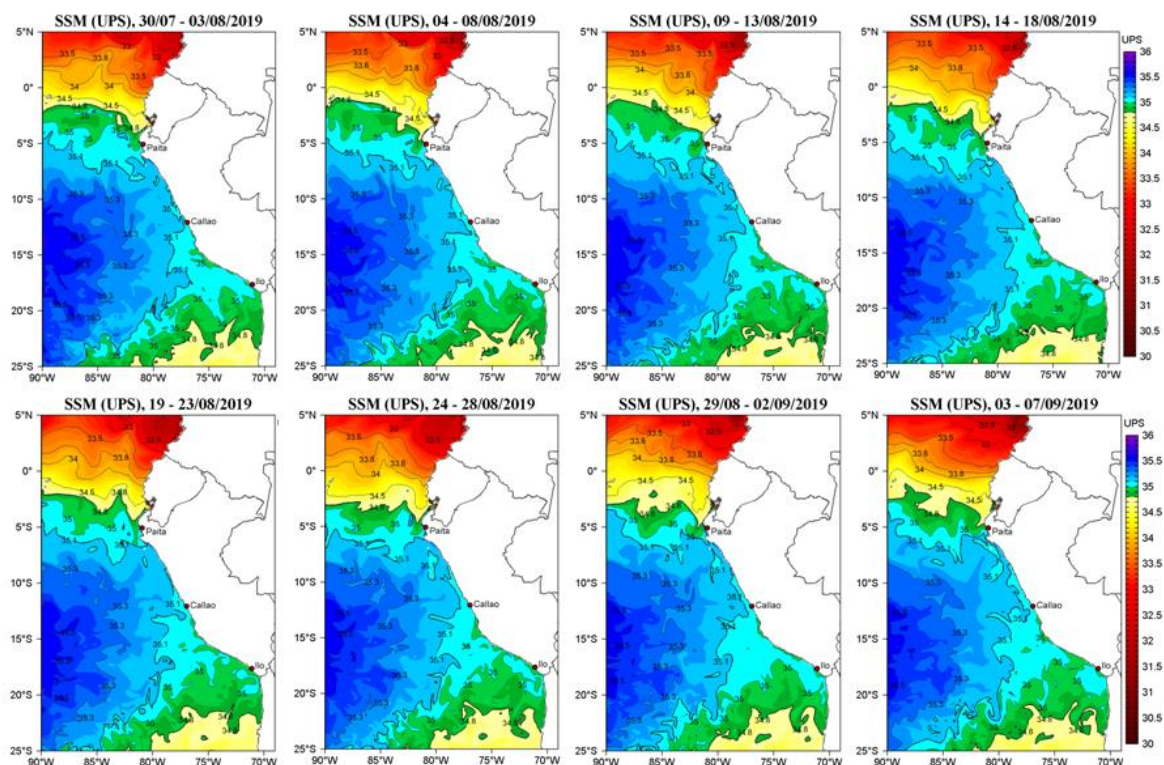


Figura 3.2.4.5. Distribución espacial de la salinidad superficial del mar (SSM), durante los días (de izquierda a derecha y de arriba a abajo) 03, 08, 13, 18, 23 y 28 de agosto, 02 y 07 de setiembre de 2019. Fuente: HYCOM, Procesamiento: DGIOCC-IMARPE.

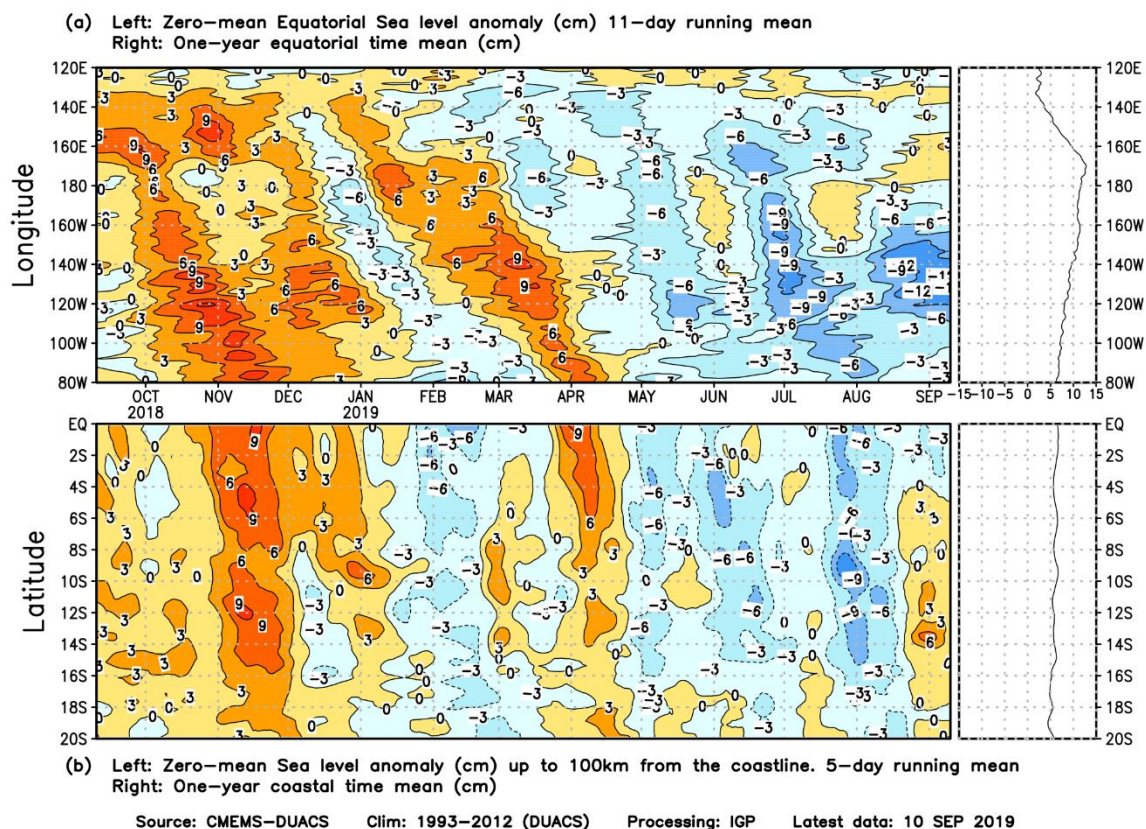


Figura 3.2.4.6. Anomalía centrada del nivel del mar a lo largo de la franja ecuatorial (Figura superior izquierda) y a lo largo de la costa peruana (figura inferior izquierda). A la derecha se muestra el promedio de los últimos 365 días en la franja ecuatorial (superior) y a lo largo de la costa (inferior),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

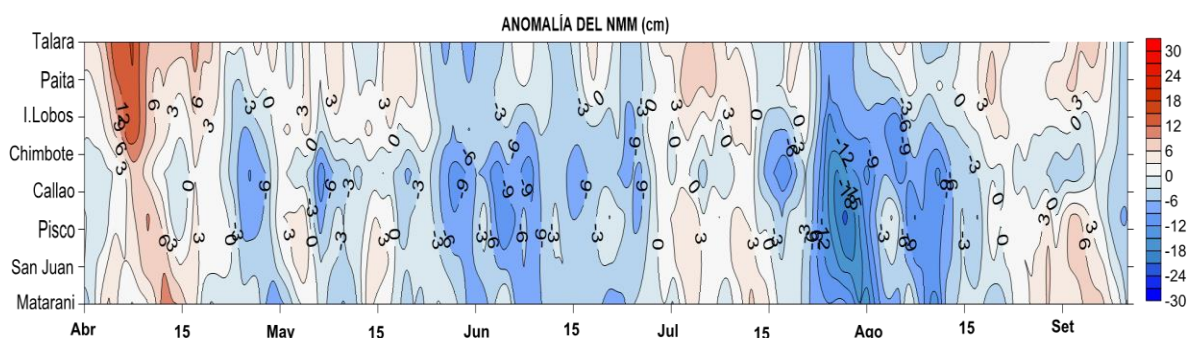


Figura 3.2.4.7. Diagrama Hovmöller de las anomalías del nivel medio del mar en el litoral de Perú. De abril hasta los primeros días de setiembre de 2019. Climatología 1981 – 2010 DIHIDRONAV Fuente: DIHIDRONAV.

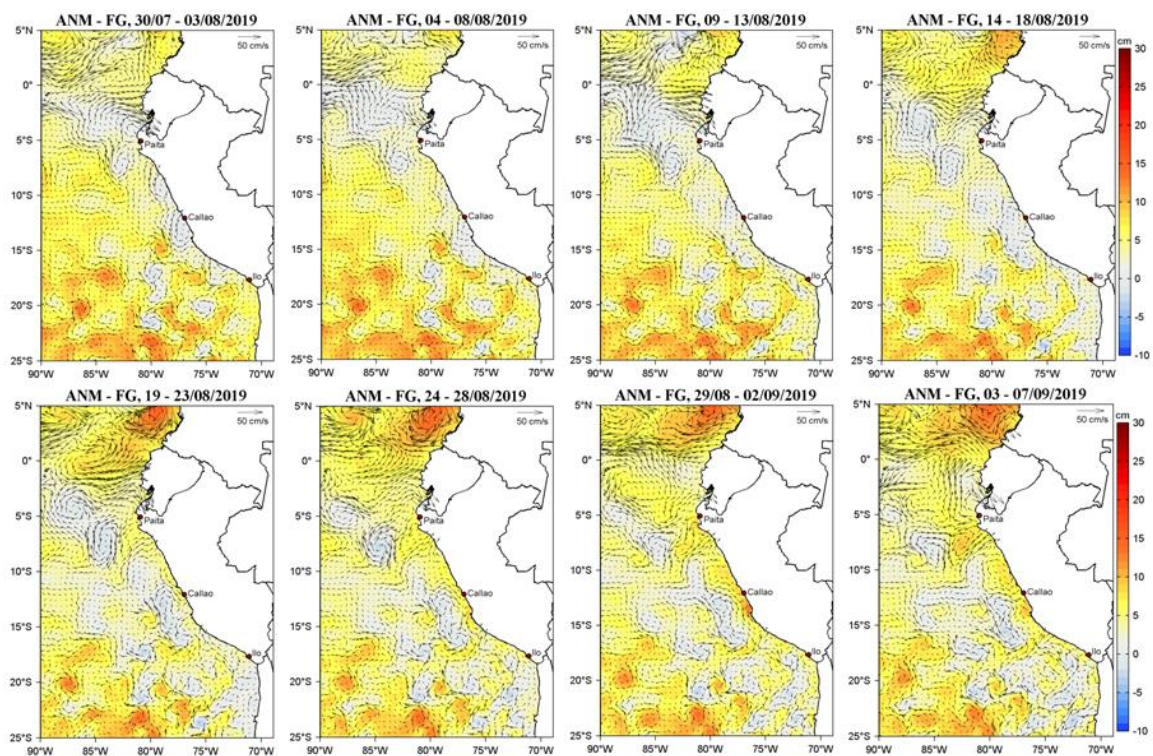


Figura 3.2.4.8. Anomalia de altura del nivel medio del mar (cm) y corrientes geostróficas, cada cinco días para todo el mes de agosto y comienzos de setiembre de 2019. Fuente: CMEMS, Procesamiento: IMARPE.

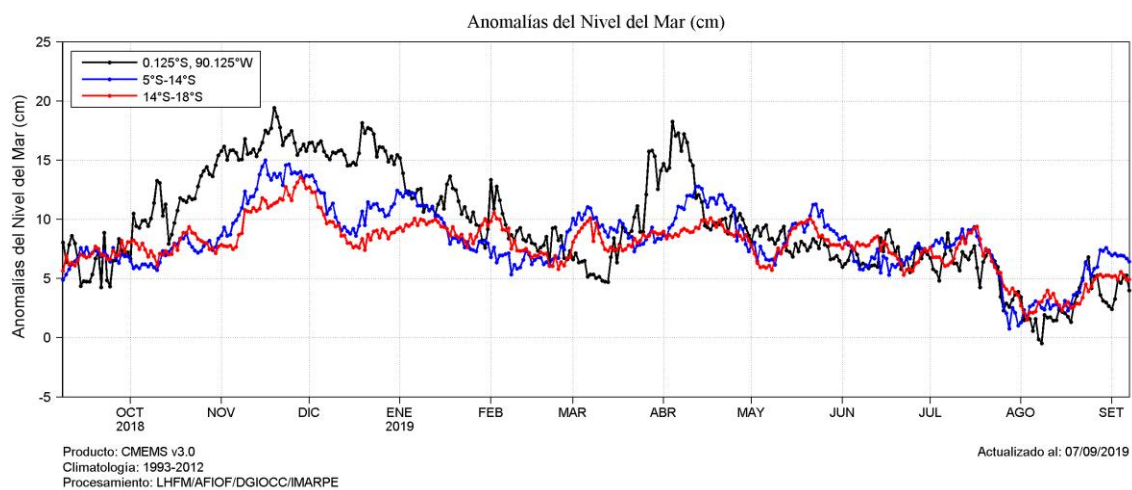


Figura 3.2.4.9. Variación temporal de la ANMM, dentro de las 60mn de la costa y en la zona de Galápagos, durante un año hasta el 07 de setiembre del 2019. Fuente: CMEMS, Procesamiento: IMARPE.

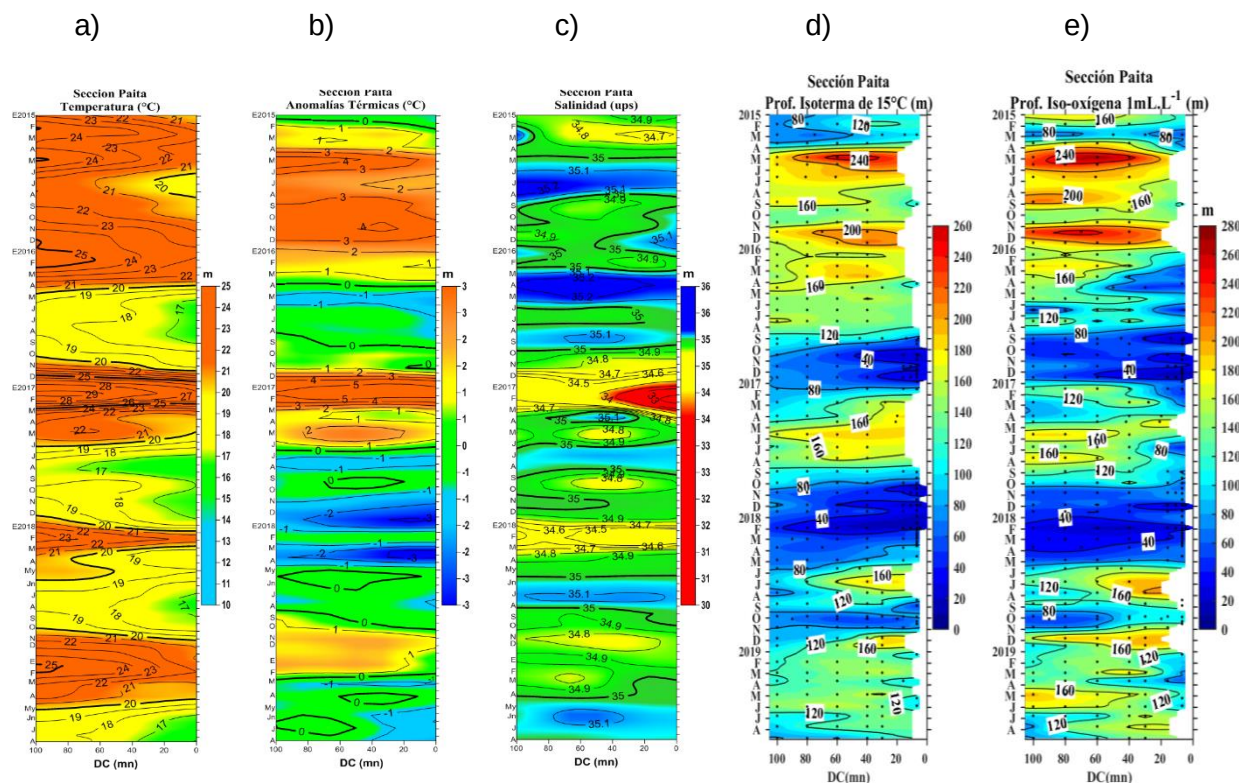


Figura 3.2.5.1. Diagrama Hovmöller de a) TSM, b) ATSM, c) SSM, d) ASSM, y e) Profundidad de la iso-oxigena de 1 mL.L⁻¹ (m) de las secciones verticales frente a Paíta, registrado desde enero de 2015 hasta agosto de 2019.

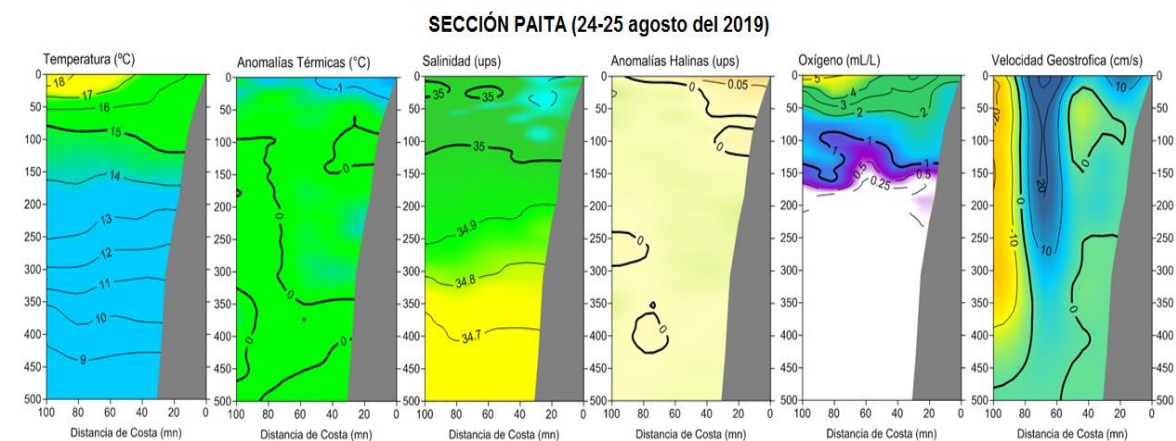


Figura 3.2.5.2. Distribución vertical de: a) temperatura (°C), b) anomalía de temperatura (°C), c) salinidad (ups), d) anomalía de salinidad (ups), e) oxígeno (mL.L⁻¹) y f) velocidad geostrofica (cm/s) frente a Paíta, realizada durante el 24 y 25 de agosto de 2019. Fuente: IMARPE.

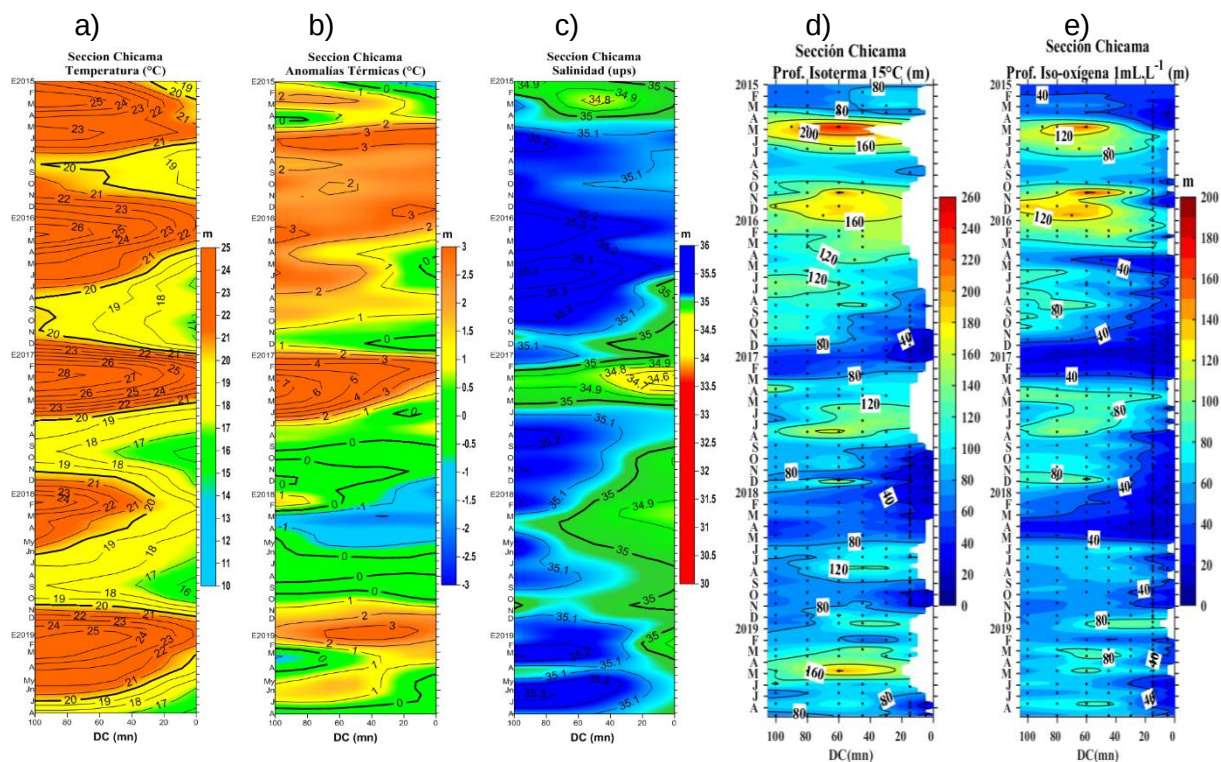


Figura 3.2.5.3. Diagrama Hovmöller de a) TSM, b) ATSM, c) SSM, d) profundidad de la isoterma de 15°C (m) y e) Profundidad de la iso-oxigena de 1 mL.L⁻¹ (m) de las secciones verticales frente a Chicama, registrado desde enero del 2015 hasta agosto del 2019.

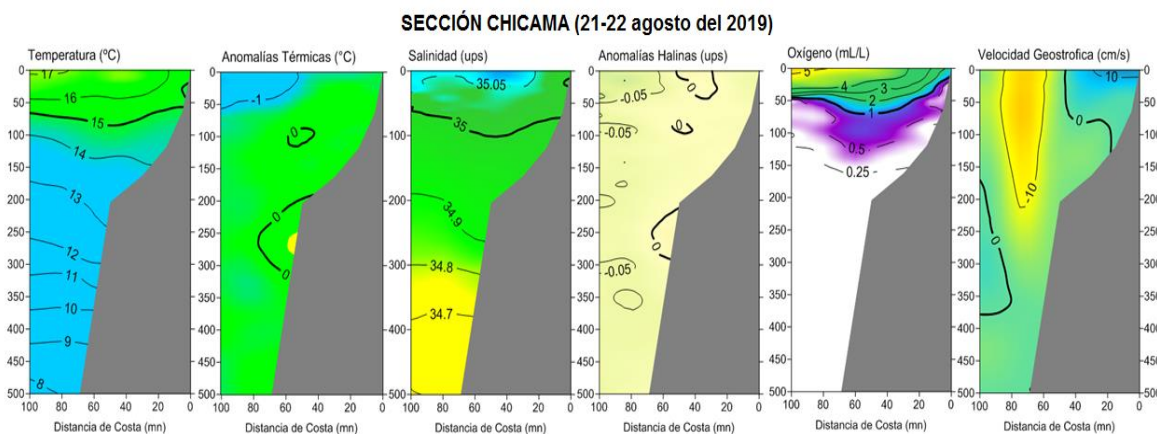


Figura 3.2.5.4. Distribución vertical de: a) Temperatura superficial del mar (°C), b) Anomalia de temperatura superficial del mar (°C), c) Salinidad superficial del mar (‰), d) Anomalia de salinidad superficial del mar (‰), e) Oxígeno (mL.L⁻¹) y f) Velocidad geostrófica (cm/s) frente a Chicama, realizada durante el 21 y 22 de agosto de 2019. Fuente: IMARPE.

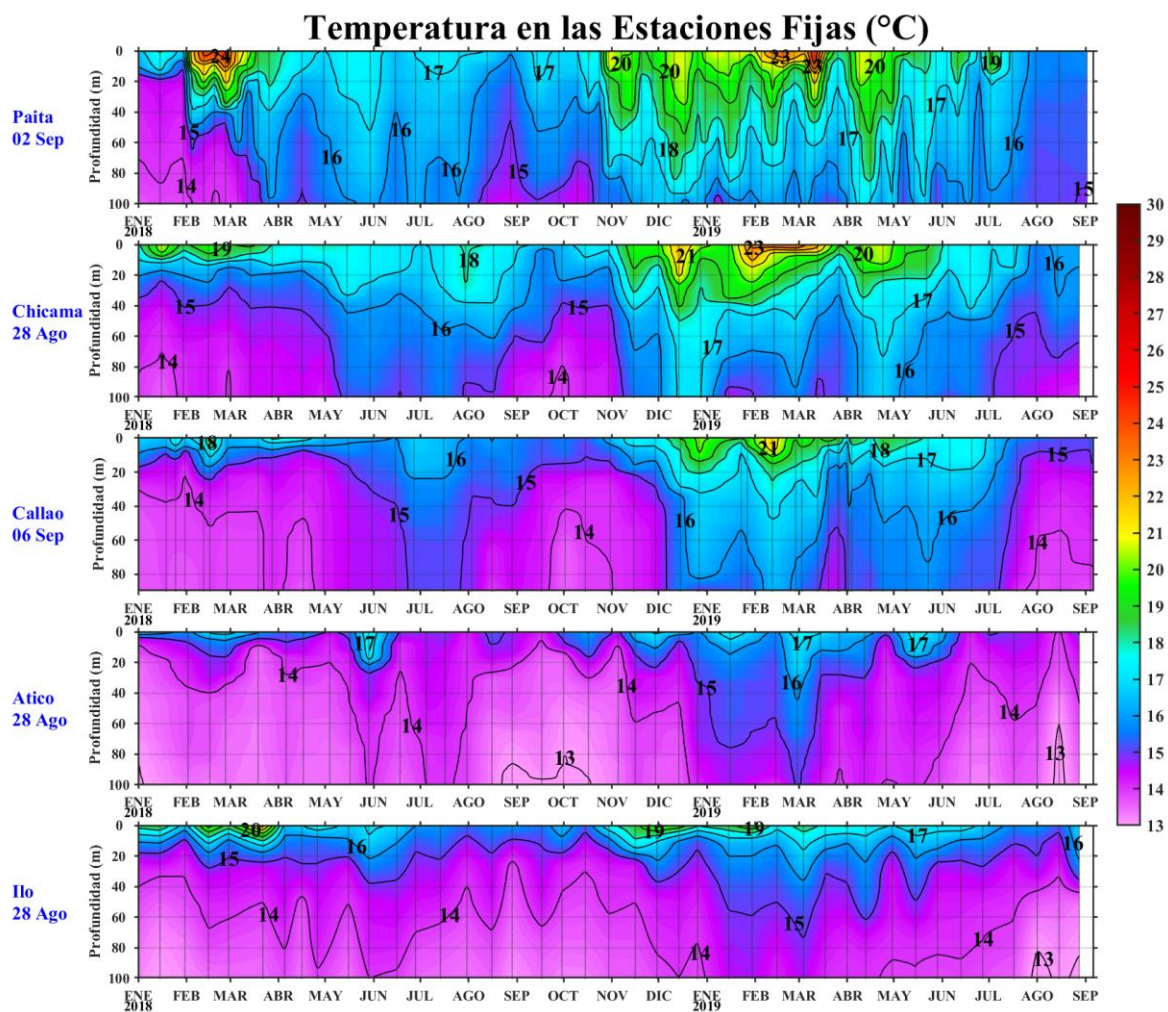


Figura 3.2.5.5. Series de tiempo, de enero de 2018 a agosto de 2019, de la estructura térmica vertical (°C) en las Estaciones Fijas de: Paíta, Chicama, Callao, Atico e Ilo.

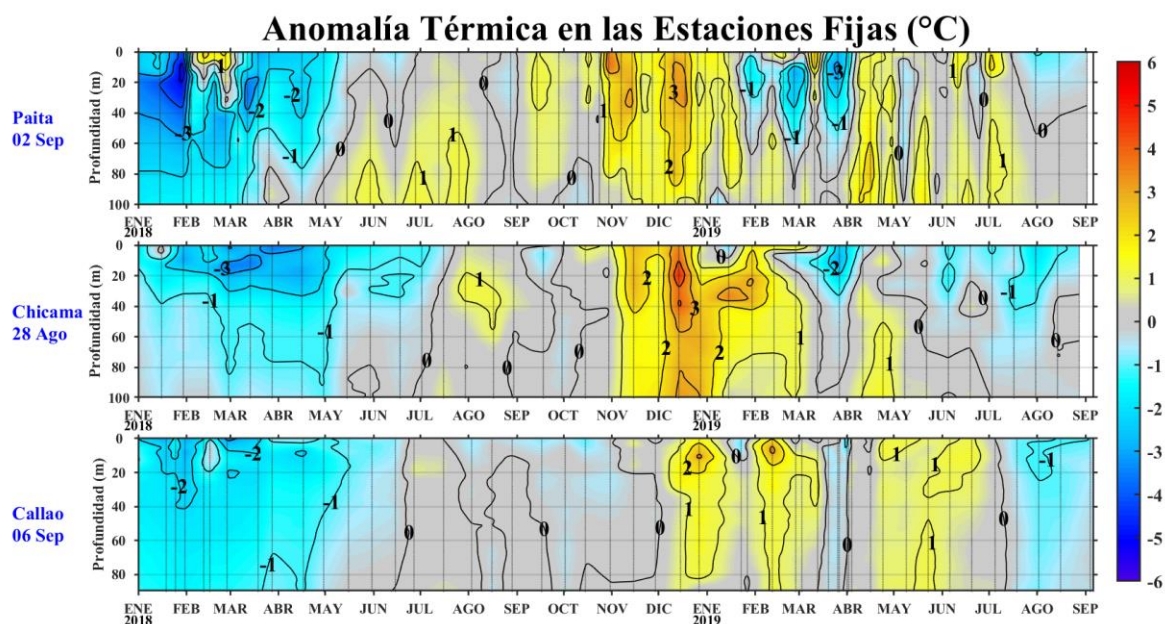


Figura 3.2.5.6. Series de tiempo, de enero de 2018 a agosto de 2019, de la anomalía térmica vertical (°C) en las Estaciones Fijas de: Paita, Chicama y Callao.

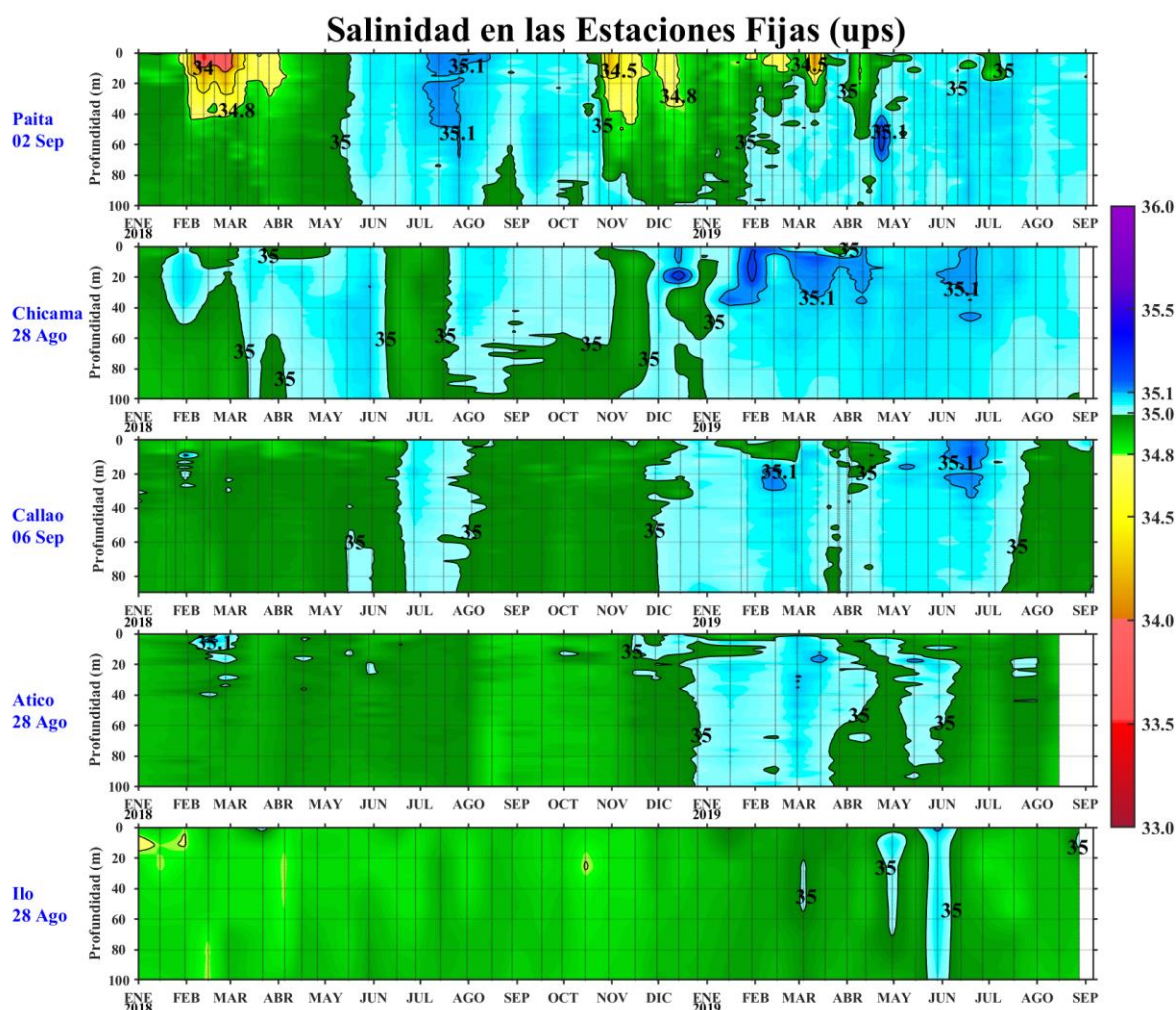


Figura 3.2.5.7. Series de tiempo, de enero de 2018 a agosto de 2019, de la salinidad del agua de mar (ups) en las Estaciones Fijas de Paita, Chicama, Callao, Atico e Ilo.

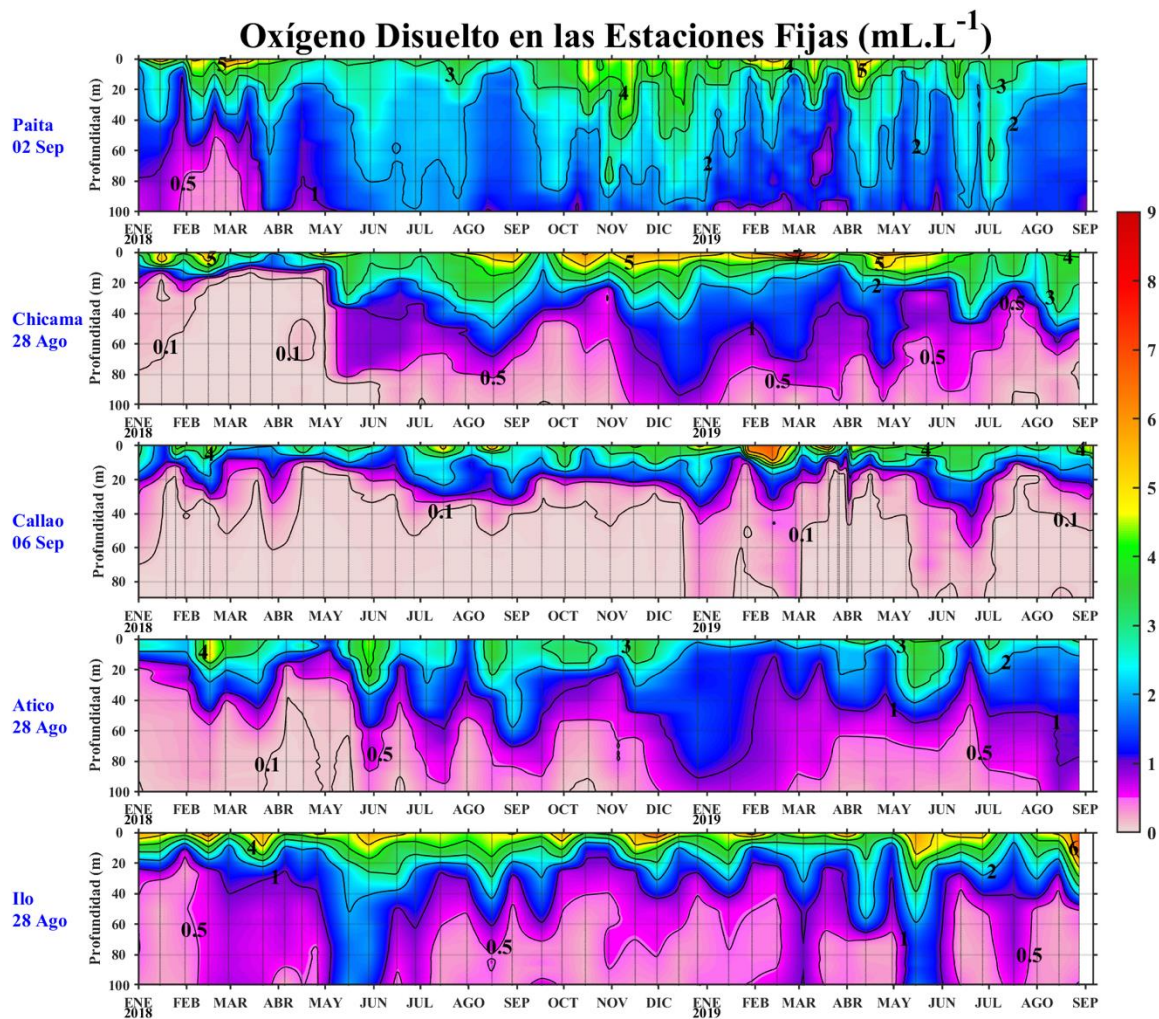


Figura 3.2.5.8. Series de tiempo, de enero de 2018 a agosto de 2019, de la concentración de oxígeno disuelto (mL.L⁻¹) en las Estaciones Fijas de Paíta, Chicama, Callao, Atico e Ilo.

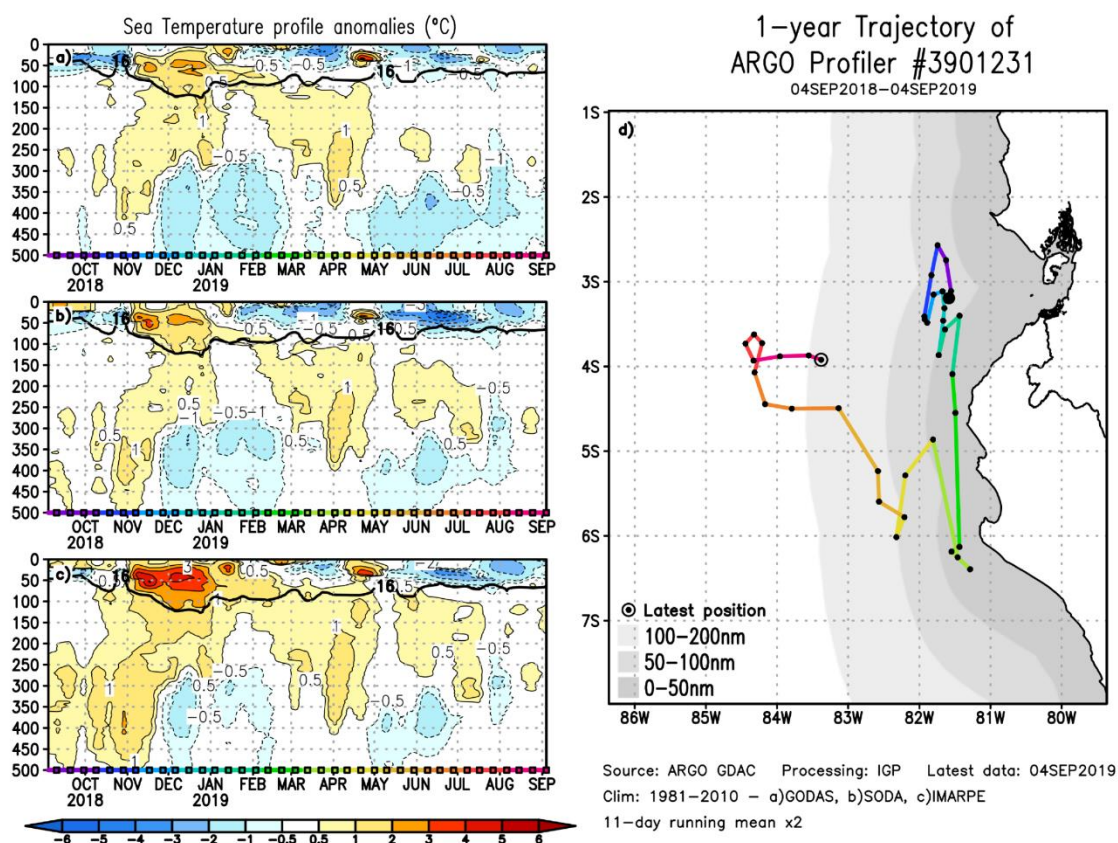


Figura 3.2.5.9. (Izquierda) Perfiles verticales de anomalía de la temperatura del mar hasta los 500 metros de profundidad calculada de los datos del flotador ARGO No. 3901231. Esta anomalía se calcula en base a la climatología (1981-2010) de: (a) GODAS, (b) SODA e (c) IMARPE. (Derecha) Trayectoria del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

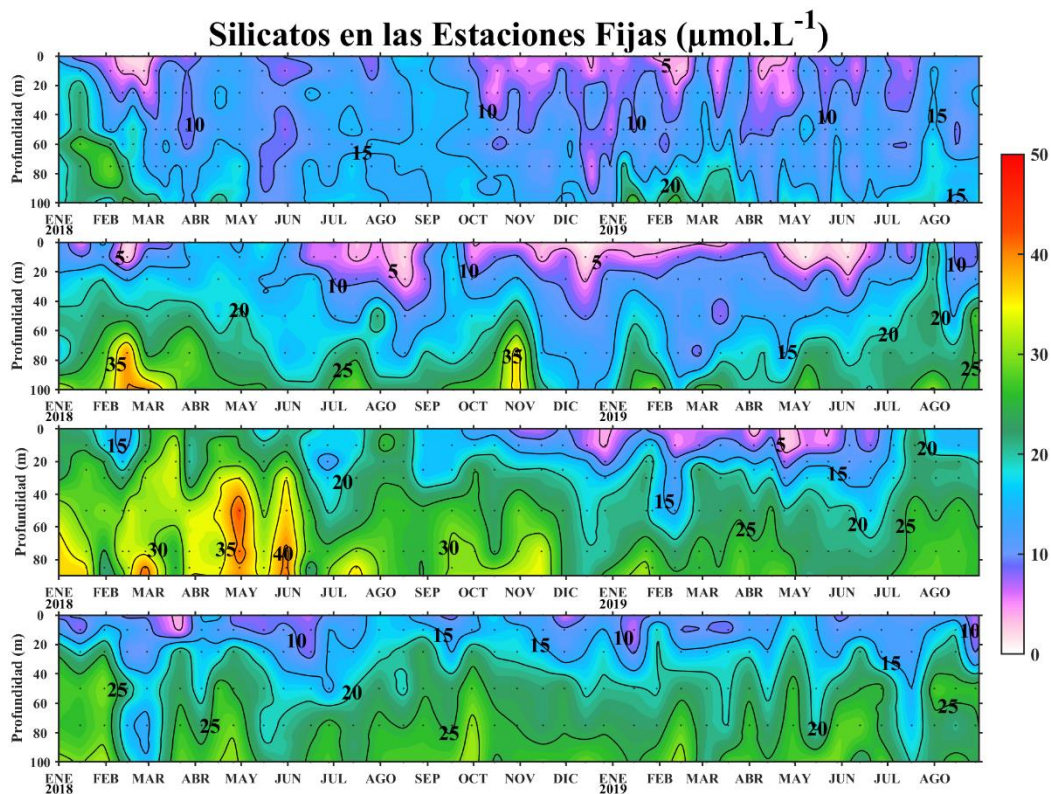


Figura 3.2.6.1. Concentración de silicatos en $\mu\text{mol L}^{-1}$ en las Estaciones Fijas de: Paita, Chicama, Callao e Ilo de IMARPE entre enero 2018 a agosto 2019.

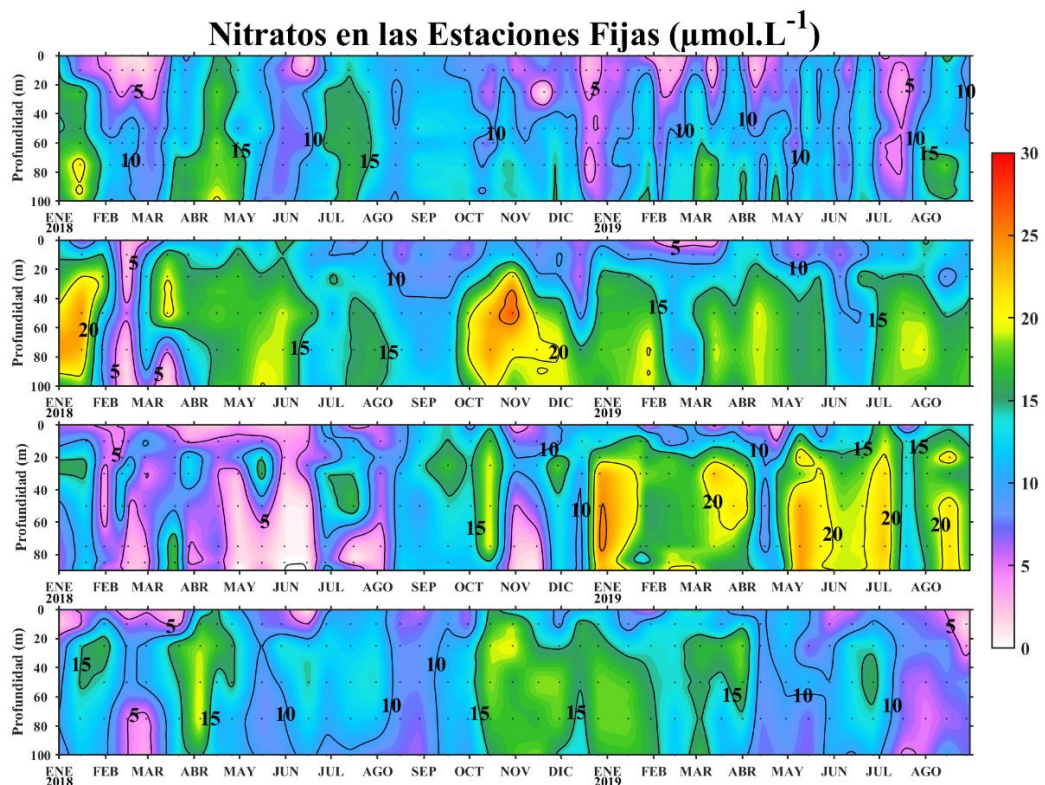


Figura 3.2.6.2. Concentración de nitratos en $\mu\text{mol L}^{-1}$ en las Estaciones Fijas de: Paita, Chicama, Callao e Ilo de IMARPE entre enero 2018 a agosto 2019.

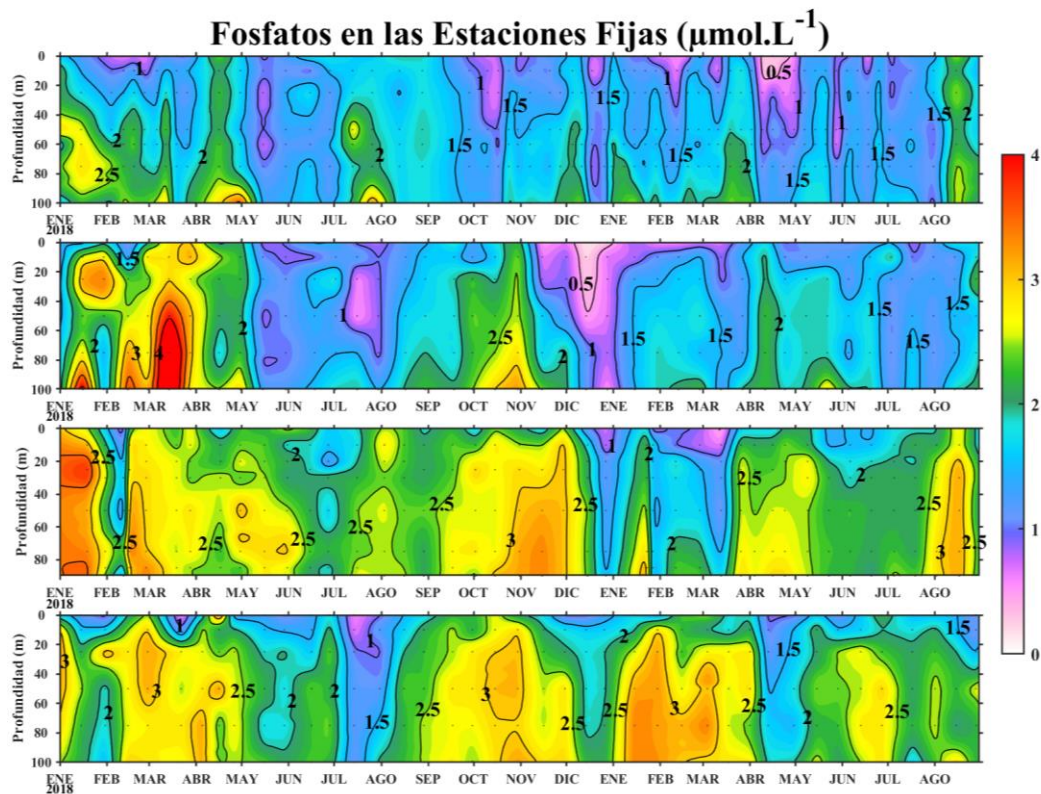


Figura 3.2.6.3. Concentración de fosfatos en $\mu\text{mol L}^{-1}$ en las Estaciones Fijas de: Callao e Ilo de IMARPE entre enero 2018 a mayo 2019.

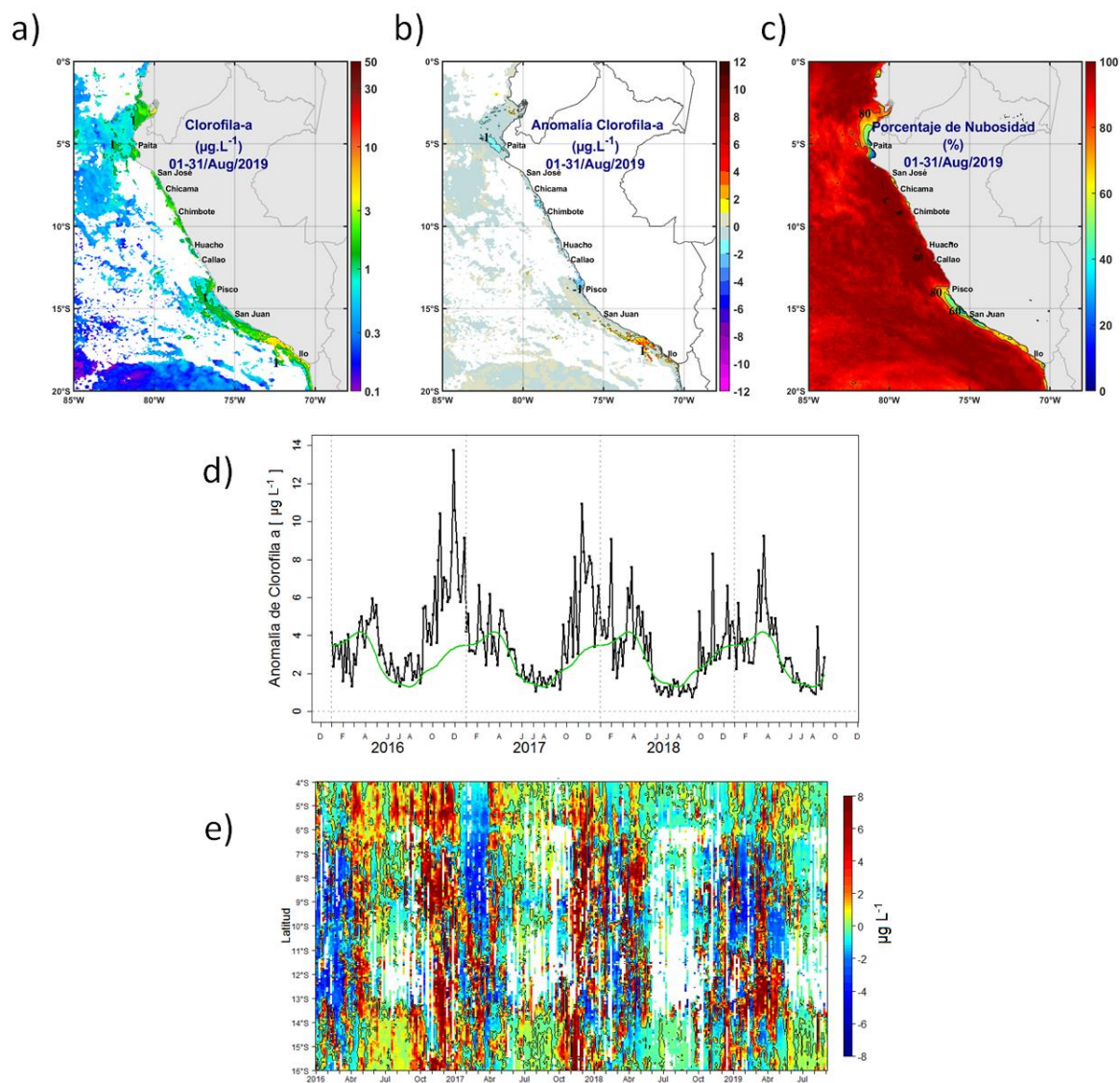


Figura 3.2.6.4. Mapa de la concentración (a) y anomalía (b) de la clorofila-a obtenida del satélite MODIS-AQUA, VIIRS-SNPP durante agosto de 2019. Número de días con nubes en (c). Serie de tiempo (d) para 4 °S-16 °S y dentro de los 100 km de la costa, de las concentraciones de clorofila-a satelital (línea 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.

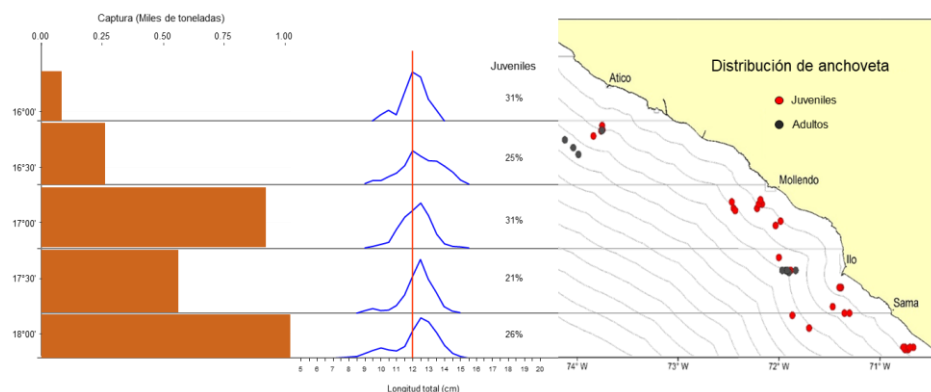


Figura 3.2.7.2. Distribución de mayores desembarques de captura de anchoveta y estructura por tamaños de anchoveta según el gradiente latitudinal, distribuidos en el mar peruano (Puntos negros: adultos, puntos rojos: juveniles); durante agosto 2019. Fuente: AFIRNP/DGIRP/IMARPE.

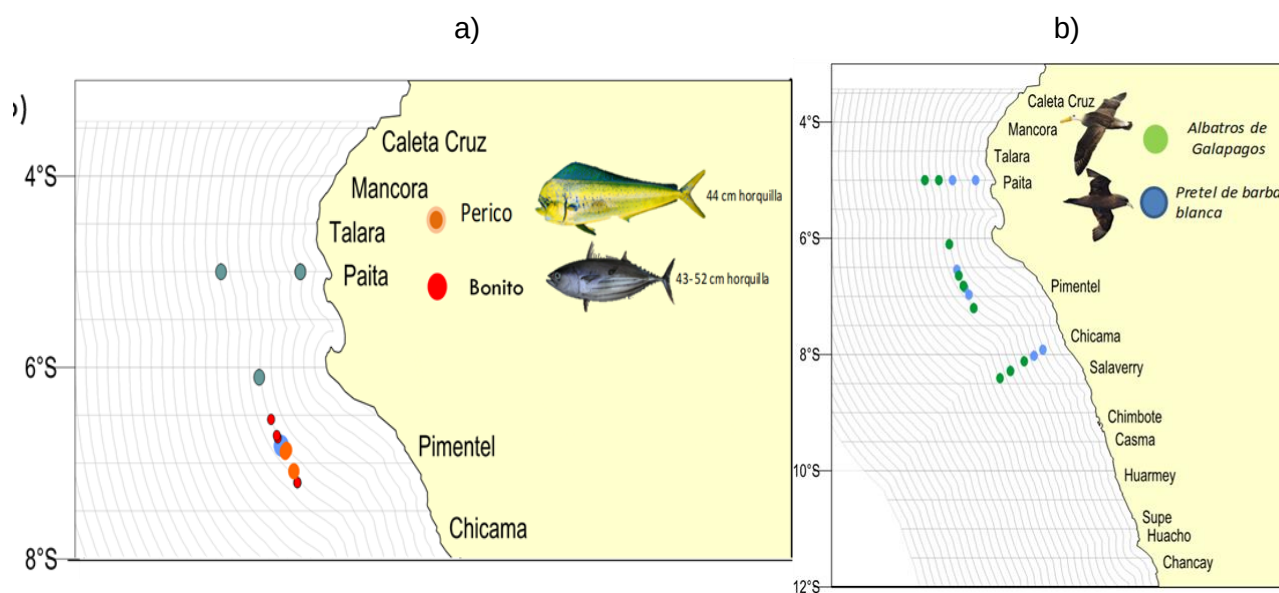


Figura 3.2.7.3. Distribución de (a) peces oceánicos indicadores de masas de agua durante, y (b) aves marinas durante la Prospección de Monitoreo Oceanográfico Líneas Chicama Paita en el mes de agosto. Fuente: PBP/ADPERP/DGIRP/IMARPE.

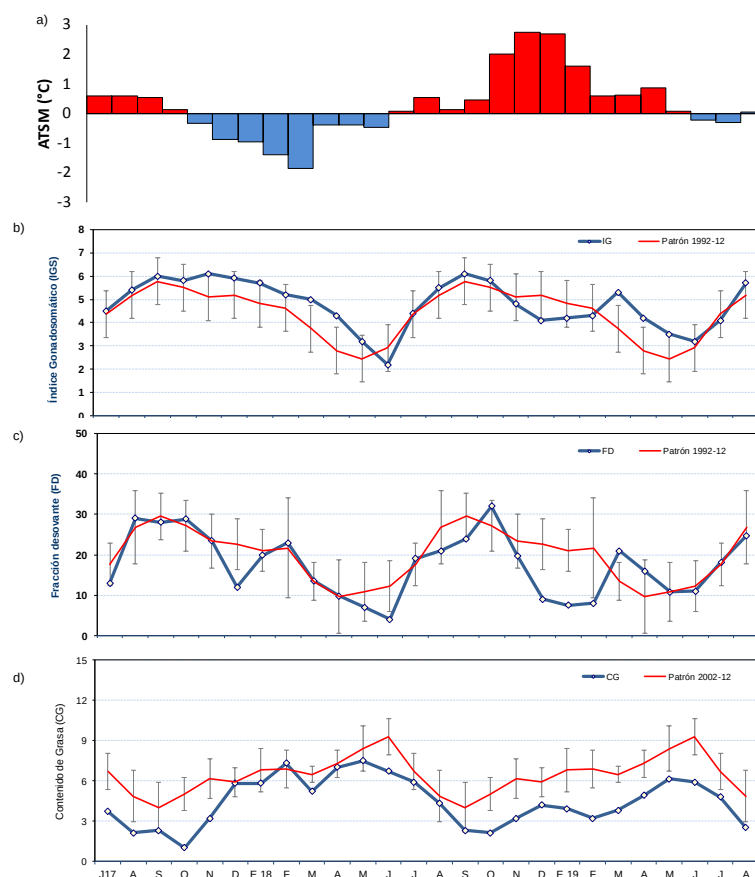


Figura 3.2.7.4. a) Anomalía de la TSM (°C) en Chicama. Indicadores reproductivos: b) Índice Gonadosomático (IGS), c) Fracción Desovante (FD) y d) contenido graso del stock norte-centro del recurso anchoveta. Serie mensual: julio 2017 – agosto 2019. Fuente: LBR/AFIRNP/DGIRP/IMARPE.

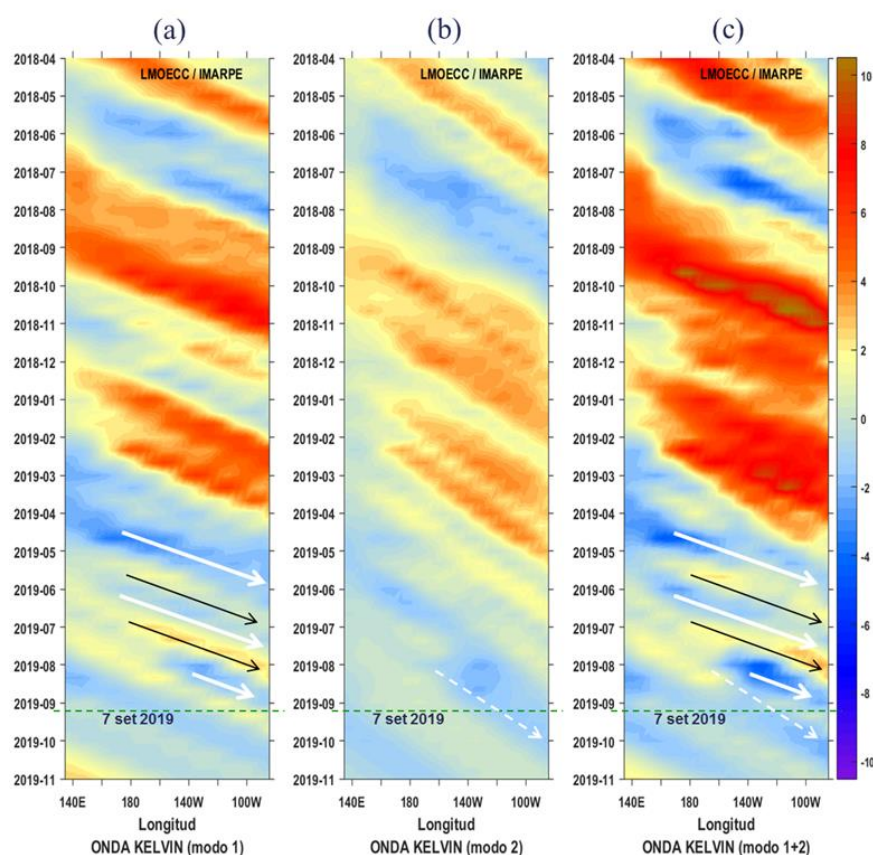


Figura 4.2.1. Diagrama Hovmöller de longitud-tiempo de las ondas Kelvin oceánicas en el Pacífico ecuatorial: (a) Modo 1, (b) Modo 2, (c) Modo 1+ Modo 2. El modelo fue forzado con información de NCEP. La línea discontinua horizontal de color verde indica el inicio del pronóstico sin el forzante de viento.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

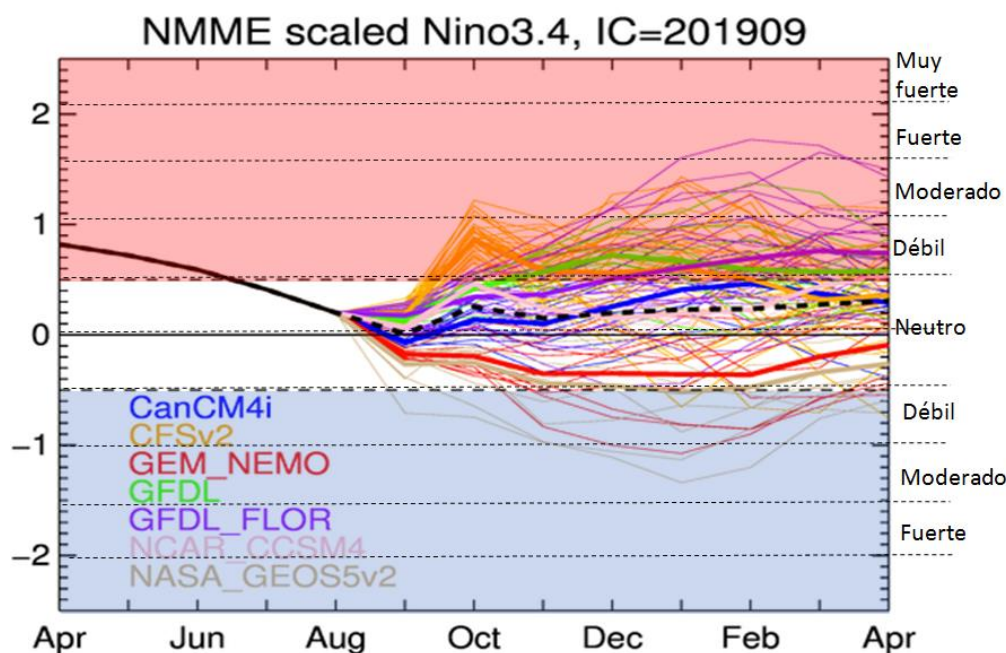


Figura 4.2.2. Índice Niño 3.4 mensual observado (línea negra continua) y pronosticado por los modelos de NMME. Los pronósticos de los modelos numéricos son indicados con líneas de distinto color mientras que el promedio de estos se grafica con una línea negra entrecortada. Fuente: CPC/NCEP/NOAA.

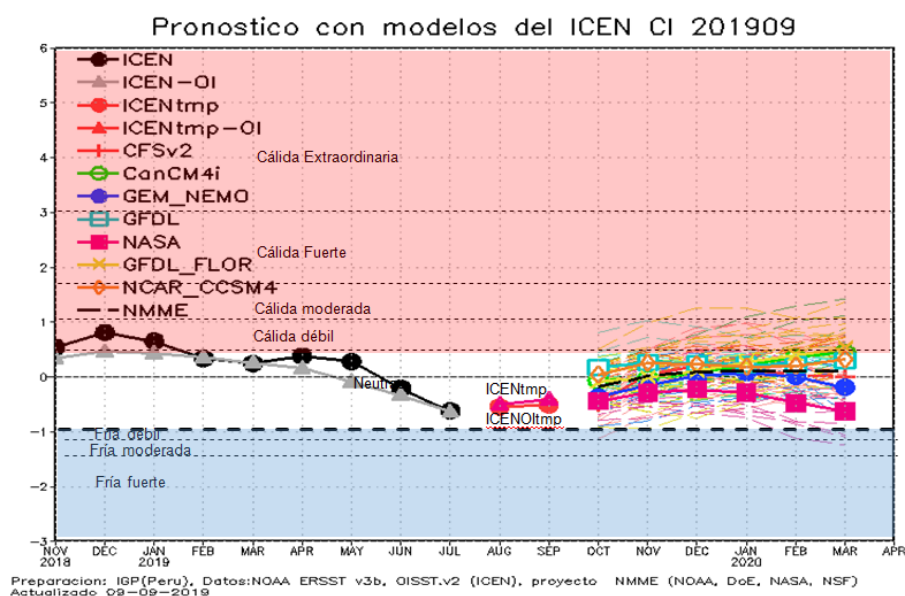


Figura 4.2.3. Índice Costero El Niño (ICEN, línea negra con círculos y triángulos llenos) y su valor temporal (ICENTmp, línea roja con círculo y triángulo lleno). Además, pronósticos numéricos del ICEN (media móvil de 3 meses de las anomalías pronosticadas de la TSM en Niño 1+2) por diferentes modelos climáticos. Los pronósticos de los modelos CFSv2, CMC1, CMC2, GFDL, NASA, GFDL_FLOR y NCAR_CCSM4 tiene como condición inicial del mes de setiembre de 2019. Fuente: IGP, NOAA, proyecto NMME.

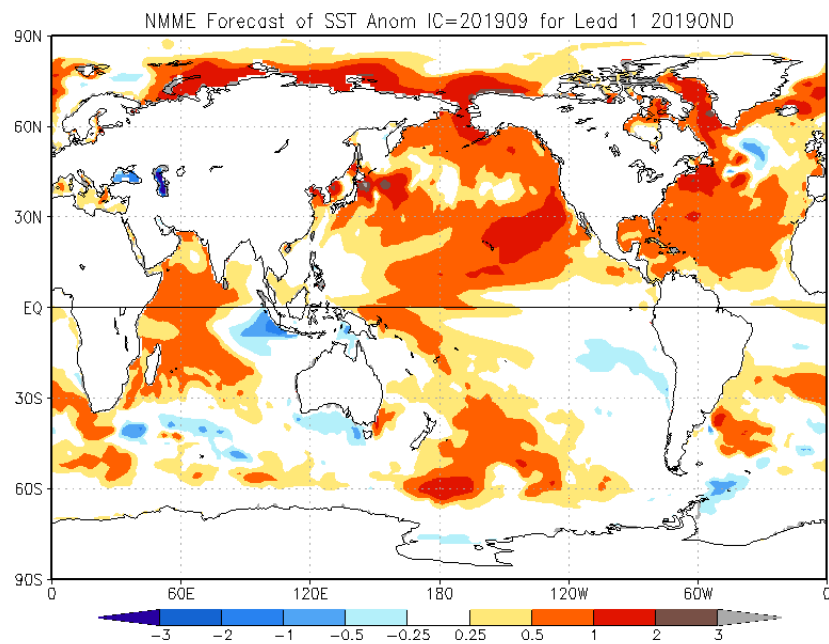


Figura 4.2.4. Pronóstico probabilístico de temperatura superficial del mar (calibrados) para octubre-diciembre del 2019 por el promedio de los modelos de NMME inicializados en setiembre de 2019. Fuente: NMME.

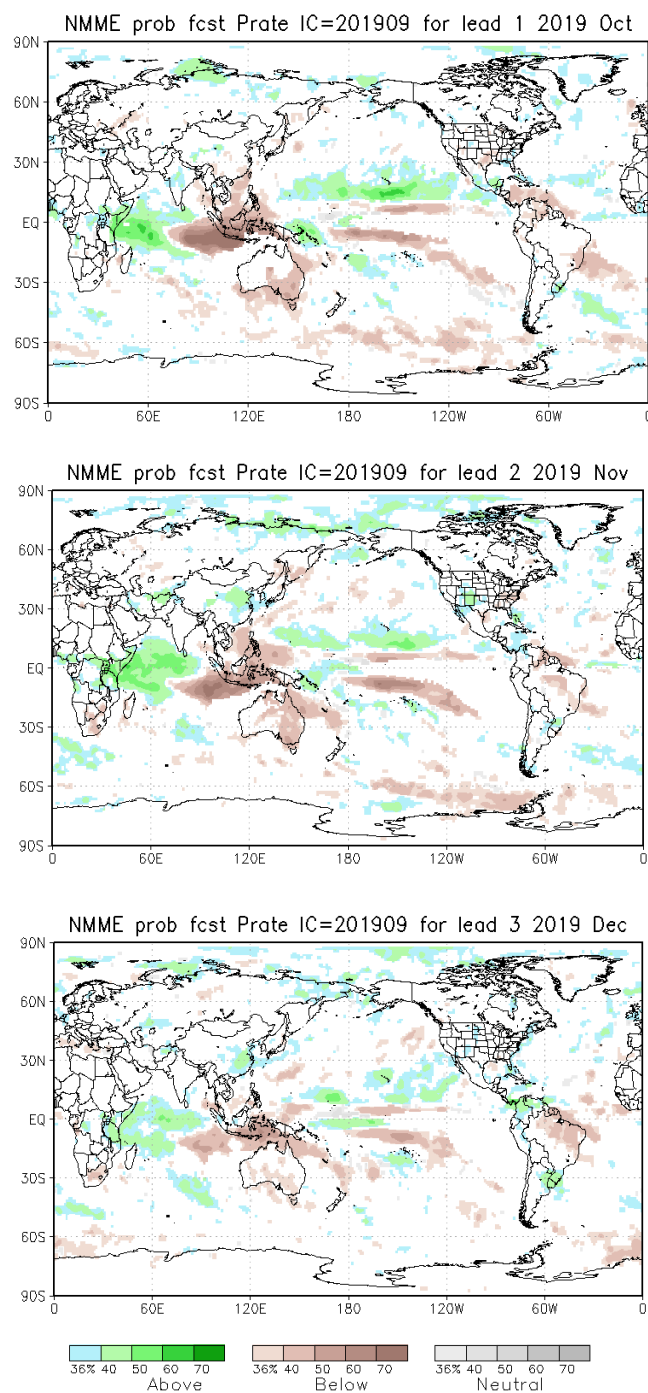


Figura 4.2.5 Pronóstico probabilístico de precipitación (calibrados) para el trimestre julio-setiembre de 2019 por modelos de NMME, inicializado en setiembre de 2019. Fuente: NMME

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

<u>Valores del Índice Costero El Niño</u>							ONI	
Mes	ICEN v3	Categoría	ICENOI	Categoría	ICEN v5	Categoría	ONI	Categoría
11/2018	0.54	C. Débil	0.34	Neutro	0.57	C. Débil	0.87	<u>C. Débil</u>
12/2018	0.81	C. Débil	0.46	C. Débil	0.89	C. Débil	0.83	<u>C. Débil</u>
01/2019	0.65	C. Débil	0.43	C. Débil	0.87	C. Débil	0.79	C. Débil
02/2019	0.34	<u>Neutro</u>	0.36	<u>Neutro</u>	0.59	<u>C. Débil</u>	0.84	<u>C. Débil</u>
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	<u>C. Débil</u>
05/2019	0.28	Neutro	-0.09	Neutro	0.25	Neutro	0.66	<u>C. Débil</u>
06/2019	-0.21	Neutro	-0.33	Neutro	-0.12	Neutro	0.54	C. Débil
07/2019	-0.62	Neutro	-0.63	Neutro	-0.54	Neutro	0.32	Neutro
Mes	ICENtmp	Categoría	ICENtmp	Categoría	ICENtmp	Categoría	ONItmp	Categoría
08/2019	-0.71	Neutro	-0.65	Neutro	-0.64	Neutro	0.20	<u>Neutro</u>
09/2019	-0.45	Neutro	-0.49	Neutro	-0.47	Neutro	0.11	<u>Neutro</u>

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 mayo hasta agosto de 2019. Fuente: Estaciones costeras – DHN.

Estación	ATSM 2019				ANMM 2019			
	May	Jun	Jul	Ago	May	Jun	Jul	Ago
Talara	-0.8	-0.6	-0.7	-0.6	0	-1	0.0	1.0
Paita	0.6	0.3	0.6	0.1	0	-2	3.0	1.0
Isla Lobos de Afuera	1.0	0.8	-0.8	-1.0	3	0	-2.0	1.0
Salaverry	0.8	0.5	0.5	0.3	-	-	-	-
Chimbote	0.0	0.2	-0.3	-0.7	-4	-5	-5.0	-8.0
Callao	1.5	1.1	0.5	0.2	-4	-5	-5.0	-5.0
San Juan	1.2	0.4	-0.4	0.3	-	-	-	-
Mollendo	0.7	0.5	0.3	0.4	-2	-4	-3.0	-2.0
Ilo	-0.3	-0.5	0.1	0.2	-	-	-	-

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).

	JAS	ASO	SON	OND	NDE	DEF	EFM	FMA
CFS2		0.36	0.53	0.68	0.59	0.55	0.45	0.38
CanCM4i		0.05	0.05	0.18	0.30	0.49	0.62	0.65
GEM_NEMO		-0.09	-0.24	-0.29	-0.34	-0.35	-0.31	-0.24
GFDL		0.25	0.43	0.64	0.71	0.73	0.73	0.79
NASA		-0.20	-0.42	-0.50	-0.63	-0.71	-0.74	-0.71
GFDL_FLOR		0.22	0.30	0.37	0.41	0.50	0.65	0.81
NCAR_CCSM4		0.22	0.25	0.26	0.16	0.16	0.27	0.43
NMME		0.12	0.13	0.19	0.17	0.20	0.24	0.30
ONItmp	0.20							

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	JAS	ASO	SON	OND	NDE	DEF	EFM	FMA
CFS2		-0.81	-0.49	0.05	0.19	0.14	0.05	0.00
CanCM4i		-0.32	-0.07	-0.03	0.07	0.22	0.36	0.45
GEM_NEMO		-0.58	-0.36	-0.15	0.02	0.08	0.01	-0.19
GFDL		-0.20	0.17	0.27	0.25	0.22	0.23	0.30
NASA		-0.65	-0.44	-0.28	-0.22	-0.29	-0.47	-0.63
GFDL_FLOR		-0.30	-0.09	-0.01	0.10	0.27	0.40	0.53
NCAR_CCSM4		-0.32	0.04	0.26	0.23	0.18	0.21	0.32
NMME		-0.45	-0.18	0.02	0.09	0.12	0.11	0.11
ICENtmp	-0.71							

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	3%
El Niño débil	20%
Neutro	62%
La Niña débil	14%
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	2%
El Niño débil	18%
Neutro	65%
La Niña débil	14%
La Niña moderada - fuerte	1%