

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



INFORME TÉCNICO ENFEN

Año 5 N° 10

OCTUBRE 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° 10, octubre de 2019, 73 p.

El Informe Técnico ENFEN de octubre 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.

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



PRESENTACIÓN

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



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

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

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

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

Figuras:

3.1.1.1	a) Índice de Oscilación del Sur (IOS), b) Índice de Oscilación del Sur Ecuatorial (IOS-Eq). Ambas series de tiempo son medias móviles de tres meses obtenidas del re-analysis 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 decadas de OLR para el mes de octubre 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 octubre de 2019, en el Pacífico central-oriental en: a) $170^{\circ}W-140^{\circ}W$, $5^{\circ}S-5^{\circ}N$ y b) $170^{\circ}W-100^{\circ}W$, $5^{\circ}S-5^{\circ}N$. Datos: ESRL/NOAA. Procesamiento: IGP.	34
3.1.1.4.	Configuración atmosférica en niveles altos (300 - 200 hPa) para el mes de octubre del 2019: a) Promedio del viento total (m/s, vectores) y geopotencial (m, 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 octubre del 2019: a) Promedio del viento total (m/s, vectores) y geopotencial (m, 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 octubre 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) Anomalia promedio de la TSM promediada para octubre de 2019 de la TSM. Fuente: OSTIA, Gráfico: DHN. b) Series de tiempo de las anomalías semanales de la TSM ($^{\circ}C$) en las regiones Niño, desde octubre del 2018 hasta inicios de noviembre 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 $2^{\circ}N$ y $2^{\circ}S$) para los días, de izquierda a derecha y de arriba abajo, 05, 10, 15, 20, 25 y 30 de octubre de 2019. Fuente: TAO/TRITON, PMEL/NOAA.	40
3.1.2.2.	Diagrama longitud-tiempo de la profundidad de la isoterma de $20^{\circ}C$ (m) promediado entre $2^{\circ}N$ y $2^{\circ}S$, desde marzo hasta octubre 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 $2^{\circ}N$ y $2^{\circ}S$; y b) del contenido de calor en la región ecuatorial. Estas series de tiempo se obtuvieron usando datos de las boyas TAO entre $2^{\circ}N$ y $2^{\circ}S$. Elaboración: IGP.	42
3.1.2.4	Campos de anomalía del nivel del mar en el Pacífico tropical, de arriba a abajo, para el 5, 15, 25 y 30 de octubre 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 $20^{\circ}C$ calculado con los datos de TAO y los derivados de ARGO (b) diagrama de la onda Kelvin y Rossby (c), diagrama de la onda Kelvin (d) y finalmente diagrama de la onda Rossby, calculada con el modelo LOM-IGP (forzado por WINSAT, y $\tau=0$ para el pronóstico). Las líneas diagonales representan la trayectoria de una onda Kelvin si tuviera una velocidad de 2,6 m/s. Elaboración: IGP.	45

3.2.1.1.	Análisis de superficie para el mes de octubre 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 octubre de 2019 (Fuente: Satélite ASCAT y productos del modelo GFS (ASCAT disponible hasta el 30 de octubre de 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 30/10/2019.	47
3.2.1.3	Mapas de anomalía de la velocidad del viento frente a la costa peruana, durante el mes de octubre del 2019 (Fuente: Satélite ASCAT y productos del modelo GFS, Procesamiento: Laboratorio de Hidro-Física Marina, IMARPE). Actualizada hasta el 30/10/2019.	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 01/11/2019.	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 01/11/2019.	49
3.2.1.6	Diagrama de Hovmöller del índice de afloramiento costero ($m^3/s.100m$), calculado a partir del viento satelital ASCAT a 40 km frente a la costa del Perú. Los contornos señalan la persistencia del afloramiento bajo condiciones de velocidad a 4 m/s durante 5 días o más. Fuente: Satélite ASCAT, Procesamiento: Laboratorio de Hidro-Física Marina, IMARPE. Actualizada hasta el 01/11/2019.	49
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	50
3.2.3.1	Mapas de anomalías térmicas y pluviométricas a nivel nacional para el mes de octubre 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.	50
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 noviembre de 2019. Las líneas azules indican caudales de los años 2019-2020, rojas: Promedio histórico; celeste: promedio de años húmedos y líneas grises: promedio de años secos. Fuente datos: SENAMHI/ Procesamiento: ANA	51
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 noviembre de 2019. Líneas azules: caudales de los años 2019-2020, rojas: Promedio histórico; celeste: promedio de años húmedos y líneas grises: promedio de años secos. Fuente datos: SENAMHI/Procesamiento: ANA	52
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 noviembre de 2019. Líneas azules: caudales de los años 2019-2020, rojas: Promedio histórico; celeste: promedio de años húmedos y líneas grises: promedio de años secos. Fuente datos: SENAMHI/ Procesamiento: ANA	53
3.2.4.1.	(a) TSM promedio para octubre de 2019 y (b) anomalía, frente a la costa peruana y ecuatoriana. Climatología 1981 – 2009 (Pathfinder V5). Fuente Datos OSTIA, Procesamiento y gráfico: DIHIDRONAV.	54
3.2.4.2.	Diagrama Hovmöller de las anomalías de la TSM en el litoral de Perú. Desde julio hasta los primeros días de noviembre de 2019. Climatología 1981 – 2010 DIHIDRONAV. Fuente: DIHIDRONAV.	55
3.2.4.3.	Series temporales del promedio diario de las anomalías de la TSM ($^{\circ}C$) en la red de estaciones costeras del IMARPE durante el último trimestre. Datos y procesamiento: IMARPE.	55
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.	56
3.2.4.5	Distribución espacial de la salinidad superficial del mar (SSM), durante los días (de izquierda a derecha y de arriba a abajo) 05, 10, 15, 20, 25 y 30 de octubre de 2019. Fuente: HYCOM, Procesamiento: DGIACC-IMARPE.	57
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.	58

3.2.4.7	Diagrama Hovmöller de las anomalías del nivel medio del mar en el litoral de Perú. De julio a noviembre de 2019. Climatología 1981 – 2010 DIHIDRONAV Fuente: DIHIDRONAV.	58
3.2.4.8	Anomalía de altura del nivel medio del mar (cm) y corrientes geostróficas cada cinco días para el mes de octubre de 2019. Fuente: CMEMS, Procesamiento: IMARPE.	59
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 los primeros días de noviembre de 2019. Fuente: CMEMS, Procesamiento: IMARPE.	59
3.2.5.1	Diagrama Hovmöller de a) TSM, b) anomalía de la TSM, c) SSM, d) profundidad de la isoterma de 15 °C (m) y e) Profundidad de la iso-oxigena de 1 mL.L ⁻¹ (m) de las secciones verticales frente a Paita, registrado desde enero de 2015 hasta octubre de 2019.	60
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 29 y 30 de octubre de 2019. Fuente: IMARPE.	60
3.2.5.3	Diagrama Hovmöller de a) TSM, b) anomalía de la TSM, c) SSM, d) profundidad de la isoterma de 15 °C (m) y e) Profundidad de la iso-oxigena de 1 mL.L ⁻¹ (m) de las secciones verticales frente a Chicama, registrado desde enero de 2015 hasta octubre de 2019.	61
3.2.5.4	Distribución vertical de: a) Temperatura superficial del mar (°C), b) Anomalía de temperatura superficial del mar (°C), c) Salinidad superficial del mar (ups), d) Anomalía de salinidad superficial del mar (ups), e) Oxígeno (mL.L ⁻¹) y f) Velocidad geostrófica (cm/s) frente a Chicama, realizada durante el 26 y 27 de octubre de 2019. Fuente: IMARPE.	61
3.2.5.5	Series de tiempo, de julio de 2018 a octubre de 2019, de la estructura térmica vertical (°C) en las estaciones fijas de: Paita, Chicama, Callao, Atico e Ilo.	62
3.2.5.6	Series de tiempo, de julio de 2018 a octubre de 2019, de la anomalía térmica vertical (°C) en las Estaciones Fijas de: Paita, Chicama y Callao.	63
3.2.5.7	Series de tiempo, de julio de 2018 a octubre de 2019, de la salinidad del agua de mar (ups) en las Estaciones Fijas de: Paita, Chicama, Callao, Atico e Ilo.	63
3.2.5.8	Series de tiempo, de julio de 2018 a octubre de 2019, de la concentración de oxígeno disuelto (mL.L ⁻¹) en las Estaciones Fijas de Paita, Chicama, Callao, Atico e Ilo.	64
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.	65
3.2.6.1.	Mapa de la concentración (a) y anomalía (b) de la clorofila-a obtenida del satélite MODIS-AQUA, VIIRS-SNPP durante octubre de 2019. Número de días con nubes en (c). Serie de tiempo (d) del promedio entre 4 °S y 16 °S y dentro de los 100 km de la costa, de las concentraciones de clorofila-a satelital (línea negra) y su climatología (línea verde) proveniente de MODIS (en µg L ⁻¹); y (e) Diagrama Hovmöller de las anomalías de clorofila-a con respecto a la latitud.	66
3.2.7.2	Distribución de la salinidad y anchoveta durante el crucero de estimación de la biomasa desovante de la anchoveta mediante el Método de Producción de Huevos (Cr. 1908-09) Fuente: PBP/ADPERP/DGIRP/IMARPE.	67
3.2.7.3	a) Anomalía de la TSM (°C) en Chicama. Indicadores reproductivos: b) Índice Gonadosomático (IGS), c) Fracción Desovante (FD) y d) contenido graso del stock norte – centro. Serie mensual: junio 2017 – noviembre 2019. Fuente: LBR/AFIRNP/DGIRP/IMARPE.	68
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.	69
4.2.2	Índice Niño 3.4 mensual observado (línea negra continúa) y pronosticado por los modelos de NMME. Los pronósticos de los modelos numéricos son indicados con líneas de distinto color mientras que el promedio de estos se grafica con una línea negra entrecortada. Fuente: CPC/NCEP/NOAA.	70
4.2.3	Índice Costero El Niño (ICEN, línea negra con círculos y triángulos llenos) y su valor temporal (ICEN _{tmp} , línea roja con círculo y triángulo lleno). Además, pronósticos numéricos del ICEN (media móvil de 3 meses de las anomalías pronosticadas de la TSM en Niño 1+2) por diferentes modelos climáticos. Los pronósticos de los modelos CFSv2, CMC1, CMC2, GFDL, NASA, GFDL_FLOR y NCAR_CCSM4 tienen como condición inicial del mes de noviembre de 2019. Fuente: IGP, NOAA, proyecto NMME.	70

4.2.4	Pronóstico probabilístico de la temperatura superficial del mar (calibrados) para noviembre 2019-enero de 2020 de los modelos de NMME inicializados en noviembre de 2019. Fuente: NMME.	71
4.2.5	Pronóstico probabilístico de precipitación (calibrados) para los meses noviembre, diciembre y enero de 2020 por modelos de NMME, inicializado en noviembre de 2019. Fuente: NMME	72

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 enero de 2019 a setiembre de 2019, así como sus valores temporales para setiembre y octubre de 2019. Fuente IGP.	73
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 julio a octubre de 2019. Fuente: Estaciones costeras – DHN.	73
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).	74
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).	74
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.	75
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.	75

Diagnóstico Climático y Previsión de El Niño-Oscilación del Sur en el Perú, octubre 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 OCTUBRE	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 de mar y nivel medio del mar	18
3.2.5. Condiciones oceanográficas sub-superficiales frente al litoral peruano	20
3.2.6. Nutrientes y Productividad en la costa peruana	22
3.2.7. Recursos Pesqueros e indicadores biológicos	23
4. PRONÓSTICO	25
4.1. A mediano plazo (semanas)	25
4.2. A largo plazo (más de 3 meses)	25
5. CONCLUSIONES	26
6. REFERENCIAS	28
7. FIGURAS	30

RESUMEN

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

En el Pacífico ecuatorial central (región Niño 3.4), según el Índice Oceánico Niño (ONI, por sus siglas en inglés), setiembre se caracterizó por sus condiciones Neutras. Las señales de convección en la región occidental de esta región se mostraron reducidas. En el campo de los vientos, predominaron los flujos zonales en el límite oriental de la región central del Pacífico, por otro lado, en niveles bajos se observó el debilitamiento de los vientos alisios en la región central y oriental del Pacífico.

En la región oriental del Pacífico, la anomalía de la temperatura superficial del mar (TSM) indicó valores negativos pero dentro de su rango normal. El máximo valor negativo se alcanzó en la tercera semana con un valor de $-1,3^{\circ}\text{C}$. Como consecuencia de esto, el Índice Costero El Niño (ICEN) de setiembre mantiene una condición neutra, al igual que el estimado (ICEN-tmp) para el mes de octubre.

El Anticiclón del Pacífico Sur (APS), mostró espacialmente una configuración zonal y, además, estuvo debilitado en su núcleo con valores por debajo de su promedio habitual. La poca influencia del APS sobre la costa peruana mantuvo los vientos costeros anómalamente débiles frente al litoral centro y sur, no así, frente a la costa norte donde se mostraron anómalamente intensos durante todo el periodo.

La TSM en el litoral peruano mostró anomalías frías durante la primera semana del mes, aumentando luego debido al paso de la onda Kelvin cálida. El nivel medio del mar mostró valores dentro de su rango normal frente a la costa norte-centro; sin embargo, luego de la quincena del mes se detectó la propagación de anomalías positivas desde la zona ecuatorial hacia la costa peruana, que alcanzaron valores de $+5$ cm por encima del promedio. Dentro de las 60 mn se notó la aparición alternada de condiciones frías y cálidas en la superficie del mar, específicamente, frente a Paita, debido a la influencia de aguas de procedencia ecuatorial, mientras que hacia el sur predominaron condiciones neutras, con débiles anomalías negativas de TSM.

La concentración de la clorofila-a en la capa superficial presentó un comportamiento acorde al patrón histórico, con núcleos entre $2,5$ a $20,0$ $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$ frente a Chicama-Chimbote, Huacho-Callao y al sur de Atico. Siendo la zona de Atico-Ilo donde la clorofila mostró una amplia distribución, incluso más allá de las 200 millas náuticas.

En la región norte-centro, la anchoveta continuó presentando una distribución dentro de las 30 millas de la costa, relacionada a la presencia de ACF. Los indicadores reproductivos muestran que el recurso se encuentra en su periodo principal de desove, lo cual es conforme a sus patrones históricos. Las especies transzonales como el jurel, caballa y perico se presentaron por fuera de las 50 m.n. en la zona centro-sur del litoral.

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 noviembre indican condiciones NEUTRAS entro los meses de noviembre de 2019 y mayo de 2020.

Frente a la costa peruana, se mantiene el Estado de Alerta de El Niño en No Activo, debido a que se observan, en promedio, condiciones neutras en la TSM frente a la costa peruana y considera más probable que estas se mantengan durante el próximo verano.

Para el próximo verano, en el Pacífico ecuatorial central (región Niño 3.4) son más probables las condiciones Neutras (65 %), seguidas de condiciones El Niño débil (21 %); en tanto que, para el Pacífico oriental (región Niño 1+2, que incluye la costa peruana) son más probables las condiciones Neutras (66 %), 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, contante y variable. Para el diagnóstico el modelo es forzado con esfuerzos de viento del "reanalysis" NCEP-CDAS (Kalnay et al. 1996) y vientos observados remotamente de WinSAT (Wentzet. Al., 2013) obtenidos de <http://www.remss.com/missions/windsat/> . Para calcular la contribución de las ondas Kelvin y Rossby sobre el nivel del mar y las corrientes zonales se usa la metodología de Boulanger y Menkes (1995).

Para el pronóstico el modelo continúa integrándose numéricamente en el tiempo usando dos artificios: 1) esfuerzo de viento igual a cero y 2) el promedio de los últimos treinta días de la anomalía del esfuerzo de viento. Ver más en Mosquera (2009), Mosquera et al. (2011) y Mosquera (2014).

Modelo Oceánico de Complejidad Intermedia: El modelo se utiliza para representar la propagación de las Ondas Kelvin Ecuatoriales (OKE), ejecutándose con 3 modos baroclínicos, forzado con vientos del NCEP (Kalnay et al. 1996) y siguiendo la metodología de Illig et al. (2004) y Dewitte et al. (2002). En el modelo la señal de la OKE se descompone en modos normales de oscilación (modo 1, modo 2), que se propagan a diferentes velocidades; y a la vez se considera la suma de ambos modos, resultado que proporciona mayor contribución en la anomalía del nivel del mar.

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

3. CONDICIONES OBSERVADAS EN OCTUBRE

3.1. Condiciones a Macroescala

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

En el presente mes el Índice de Oscilación del Sur (IOS) e Índice de Oscilación del Sur ecuatorial (IOSeq), continuaron indicando anomalías negativas, aunque cercanas a su climatología (Figura 3.1.1.1) por lo que el ENSO estaría en su fase Neutral.

La oscilación Madden Julian (MJO, por sus siglas en inglés) se mantuvo activa durante las tres primeras semanas sobre la región occidental del océano Índico, para debilitarse, consistentemente, en la última semana del mes hacia el continente Marítimo. La fase divergente de la MJO y otras del tipo Rossby, proyectadas entre 120 °E y 180 °E, hacia finales del mes, mantuvieron el patrón convectivo intenso. El dominio de los vientos zonales del este para niveles altos de la atmósfera, sobre la región del Pacífico, estuvieron influenciadas por ondas extra tropical de bloqueo. Mientras que, en niveles más bajos se observaron anomalías zonales del oeste y la convergencia de humedad extendiéndose sobre la región central del Pacífico; esto a medida que la MJO se proyecta hacia el este. (Figura 3.1.1.2). La información de OLR en la zona oeste (170 °E – 140 °W, 5 °S-5 °N) y este (170 °W – 100 °W, 5 °S-5 °N) del océano Pacífico ecuatorial (Figura 3.1.1.3), continúa indicando valores superiores a su climatología, lo cual está relacionado con poca precipitación en dichas regiones.

En niveles altos de la atmósfera (300-200 hPa), en promedio, se observó la intensificación de los flujos zonales en el límite oriental de la región central del Pacífico, alrededor de 120 °W, y ligeramente intensas en el extremo oeste del Pacífico. Esta aceleración de los flujos zonales mantuvo una conexión extra-tropical debido al giro anticiclónico anómalo presentado fuera de la costa de Perú, el cual fue impulsado por la deflexión sur de la Corriente en Chorro Subtropical, y se mantuvo intenso durante el mes. Sobre Sudamérica, la circulación de los vientos permaneció alrededor de lo habitual, observándose el debilitamiento de la dorsal subtropical en la región central (Figura 3.1.1.4).

En niveles bajos de la atmósfera (Figura 3.1.1.5), en promedio, se observó el debilitamiento de los vientos alisios en la región central y oriental del Pacífico, mostrándose anomalías de vientos zonales del oeste al norte de la línea ecuatorial, especialmente en el extremo oriental donde dominaron anomalías meridionales del viento; patrón que se mantuvo desde el mes anterior. En adición a ello, sobre la región del Atlántico ecuatorial se evidenció la reducción significativa de los vientos alisios. Por otro lado, el giro subtropical, a diferencia del mes anterior, se presentó débil.

En relación a la estructura vertical tropical de Walker (Figura 3.1.1.6), respecto al mes anterior, la tasa de subsidencia en la región central y occidental del Pacífico y sobre el océano Índico, disminuyeron ligeramente; señal de la dominancia del modo positivo de Índice del océano Índico. Este se asoció con las aguas más frías a lo normal en la región oriental del Índico. En otras regiones del Pacífico, la convección anómala en la región oriental, al este de 120°, fue más débil respecto a setiembre.

Por otro lado, en el meridiano de 80°, frente al extremo norte de la costa peruana, la subsidencia anómala abarcó gran parte de la estructura vertical atmosférica; mientras que, sobre la región continental del norte de Sudamérica, la convección de niveles bajos fluctuó entre sus valores normales. No obstante, hacia el norte del Atlántico la inhibición de la convección tropical persiste.

En la primera semana de octubre, según la información de WindSat, se observaron anomalías positivas de poca intensidad entre 130 °E y 155 °E, y en la segunda semana entre 140 °E y 160 °E, también se observaron pequeños pulsos de vientos del este entre 160 °E y 170 °E. En la primera semana de noviembre se observa un pulso intenso del oeste entre 135 °E y 155 °E (Figura 3.1.1.7).

En el Pacífico ecuatorial occidental y central, la anomalía positiva de la temperatura superficial del mar (TSM) aumentó respecto al mes de setiembre, predominando con valores alrededor de 1 °C; en tanto que, en la región oriental la anomalía disminuyó hasta alcanzar valores cercanos a cero, con algunos núcleos negativos al este de los 100 °W (Figura 3.1.1.8 a).

Por regiones Niño, la anomalía positiva de la temperatura en Niño 4 aumentó hasta 1 °C, manteniéndose cerca a este valor durante todo el mes; asimismo, en las regiones Niño 3 y Niño 3.4 la anomalía aumentó, cambiando de negativas en setiembre a positivas en octubre, con un promedio mensual de +0,6 °C y +0,2 °C, respectivamente. En la región Niño 1+2 la anomalía negativa fluctuó de 0,2 °C a 1,3 °C, presentando en promedio la anomalía de -0,8 °C, igual al mes de setiembre (Figura 3.1.1.8 b).

El índice ONI (Oceanic Niño Index en inglés) continuó mostrando condiciones Neutras, siendo el valor correspondiente a setiembre de 0.14 °C, el cual es ligeramente mayor al del mes de agosto (Tabla 3.1.4.1).

3.1.2. Dinámica oceánica en el Pacífico ecuatorial

Los datos in situ de las boyas TAO/TRITON de la región occidental muestran, a lo largo de todo el mes, aguas cálidas anómalas hasta los 100 m de profundidad, manteniendo las isotermas de 28 °C y 30 °C profundizadas, siendo este un panorama similar al del mes anterior. Los núcleos anómalamente cálidos observados alcanzaron valores de hasta +3 °C, proyectándose hasta la región oriental. Por otro lado, a 200 m de profundidad, se observó un núcleo anómalamente frío con valores de -1 °C el cual se estuvo propagando hacia la región oriental durante la segunda quincena del mes, alcanzado 140 °W a finales del mes de octubre (Figura 3.1.2.1).

Con respecto a la profundidad de la isoterma de 20 °C, las condiciones presentadas para el mes de octubre muestran, en promedio, una termoclina anómalamente profunda en el extremo oriental y somera en el extremo occidental. Esta profundización en la región oriental se debe al arribo de la onda Kelvin cálida a la costa Sudamérica en la última semana del mes. En promedio, la inclinación anómala de la isoterma de 20 °C a lo largo del Pacífico ecuatorial se encuentra 20 m por encima de su valor estacional, manteniéndose alrededor de éste a lo largo del mes (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 octubre, terminando la tendencia al incremento mostrada en el mes anterior para luego mantenerse ligeramente positivo, pero cercano a su valor climatológico. Esta variación puede estar asociada a la dinámica de ondas a lo largo del mes, con la propagación y llegada a la costa sudamericana de una onda Kelvin cálida y la propagación de otra fría que actualmente se observa a lo largo del Pacífico ecuatorial entre 160 °E y 160 °W (Figura 3.1.2.3 b).

El nivel del mar en el Pacífico ecuatorial occidental presentó anomalías positivas alrededor de +5cm durante la primera semana del mes para luego cambiar a condiciones ligeramente frías; en tanto que, en la región oriental, el nivel del mar aumentó gradualmente hasta alcanzar sus valores estacionales luego de la presencia de anomalías ligeramente negativas observadas a finales del mes anterior (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 cálida a lo largo del mes de octubre, a la cual le sigue una onda fría proyectada a llegar a la costa sudamericana en diciembre.

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) mostró anomalías positivas en menor intensidad comparada al mes anterior, observándose anomalías negativas alrededor de 180 ° y en latitudes subtropicales al este de 120 °W. Cabe mencionar que en la región central del Pacífico ecuatorial, continuó observándose presiones positivas significativas al norte de la línea ecuatorial, las cuales influyeron en la proyección este de los vientos zonales del oeste hacia la cuenca oriental norte del Pacífico. En el Pacífico sur, los centros anticiclónicos de presión se mantuvieron alrededor de lo habitual. En particular, hacia la región del Pacífico suroriental, el Anticiclón del Pacífico Sur (APS) mantuvo una proyección norte de 30 °S con anomalías significativas situadas alrededor de 90 °W. La configuración cuasi meridional del APS mantuvo los vientos alisios del sureste ligeramente intensos fuera de la costa peruana; principalmente en la región central y sur. Por otro lado, hacia la región del Atlántico tropical, las presiones positivas evidenciadas durante la primavera se mantuvieron ligeramente menores al mes anterior.

El viento frente a la costa peruana, obtenido del satélite ASCAT, mostró fluctuaciones: durante la primera semana exhibió velocidades superiores a 7 m s⁻¹, disminuyendo a partir de la segunda semana a valores entre 1 m s⁻¹ y 2 m s⁻¹, para luego intensificarse ligeramente hasta finales del mes, llegando a presentar valores de 7 m s⁻¹. En la zona oceánica, el viento también se presentó fluctuante, con valores superiores a 8 m s⁻¹ para la primera semana, mientras que a partir de la segunda semana las velocidades fueron inferiores a 8 m s⁻¹ (Figura 3.2.1.2). Por lo tanto, a lo largo de la costa las anomalías se presentaron fluctuantes, la primera semana predominaron anomalías positivas, cambiando a anomalías negativas a partir de la semana del 6 hasta el 15 de octubre, estableciéndose nuevamente anomalías ligeramente positivas y condiciones neutras a partir de la tercera semana (Figura 3.2.1.3).

Para el análisis de series de tiempo de los vientos costeros, debido a que ASCAT no estuvo disponible del 03 de marzo al 24 de agosto 2019, la información durante ese periodo fue completada con el producto del proyecto COPERNICUS, previa validación de acuerdo a Correa et al. (2016).

A lo largo de la franja costera de 40 km se presentaron vientos con velocidades entre $3,0 \text{ m s}^{-1}$ y $8,0 \text{ m s}^{-1}$ (Figura 3.2.1.4). Las anomalías a lo largo de la costa fluctuaron durante casi todo el mes, presentando anomalías positivas en la primera semana, seguidas de anomalías negativas hasta el 15 de octubre, para luego fluctuar entre -1 m s^{-1} y $+1 \text{ m s}^{-1}$ hasta fin de mes (Figura 3.2.1.5). El viento costero mostró anomalías del sureste para la primera semana, mientras que en la segunda semana predominaron anomalías del noroeste.

El afloramiento costero, estimado a partir del esfuerzo de viento, frente a Talara y San Juan presentó fuertes fluctuaciones en el mes, debilitándose significativamente en la segunda semana al sur de Paita, y de forma moderada en la última semana entre Callao y Paita. Frente a Talara y Paita el índice de afloramiento costero (IAC) alcanzó valores entre $450 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} 100\text{m}^{-1}$ y $500 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} 100\text{m}^{-1}$ durante casi todo el mes. Entre los 5°S y los 13°S , el IAC presentó valores por debajo de $200 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} 100\text{m}^{-1}$, cayendo a menos de $50 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} 100\text{m}^{-1}$ y $100 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} 100\text{m}^{-1}$, en la segunda y cuarta semana, respectivamente. Frente a Pisco y San Juan el IAC mostró valores inferiores a $300 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} 100\text{m}^{-1}$ para casi todo el mes con excepción de la primera semana, donde mostró valores alrededor de $350 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} 100\text{m}^{-1}$ (Figura 3.2.1.6).

3.2.2. Temperatura del Aire

Las temperaturas diurnas mostraron un incremento anómalo en la costa de Piura y Tumbes, para el resto del país se observaron condiciones alrededor de lo normal (Figura 3.2.3.1, panel derecho). En la región costera del país, las temperaturas extremas del aire mostraron un cambio importante de las anomalías positivas del aire en la región norte y centro de la costa peruana; principalmente en la segunda y tercera decadiaria del mes (Figura 3.2.2.1).

3.2.3. Precipitaciones e hidrología en la vertiente del Pacífico

En el mes de octubre, a nivel nacional las lluvias mantuvieron su comportamiento estacional (Figura 3.2.3.1). En la parte alta de la costa norte (departamentos de Piura, Lambayeque y Lima) se observaron las mayores anomalías positivas de lluvia acumulada.

Los ríos más representativos de la costa norte Tumbes y Piura mostraron caudales mínimos, sin embargo, el río Chancay del departamento de Lambayeque, mostró su caudal por encima de su promedio en la segunda quincena del mes. En la costa central (ríos Santa, Chillón y Rímac) y costa sur (ríos Camaná y Sama), los ríos mostraron caudales mínimos del año, propio del periodo de estiaje. (Figura 3.2.3.2, Figura 3.2.3.3 y Figura 3.2.3.4)

Las reservas hídricas de los principales embalses de la costa norte y sur se encuentran, en promedio al 62 % y 45 % de su capacidad de almacenamiento respectivamente.

3.2.4. Temperatura superficial de mar y nivel medio del mar

En la región Niño 1+2, que incluye la zona norte del mar de Perú, la TSM varió de 18°C en la zona más adyacente a la costa Sudamérica a 20°C en la zona más oceánica; sólo al norte del Ecuador la temperatura superó los 24°C , formando un fuerte gradiente térmico horizontal.

La TSM oceánica disminuyó considerablemente respecto a setiembre, pasando de una condición neutra con anomalías entre $-0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ a una condición fría débil con anomalías hasta $-1,5\text{ }^{\circ}\text{C}$, entre los $02\text{ }^{\circ}\text{S}$ - $08\text{ }^{\circ}\text{S}$ y al oeste de los $083\text{ }^{\circ}\text{W}$. La TSM en promedio disminuyó en $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ en la zona oceánica respecto al mes anterior (Figura 3.2.4.1b).

En el mar de Perú la TSM manifestó condiciones normales, similar al mes de setiembre. En este mes en la zona norte la temperatura varió de $18\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $24\text{ }^{\circ}\text{C}$, en la zona centro de $17\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $18\text{ }^{\circ}\text{C}$ y en la zona sur de $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $18\text{ }^{\circ}\text{C}$. En el extremo norte, frente a la costa de Tumbes se manifestaron condiciones cálidas, a través de anomalías positivas, hasta $1,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Figura 3.2.4.1b).

En el litoral peruano, los registros diarios de TSM mostraron un comportamiento estacional durante la primera quincena del mes, sin embargo, solo durante la tercera semana se observó un rápido incremento de las anomalías a lo largo del litoral, especialmente en la costa norte. El calentamiento anómalo alcanzó valores de hasta $+2,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ para luego normalizarse durante la última semana del mes. (Figura 3.2.4.2 y Tabla 3.2.4.2).

La TSM registrada en los laboratorios costeros del IMARPE aumentó en su promedio mensual en la mayor parte de la costa, siguiendo su ciclo estacional. Las anomalías promedio mensuales variaron entre $-0,03\text{ }^{\circ}\text{C}$ (San José) y $+1,63\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Paita), siendo mayores a los valores observados en setiembre en la mayoría de los Laboratorios Costeros.

A nivel diario, la TSM en Tumbes y Chicama mostraron anomalías positivas $< +1\text{ }^{\circ}\text{C}$, mientras que en Paita se detectaron 3 pulsos de anomalías positivas, a inicios, mediados y fines del mes, siendo las más intensas las primeras (hasta $+4\text{ }^{\circ}\text{C}$). En San José, Huanchaco, Chimbote y Huacho predominaron anomalías negativas débiles ($<0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$), mientras que Callao, Pisco e Ilo exhibieron fluctuaciones entre anomalías negativas y positivas. Las máximas anomalías positivas se registraron en Paita, conforme a lo mencionado, y las más negativas en Callao (última semana) con valores alrededor de $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Figura 3.2.4.3).

El índice LABCOS (Quispe & Vásquez, 2016) presentó un valor de $-0,02\text{ }^{\circ}\text{C}$ para el trimestre ASO del 2019 y un valor mensual de octubre de $+0,13\text{ }^{\circ}\text{C}$, siendo mayor al valor observado durante setiembre de 2019 ($+0,03\text{ }^{\circ}\text{C}$).

El Índice Costero El Niño (ICEN) para el mes de setiembre, estimado con datos de TSM hasta el mes de octubre, indican condiciones frías débiles (OISSTv2 = $-1,16$ y ERSSTv3 = $-1,03$) y condición neutra (ERSSTv5 = $-0,78$). Para los meses más recientes se generaron versiones preliminares y temporales de los ICEN (ICENtmp), los cuales se obtienen combinando datos observados para cada fuente OISSTv2, ERSSTv3 y ERSSTv5 con datos pronosticados de NMME, los cuales indican para el mes de octubre condición fría débil para OISSTv2 y neutras para ERSSTv3 y ERSSTv5, para el mes de noviembre las tres fuentes de datos coinciden en condiciones neutras.

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), habrían permanecido fluctuando latitudinalmente cerca de la costa desde la zona de Tumbes hasta Paita, registrando intromisiones hasta Paita a inicios, mediados y fines del mes. En zonas oceánicas, las aguas subtropicales superficiales (ASS) se habrían aproximado a unas 100 mn de Punta La Negra a mediados de mes.

Por otro lado, las aguas de afloramiento con salinidad menor a 35,0 ups se replegaron gradualmente en la franja costera, quedando en su lugar aguas de mezcla con salinidad menor a 35,1 ups. Al sur de los 20°S, permanecieron las aguas intermedias del Pacífico Sur-Este (ESPIW, por sus siglas en inglés, Grados et al., 2018), generando el predominio de aguas de mezcla de 35,1 ups frente al codo Perú-Chile (Figura 3.2.4.5).

En la información del Nivel Medio del Mar (NMM), a lo largo de la línea ecuatorial se observó la propagación y llegada de la onda Kelvin cálida a fines de octubre e inicios de noviembre. Además, una onda fría se encontraría en propagación, aproximadamente entre 160 °E y 160 °W (Figura 3.2.4.6). El paso de la onda Kelvin cálida por el litoral de Perú provocó un rápido aumento en las anomalías de norte a sur, cambiando de anomalías negativas en setiembre a anomalías positivas en octubre. A diferencia de la temperatura, este incrementó se dio desde la primera semana del mes, con mayor intensidad en la zona norte (Figura 3.2.4.7. Tabla 3.2.4.2).

En la costa peruana, durante la primera quincena predominaron las condiciones neutras frente a la costa centro-norte en términos de ANM, evidenciándose flujos geostróficos hacia la costa al norte de Talara. Luego de la quincena del mes se detectó la propagación de anomalías positivas desde la zona ecuatorial hacia la región, las que alcanzaron valores de +5 cm en una amplia franja hasta unas 150 m.n. de la costa frente a Chimbote y Callao, asociados a la formación de vórtices anticiclónicos. Por otro lado, en zonas oceánicas ubicadas frente a la zona sur, las anomalías positivas mayores a +5 cm y los vórtices anticiclónicos se fueron atenuando ligeramente, dando paso a la aparición de débiles anomalías negativas (Figura 3.2.4.8).

En la franja de 60 mn adyacente a la costa, las condiciones neutras del nivel del mar que permanecían a lo largo de la costa fueron desplazadas progresivamente por anomalías positivas que se propagaron desde la zona norte hacia el sur, llegando a mostrar zonas con ANM de +10 cm frente a Tumbes y de +5 cm desde Paita hacia el sur (Figura 3.2.4.7). La variación temporal promedio, mostró una tendencia de incremento de la ANM tanto en la costa peruana, donde alcanzó hasta +6 cm, como en la zona de Galápagos, donde se incrementó de 0 cm a +12, uno de los mayores cambios del año en esta zona (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 setiembre.

Paita (29-30 de octubre)

La TSM presentó valores entre 19 °C y 20 °C en toda la sección, con anomalías de TSM positivas dentro de las 70 mn con valores de hasta +2,0 °C (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 20 °C con una marcada termoclina a 10 – 50 m. La isoterma de 15 °C se presentó entre los 60 m y 70 m de profundidad, 15 m más somera respecto a fines de setiembre (Figura 3.2.5.1 d). Sobre los 50 m y dentro de las 85 mn se registraron núcleos de anomalías térmicas de +2,0 °C sobre los 20 m, y de -0,5 °C entre los 20 y 50 m a 30 – 70 mn. Entre los 50 y 200 m las condiciones térmicas fueron normales, mientras que por debajo de estas se observó un núcleo de hasta +1,0 °C dentro de las 60 mn sobre el talud continental (Figura 3.2.5.2 b).

La salinidad observada en los primeros 30 m de profundidad sugirió la presencia de aguas de AES en toda la sección ($S < 34,8$ ups) dentro de las 70 m.n., asociadas a anomalías halinas de hasta $-0,6$ ups (Figura 3.2.5.2 c, d). Por otra parte, entre los 50 m y 100 m los datos sugieren presencia de mezcla entre AES y aguas ecuatoriales subsuperficiales (AEES) dentro de las 40 m.n., aguas de mezcla entre ASS y AEES por fuera de las 60 m.n., conforme al patrón estacional.

La distribución del oxígeno disuelto (OD) mostró que la iso-oxígena de $1,0 \text{ mL L}^{-1}$, asociada a la oxiclina, se mantuvo a una profundidad 170 m en la zona costera, 20 m más profunda respecto a septiembre (Figuras 3.2.5.1 e y 3.2.5.2 e). El límite superior de la zona de mínima de oxígeno (ZMO; $\text{OD} < 0,5 \text{ mL L}^{-1}$), se detectó a 170 - 250 m de profundidad en toda la sección. Dentro de las 15 m.n. en los primeros 50 m y a 90 - 100 m.n. sobre los 200 m se estimaron flujos geostroficados hacia el norte, con una velocidad de hasta 20 y 10 cm s^{-1} , respectivamente. En cambio, a 20 - 85 m.n. sobre los 420 m, se estimaron flujos geostroficados hacia el sur, con velocidades de hasta 30 cm.s^{-1} (Figura 3.2.5.2 e, f).

Chicama (26 – 27 de octubre)

La TSM presentó valores entre $15 \text{ }^\circ\text{C}$ y $18 \text{ }^\circ\text{C}$ en toda la sección. La isoterma de $16 \text{ }^\circ\text{C}$ se encontró a 20 m.n. de la costa, similar al mes de septiembre. Las condiciones térmicas superficiales (0 - 10 m) mostraron anomalías de hasta $-1,0 \text{ }^\circ\text{C}$ dentro de las 80 m.n. En sub-superficie se observó un núcleo de $-1,0 \text{ }^\circ\text{C}$ dentro de las 22 m.n., mientras que en el resto de la columna de agua las condiciones térmicas fueron normales, en promedio, aunque con núcleos de $+0,5 \text{ }^\circ\text{C}$ a 80 - 130 m y a 370 - 490 m (Figura 3.2.5.3 a, b; Figura 3.2.5.4. a, b). Asimismo, la isoterma de $15 \text{ }^\circ\text{C}$ se ubicó a 50 - 80 m de profundidad por fuera de las 30 m.n., y en la zona costera presentó un ascenso hasta la superficie, aflorando a 5 m.n. de la costa (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 costeras frías (ACF) dentro de las 30 m.n. y aguas de mezcla entre ACF y ASS por fuera de las 30 m.n., asociadas a ligeras 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 $1,0 \text{ mL L}^{-1}$ se presentó a 40 - 70 m de profundidad fuera de la costa y a 30 m en la zona costera, en general similar al mes de septiembre (Figura 3.2.5.4 e). El borde superior de la ZMO se presentó a 30 - 110 m, más somero en la costa (Figura 3.2.5.3 e). Se estimaron flujos geostroficados con dirección hacia el norte sobre los 100 m y dentro de las 75 m.n. de hasta 20 cm s^{-1} . Asimismo, se estimaron flujos geostroficados hacia el sur sobre los 250 m y fuera de las 80 m.n., con velocidades también de hasta 20 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 entre $15 \text{ }^\circ\text{C}$ y $19 \text{ }^\circ\text{C}$, en Chicama entre $14 \text{ }^\circ\text{C}$ y $16 \text{ }^\circ\text{C}$, en Callao entre $14 \text{ }^\circ\text{C}$ y $16 \text{ }^\circ\text{C}$, en Atico entre $14 \text{ }^\circ\text{C}$ y $16 \text{ }^\circ\text{C}$ y en Ilo, entre $13 \text{ }^\circ\text{C}$ y $19 \text{ }^\circ\text{C}$. En general, las estaciones fijas de Paita y Chicama evidenciaron un ascenso de las isotermas profundas de $15 \text{ }^\circ\text{C}$ y $14 \text{ }^\circ\text{C}$, mientras que, en Callao, Atico e Ilo las isotermas tendieron a profundizarse, debido a su estacionalidad (Figura 3.2.5.5).

En Paita se detectó dos núcleos con anomalías térmicas de hasta +2,0 °C sobre los 20 m, a inicios del mes y en la quincena, mientras que por debajo de estas se observó condiciones térmicas neutras y anomalías térmicas ligeramente negativas (-0,5 °C). A finales del mes se intensificaron las anomalías negativas en toda la columna de agua, con valores de hasta -1,0 °C sobre los 70m. Por otro lado, en Chicama y Callao las condiciones térmicas presentaron ligeras anomalías negativas (-0,5 °C).

En Paita, los registros de salinidad y temperatura evidenciaron la presencia de AES sobre los 20 m a inicios y en la quincena del mes, debido a la advección de aguas de baja salinidad desde el norte, y en sub-superficie una transición de aguas de mezcla ASS – ACF a ACF. En Chicama se observó aguas de mezcla entre ASS – ACF, mientras que, en Callao, Atico e Ilo se observó el predominio de ACF (Figura 3.2.5.7).

En cuanto al OD, se detectó un aumento de su concentración en Paita sobre los 40 m, asociado a las anomalías térmicas positivas y presencia de AES. En Chicama se observó un ascenso de las iso-oxígenas, mientras que, en Callao, en Atico y en Ilo las iso-oxígenas no variaron de manera significativa en profundidad respecto a septiembre. La iso-oxígena de 0,5 mL L⁻¹ no se registró en Paita, y se determinó a 20 - 60 m en Chicama, a 20 - 25 m en Callao, a 95 m en Atico y a 25 - 40 m 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 octubre e inicios de noviembre entre 84 °W – 83,5 °W y 3,5 °S-4,5 °S (frente a la costa norte del Perú), hubo una tendencia a la normalización de los núcleos de anomalías negativas presentadas desde el mes de julio (climatología de IMARPE), concentrándose aún por encima de los 100 metros pero con valores de -1 °C. Por debajo de los 100 m, las condiciones subsuperficiales se mostraron, en promedio, dentro de su rango normal (Figura 3.2.5.9). Durante el mes de setiembre, este flotador ha continuado su acercamiento a la costa donde, a diferencia del mes anterior, los datos obtenidos guardan relación, en promedio, con lo observado en la sección Paita. Las ligeras diferencias se deben a la proximidad a la zona costera de los datos recolectados en Paita, por lo que fenómenos muy costeros son apreciables directamente en estos datos.

3.2.6. Nutrientes y Productividad en la costa peruana

En las estaciones fijas costeras, los nutrientes mostraron un comportamiento oscilante respecto al mes anterior en la mayoría de las estaciones fijas costeras.

3.2.6.1. Clorofila-a

La concentración de clorofila-a satelital mensual proveniente de la unión de todos los satélites que registran clorofila-a superficial (www.oceancolor.gsfc.nasa.gov/I3/), mostró que a lo largo de la costa dentro de las 60 m.n., predominaron valores de ~1 µg L⁻¹. Sin embargo, entre Callao y Pisco y frente a Ilo (dentro de las 60 m.n.) se observaron valores alrededor de 3 µg L⁻¹ (Figura 3.2.6.1 a).

En términos de anomalía, el promedio mensual mostró que en el sistema costero predominaron anomalías negativas entre Paita y San Juan ($-1 \mu\text{g L}^{-1}$), con presencia de pequeñas zonas con anomalías positivas (entre $+1 \mu\text{g L}^{-1}$ y $+3 \mu\text{g L}^{-1}$) entre Callao a Pisco (dentro de las 20 m.n.) y entre San Juan a Ilo (hasta las 100 m.n.) (Figura 3.2.6.1. 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 dentro de las 60 m.n. y entre 6°S a 16°S , presentó alternancia de anomalías positivas y negativas entre $-0,5 \mu\text{g L}^{-1}$ y $+2,0 \mu\text{g L}^{-1}$ (Figura 3.2.6.1. d). Latitudinalmente, en la franja costera predominaron condiciones normales con ausencia de información en diferentes latitudes al largo de la costa debido a la alta presencia de nubes; sin embargo, se observaron anomalías positivas ($>+2 \mu\text{g L}^{-1}$) a lo largo de la costa durante la última semana del mes (Figura 3.2.6.1. e).

Un factor clave para el crecimiento fitoplanctónico y la producción de clorofila-a 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, dentro de las 60 m.n., estuvo alrededor de 80 % a 60 % entre San José y Callao y al sur de los 16°S , mientras que, frente a Paita, y entre Pisco y San Juan la cobertura nubosa fue menor al 60 % (Figura 3.2.6.1. c).

3.2.7. Recursos Pesqueros e indicadores biológicos

Distribución, capturas y tallas de la anchoveta

En la segunda temporada de pesca de 2019 en la zona sur del mar peruano, iniciada el 31 de julio, se registraron capturas, principalmente, frente a Mollendo, alcanzando un desembarque de 1 800 toneladas (t). En la región norte – centro, se continuó desarrollando el Crucero de Evaluación Hidroacústica de Recursos pelágicos 1909-11, donde se registró anchoveta adulta en la zona costera del área evaluada, relacionada a la presencia de ACF. Entre Punta La Negra y Pimentel (6°S), se presentaron reclutas en zonas de aguas de mezcla entre ACF y ASS, principalmente en los frentes halinos. Al sur de Chicama (7°S), fuera de las 50 m.n. de la costa, con presencia de aguas de mezcla y ASS, se observó la presencia de ejemplares reclutas, juveniles y adultos de anchoveta (Figura 3.2.7.2).

Especies Indicadoras

Luego de la re-apertura de la pesca industrial de jurel y caballa (el 21 de setiembre), con una cuota de 12 500 t adicional a la pesca de jurel, la extracción de los recursos se realizó del 2 al 26 de octubre, periodo en el cual se desembarcó el 108 % de la cuota adicional establecida para jurel, mientras que la caballa con un desembarque de 1 127 t, alcanzó el 20 % de su cuota anual establecida (135 000 t). El jurel y la caballa fueron capturados por fuera de las 50 m.n. de Pisco. El jurel presentó una mayor presencia en la zona sur, registrándose desde Atico (6°S) hacia el extremo sur (Figura 34). La distribución de ambas especies transzonales, se encontró relacionada a las zonas de frentes térmicos, entre ACF y ASS (Figura 3.2.7.3a).

Como parte del monitoreo bio-oceanográfico, la componente biológica realizó avistamientos de aves marinas a bordo de la embarcación IMARPE V. La mayor abundancia de aves se registró dentro de las 15 m.n. de la costa entre Paita y Chimbote, con mayor número de observaciones dentro de las 40 m.n. entre Salaverry y Chimbote (Figura 3.2.7.3b), zona con presencia de ACF y aguas de mezcla. Las aves guaneras (piquero, pelícano y guanay), el zarcillo y la pardela gris, mostraron una mayor asociación con las ACF, en áreas con una TSM promedio de 17,3 °C. También se incrementaron los avistamientos del Albatros de Galápagos desde Paita a Salaverry, posiblemente asociados a la intromisión de aguas cálidas ecuatoriales y oceánicas, mientras que el Petrel de Barba Blanca se evidenció al sur de Chicama.

Indicadores reproductivos y somáticos de la anchoveta

Los índices reproductivos de la anchoveta *Engraulis ringens* del stock norte-centro mostraron la disminución del proceso reproductivo, aunque aún continúan procesos de maduración gonadal y desove en parte de la población (Figura 3.2.7.4). Así, en el área evaluada por el crucero, se registraron agrupaciones de anchoveta adulta desovando frente a Paita (5 °S), Chicama (7 °S) y Chimbote (9 °S).

4. PRONÓSTICO

4.1. A mediano plazo (semanas)

Los modelos oceánicos lineales simplificados, tanto del IGP (Figura 3.1.2.6. c y d) como del IMARPE (Figura 4.2.1), así como las proyecciones teóricas sobre los datos observados, indican que la onda Kelvin cálida continuará influyendo en las variables de nivel del mar durante las siguientes semanas y es posible que también afecte la TSM y del aire. En la actualidad se observa una onda Kelvin fría ubicada entre 160 °E y 160 °W, la cual arribaría a la costa peruana a fines de diciembre.

Para el Pacífico central (región Niño 3.4) y Pacífico oriental (región Niño 1+2); según los siete modelos climáticos integrantes de NMME (CFSv2, CanCM4i, GEM_NEMO, GFDL, NASA, GFDL_FLOR y NCAR_CCSM4), con condiciones iniciales del mes de noviembre de 2019; coinciden en indicar en promedio condiciones Neutras entre los meses de noviembre de 2019 y enero de 2020 (ver figuras 4.4.2 y 4.2.3). Hay que resaltar que en la primera región mencionada, el modelo GFDL-FLOR indica condiciones cálidas débiles entre noviembre de 2019 y enero de 2020.

4.2. A largo plazo (más de 3 meses)

Los modelos climáticos de agencias internacionales indican condiciones neutras entre los meses de febrero y mayo de 2020 para el Pacífico central (región Niño 3.4) y Pacífico oriental (región Niño 1+2), sin embargo, el modelo de NASA coincide en indicar condiciones frías débiles entre los meses marzo – mayo de 2020 en ambas regiones.

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 (65 %), seguidas de condiciones El Niño débil (21 %); en tanto que, para el Pacífico oriental (Niño 1+2) son más probables las condiciones Neutras (66 %), seguidas de condiciones El Niño débil (18 %).

5. CONCLUSIONES

En el mes de octubre, la anomalía de la TSM en la región el Niño 1+2 se mantuvo con valores por debajo de la media, al igual que en el mes anterior. Durante el mes se observó el arribo de una onda Kelvin cálida a la costa americana, la cual inicio una tendencia a la normalización en la anomalía de la TSM dentro de la zona el Niño 1+2. Las estaciones fijas costeras de Paita y Chicama tendieron a mostrar un ascenso de las isotermas profundas, aunque en Paita se observó episodios de anomalías térmicas positivas sobre las 30 m asociadas a la intromisión de AES ricas en OD. En Chicama y Callao se observó la persistencia de condiciones neutras y/o de anomalías térmicas negativas ($\sim 0,5$ °C) en la columna de agua (<100 m) durante el mes.

El Anticiclón del Pacífico Sur (APS), respecto al mes anterior, mostró espacialmente una configuración zonal y, además, estuvo debilitado en su núcleo con valores por debajo de su promedio habitual.

El afloramiento costero exhibió variaciones temporales durante casi todo el mes frente a Talara y Paita, persistiendo en esta zona, al igual que frente a Pisco y San Juan. Entre Paita y Callao, el afloramiento solo estuvo activo en la primera y tercera semanas; el IAC presentó valores por debajo de $200 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} 100\text{m}^{-1}$, cayendo a menos de $50 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} 100\text{m}^{-1}$ y $100 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} 100\text{m}^{-1}$, en la segunda y cuarta semana, respectivamente.

En el Pacífico central (región Niño 3.4), la anomalía de la TSM disminuyó 0.2°C con respecto al mes de julio. El ONI de setiembre (ASO) tiene la categoría Neutro al igual que los estimados (ONI-tmp) octubre y noviembre. Por otro lado, en el Pacífico oriental (región Niño 1+2), el valor de ICEN para setiembre (el promedio de las tres fuentes) y sus respectivos temporales (ICEN-tmp) de octubre y noviembre indican condiciones Neutras.

Los caudales de los principales ríos de las regiones hidrográficas del Pacífico, presentaron un comportamiento ligeramente descendente respecto a su promedio, sin embargo el río Chancay mostró su caudal superior al promedio histórico. Las reservas hídricas de los principales embalses de la costa norte y sur se encuentran, en promedio, al 62 % y 45 % de su capacidad de almacenamiento, respectivamente.

Los índices reproductivos de la anchoveta peruana del stock norte-centro indicaron la disminución del proceso reproductivo; sin embargo el recurso aún mantiene importantes procesos de maduración gonadal y desove

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 noviembre indican condiciones NEUTRAS para los meses de noviembre a mayo de 2020.

Se espera el arribo de una onda Kelvin cálida continúe influyendo en las variables de nivel del mar durante las siguientes semanas y es posible que también afecte la TSM y del aire. Por otro lado, se espera la llegada de una onda Kelvin fría a la costa peruana para fines de diciembre.

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 (65 %), seguidas de condiciones El Niño débil (21 %); en tanto que, para el Pacífico oriental (Niño 1+2) son más probables las condiciones Neutras (66 %), 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 observan, en promedio, condiciones neutras en la temperatura superficial del mar frente a la costa peruana y considera más probable que estas se mantengan durante el próximo verano.

6. REFERENCIAS

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

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

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

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

ENFEN, 2012: Definición operacional de los eventos El Niño y La Niña y sus magnitudes en la costa del Perú. Nota Técnica ENFEN. 2p.

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

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

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

Kirtman BP, Min D, Infanti JM, Kinter JL, Paolino DA, Zhang Q, van den Dool H, Saha S, Peña M, Becker E, Peng P, Tripp P, Huang J, DeWitt DG, Tippett MK, Barnston AG, Li S, Rosati A, Schubert SD, Rienecker M, Suarez M, Li ZE, Marshak J, Lim YK, Tribbia J, Pegion K, Merryfield WJ, Denis B, Wood EF, 2014: The North American Multimodel Ensemble: Phase-1 Seasonal-to-Interannual Prediction; Phase-2 toward Developing Intraseasonal Prediction. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 95, 585–601. doi: 10.1175/BAMS-D-12-00050.1

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

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

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

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

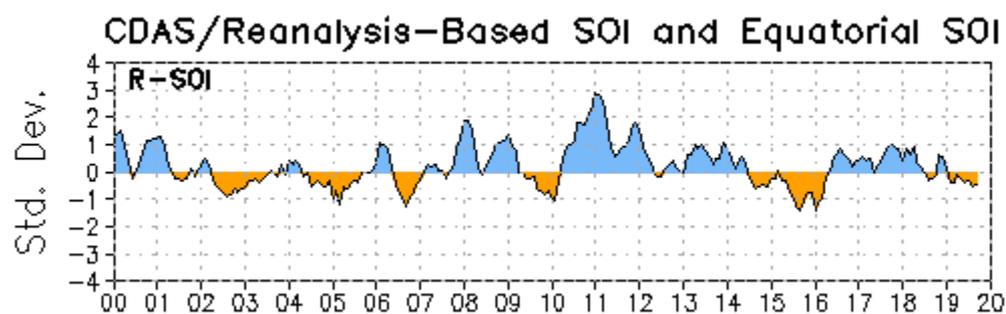
Quispe, J., y Vásquez, L. ,2015: Índice LABCOS para la caracterización de eventos El Niño y La Niña frente a la costa del Perú, 1976-2015. Boletín Trimestral Oceanográfico, Vol.1, Números 1-4, págs.: 14-18, Instituto del Mar del Perú.

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

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

7. FIGURAS

a)



b)

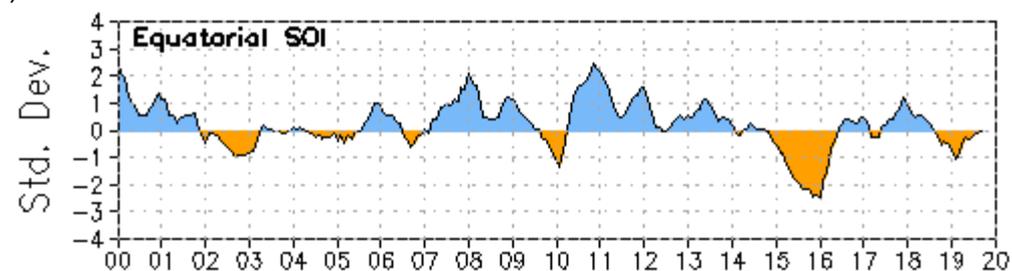


Figura 3.1.1.1 a) Índice de Oscilación del Sur (IOS), b) Índice de Oscilación del Sur Ecuatorial (IOS-Eq). Ambas series de tiempo son medias móviles de tres meses obtenidas del re-analysis CDAS.

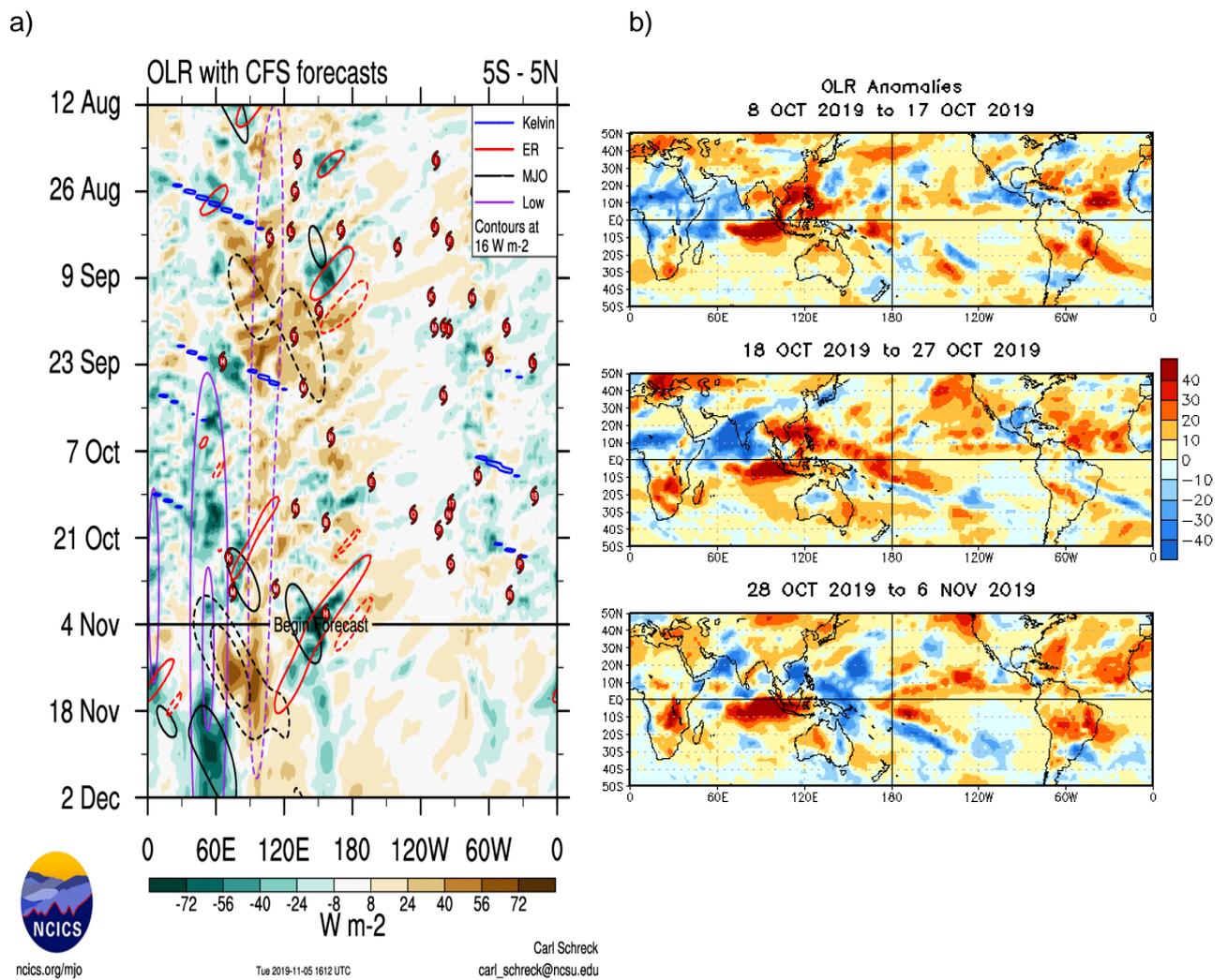


Figura 3.1.1.2. a) Pronóstico a mediano plazo para OLR del modelo CFS. Los contornos indican actividad de ondas atmosféricas b) Anomalías decadas de OLR para el mes de octubre de 2019. Datos: CFS y NCEP. Procesamiento: NOAA/SENAMHI

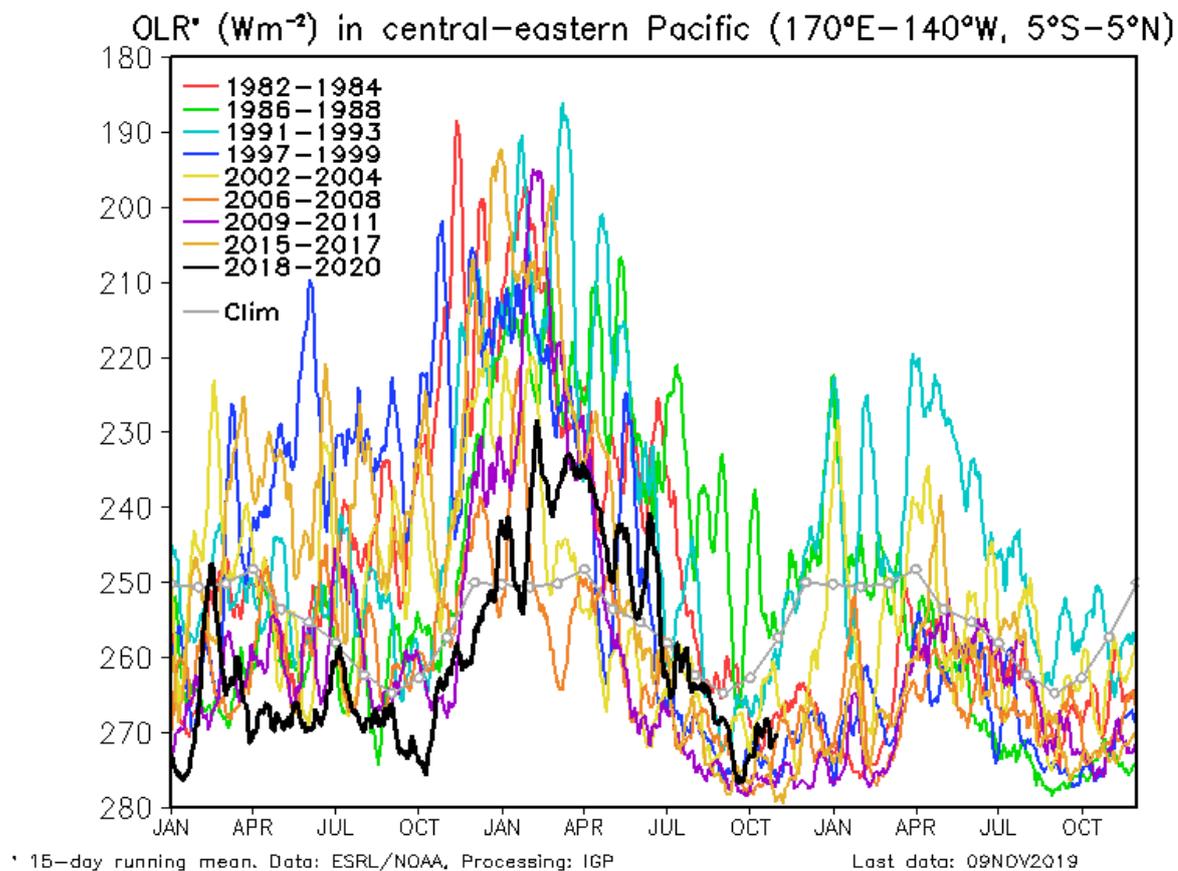
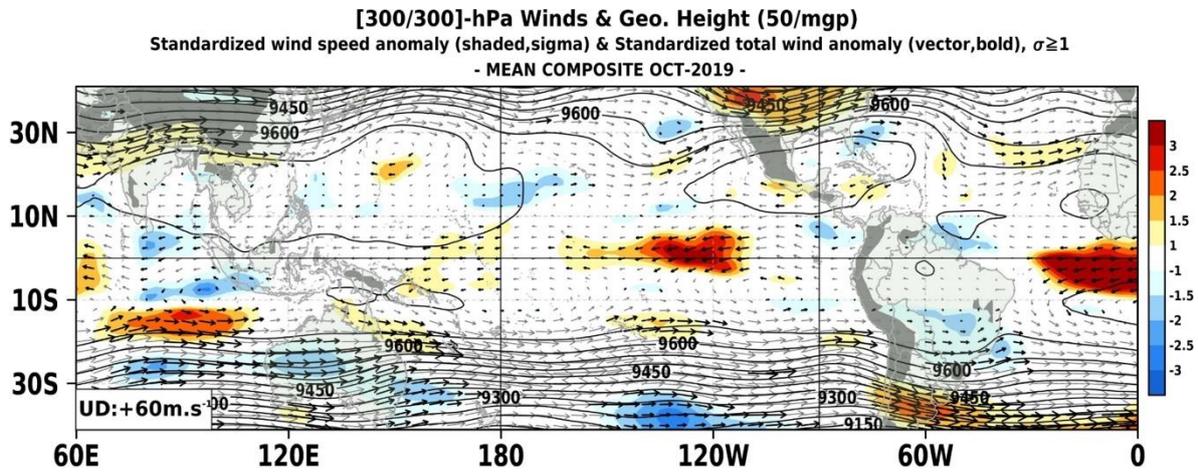


Figura 3.1.1.3 Radiación de onda larga – OLR (W/m^2), desde el mes de enero de 2017 hasta octubre de 2019, en el Pacífico central-oriental en: a) $170^{\circ}W-140^{\circ}W$, $5^{\circ}S-5^{\circ}N$ y b) $170^{\circ}W-100^{\circ}W$, $5^{\circ}S-5^{\circ}N$. Datos: ESRL/NOAA. Procesamiento: IGP.

a)



b)

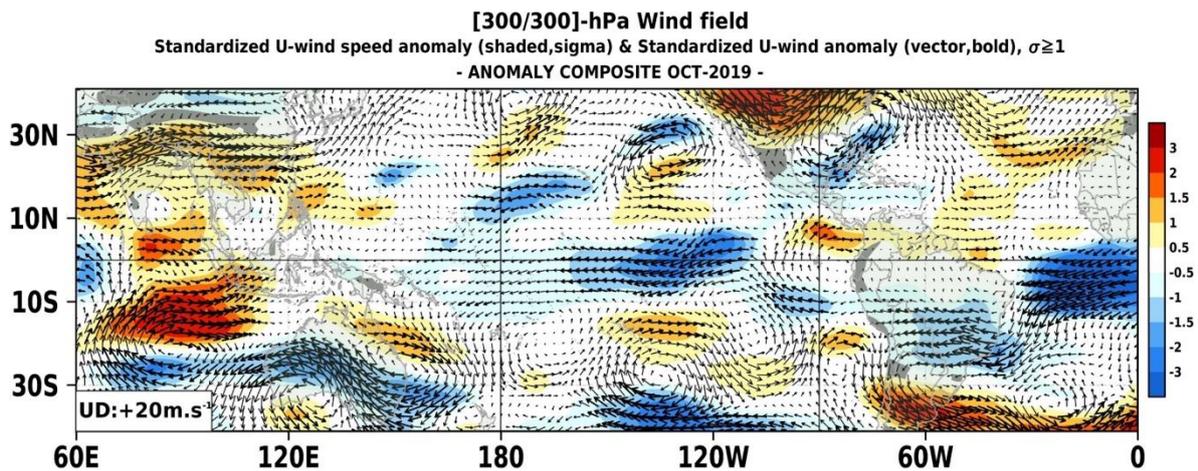


Figura 3.1.1.4 Configuración atmosférica en niveles altos (300 - 200 hPa) para el mes de octubre del 2019: a) Promedio del viento total (m/s, vectores) y geopotencial (mgp, contornos) junto a anomalías estandarizadas de la velocidad total del viento (matrices de colores cada $\pm 0,5 \sigma$), b) Anomalías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

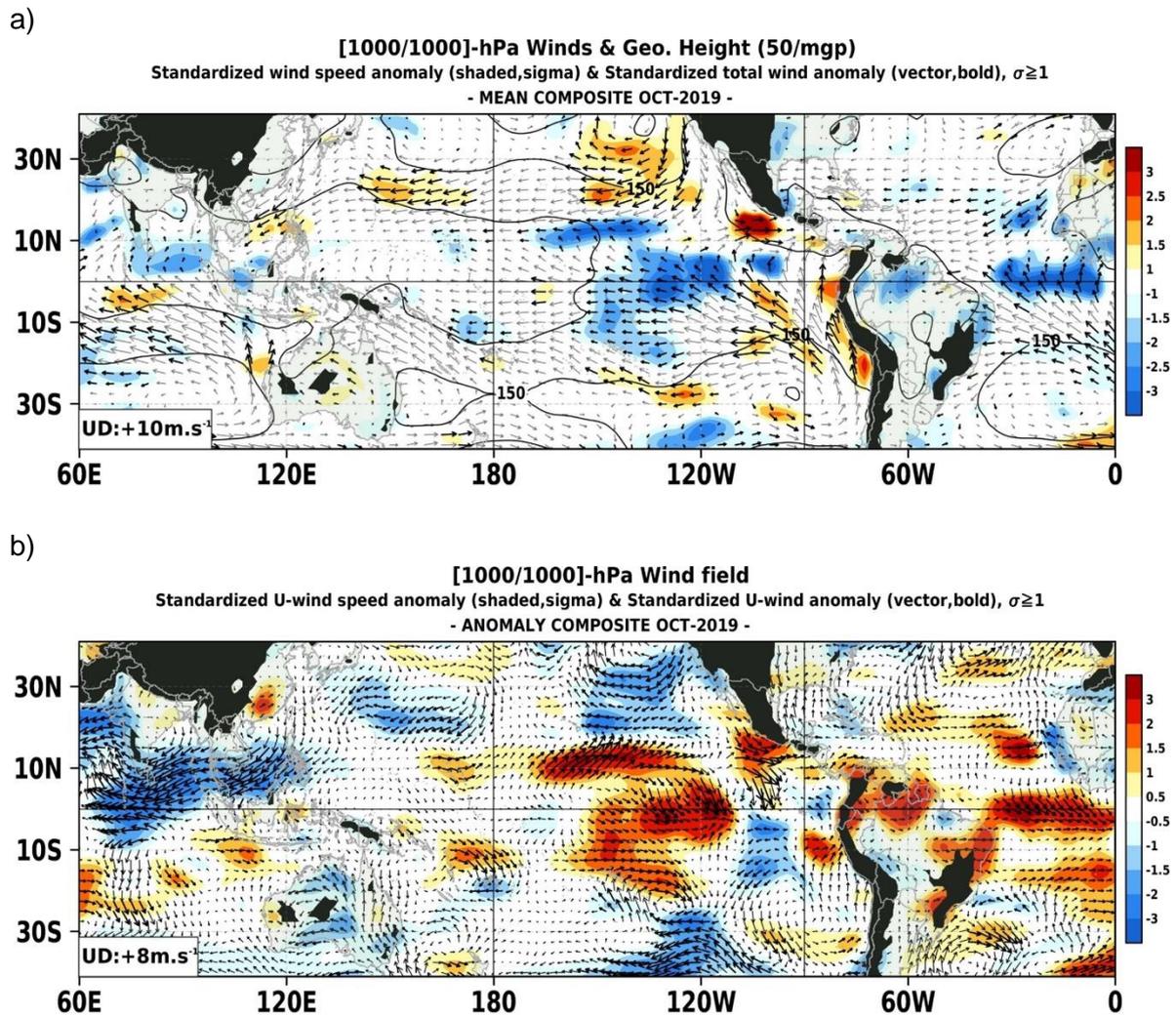


Figura 3.1.1.5. Configuración atmosférica en niveles bajos (1000 - 850 hPa) para el mes de octubre del 2019: a) Promedio del viento total (m/s, vectores) y geopotencial (mgp, contornos) junto a anomalías estandarizadas de la velocidad total del viento (matices de colores cada $\pm 0,5 \sigma$), b) Anomalías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

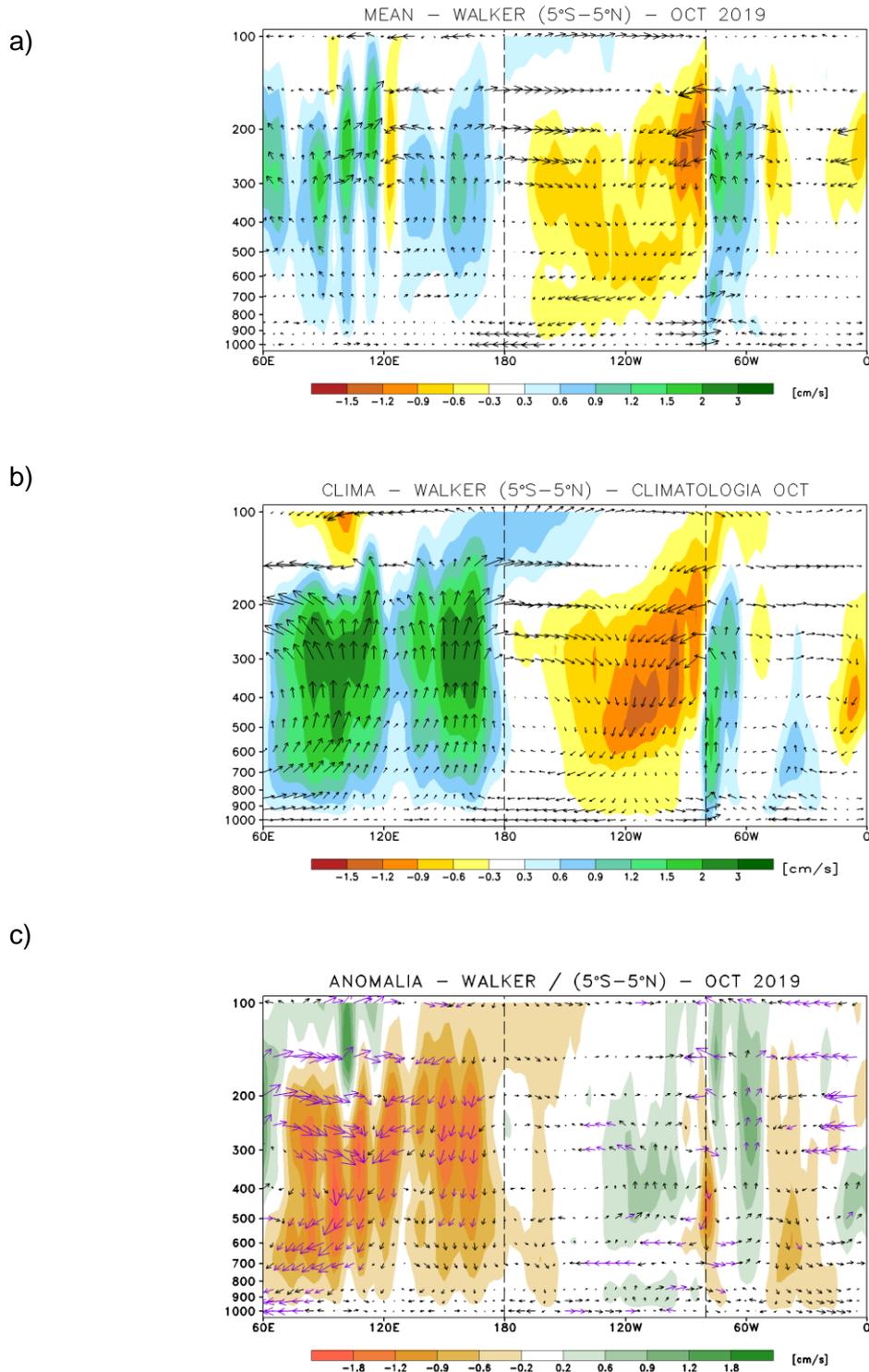


Figura 3.1.1.6. Secciones verticales de la circulación atmosférica ecuatorial (Walker) de este a oeste para el mes de octubre 2019. (a) patrón promedio, (b) patrón climatológico y (c) patrón anómalo. Fuente: SPC/SENAMHI.

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

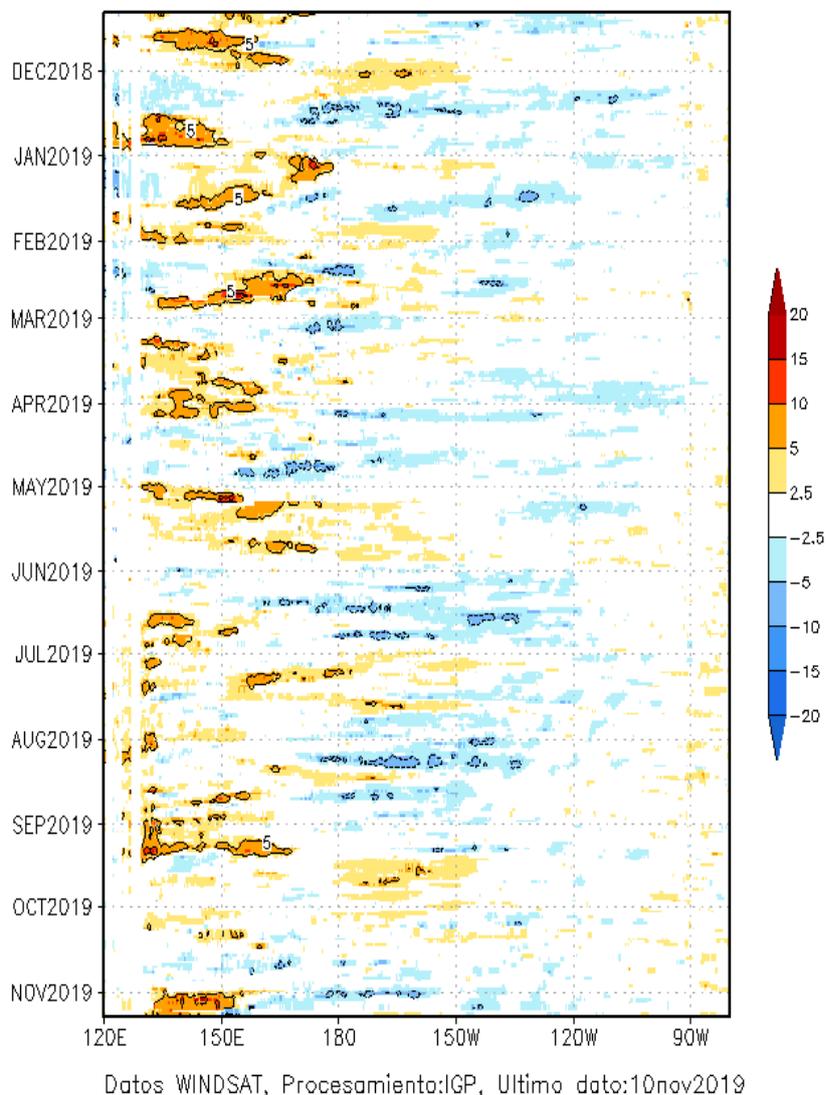


Figura 3.1.1.7. Diagrama longitud-tiempo de las anomalías del esfuerzo de viento zonal ecuatorial basado en datos del producto WINDSAT. Elaboración: IGP.

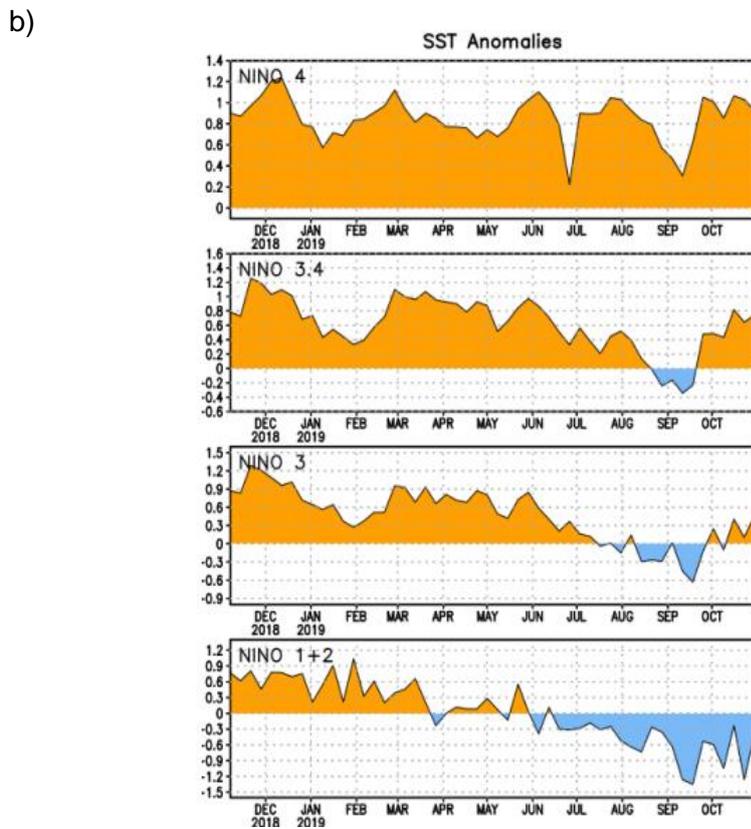
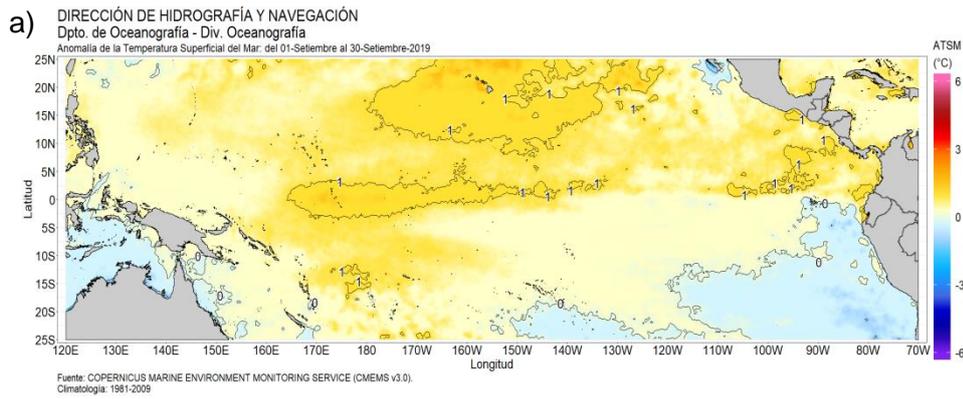


Figura 3.1.1.8. a) Anomalía promedio de la TSM promediada para octubre de 2019 de la TSM. Fuente: OSTIA, Gráfico: DHN. b) Series de tiempo de las anomalías semanales de la TSM (°C) en las regiones Niño, desde octubre del 2018 hasta inicios de noviembre de 2019. Fuente: AVHRR NCEP/NOAA.

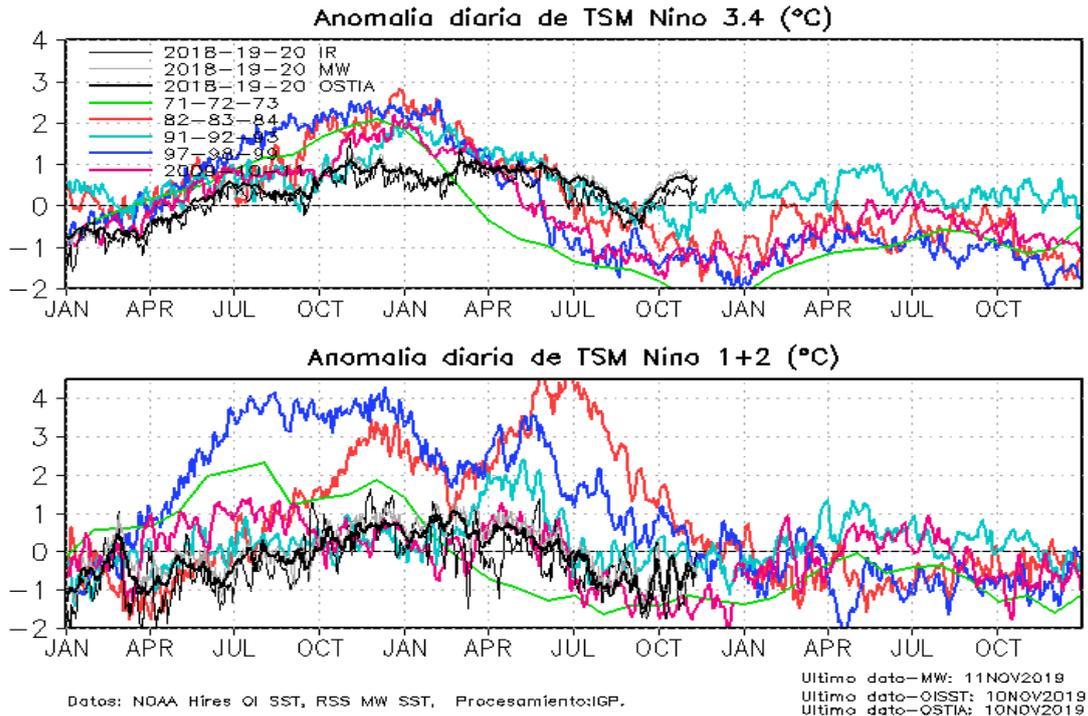


Figura 3.1.1.9 Series de tiempo de la anomalía diaria de la TSM en la región Niño 3.4 (panel superior) y Niño 1+2 (panel inferior). Las líneas en color negro (gruesa), gris y negro (fina) indican la evolución de la anomalía de la TSM en el presente año usando información infrarroja (IR), microondas (MW)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

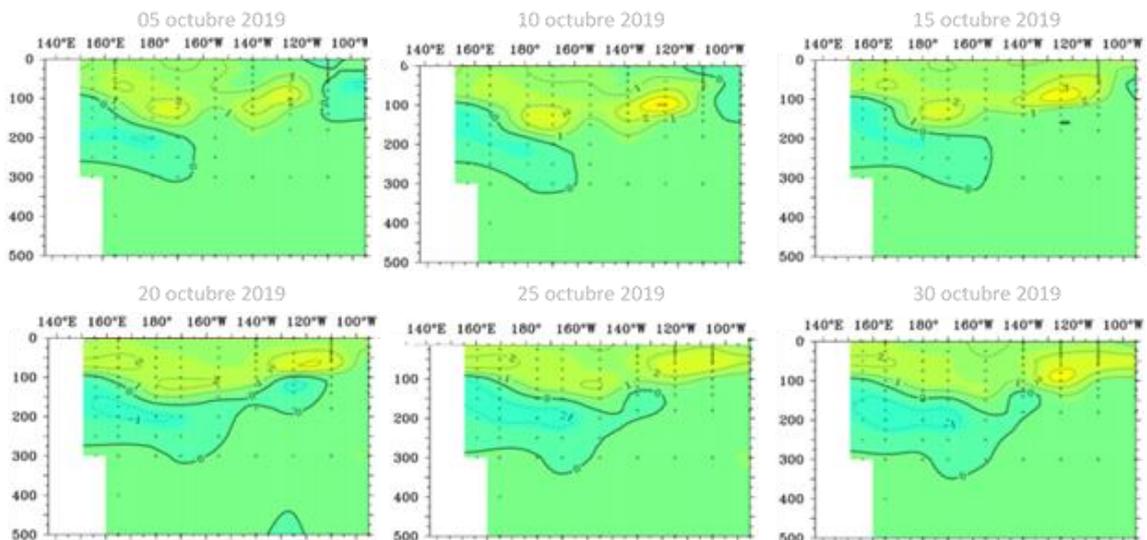


Figura 3.1.2.1. Diagramas longitud-profundidad de las anomalías de la temperatura del mar (°C) en el océano Pacífico ecuatorial (promediados entre 2° N y 2° S) para los días, de izquierda a derecha y de arriba abajo, 05, 10, 15, 20, 25 y 30 de octubre de 2019. Fuente: TAO/TRITON, PMEL/NOAA.

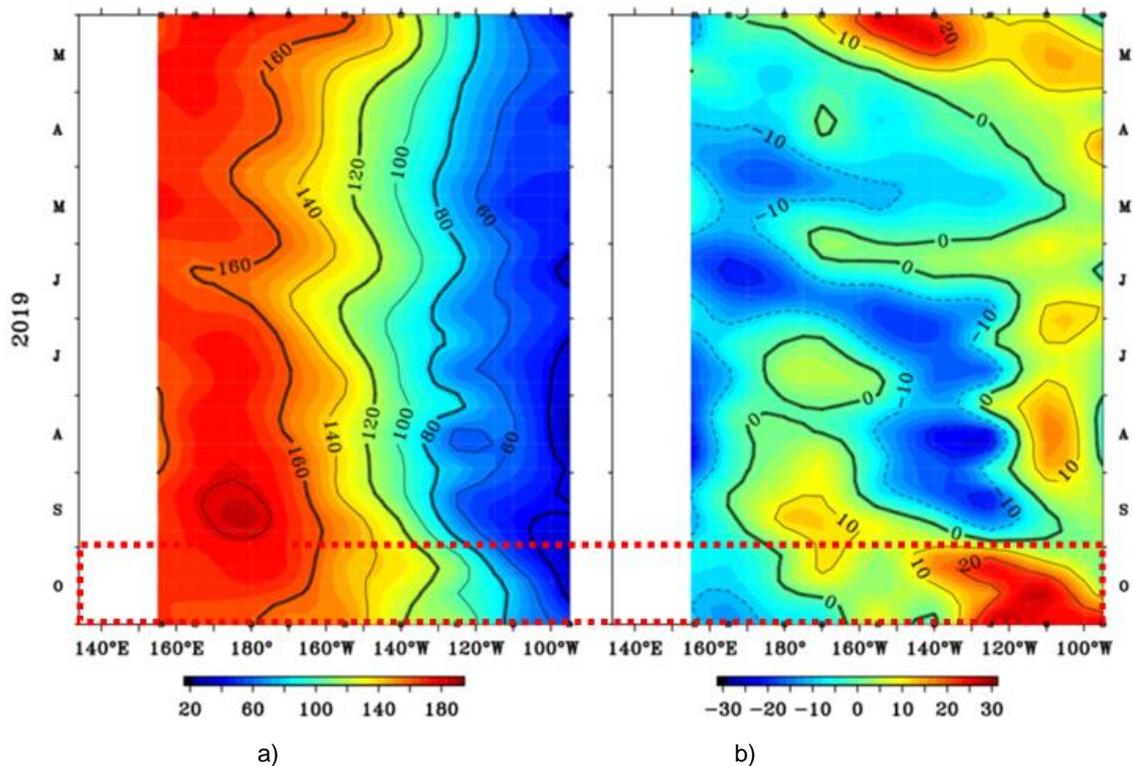


Figura 3.1.2.2. Diagrama longitud-tiempo de la profundidad de la isoterma de 20 °C (m) promediado entre 2 °N y 2 °S, desde marzo hasta octubre de 2019, tanto para su valor total (a) como para su anomalía (b). Fuente: Global Tropical Moored Buoy Array Program office, NOAA/PMEL

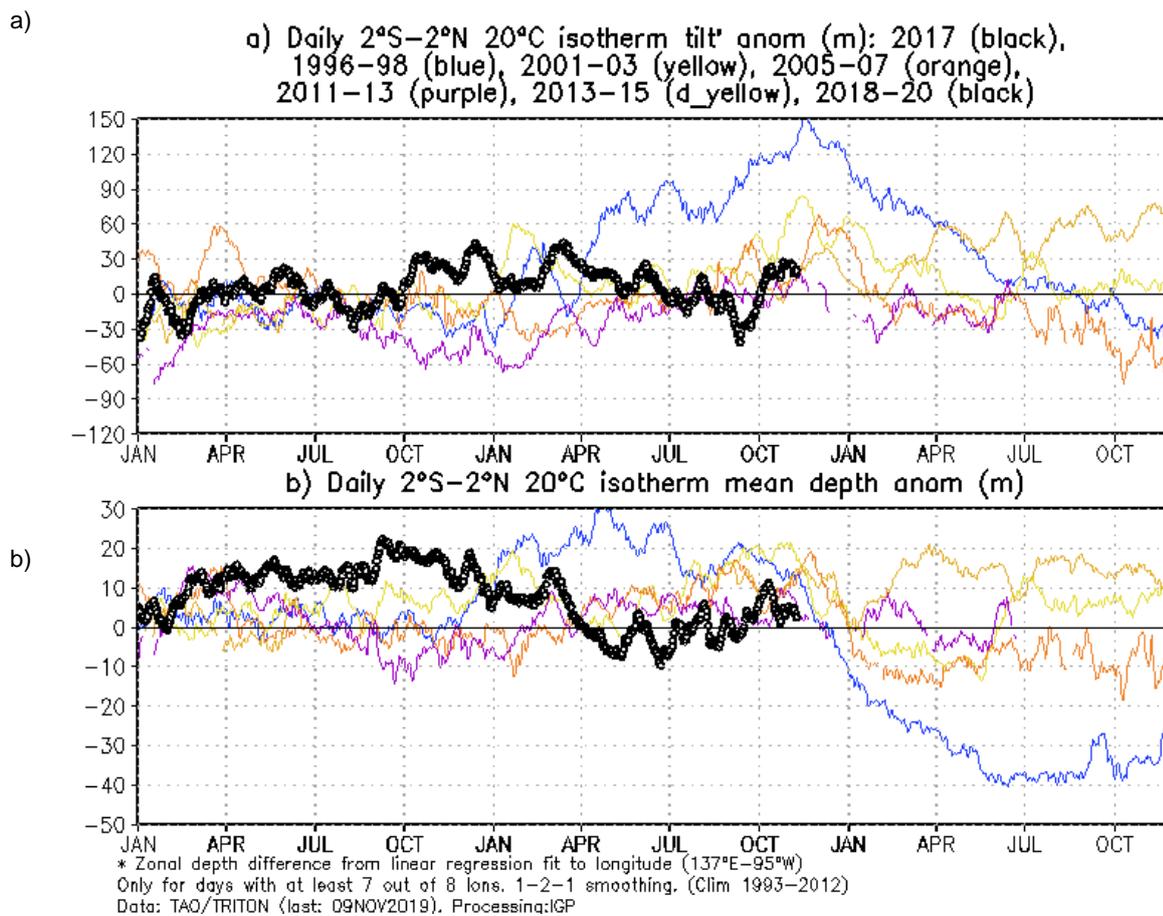


Figura 3.1.2.3. Series de tiempo de: a) la inclinación de la termoclina en el Pacífico ecuatorial basado en los datos de TAO entre 2 °N y 2 °S; y b) del contenido de calor en la región ecuatorial. Estas series de tiempo se obtuvieron usando datos de las boyas TAO entre 2 °N y 2 °S. Elaboración: IGP

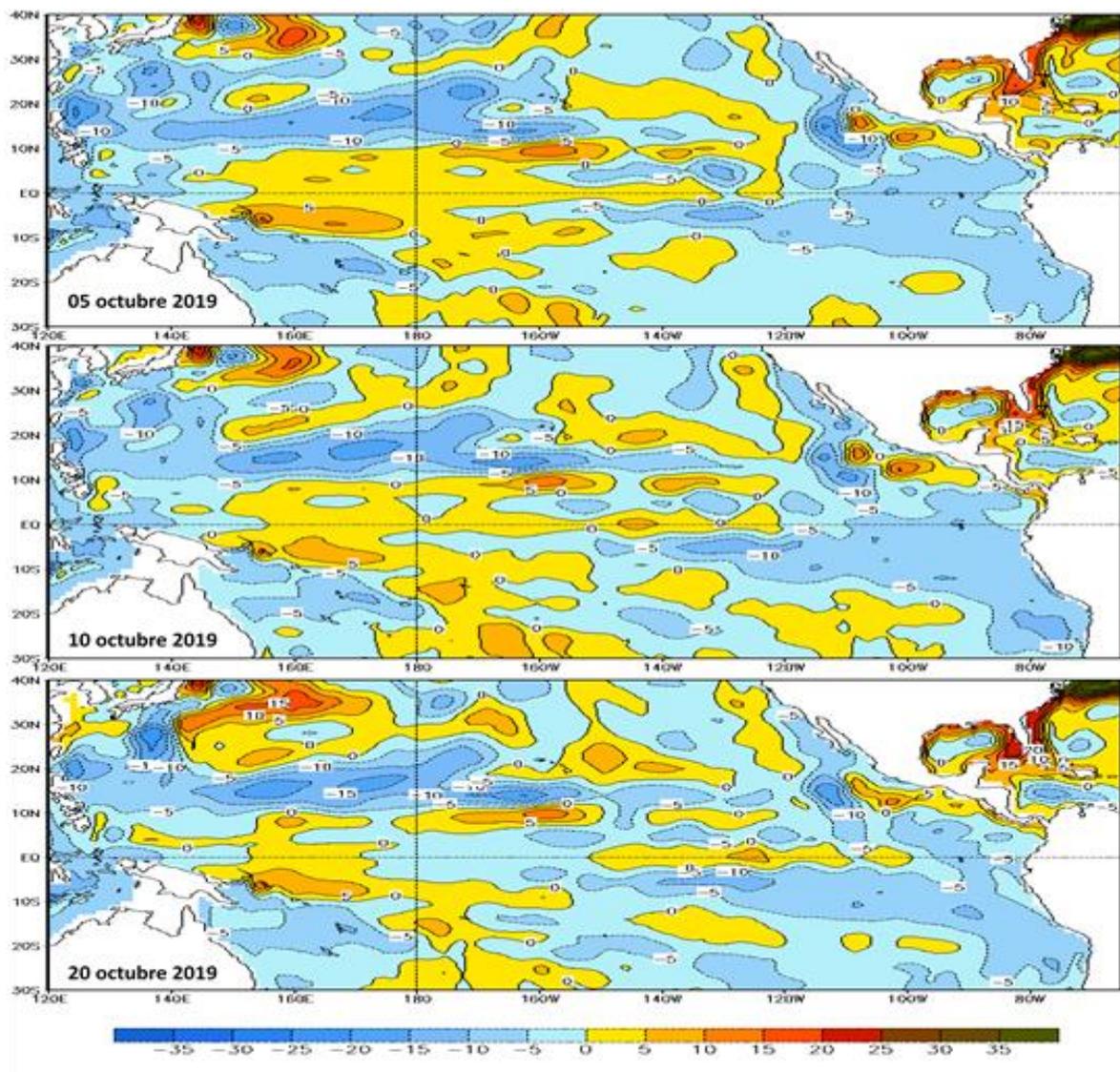


Figura 3.1.2.4. Campos de la anomalía del nivel del mar en el Pacífico tropical, de arriba a abajo, el 05 al 20 de octubre de 2019. . Fuente: GODAS; Climatología 1981–2010.

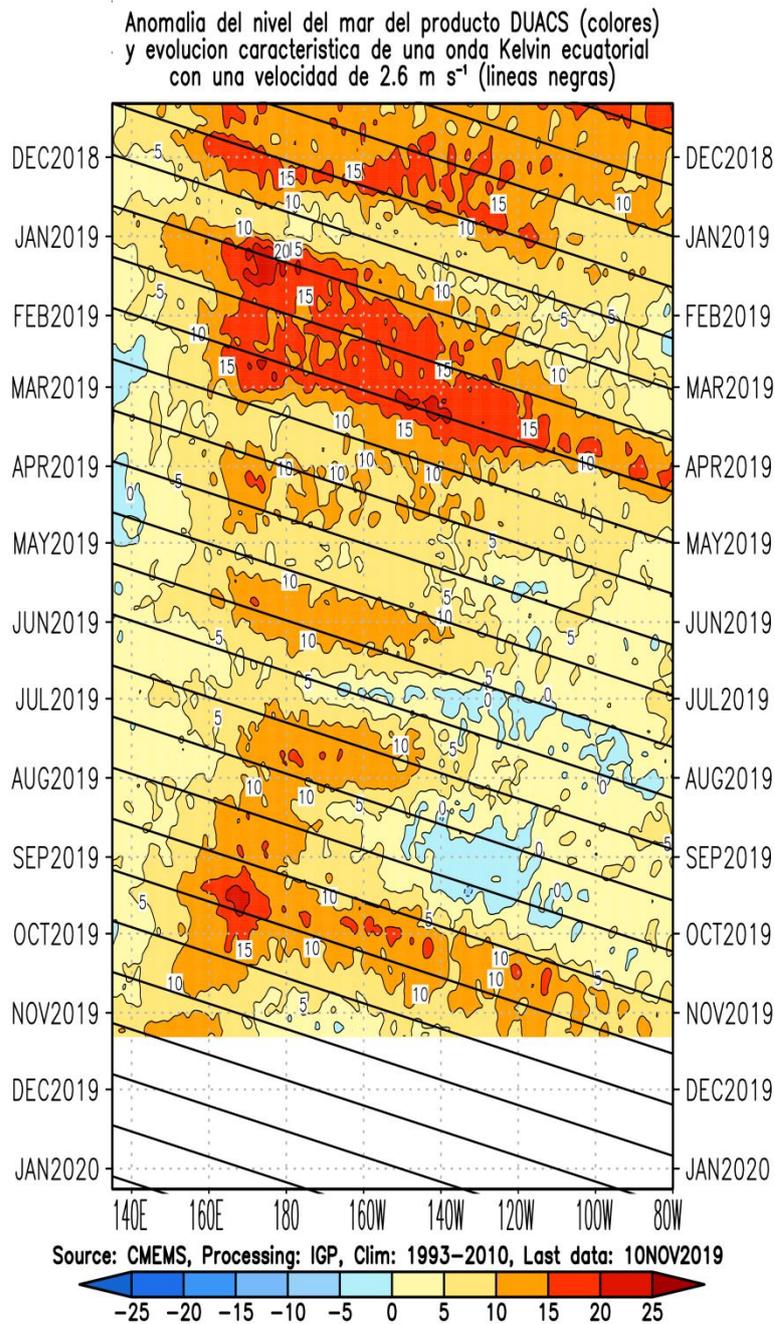


Figura 3.1.2.5. Diagrama longitud – tiempo de la anomalía del nivel medio del mar en el Pacífico ecuatorial usando el producto DUACS. Las líneas diagonales indican la trayectoria teórica de la onda Kelvin si tuviera una velocidad aproximada de 2,6 m/s. Elaboración IGP.

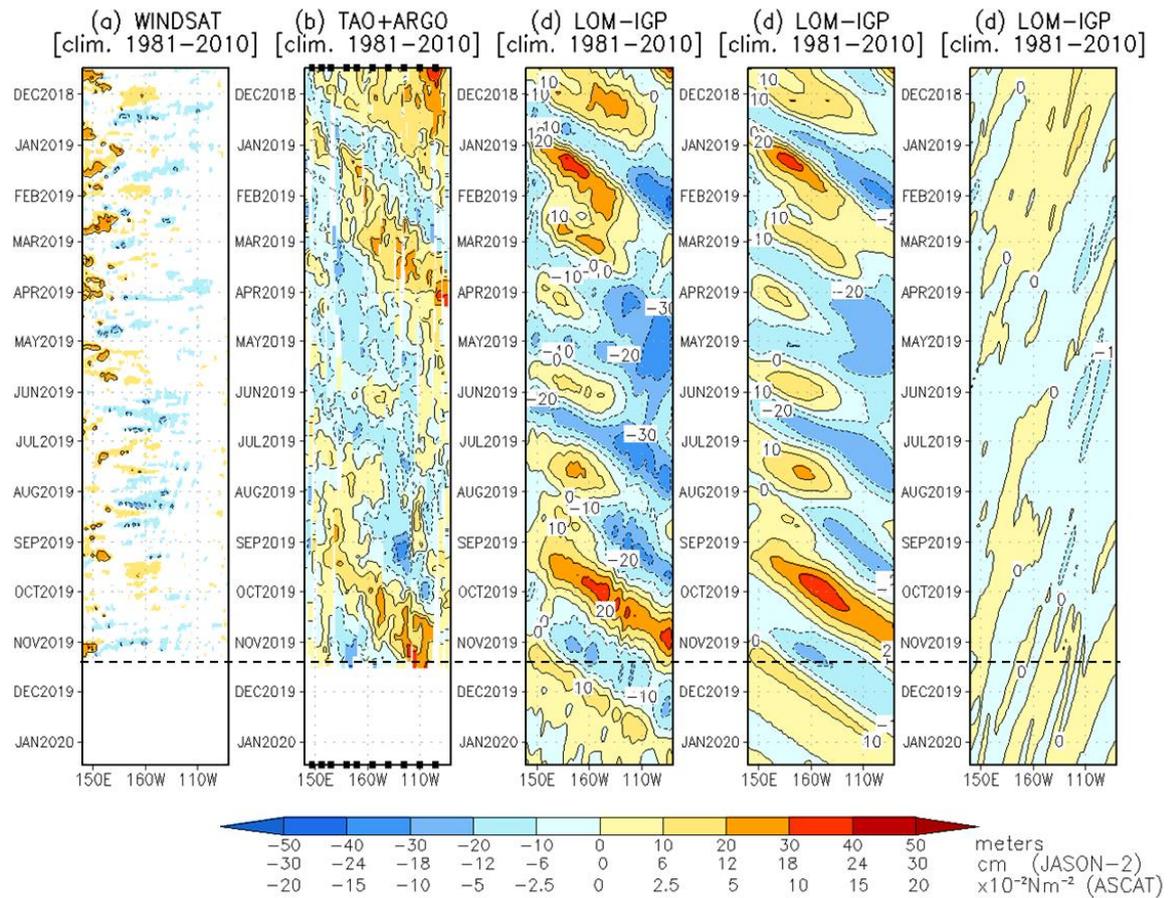


Figura 3.1.2.6. Diagrama longitud-tiempo de las anomalías de esfuerzo de viento zonal ecuatorial basado en datos de WINDSAT (a), anomalía de la profundidad de la isoterma de 20 °C calculado con los datos de TAO y los derivados de ARGO (b), diagrama de la onda Kelvin y Rossby (c), diagrama de la onda Kelvin (d) y finalmente diagrama de la onda Rossby (e), calculada con el modelo LOM-IGP (forzado por WINDSAT, y tau=0 para el pronóstico). Elaboración: IGP.

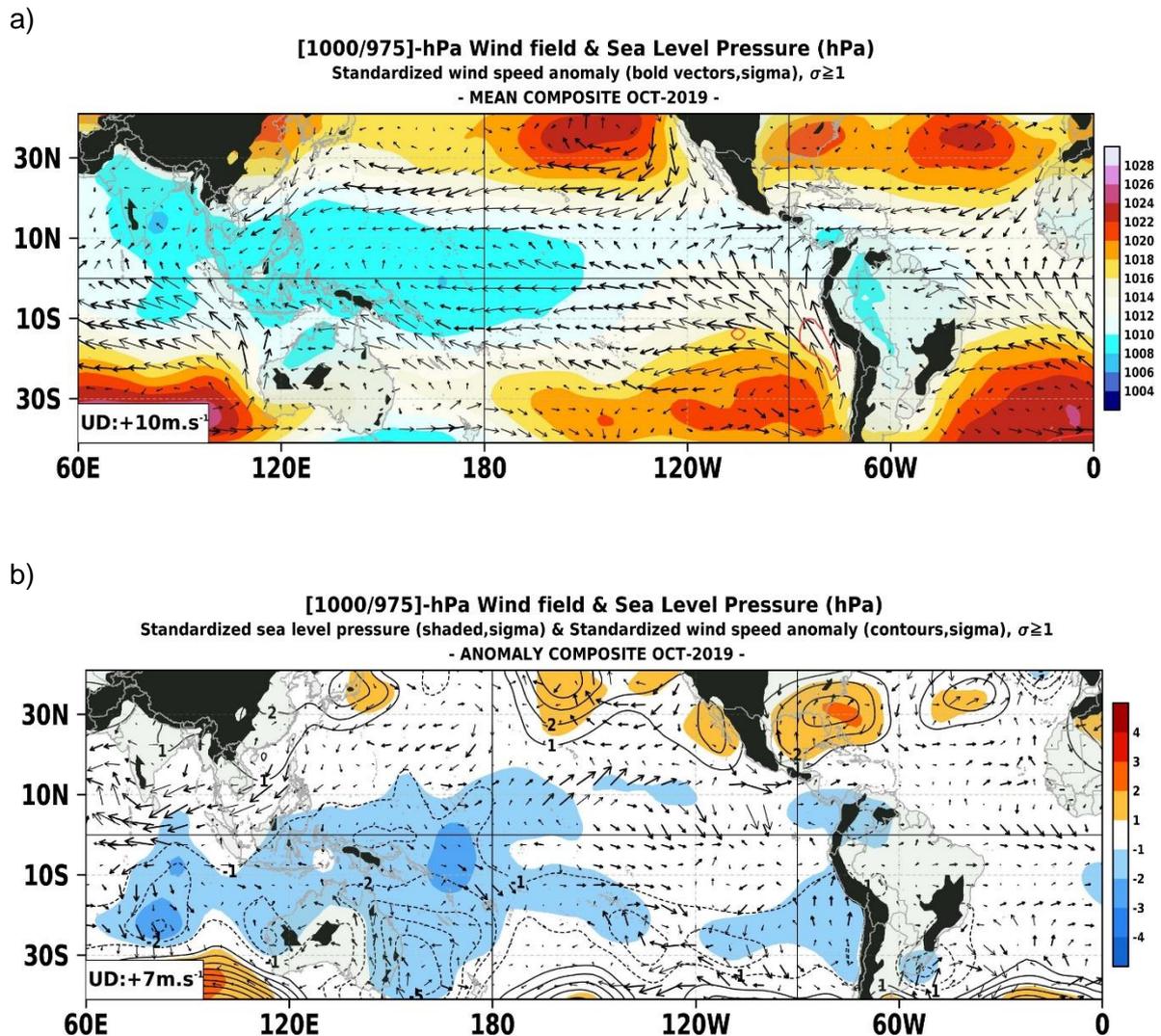


Figura 3.2.1.1. Análisis de superficie para el mes de octubre del 2019. Arriba: Promedio del campo de presión reducida a nivel del mar (PRMSL, hPa) y vientos entre 1000 - 975 hPa (contornos rojos >8 m/s), vectores gruesos representan velocidad estandarizadas, ($\sigma > 1$). Abajo: Anomalías del campo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

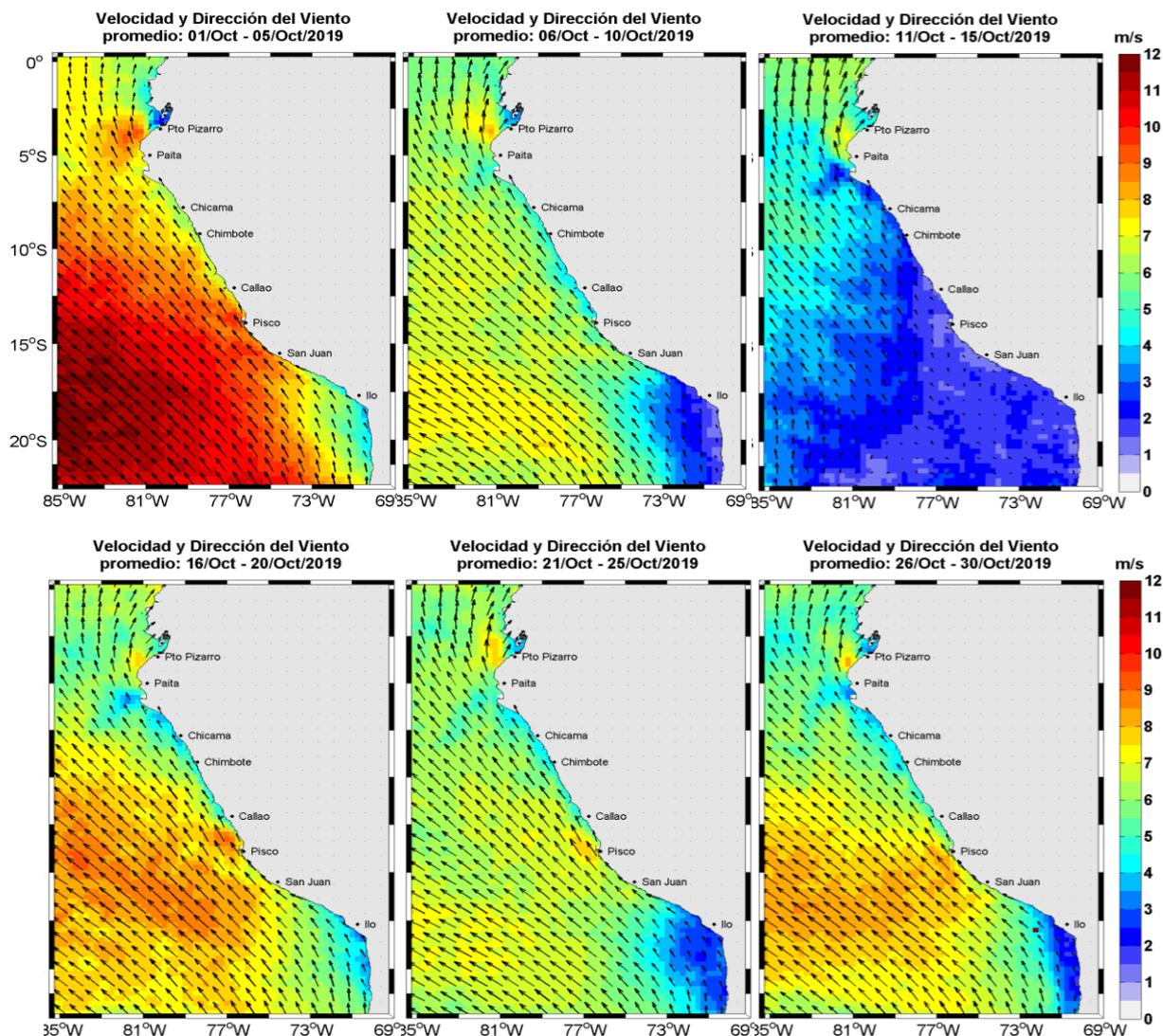


Figura 3.2.1.2. Mapas de la velocidad del viento frente a la costa peruana, durante el mes de octubre de 2019 (Fuente: Satélite ASCAT y productos del modelo GFS (ASCAT disponible hasta el 30 de octubre de 2019 por lo cual la información fue completada con el producto del modelo GFS, previa validación de acuerdo con Correa et al. 2016). Procesamiento: Laboratorio de Hidro-Física Marina, IMARPE). *Actualizada hasta el 30/10/2019.*

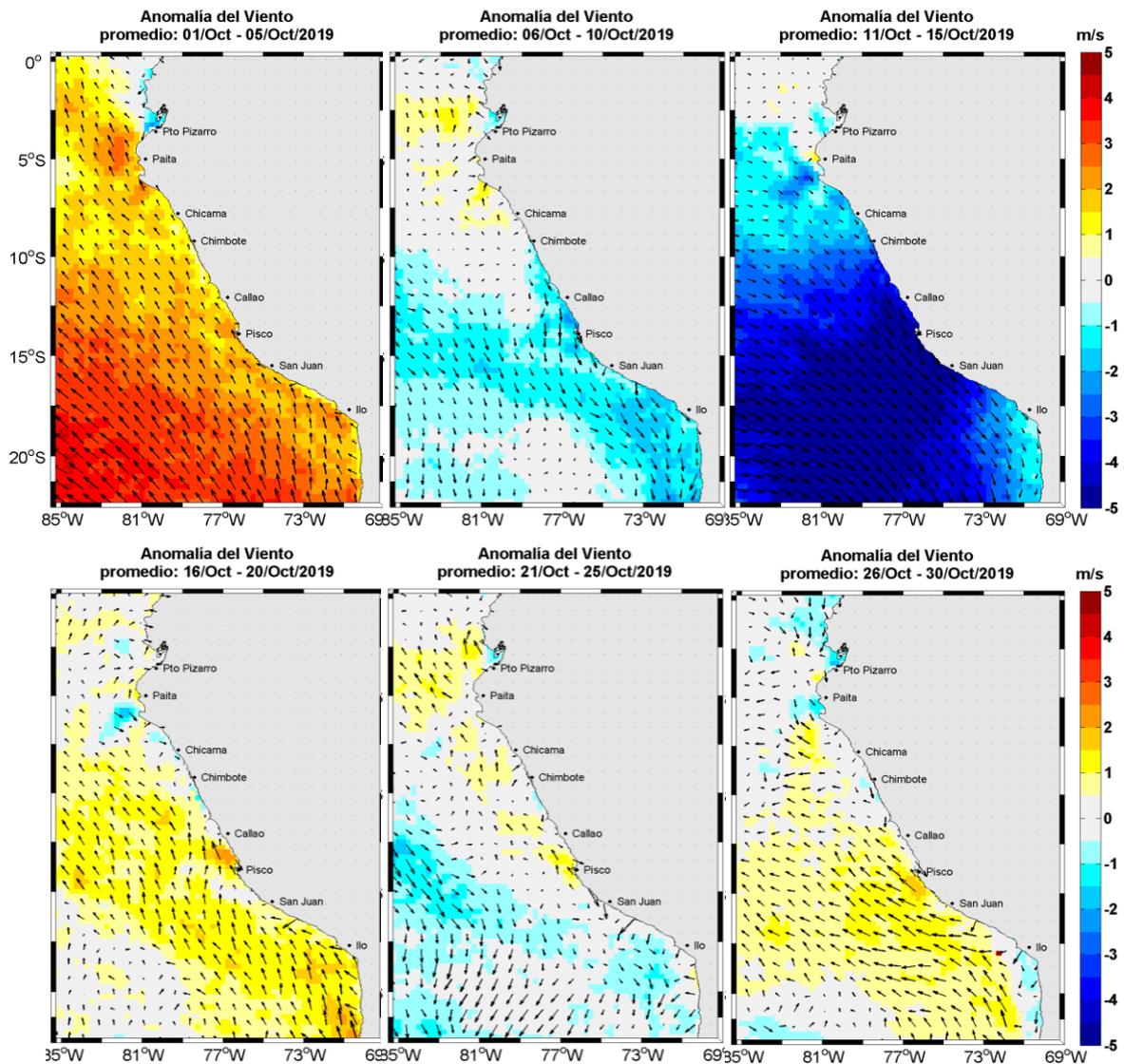


Figura 3.2.1.3. Mapas de anomalía de la velocidad del viento frente a la costa peruana, durante el mes de octubre del 2019 (Fuente: Satélite ASCAT y productos del modelo GFS, Procesamiento: Laboratorio de Hidro-Física Marina, IMARPE). *Actualizada hasta el 30/10/2019.*

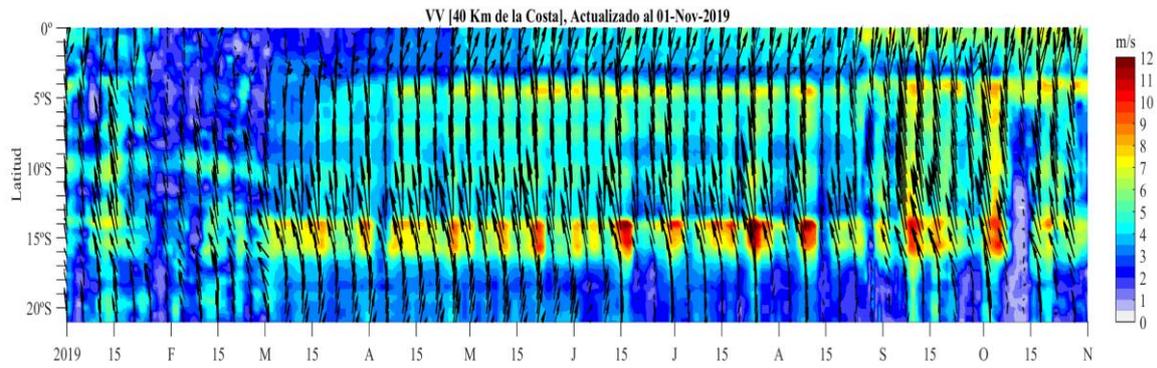


Figura 3.2.1.4 Diagrama Hovmöller de la velocidad del viento a lo largo de la costa peruana (Fuente: Satélite ASCAT, Procesamiento: Laboratorio de Hidro-Física Marina, IMARPE). Actualizada hasta el 01/11/2019.

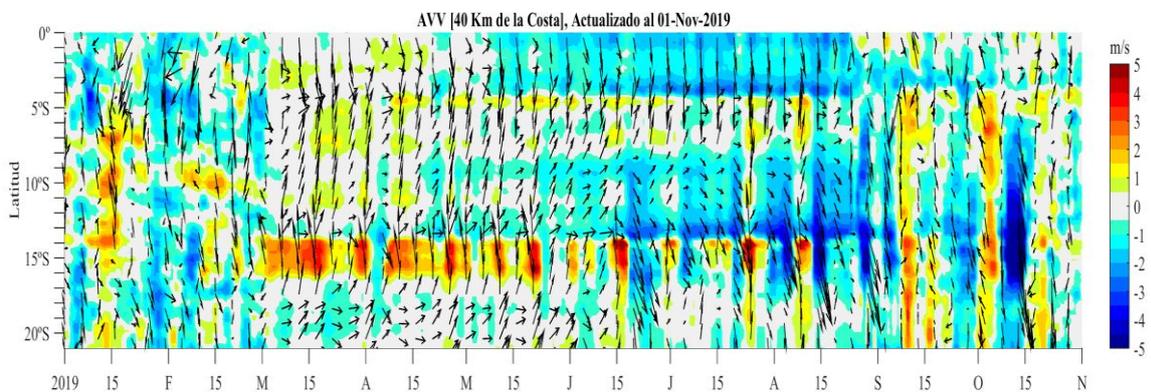


Figura 3.2.1.5. Diagrama Hovmöller de la anomalía del viento a lo largo de la costa peruana (Fuente: Satélite ASCAT, Procesamiento: Laboratorio de Hidro-Física Marina, IMARPE). Actualizada hasta el 01/11/2019.

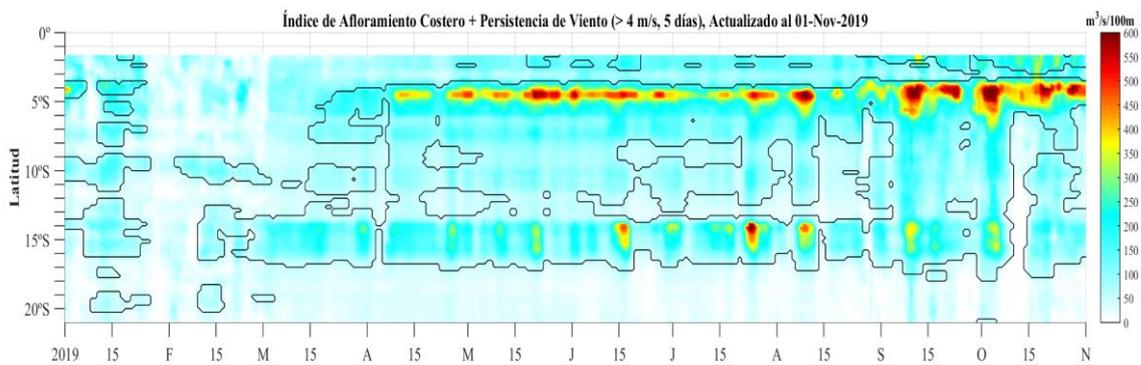


Figura 3.2.1.6. Diagrama de Hovmöller del índice de afloramiento costero ($\text{m}^3/\text{s} \cdot 100\text{m}$), calculado a partir del viento satelital ASCAT a 40 km frente a la costa del Perú. Los contornos señalan la persistencia del afloramiento bajo condiciones de velocidad a 4 m/s durante 5 días o más. Fuente: Satélite ASCAT, Procesamiento: Laboratorio de Hidro-Física Marina, IMARPE. Actualizada hasta el 01/11/2019.

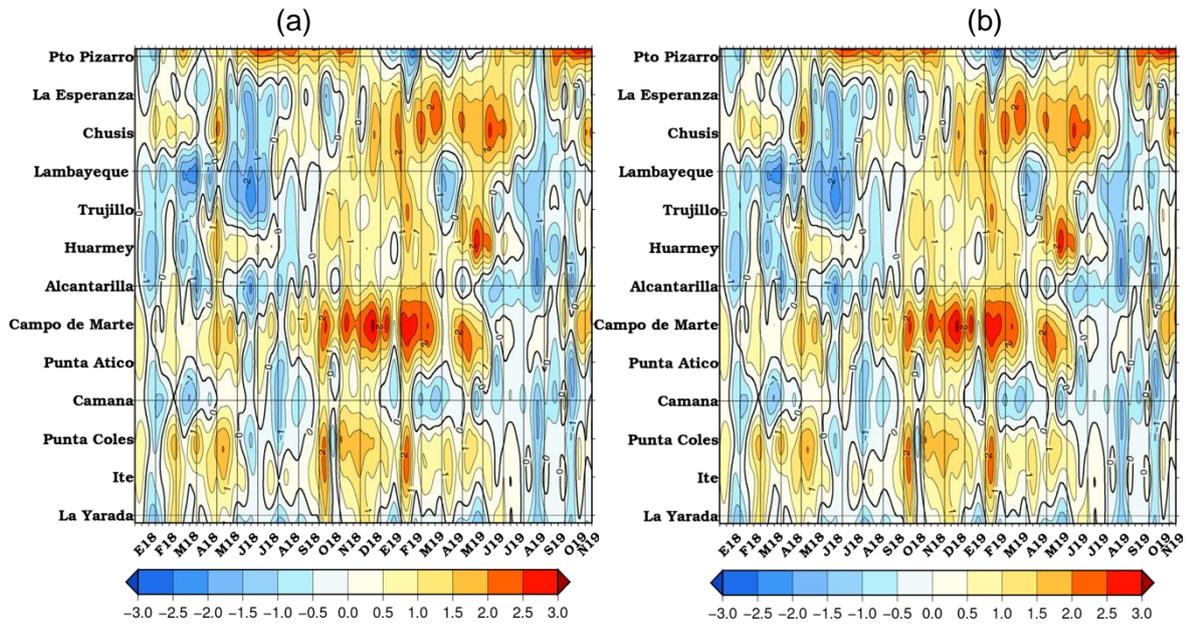


Figura 3.2.2.1. Anomalías de las temperaturas extremas del aire Tmax (a) y Tmin (b) para estaciones costeras a lo largo del litoral del Perú distribuidas desde el norte hacia el sur. Fuente: SPC/SENAMHI

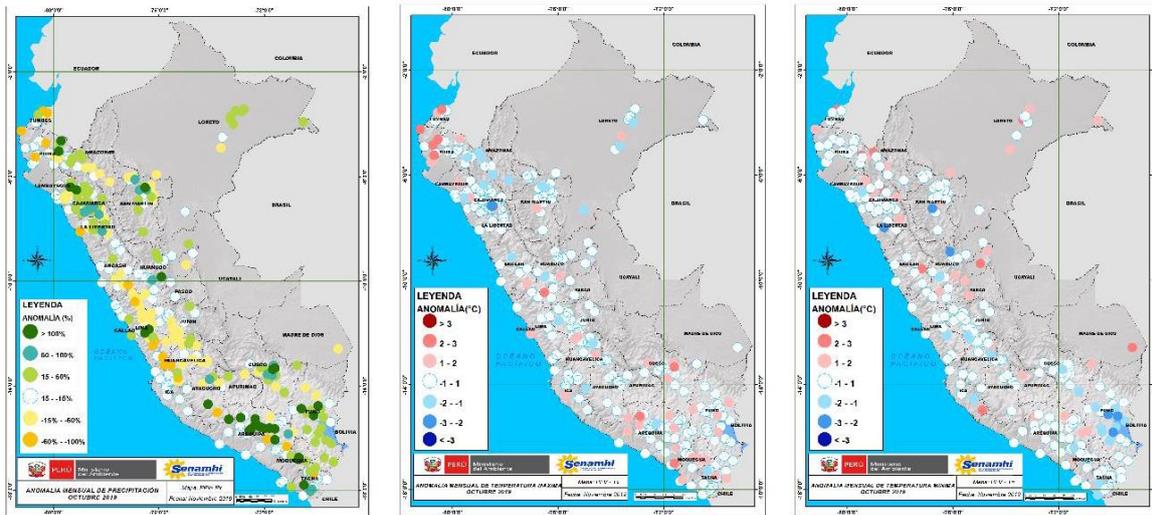


Figura 3.2.3.1. Mapas de anomalías térmicas y pluviométricas a nivel nacional para el mes de octubre de 2019. Las anomalías porcentuales de la precipitación, temperatura máxima, y temperatura mínima se muestran en el panel de la izquierda, el centro y la derecha, respectivamente. Fuente: SPC/SENAMHI.

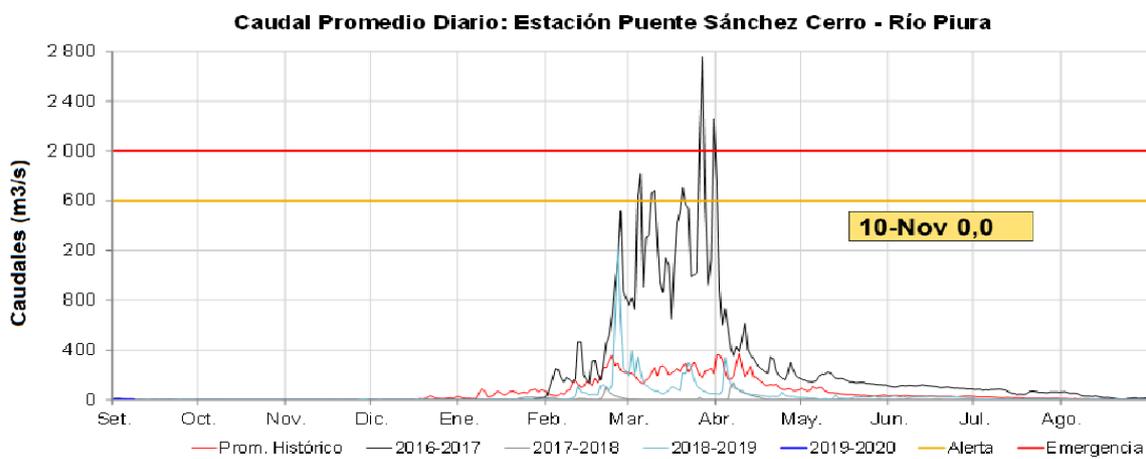
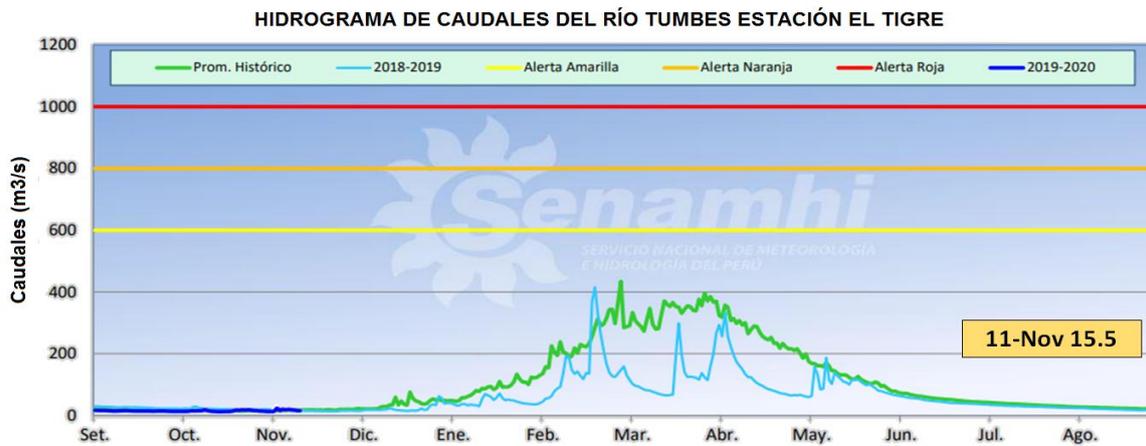


Figura 3.2.3.2 Caudales diarios (m³/s) de los principales ríos del norte del Perú: Tumbes (panel superior), Piura (panel central) y Lambayeque (panel inferior), hasta los primeros días de noviembre de 2019. Las líneas azules indican caudales de los años 2019-2020, rojas: Promedio histórico; celeste: promedio de años húmedos y líneas grises: promedio de años secos. Fuente datos: SENAMHI/ Procesamiento: ANA

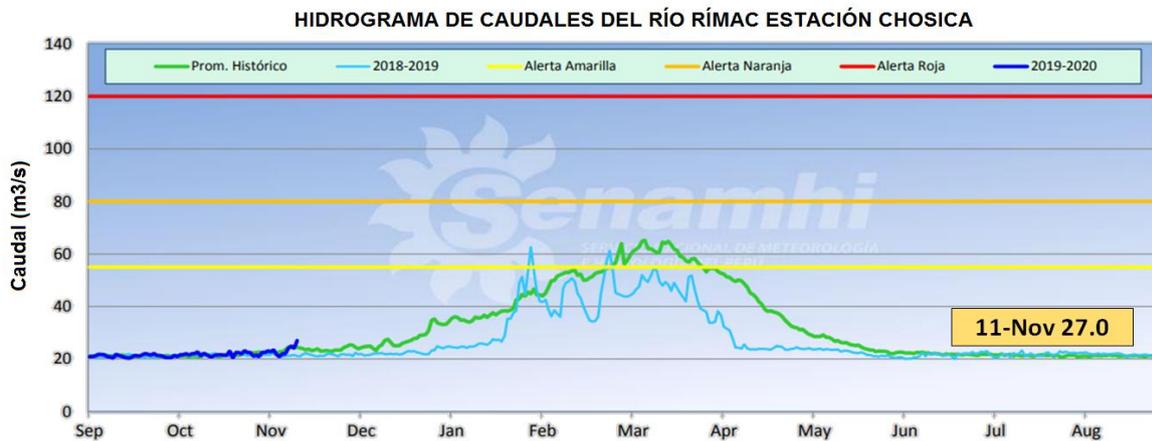
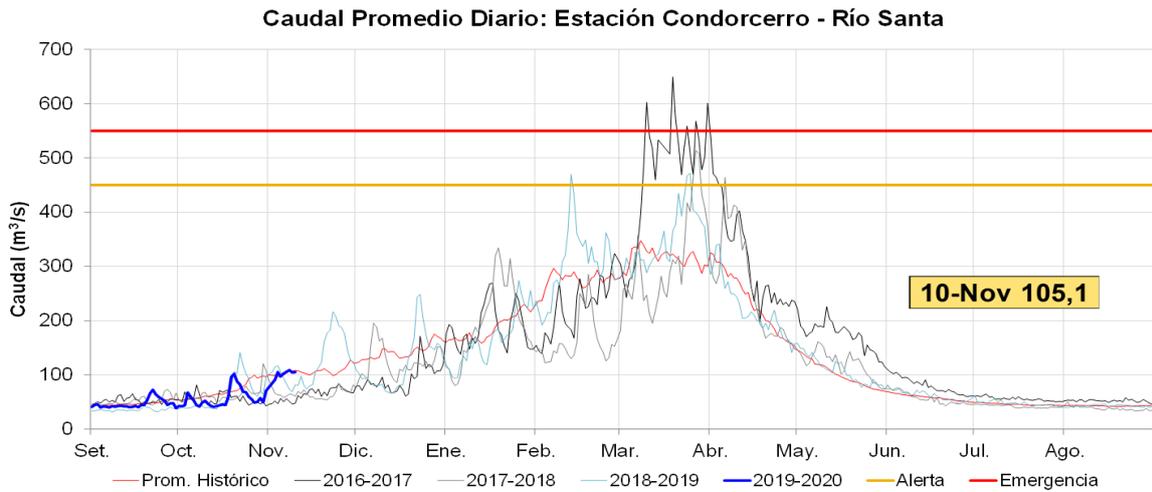


Figura 3.2.3.3 Caudales diarios (m^3/s) de principales ríos del centro del Perú: Santa (panel superior), Chillón (panel central) y Rímac (panel inferior), hasta los primeros días de noviembre de 2019. Líneas azules: caudales de los años 2019-2020, rojas: Promedio histórico; celeste: promedio de años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

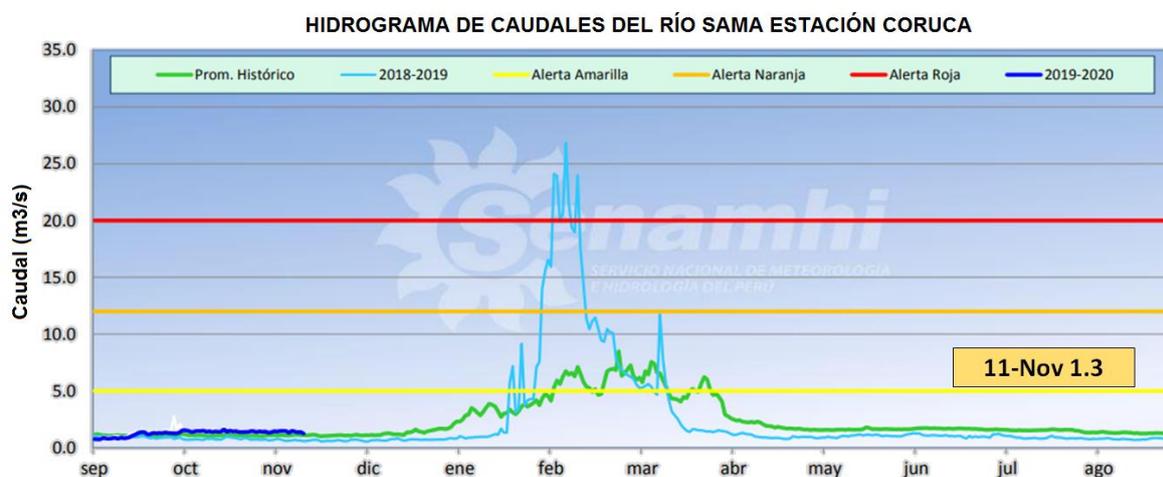
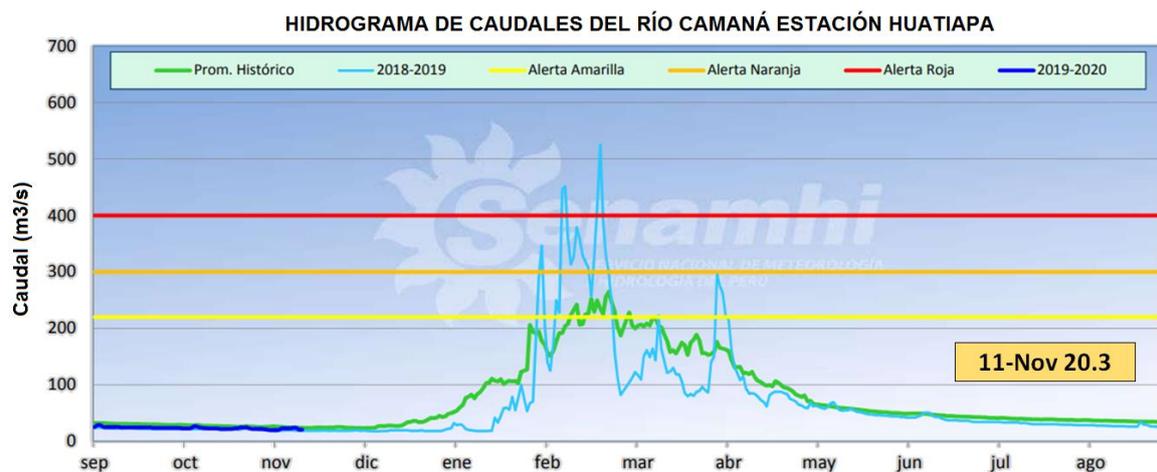
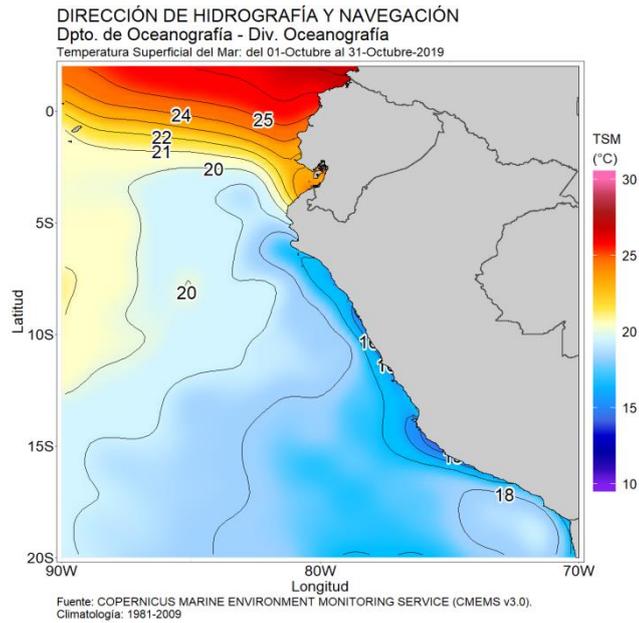


Figura 3.2.3.4 Caudales diarios (m^3/s) de principales ríos del sur del Perú: Camaná (panel superior) y Sama (panel inferior), hasta los primeros días de noviembre de 2019. Líneas azules: caudales de los años 2019-2020, rojas: Promedio histórico; celeste: promedio de años húmedos y líneas grises: promedio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

a)



b)

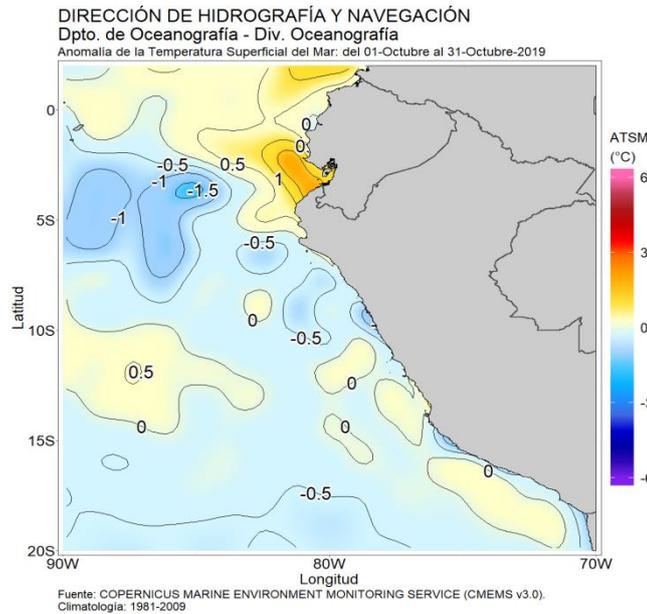


Figura 3.2.4.1. (a) TSM promedio para octubre de 2019 y (b) anomalía, frente a la costa peruana y ecuatoriana. Climatología 1981 – 2009 (Pathfinder V5). Fuente Datos OSTIA, Procesamiento y gráfico: DIHIDRONAV.

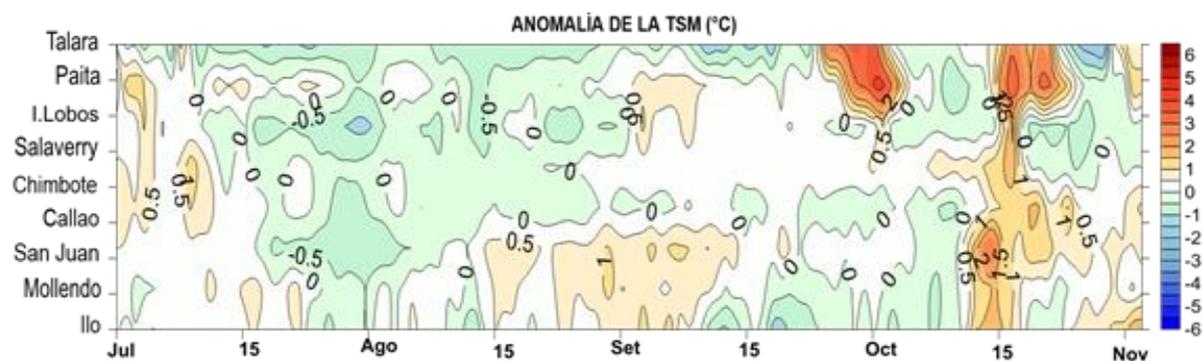


Figura 3.2.4.2. Diagrama Hovmöller de las anomalías de la TSM en el litoral de Perú. Desde julio hasta los primeros días de noviembre de 2019. Climatología 1981 – 2010 DIHIDRONAV. Fuente: DIHIDRONAV.

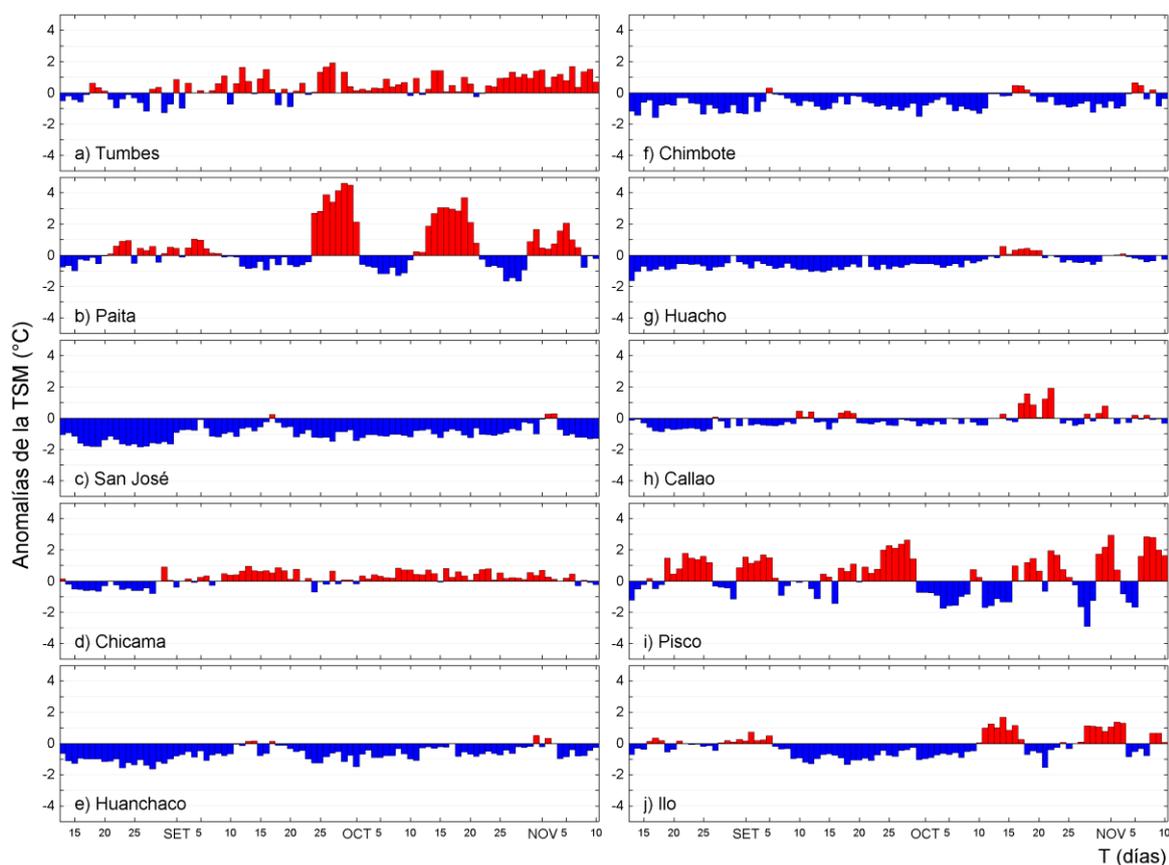


Figura 3.2.4.3. Series temporales del promedio diario de las anomalías de la TSM (°C) en la red de estaciones costeras del IMARPE durante el último trimestre al 10 de noviembre del 2019. Datos y procesamiento: IMARPE.

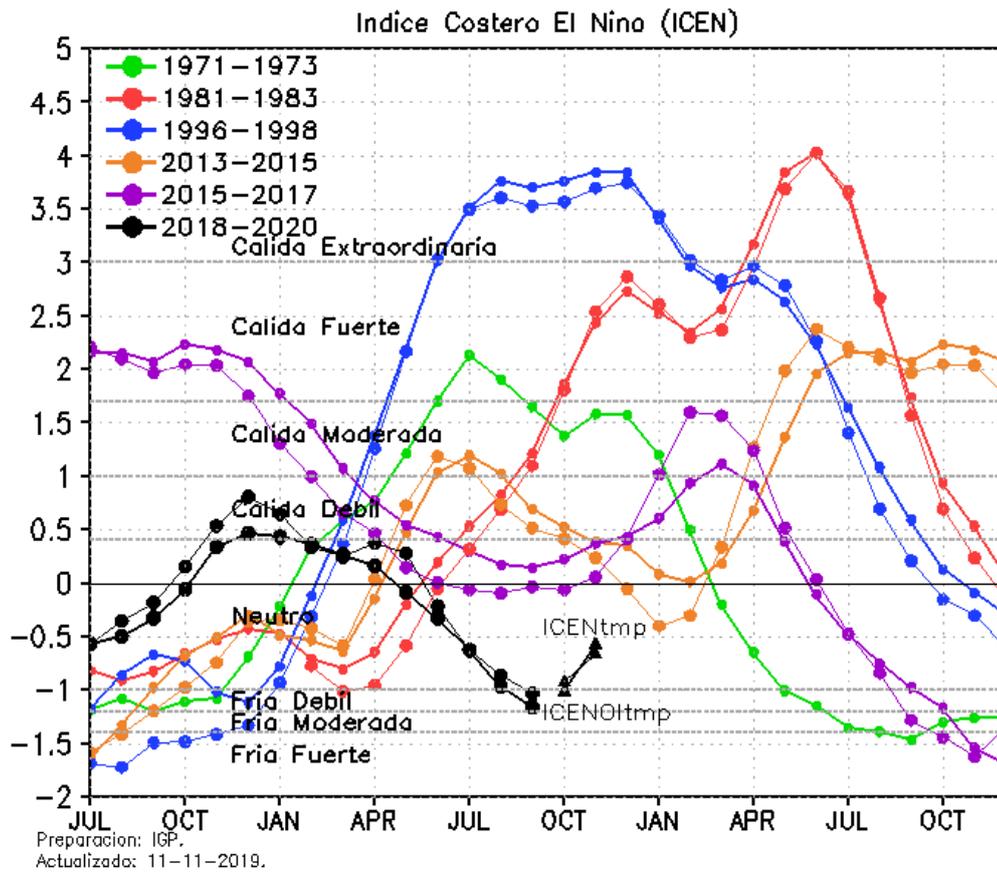


Figura 3.2.4.4 Variabilidad temporal ICEN para los años 1971-1973 (verde), 1981-1983 (rojo), 1996-1998 (azul), 2013-2015 (anaranjado), 2015-2017 (morado), y 2017-2019 (negro). Fuente: IGP

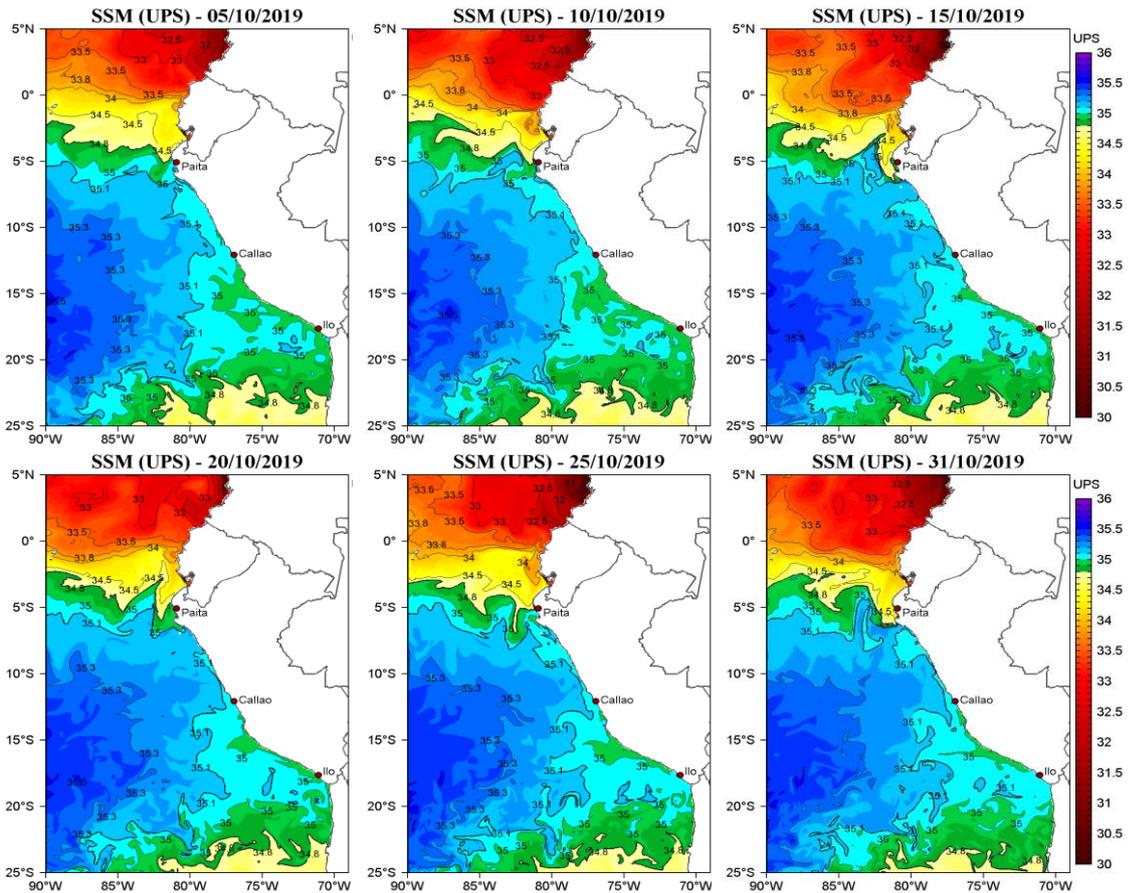


Figura 3.2.4.5. Distribución espacial de la salinidad superficial del mar (SSM), durante los días (de izquierda a derecha y de arriba a abajo) 05, 10, 15, 20, 25 y 31 de octubre de 2019. Fuente: HYCOM, Procesamiento: DGIOCC-IMARPE.

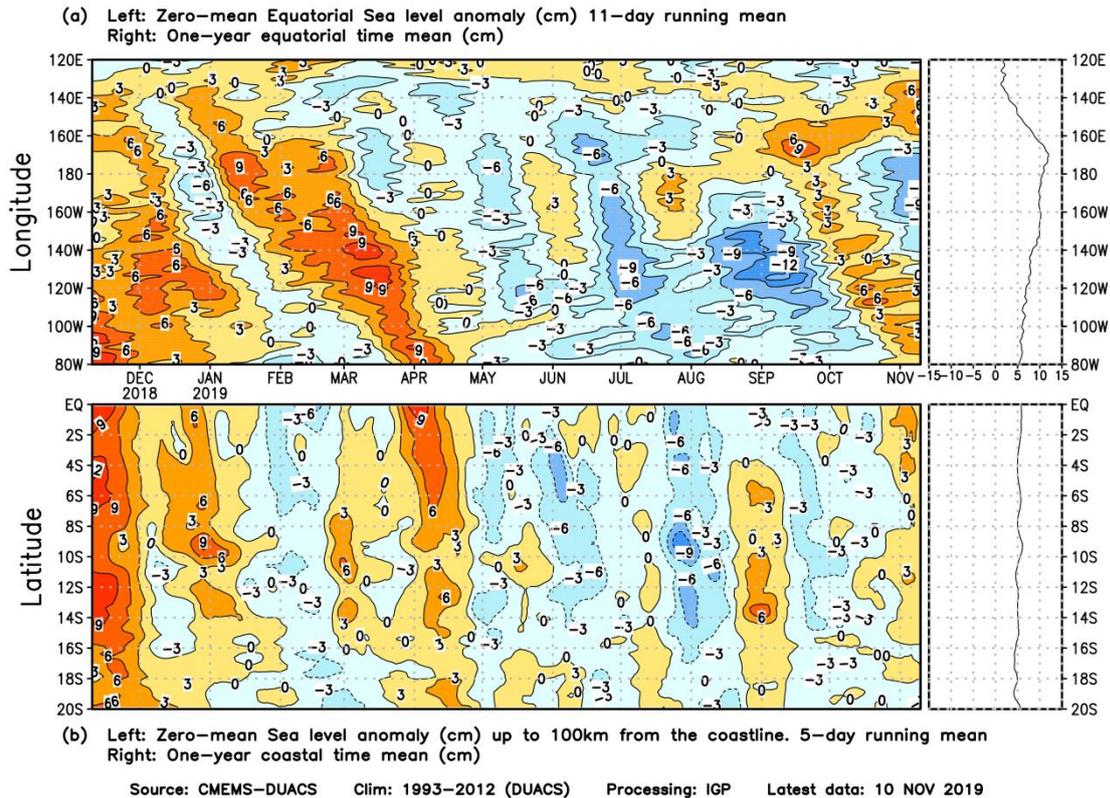


Figura 3.2.4.6. Anomalía centrada del nivel del mar a lo largo de la franja ecuatorial (Figura superior izquierda) y a lo largo de la costa peruana (Figura inferior izquierda). A la derecha se muestra el promedio de los últimos 365 días en la franja ecuatorial (superior) y a lo largo de la costa (inferior),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

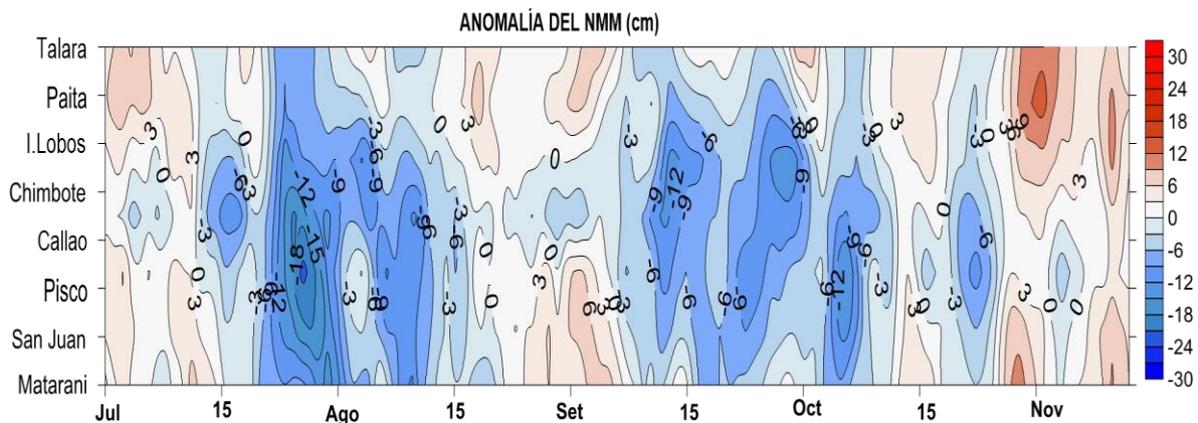


Figura 3.2.4.7. Diagrama Hovmöller de las anomalías del nivel medio del mar en el litoral de Perú. De julio hasta noviembre de 2019. Climatología 1981 – 2010 DIHIDRONAV Fuente: DIHIDRONAV.

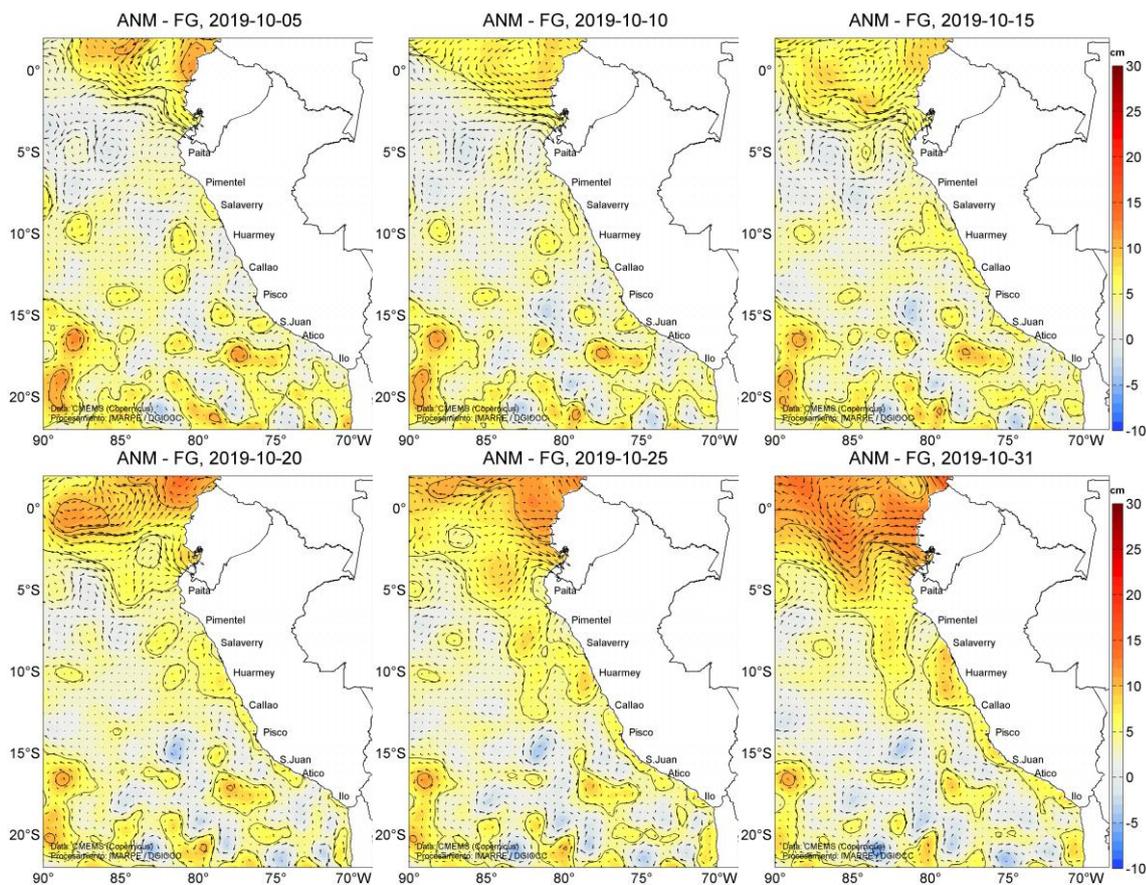


Figura 3.2.4.8. Anomalia de altura del nivel medio del mar (cm) y corrientes geostóficas, cada cinco días para todo el mes de octubre 2019. Fuente: CMEMS, Procesamiento: IMARPE.

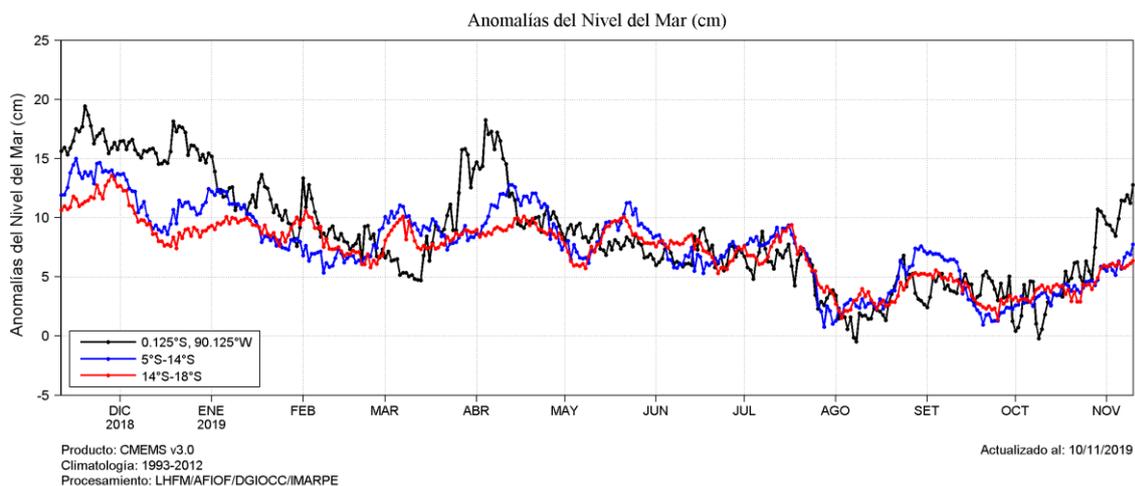


Figura 3.2.4.9. Variación temporal de la ANMM, dentro de las 60 mn de la costa y en la zona de Galápagos, durante un año hasta los primeros días de noviembre de 2019. Fuente: CMEMS, Procesamiento: IMARPE.

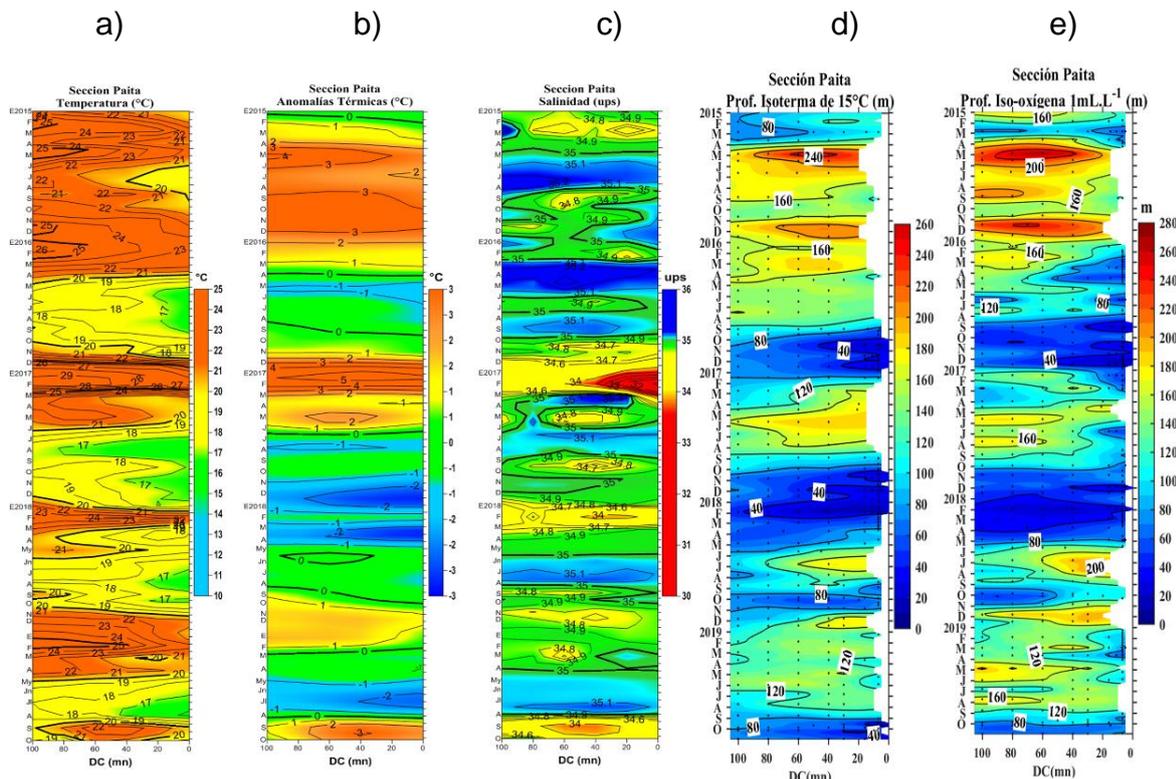


Figura 3.2.5.1. Diagrama Hovmöller de a) TSM, b) anomalía de la TSM, c) SSM, d) Profundidad de la isoterma de 15 °C (m), y e) Profundidad de la iso-oxigena de 1 mL.L⁻¹ (m) de las secciones verticales frente a Paitya, registrado desde enero de 2015 hasta octubre de 2019.

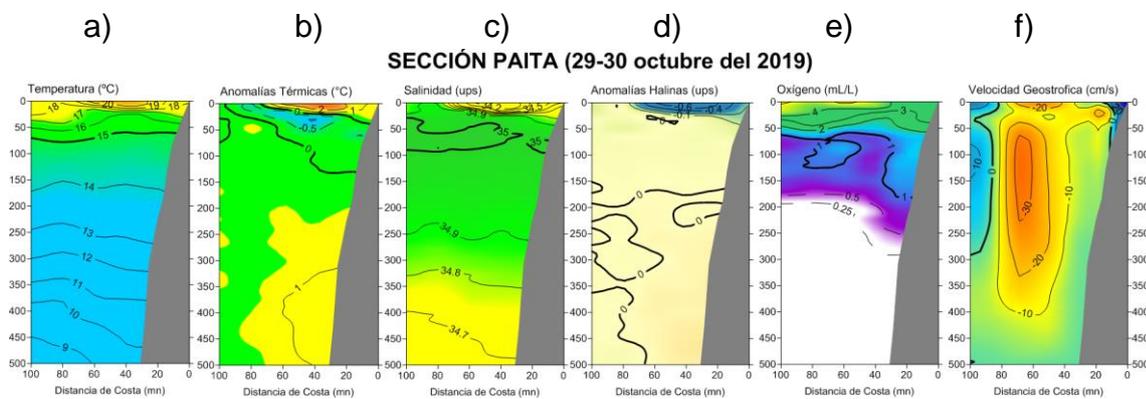


Figura 3.2.5.2. Distribución vertical de: a) temperatura (°C), b) anomalía de temperatura (°C), c) salinidad (ups), d) anomalía de salinidad (ups), e) oxígeno (mL.L⁻¹) y f) velocidad geostrófica (cm/s) frente a Paitya, realizada durante el 29 y 30 de octubre de 2019. Fuente: IMARPE.

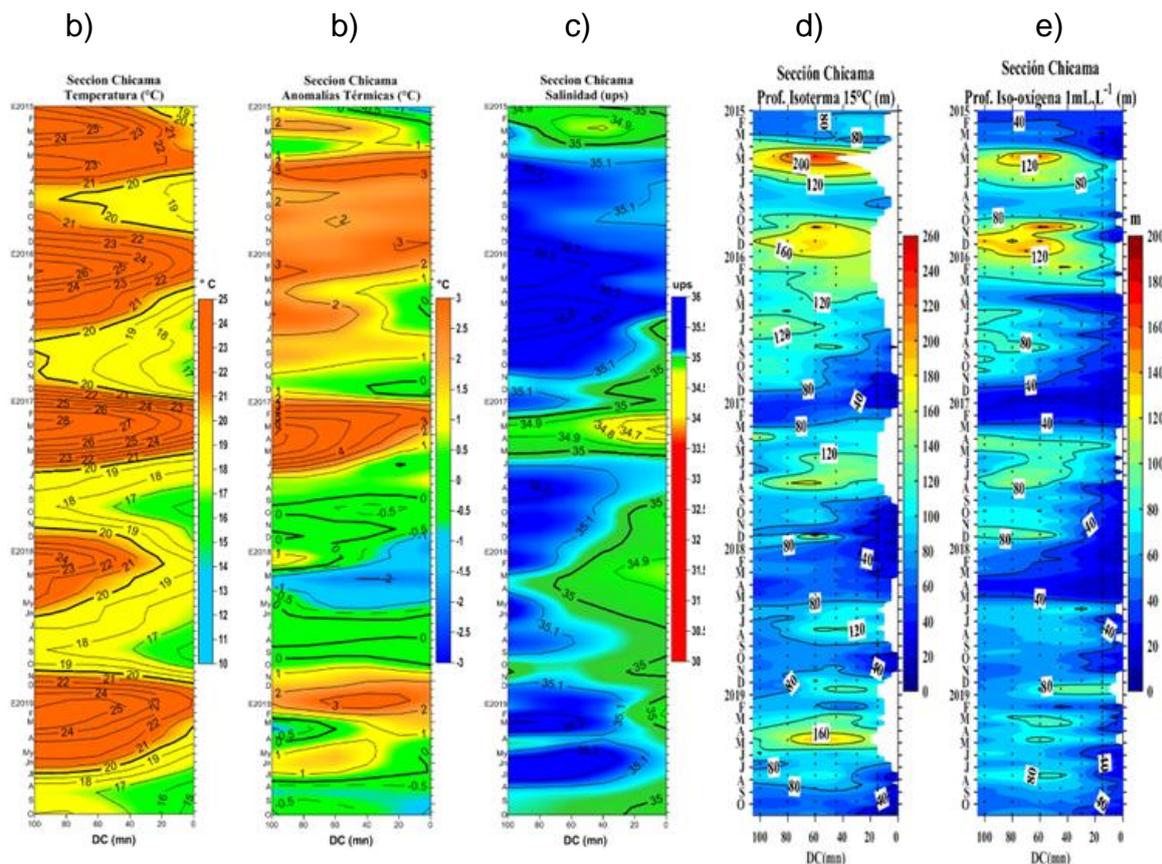


Figura 3.2.5.3. Diagrama Hovmöller de a) TSM, b) anomalía de la TSM, c) SSM, d) profundidad de la isoterma de 15 °C (m) y e) Profundidad de la iso-oxigena de 1 mL.L⁻¹ (m) de las secciones verticales frente a Chicama, registrado desde enero de 2015 hasta octubre de 2019.

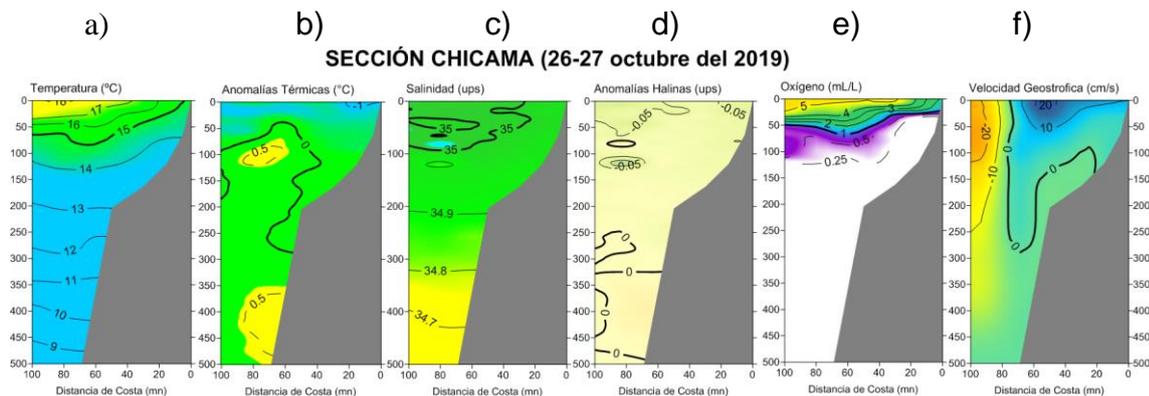


Figura 3.2.5.4. Distribución vertical de: a) Temperatura superficial del mar (°C), b) Anomalía de temperatura superficial del mar (°C), c) Salinidad superficial del mar (ups), d) Anomalía de salinidad superficial del mar (ups), e) Oxígeno (mL.L⁻¹) y f) Velocidad geostrofica (cm/s) frente a Chicama, realizada durante el 26 y 27 de octubre de 2019. Fuente: IMARPE.

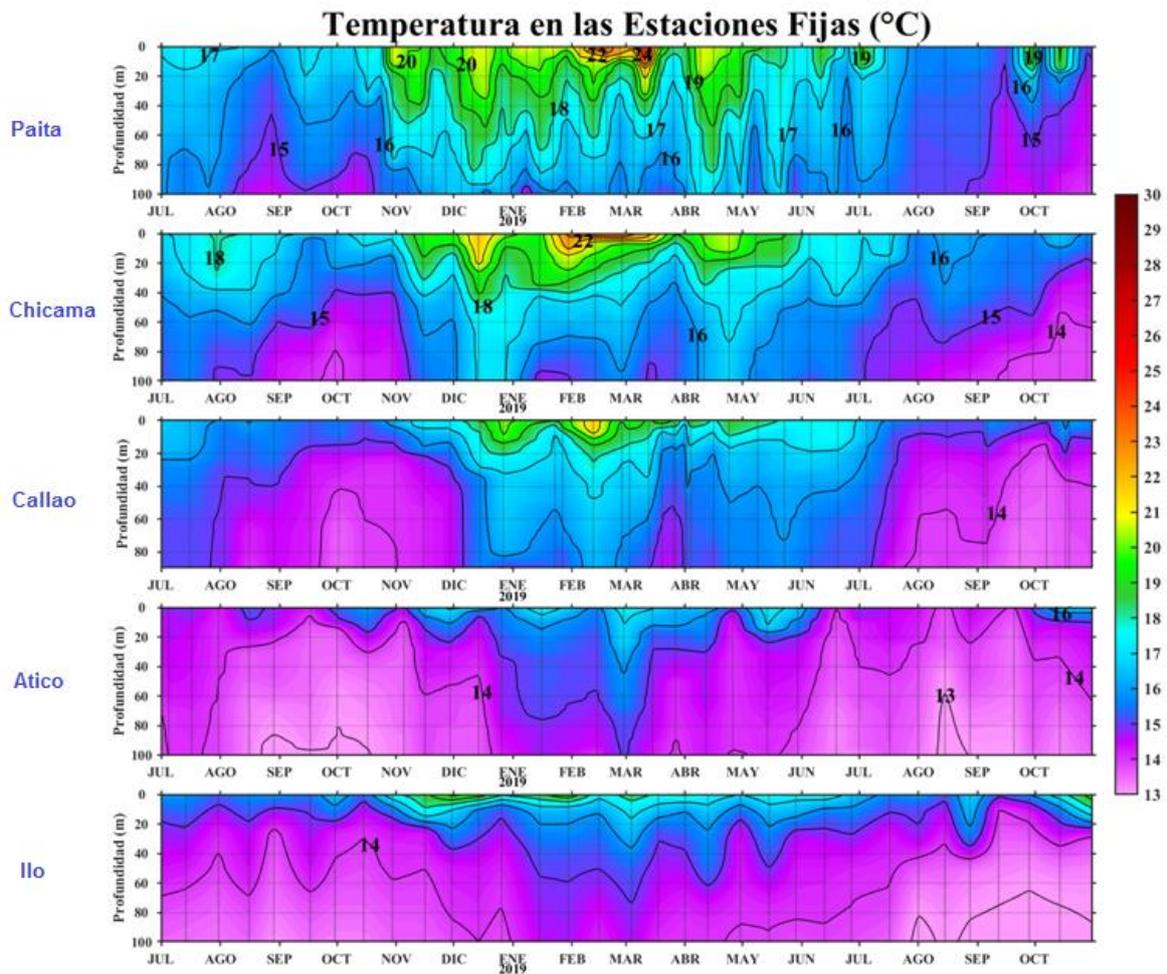


Figura 3.2.5.5. Series de tiempo, de julio de 2018 a octubre de 2019, de la estructura térmica vertical (°C) en las Estaciones Fijas de: Paíta, Chicama, Callao, Atico e Ilo.

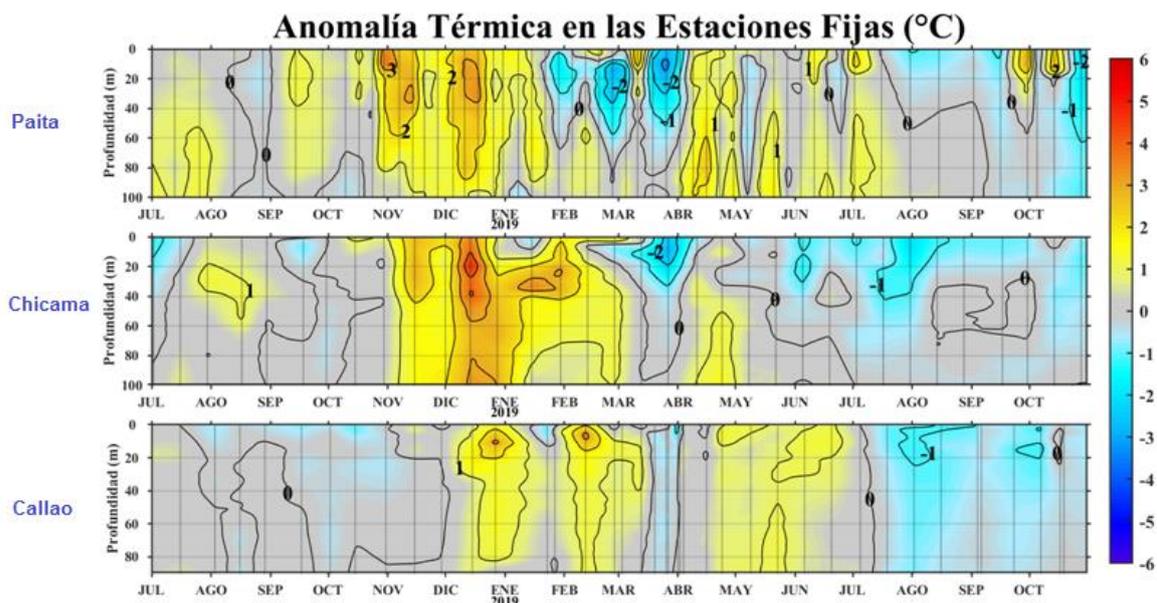


Figura 3.2.5.6. Series de tiempo, de julio de 2018 hasta octubre de 2019, de la anomalía térmica vertical (°C) en las Estaciones Fijas de: Paita, Chicama y Callao.

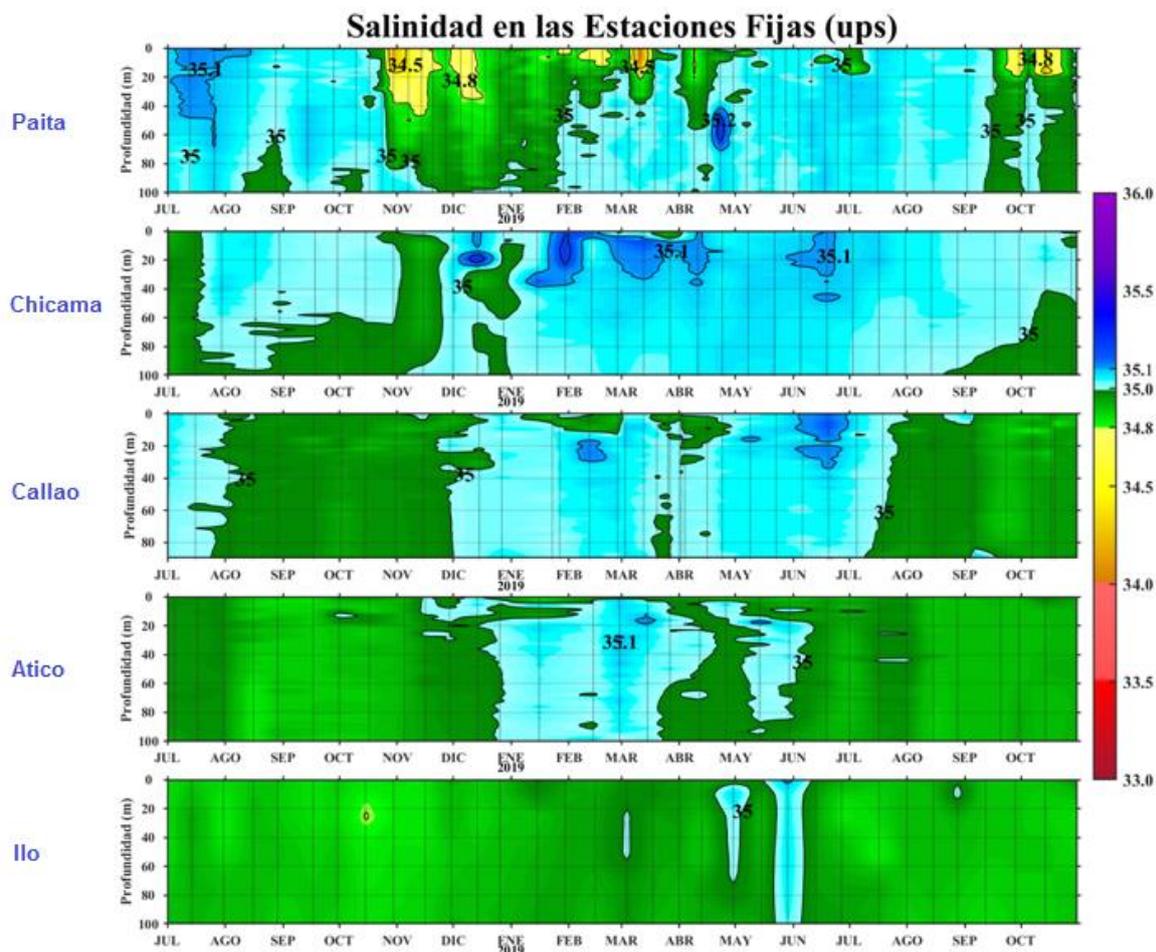


Figura 3.2.5.7. Series de tiempo, de julio de 2018 a octubre de 2019, de la salinidad del agua de mar (ups) en las Estaciones Fijas de: Paita, Chicama, Callao, Atico e Ilo.

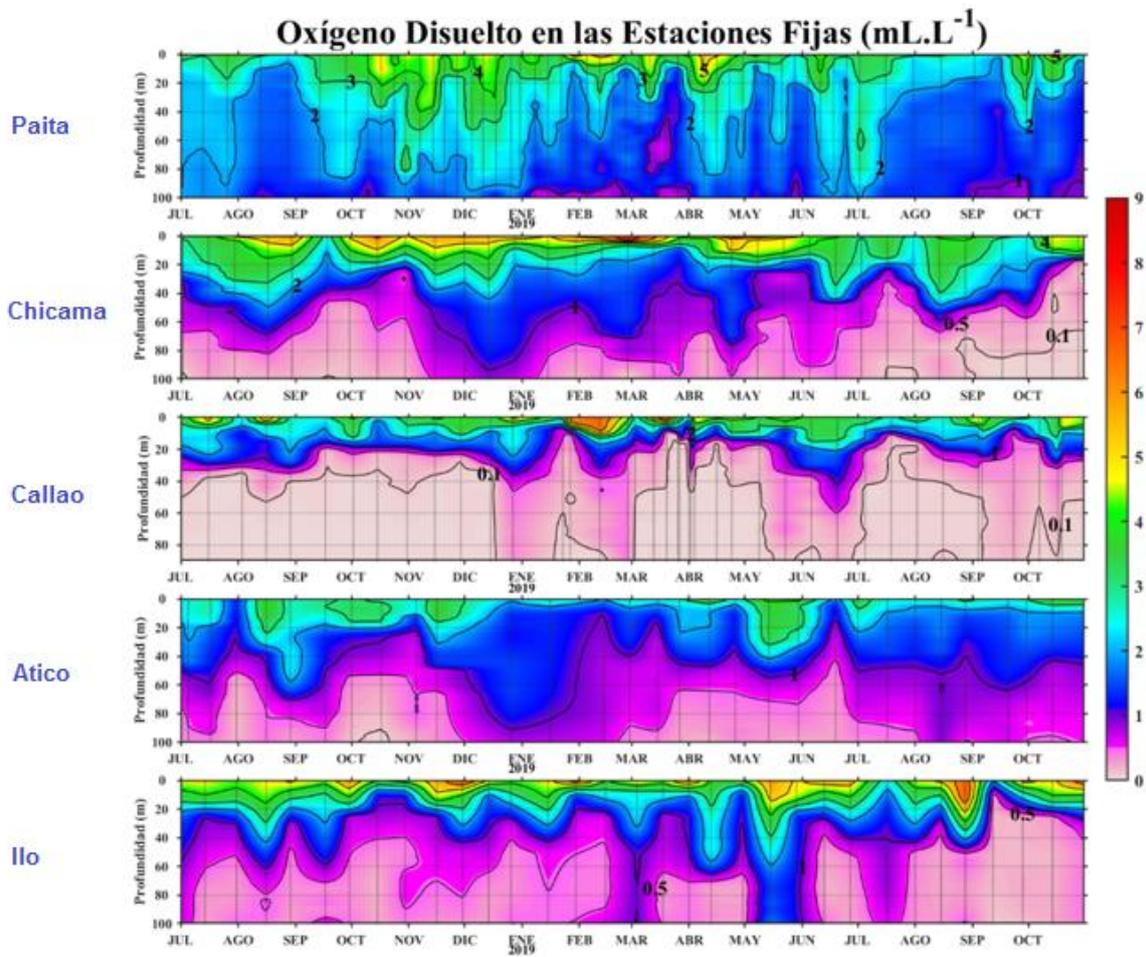


Figura 3.2.5.8. Series de tiempo, de julio de 2018 hasta octubre de 2019, de la concentración de oxígeno disuelto (mL.L⁻¹) en las Estaciones Fijas de Paíta, Chicama, Callao, Atico e Ilo.

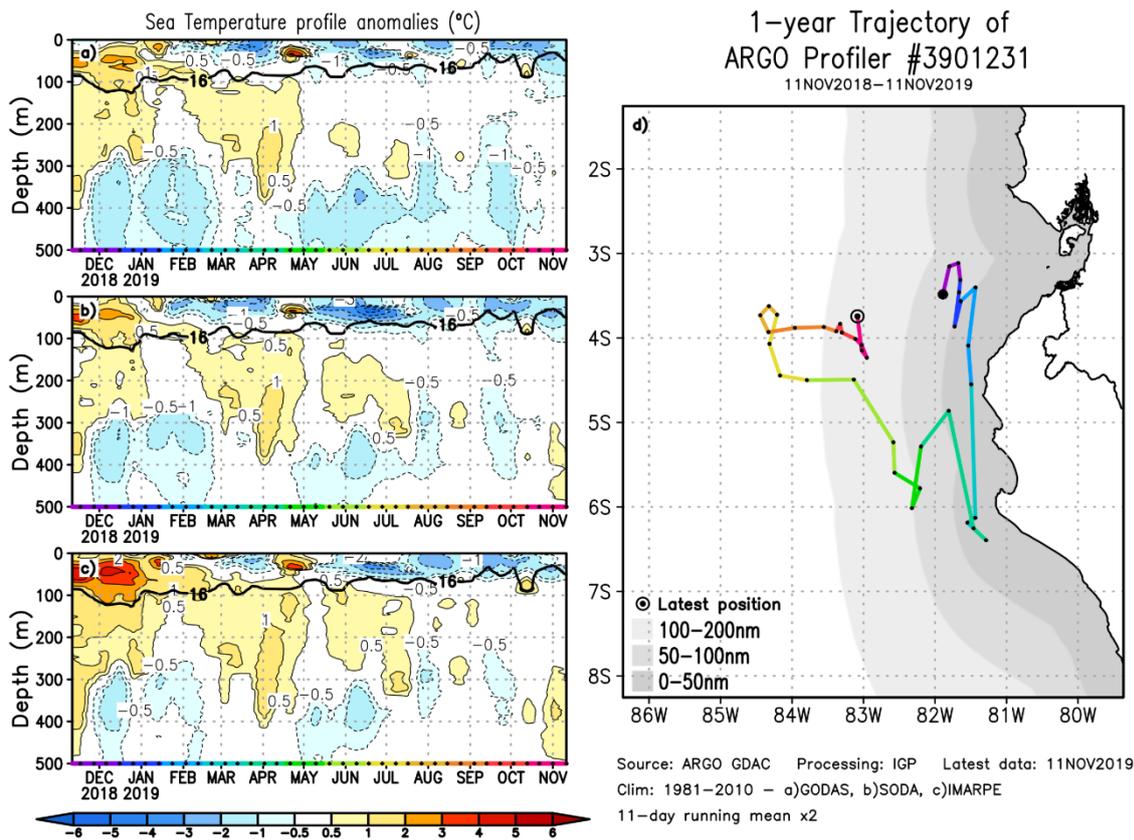


Figura 3.2.5.9. (Izquierda) Perfiles verticales de anomalía de la temperatura del mar hasta los 500 metros de profundidad calculada de los datos del flotador ARGO No. 3901231. Esta anomalía se calcula en base a la climatología (1981-2010) de: (a) GODAS, (b) SODA e (c) IMARPE. (Derecha) Trayectoria del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

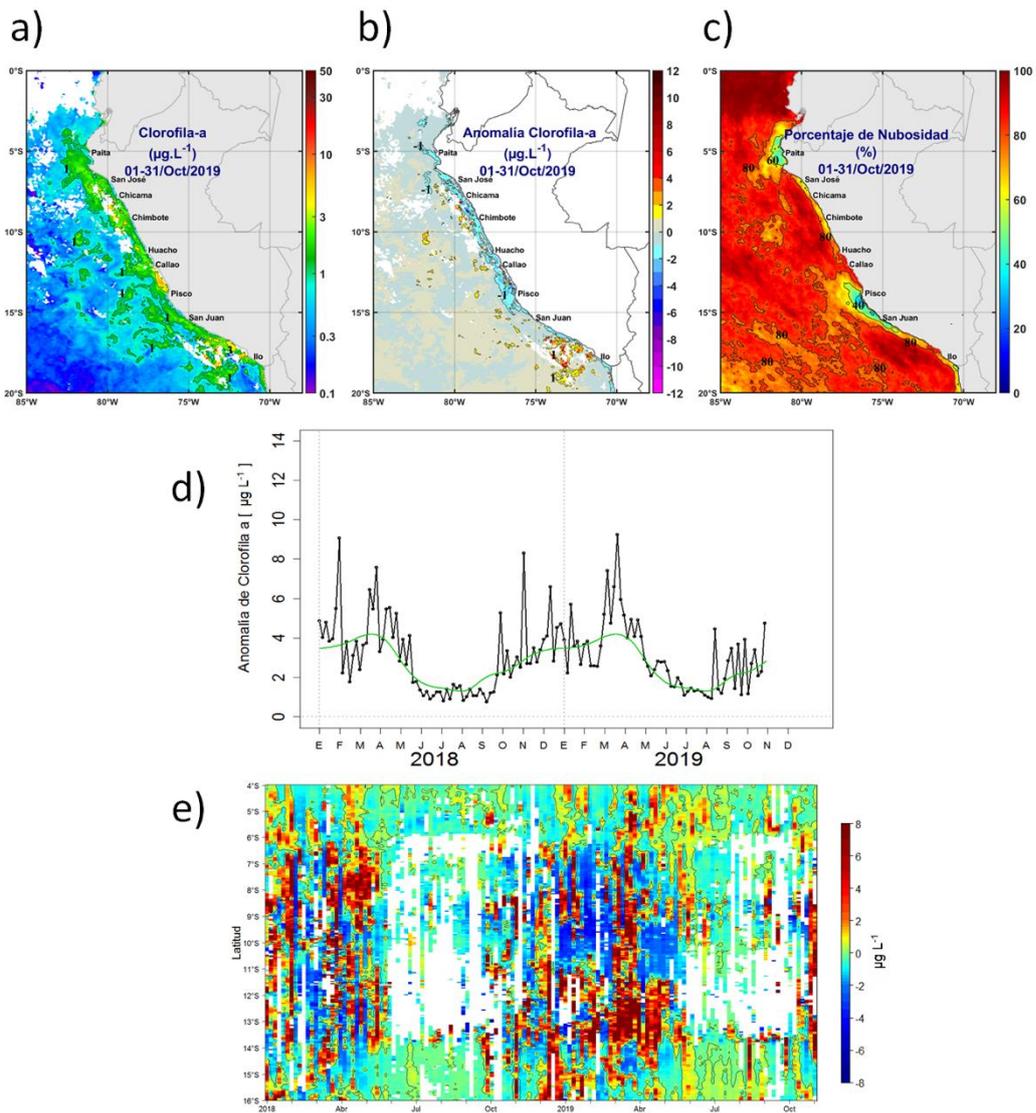


Figura 3.2.6.1. Mapa de la concentración (a) y anomalía (b) de la clorofila-a obtenida del satélite MODIS-AQUA, VIIRS-SNPP durante octubre de 2019. Número de días con nubes en (c). Serie de tiempo (d) del promedio entre 4 °S y 16 °S y dentro de los 100 km de la costa, de las concentraciones de clorofila-a satelital (línea negra) y su climatología (línea verde) proveniente de MODIS (en $\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$); y (e) Diagrama Hovmöller de las anomalías de clorofila-a con respecto a la latitud.

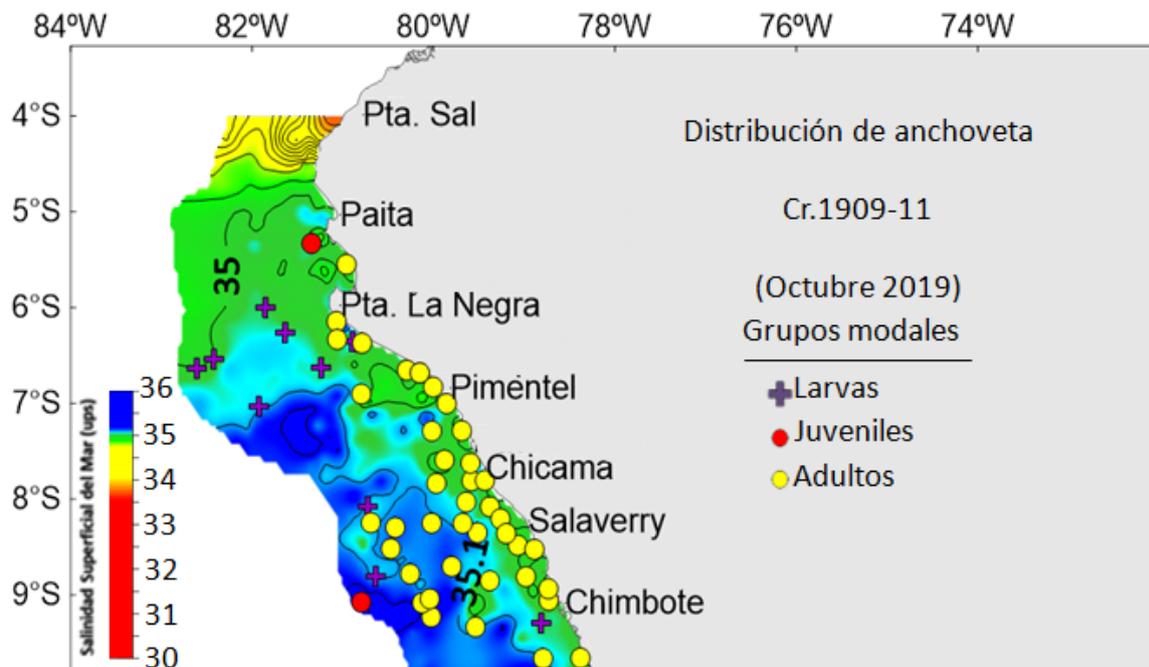


Figura 3.2.7.2. Distribución de la salinidad y anchoveta durante el crucero de estimación de la biomasa desovante de la anchoveta mediante el Método de Producción de Huevos (Cr. 1908-09)
 Fuente: PBP/ADPERP/DGIRP/IMARPE.

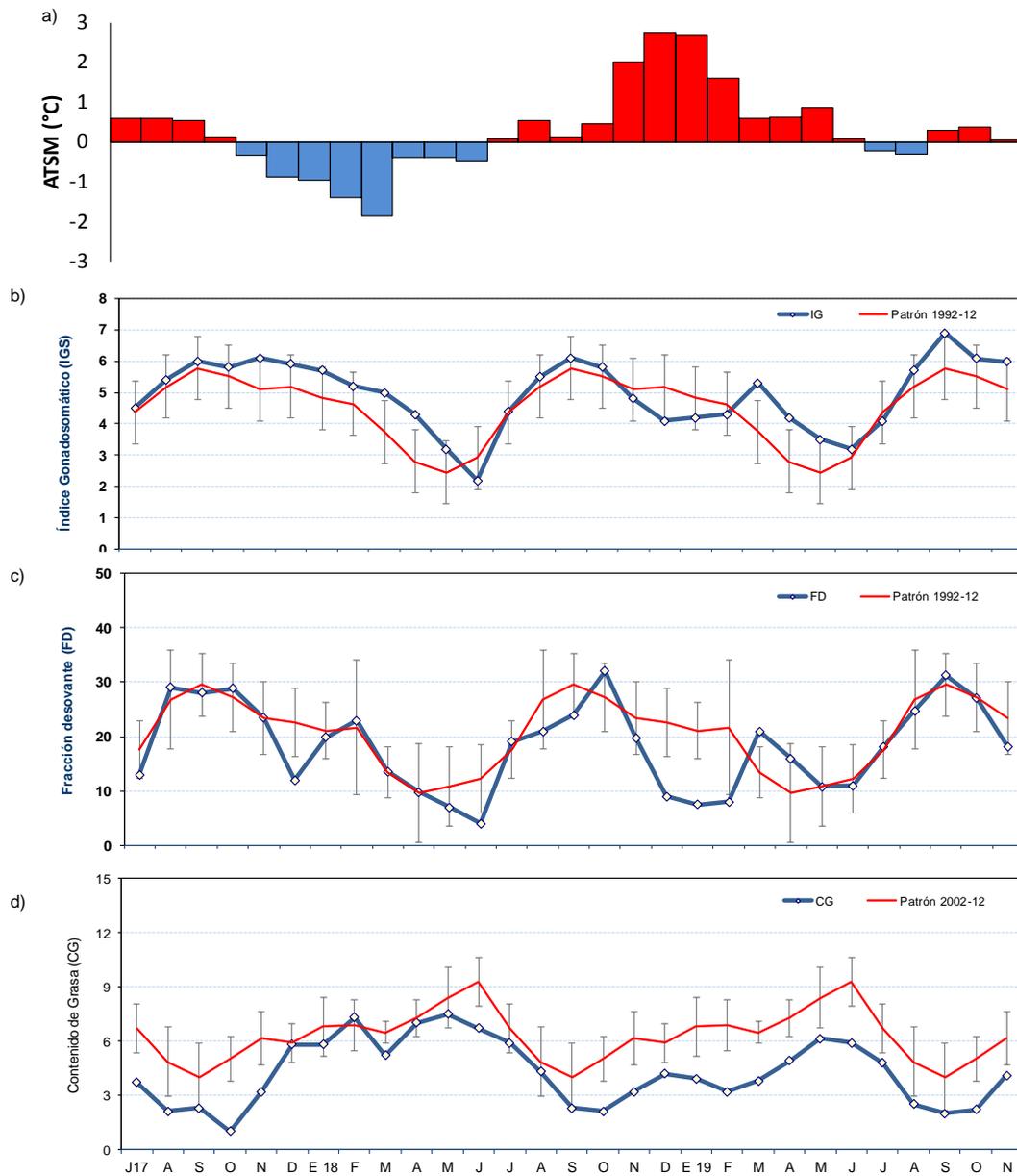


Figura 3.2.7.3. a) Anomalia de la TSM ($^{\circ}\text{C}$) en Chicama. Indicadores reproductivos del recurso anchoveta: b) Índice Gonadosomático (IGS), c) Fracción Desovante (FD) y d) contenido graso del stock norte–centro. Serie mensual: junio 2017 hasta los primeros días de noviembre 2019. Fuente: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

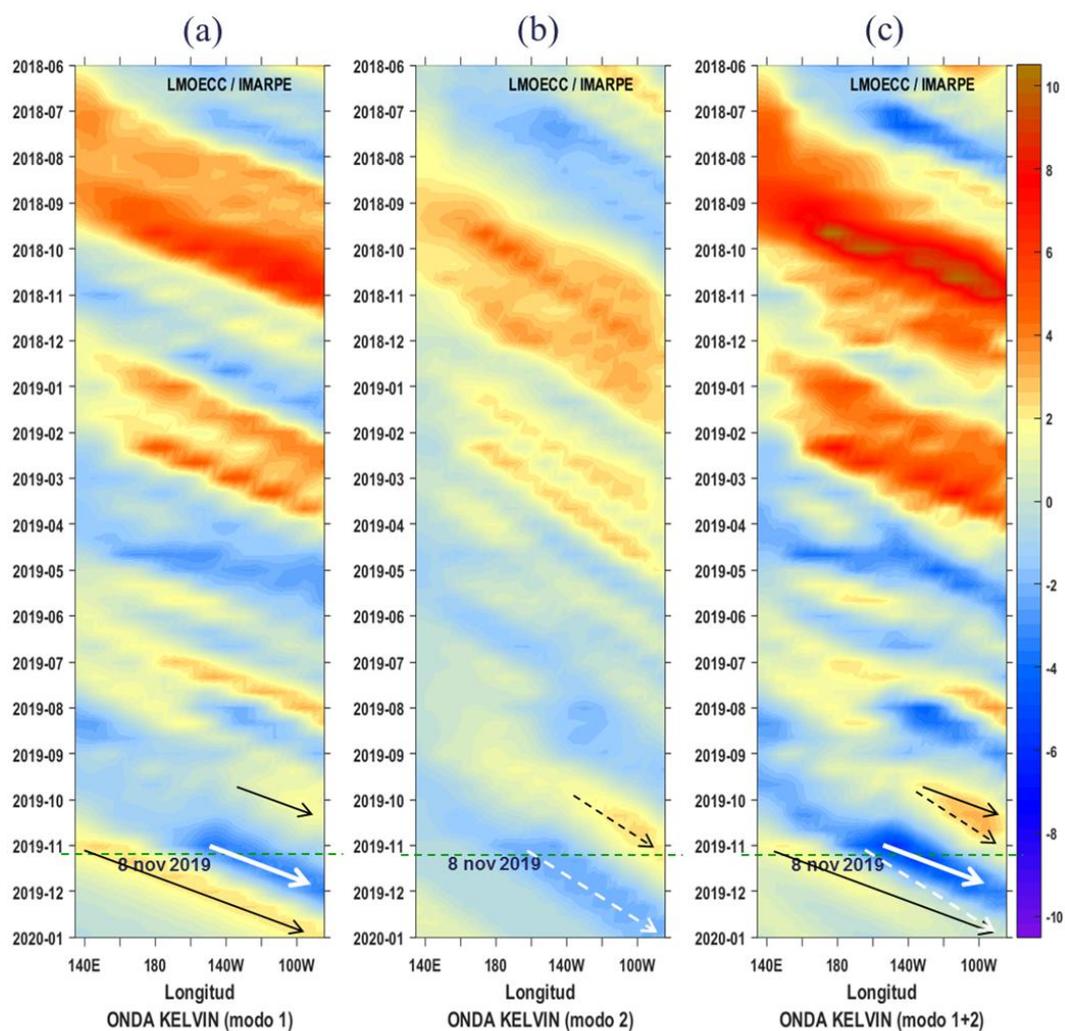


Figura 4.2.1. Diagrama Hovmöller de longitud-tiempo de las ondas Kelvin oceánicas en el Pacífico ecuatorial: (a) Modo 1, (b) Modo 2, (c) Modo 1+ Modo 2. El modelo ha sido forzado hasta el 8 de noviembre. La línea discontinua horizontal de color verde indica el inicio del pronóstico sin el forzante de viento. Fuente: IMARPE, forzado con vientos de NCEP.

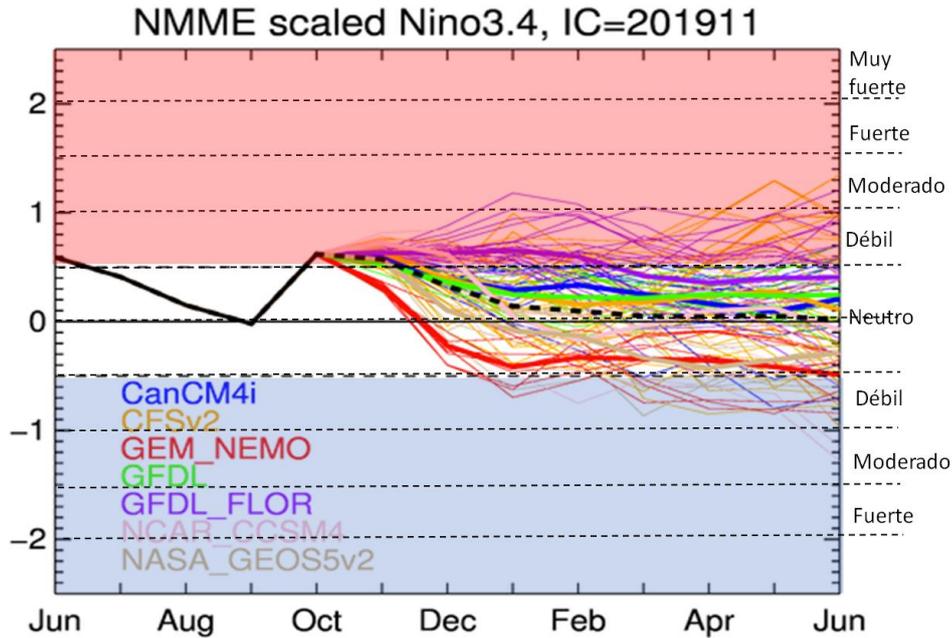


Figura 4.2.2. Índice Niño 3.4 mensual observado (línea negra continua) y pronosticado por los modelos de NMME. Los pronósticos de los modelos numéricos son indicados con líneas de distinto color mientras que el promedio de estos se grafica con una línea negra entrecortada. Fuente: CPC/NCEP/NOAA.

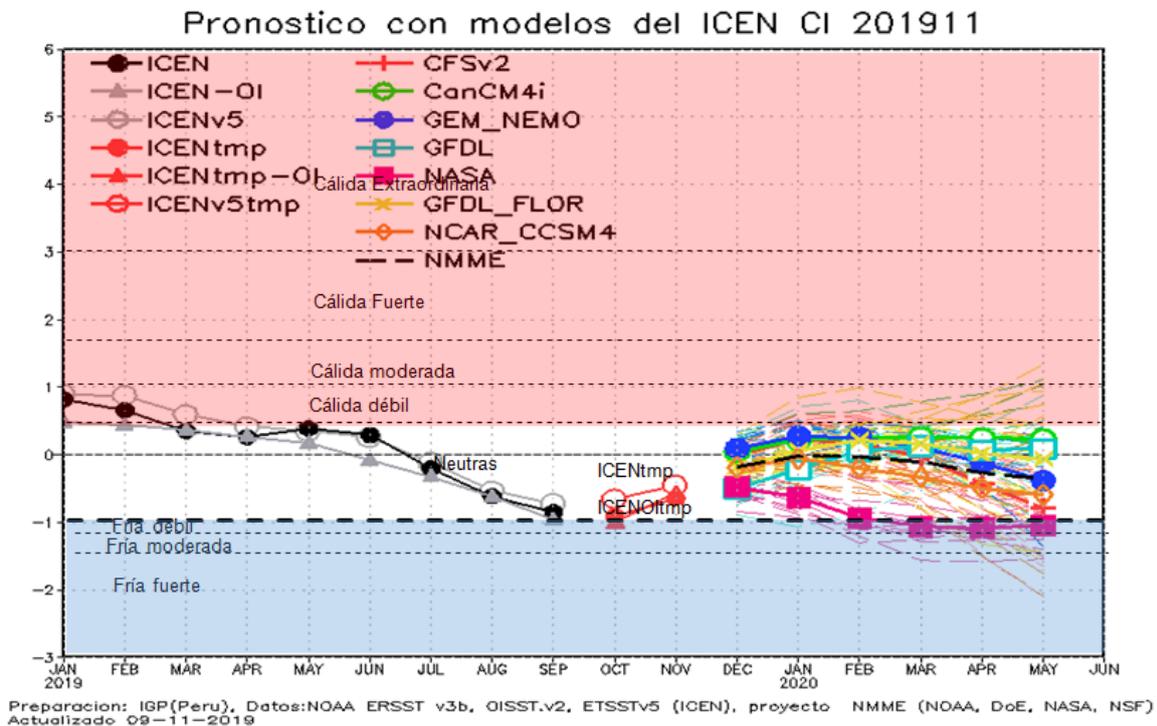


Figura 4.2.3. Índice Costero El Niño (ICEN, línea negra con círculos y triángulos llenos) y su valor temporal (ICENtmp, línea roja con círculo y triángulo lleno). Además, pronósticos numéricos del ICEN (media móvil de 3 meses de las anomalías pronosticadas de la TSM en Niño 1+2) por diferentes modelos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

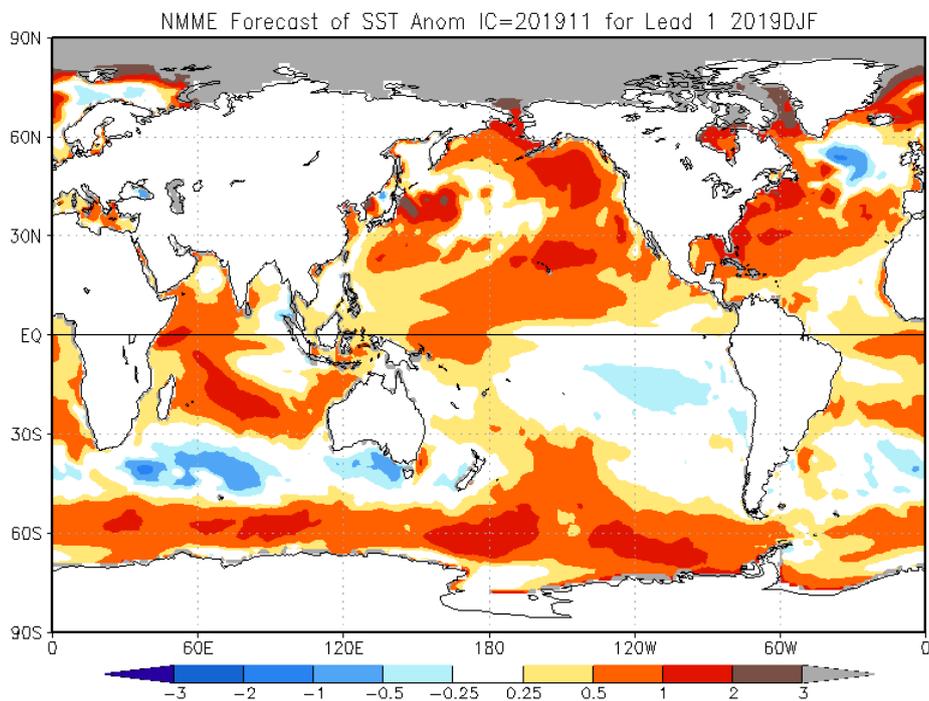


Figura 4.2.4. Pronóstico probabilístico de temperatura superficial del mar (calibrados) para diciembre-febrero del 2019 por el promedio de los modelos de NMME inicializados en noviembre de 2019. Fuente: NMME.

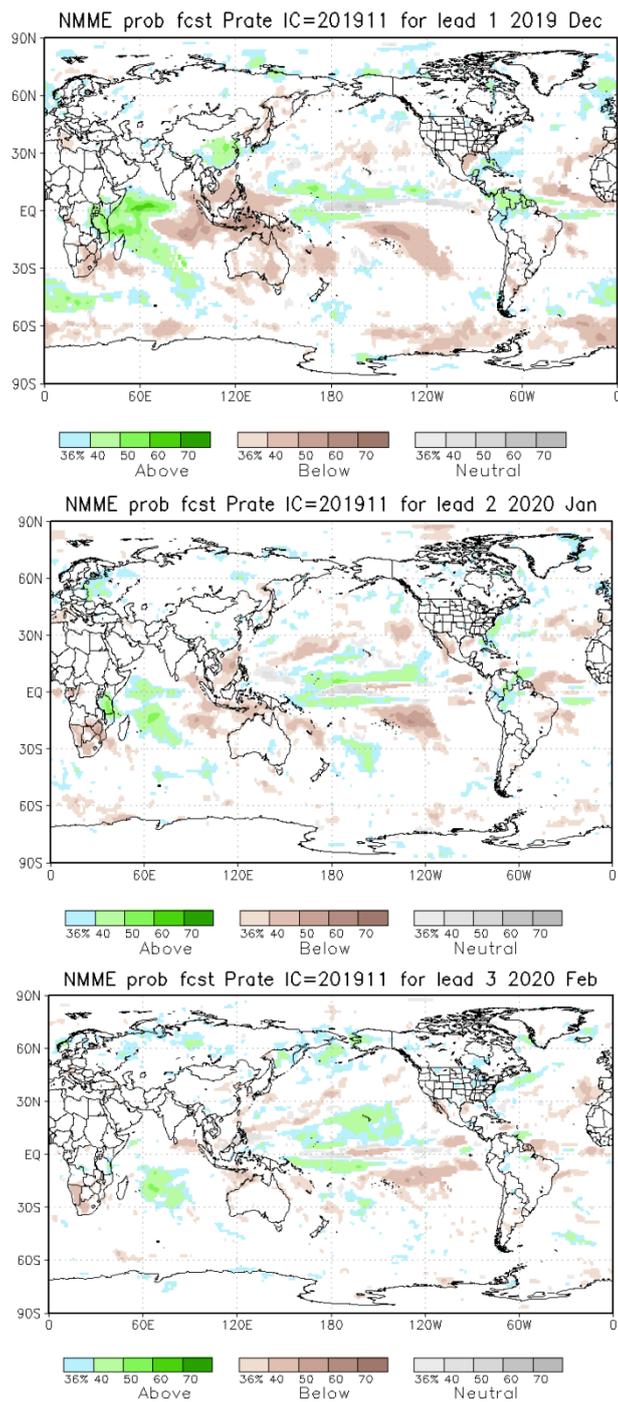


Figura 4.2.5 Pronóstico probabilístico de precipitación (calibrados) para el trimestre diciembre-febrero de 2019 por modelos de NMME, inicializado en noviembre de 2019. Fuente: NMME.

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

Valores del Índice Costero El Niño							ONI	
Mes	ICEN v3	Categoría	ICENOI	Categoría	ICEN v5	Categoría	ONI	Categoría
01/2019	0.65	C. Débil	0.43	C. Débil	0.87	C. Débil	0.79	C. Débil
02/2019	0.34	Neutro	0.36	Neutro	0.59	C. Débil	0.84	C. Débil
03/2019	0.25	Neutro	0.26	Neutro	0.41	C. Débil	0.82	C. Débil
04/2019	0.38	Neutro	0.16	Neutro	0.34	Neutro	0.76	C. Débil
05/2019	0.28	Neutro	-0.09	Neutro	0.25	Neutro	0.66	C. Débil
06/2019	-0.21	Neutro	-0.33	Neutro	-0.12	Neutro	0.54	C. Débil
07/2019	-0.62	Neutro	-0.63	Neutro	-0.54	Neutro	0.32	Neutro
08/2019	-0.86	Neutro	-0.97	Neutro	-0.73	Neutro	0.10	Neutro
09/2019	-1.03	Fría Débil	-1.16	Fría Débil	-0.78	Neutro	0.14	Neutro
Mes	ICENtmp	Categoría	ICENtmp	Categoría	ICENtmp	Categoría	ONItmp	Categoría
10/2019	-0.92	Neutro	-1.01	Fría Débil	-0.66	Neutro	0.32	Neutro
11/2019	-0.66	Neutro	-0.58	Neutro	-0.46	Neutro	0.44	Neutro

Tabla 3.2.4.2. Anomalías mensuales de la temperatura superficial del mar (°C) y del nivel medio del mar (cm) en el periodo que va de julio hasta octubre de 2019. Fuente:

Estación	ATSM 2019				ANMM 2019			
	Jul	Ago	Set	Oct	Jul	Ago	Set	Oct
Talara	-0.7	-0.6	-0.2	0.2	0.0	1.0	1.0	2.2
Paita	0.6	0.1	1.1	1.2	3.0	2.0	-	9.0
Isla Lobos de Afuera	-0.8	-1.0	-0.3	-0.8	-2.0	1.0	-	0.6
Salaverry	0.5	0.3	-	-0.2	-	-	-	-
Chimbote	-0.3	-0.7	-0.9	-0.1	-5.0	-8.0	-8.0	-0.1
Callao	0.5	0.2	0.7	1.0	-5.0	-5.0	-6.0	-5.1
San Juan	-0.4	0.3	0.4	0.7	-	-	-	-
Mollendo	0.3	0.4	0.2	0.2	-3.0	-2.0	-1.0	-
Ilo	0.1	0.2	-0.2	0.4	-	-	-	-

Estaciones costeras – DHN.

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).

	SON	OND	NDE	DEF	EFM	FMA	MAM	AMJ
CFS2		0.43	0.35	0.21	0.13	0.11	0.12	0.07
CanCM4i		0.49	0.46	0.42	0.44	0.44	0.33	0.28
GEM_NEMO		0.17	-0.14	-0.37	-0.43	-0.46	-0.55	-0.61
GFDL		0.47	0.42	0.32	0.30	0.34	0.37	0.40
NASA		0.40	0.19	-0.12	-0.38	-0.67	-0.85	-0.78
GFDL_FLOR		0.58	0.63	0.61	0.55	0.50	0.47	0.47
NCAR_CCSM4		0.53	0.38	0.10	-0.08	-0.05	0.05	0.04
NMME		0.44	0.33	0.17	0.08	0.03	-0.01	-0.02
ONItmp	0.32							

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	SON	OND	NDE	DEF	EFM	FMA	MAM	AMJ
CFS2		-0.60	-0.01	0.23	0.17	-0.04	-0.44	-0.79
CanCM4i		-0.50	0.04	0.21	0.25	0.26	0.25	0.23
GEM_NEMO		-0.50	0.09	0.27	0.26	0.11	-0.13	-0.38
GFDL		-0.91	-0.50	-0.22	0.05	0.13	0.07	0.08
NASA		-0.69	-0.47	-0.63	-0.94	-1.06	-1.09	-1.04
GFDL_FLOR		-0.73	-0.19	0.05	0.21	0.16	0.01	-0.07
NCAR_CCSM4		-0.67	-0.19	-0.05	-0.19	-0.33	-0.50	-0.60
NMME		-0.66	-0.18	-0.02	-0.03	-0.11	-0.26	-0.37
ICENtmp	-0.92							

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 moderado	2%
El Niño débil	21%
Neutro	65%
La Niña débil	12%

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 moderado	1%
El Niño débil	18%
Neutro	66%
La Niña débil	14%
La Niña moderada	1%