

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



INFORME TÉCNICO ENFEN

Año 5 N° 09

SETIEMBRE 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 Abando 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° 09, setiembre de 2019, **75** p.

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

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

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

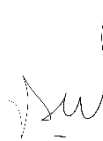
PRESENTACIÓN

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



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

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



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

Figuras:

3.1.1.1	a) Índice de Oscilación del Sur (IOS), b) Índice de Oscilación del Sur Ecuatorial (IOS-Eq). Ambas series de tiempo son medias móviles de tres meses obtenidas del 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 decadarias de OLR para el mes de Setiembre 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 setiembre de 2019, en el Pacífico central-oriental en: a) 170 °W-140 °W, 5 °S-5 °N y b) 170 °W-100 °W, 5 °S-5 °N. Datos: ESRL/NOAA. Procesamiento: IGP.	34
3.1.1.4.	Configuración atmosférica en niveles altos (300 - 200 hPa) para el mes de setiembre del 2019: a) Promedio del viento total (m/s, vectores) y geopotencial (mgs, 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 setiembre del 2019: a) Promedio del viento total (m/s, vectores) y geopotencial (mgs, 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 setiembre 2019: (a) patrón promedio, (b) patrón climatológico y (c) patrón anómalo. Fuente: SPC/SENAMHI	37
3.1.1.7.	Diagrama longitud-tiempo de las anomalías del esfuerzo de viento zonal ecuatorial basado en datos del producto WINDSAT. Elaboración: IGP.	38
3.1.1.8	a) Anomalía promedio de la TSM promediada para setiembre 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 octubre de 2019. Fuente: AVHRR NCEP/NOAA.	39
3.1.1.9.	Series de tiempo de la anomalía diaria de la TSM en la región Niño 3.4 (panel superior) y Niño 1+2 (panel inferior). Las líneas en color negro (gruesa), gris y negro (fina) indican la evolución de la anomalía de la TSM en el presente año usando información infrarroja (IR), microondas (MW) y del producto OSTIA, respectivamente. Las líneas de color rojo, azul, celeste y verde indican la evolución de la anomalía de la TSM para distintos periodos en los que se desarrolló El Niño. Elaboración: IGP.	40
3.1.2.1.	Diagramas longitud-profundidad de las anomalías de la temperatura del mar en el océano Pacífico ecuatorial (promediados entre 2 °N y 2 °S) para los días, de izquierda a derecha y de arriba abajo, 05, 10, 15, 20, 25 y 30 de setiembre de 2019. Fuente: TAO/TRITON, PMEL/NOAA.	41
3.1.2.2.	Diagrama longitud-tiempo de la profundidad de la isoterma de 20 °C (m) promediado entre 2 °N y 2 °S, desde febrero hasta setiembre de 2019, tanto para su valor total (a) como para su anomalía (b). Fuente: Global Tropical Moored Buoy Array Program office, NOAA/PMEL	41
3.1.2.3	Series de tiempo de: a) la inclinación de la termoclina en el Pacífico ecuatorial basado en los datos de TAO entre 2 °N y 2 °S; y b) del contenido de calor en la región ecuatorial. Estas series de tiempo se obtuvieron usando datos de las boyas TAO entre 2 °N y 2 °S. Elaboración: IGP.	42
3.1.2.4	Campos de anomalía del nivel del mar en el Pacífico tropical, de arriba a abajo, para el 5, 15, 25 y 30 de setiembre de 2019. Fuente: GODAS; Climatología 1981–2010.	43
3.1.2.5	Diagrama longitud – tiempo de la anomalía del nivel medio del mar en el Pacífico ecuatorial usando el producto DUACS. Las líneas diagonales indican la trayectoria teórica de la onda Kelvin si tuviera una velocidad aproximada de 2,6 m/s. Elaboración IGP.	44
3.1.2.6	Diagrama longitud-tiempo de las anomalías de esfuerzo de viento zonal ecuatorial basado en datos de WINSAT (a), anomalía de la profundidad de la isoterma de 20 °C calculado 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 setiembre 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.	46
3.2.1.2	Mapas de la Velocidad del Viento frente a la costa peruana, durante el mes de setiembre de 2019 (Fuente: Satélite ASCAT y productos del modelo GFS (ASCAT disponible hasta el 30 de setiembre del 2019 por lo cual la información fue completada con el producto del modelo GFS, previa validación de acuerdo con Correa et al. 2016). Procesamiento: Laboratorio de Hidro-Física Marina, IMARPE). Actualizada hasta el 30/09/2019.	47
3.2.1.3	Mapas de anomalía de la velocidad del viento frente a la costa peruana, durante el mes de setiembre del 2019 (Fuente: Satélite ASCAT y productos del modelo GFS, Procesamiento: Laboratorio de Hidro-Física Marina, IMARPE). Actualizada hasta el 30/09/2019.	48
3.2.1.4	Diagrama Hovmöller de la velocidad del viento a lo largo de la costa peruana (Fuente: Satélite ASCAT, Procesamiento: Laboratorio de Hidro-Física Marina, IMARPE). Actualizada hasta el 01/10/2019.	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 01/10/2019.	49
3.2.1.6	Diagrama de Hovmöller del índice de afloramiento costero ($\text{m}^3/\text{s} \cdot 100\text{m}$), calculado a partir del viento satelital ASCAT a 40 km frente a la costa del Perú. Los contornos señalan la persistencia del afloramiento bajo condiciones de velocidad a 4 m/s durante 5 días o más. Fuente: Satélite ASCAT, Procesamiento: Laboratorio de Hidro-Física Marina, IMARPE. Actualizada hasta el 07/10/2019.	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	Mapa de anomalías de temperatura máxima, por decadiarias (DEC). 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 octubre de 2019. Las líneas azules indican caudales de los años 2018-2019, rojas: Promedio histórico; celeste: promedio de años húmedos y líneas grises: promedio de años secos. Fuente datos: SENAMHI/ Procesamiento: ANA	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 octubre de 2019. Líneas azules: caudales de los años 2018-2019, rojas: Promedio histórico; celeste: promedio de años húmedos y líneas grises: promedio de años secos. Fuente datos: SENAMHI/Procesamiento: ANA	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 octubre de 2019. Líneas azules: caudales de los años 2018-2019, rojas: Promedio histórico; celeste: promedio de años húmedos y líneas grises: promedio de años secos. Fuente datos: SENAMHI/ Procesamiento: ANA	53
3.2.4.1.	(a) TSM promedio para setiembre 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 octubre de 2019. Climatología 1981 – 2010 DIHIDRONAV. Fuente: DIHIDRONAV.	55
3.2.4.3.	Serie temporales del promedio diario de las anomalías de la TSM ($^{\circ}\text{C}$) en la red de estaciones costeras del IMARPE durante el último trimestre. Datos y procesamiento: IMARPE.	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 setiembre de 2019. Fuente: HYCOM, Procesamiento: DGIICC-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 primeros días de octubre 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 setiembre de 2019. Fuente: CMEMS, Procesamiento: IMARPE.	59
3.2.4.9	Variación temporal de la ANMM, dentro de las 60 m.n. de la costa y en la zona de Galápagos, durante un año hasta el 30 de setiembre de 2019. Fuente: CMEMS, Procesamiento: IMARPE.	59
3.2.5.1	Diagrama Hovmöller de a) TSM, b) ATSM, c) SSM, d) profundidad de la isoterma de 15°C (m) y e) Profundidad de la iso-oxigena de 1 mL.L ⁻¹ (m) de las secciones verticales frente a Paita, registrado desde enero de 2015 hasta 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 27 y 28 de setiembre de 2019. Fuente: IMARPE.	60
3.2.5.3	Diagrama Hovmöller de a) TSM, b) ATSM, c) SSM, d) profundidad de la isoterma de 15°C (m) y e) Profundidad de la iso-oxigena de 1 mL.L ⁻¹ (m) de las secciones verticales frente a Chicama, registrado desde enero del 2018 hasta setiembre del 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 24 y 25 de setiembre de 2019. Fuente: IMARPE.	61
3.2.5.5	Serie de tiempo, de enero de 2018 a setiembre-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	Serie de tiempo, de enero de 2018 a setiembre-octubre de 2019, de la anomalía térmica vertical (°C) en las estaciones fijas de: Paita, Chicama y Callao.	63
3.2.5.7	Serie de tiempo, de enero de 2018 a setiembre de 2019, de la salinidad del agua de mar (ups) en los Puntos Fijos de Paita, Chicama, Callao, Atico e Ilo.	63
3.2.5.8	Serie de tiempo, de enero de 2018 a setiembre 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	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 y (c) IMARPE. 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.	Concentración de silicatos en $\mu\text{mol L}^{-1}$ en los Estaciones Fijas de: Paita, Chicama, Callao e Ilo de IMARPE entre enero 2018 a setiembre 2019.	66
3.2.6.2	Concentración de nitratos en $\mu\text{mol L}^{-1}$ en las Estaciones Fijas de: Paita, Chicama, Callao e Ilo de IMARPE entre enero 2018 a setiembre 2019.	66
3.2.6.3	Concentración de fosfatos en $\mu\text{mol L}^{-1}$ en las Estaciones Fijas de: Paita, Chicama, Callao e Ilo de IMARPE entre enero 2018 a setiembre 2019.	67
3.2.6.4	Mapa de la concentración de la clorofila-a (a) y su anomalía (b) obtenida del satélite MODIS-AQUA, VIIRS-SNPP durante mayo de 2019. Número de días con nubes en (c). Serie de tiempo (d) para 4 °S-16 °S y dentro de los 100 km de la costa, de las concentraciones de clorofila-a satelital (línea negra) y su climatología (línea verde) proveniente de MODIS (en $\mu\text{g L}^{-1}$); y (e) Diagrama Hovmöller de las anomalías de clorofila-a con respecto a la latitud.	68
3.2.7.2	(a) 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.	69
3.2.7.3	a) Anomalía de la TSM (°C) en Chicama. Indicadores reproductivos: b) Índice Gonadosomático (IGS), c) Fracción Desovante (FD) y d) contenido graso del stock norte – centro del recurso anchoveta. Serie mensual: enero 2017 – setiembre 2019. Fuente: LBR/AFIRNP/DGIRP/IMARPE.	70
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.	71

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.	72
4.2.3	Índice Costero El Niño (ICEN, línea negra con círculos y triángulos llenos) y su valor temporal (ICENtmp, línea roja con círculo y triángulo lleno). Además, pronósticos numéricos del ICEN (media móvil de 3 meses de las anomalías pronosticadas de la TSM en Niño 1+2) por diferentes modelos climáticos. Los pronósticos de los modelos CFSv2, CMC1, CMC2, GFDL, NASA, GFDL_FLOR y NCAR_CCSM4 tiene como condición inicial del mes de octubre de 2019. Fuente: IGP, NOAA, proyecto NMME.	72
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 octubre de 2019. Fuente: NMME.	73
4.2.5	Pronóstico probabilístico de precipitación (calibrados) para los meses noviembre, diciembre y enero de 2020 por modelos de NMME, inicializado en octubre de 2019. Fuente: NMME	74

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 diciembre de 2018 a agosto de 2019, así como sus valores temporales para setiembre y octubre de 2019. Fuente IGP.	75
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 junio a setiembre de 2019. Fuente: Estaciones costeras – DHN.	75
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).	76
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)	76
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.	77
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.	77

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

En el Pacífico ecuatorial central (región Niño 3.4); según el Índice Oceánico Niño (ONI, por sus siglas en inglés), agosto estuvo en condiciones Neutras. Las señales de convección en la región occidental se redujeron en comparación al mes anterior. En el campo de los vientos, predominaron los flujos zonales anómalos del este en la región central y occidental del Pacífico, y en niveles bajos se observaron vientos alisios débiles, los cuales se mantuvieron con ligeras anomalías del oeste al oeste de 180° y en la región central.

En la región oriental, la anomalía de la temperatura superficial del mar indicó valores negativos, aunque estuvieron dentro de su rango normal. El máximo valor negativo se alcanzó en la tercera semana y se acercó a -1,3 °C. Como consecuencia de esto, el Índice Costero El Niño (ICEN) de agosto mantiene una condición neutra, al igual que el estimado (ICEN-tmp) para el mes de setiembre.

Por otro lado, el Anticiclón del Pacífico Sur (APS) se mostró más intenso al suroeste de su posición normal con una configuración meridional. La proyección anómala del APS hacia la costa peruana mantuvo los vientos intensos a lo largo de la costa de manera episódica, principalmente en la región norte.

La temperatura superficial del mar en el litoral peruano mostró anomalías cálidas durante la primera semana del mes, disminuyendo luego debido al paso tanto de la onda Kelvin fría. El nivel medio del mar mostró anomalías positivas a lo largo del litoral durante la primera semana del mes; sin embargo, al igual que la temperatura superficial, este panorama cambió luego del paso de la onda fría, y disminuyeron hasta alcanzar el valor de 9 cm por debajo del promedio. A 10 millas náuticas de la costa, frente a Paita y en la última semana de setiembre, se pasó a una condición cálida con anomalías de +3 °C sobre los 20 m de profundidad. Esto no se observó en Chicama y Callao, las cuales tuvieron una condición neutra y fría, respectivamente. En relación a la salinidad, estas indicaron la presencia de aguas cálidas ecuatoriales, de mezcla y costeras frías frente a Paita, Chicama y Callao, respectivamente.

La concentración de la clorofila-a en la capa superficial presentó un comportamiento acorde al patrón histórico, con presencia de núcleos de alta concentración ($> 5 \text{ mg.m}^{-3}$) frente a Paita; Chicama-Chimbote y al sur de Atico.

En la región norte-centro, la anchoveta continuó presentando una distribución dentro de las 30 millas de la costa, desde el sur de Paita a Huarmey. Los indicadores reproductivos muestran el que 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 dentro de las 80 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 octubre indican condiciones neutras entro los meses de octubre y abril de 2020.

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

Para el próximo verano, en el Pacífico ecuatorial central (región Niño 3.4) son más probables las condiciones Neutras (63 %), 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 (64 %), seguidas de condiciones El Niño débil (20 %).

1. INTRODUCCIÓN

El Niño - Oscilación Sur (ENOS) en sus dos fases, El Niño y La Niña, tiene repercusiones más intensas en algunas zonas del mundo, como es el caso de Perú, en particular en la zona norte y centro de nuestro país. En la fase El Niño y en el contexto del denominado El Niño Costero las condiciones cálidas sobre el Pacífico Oriental, particularmente frente a la costa norte de Perú durante el verano austral, propician lluvias intensas que generan impactos en los sectores socioeconómicos.

En este contexto, la Comisión Multisectorial para el Estudio del Fenómeno de El Niño (ENFEN) mantiene el monitoreo constante y predicciones del desarrollo de ENOS, reportando periódicamente el análisis del monitoreo de parámetros océano-atmosféricos en el Pacífico ecuatorial y Sudoriental, así como de la dinámica sub-superficial de parámetros oceanográficos, con mayor atención en la zona costera de Perú. Para los impactos en el ecosistema marino se analizan indicadores de la fertilidad y productividad del mar peruano, así como también la respuesta de los principales recursos hidrobiológicos y la actividad pesquera; asimismo reporta los impactos hidrológicos, asociados a precipitaciones e incrementos súbitos del caudal de los principales ríos del territorio peruano. Finalmente, se formula la previsión futura de los principales indicadores asociados al ENOS y al Fenómeno El Niño, a corto, mediano y largo plazo.

La comunidad científica nacional e internacional aún sigue estudiando los mecanismos relacionados a este fenómeno, e investigando para conocer los inicios o causas que dan lugar a El Niño o La Niña, pues actualmente no hay acuerdo entre los científicos sobre los modelos propuestos internacionalmente.

2. DATOS

2.1. Variables

Las principales variables utilizadas en este documento están clasificadas en tres tipos: atmosféricas, oceanográficas e hidrológicas. Tabla 2.1.1.

2.2. Índices

Se cuenta con el Índice Costero El Niño (ICEN), con el cual se categoriza las condiciones como frías o cálidas, en el caso de frías con magnitudes de débil, moderada y fuerte, y en el caso de cálidas con magnitudes débil, moderada, fuerte y Extraordinaria (ENFEN, 2012; Takahashi, et al., 2014).

2.3. Modelo de Pronóstico

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

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

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

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

Tabla 2.1.1. Principales variables y bases de datos utilizados en el presente informe.

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

3. CONDICIONES OBSERVADAS EN SETIEMBRE

3.1. Condiciones a Macroescala

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

El Índice de Oscilación del Sur ecuatorial (IOSeq) y el índice de Oscilación del Sur (IOS), en el mes de setiembre, continuaron indicando anomalías negativas, siendo estos valores cercanos a su climatología. (Figura 3.1.1.1).

La oscilación Madden Julian (MJO, por sus siglas en inglés) emergió a partir de la tercera semana del mes entre la región central del Pacífico y el Atlántico ecuatorial (zona 8). A pesar de ello, prevaleció un patrón estacionario de ondas ecuatoriales, lo cual intensificó (debilitó) la convección sobre la región central y oriental del Pacífico (océano Índico). Este patrón de ondas de baja frecuencia, entre el Pacífico ecuatorial y el Índico, se asoció con la transición hacia condiciones El Niño. Además, desde la tercera semana del mes, la fase supresiva de la MJO interfirió constructivamente con el estado base (ondas de baja frecuencia) hacia el meridiano de 120 °E, intensificando la inhibición de la convección (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 menor precipitación en dichas regiones.

En los niveles altos de la atmósfera (300-200 hPa), en promedio, se observó la predominancia de flujos zonales anómalos del este entre la región central y occidental del Pacífico; mientras que, hacia la región oriental, los flujos zonales se mantuvieron próximos al promedio mensual. En el Pacífico sur, se observaron circulaciones ciclónicas y anticiclónicas anómalas correspondientes al paso de ondas de baja frecuencia, las cuales estuvieron asociadas con la persistencia relativamente intensa de los flujos zonales al norte de Nueva Zelanda. La proyección de estas circulaciones sobre Sudamérica condujo en la profundización de un patrón de dorsal sobre el sur de Perú, Bolivia y Brasil, únicamente bloqueado meridionalmente por la Corriente en Chorro Subtropical (Figura 3.1.1.4).

En los niveles bajos de la atmósfera (Figura 3.1.1.5), en promedio, se observó el debilitamiento de la confluencia de los alisios entre el hemisferio norte y sur alrededor de 10 °N, observándose anomalías significativas de vientos zonales del oeste en la mayor parte del Pacífico ecuatorial. De aquí, sobre la región occidental, continuó observándose el debilitamiento sostenido de los vientos alisios, los cuales se mantuvieron con ligeras anomalías del oeste al oeste de 180° y en la región central. Hacia la región subtropical, el giro subtropical de los vientos en la región del Pacífico suroriental se mantuvo más intensa de lo normal con una posición sur anómala de dicha circulación anticiclónica. La posición de esta circulación se observó modulada al patrón extra tropical mencionado en niveles altos.

En asociación con la estructura vertical tropical de Walker (Figura 3.1.1.6), los descensos anómalos se mantuvieron intensos en niveles medios y altos de la región del Pacífico oeste y en gran parte de la estructura vertical del océano Índico; subsidencia anómala que se expandió hacia el este de 180°. No obstante, en la región central y oriental, prevalecen descensos debajo de sus rangos habituales. Asimismo, al norte de Sudamérica, incluyendo la costa noroeste de Perú, prevalecieron descensos anómalos desde niveles medios a bajo.

En la primera semana de setiembre, según la información de WindSat, se observaron anomalías positivas entre 130° y 135 °E, estas anomalías continuaron con mayor intensidad en la segunda semana y se extendieron espacialmente entre 130 °-140 °E y 149 °-165 °E. Durante la tercera semana, de este mismo mes, se observaron nuevamente pulsos de vientos del oeste entre 170 ° y 160 °W (Figura 3.1.1.7).

En el océano Pacífico ecuatorial central, la anomalía positiva de la temperatura superficial del mar (TSM) mostró una amplia distribución, en contraste a las condiciones presentadas el mes pasado. Debido a este incremento, en la región oriental se disiparon las condiciones frías observadas el mes anterior, en tanto que, en la región occidental, se mantuvieron las condiciones cálidas con anomalías de 1 °C (Figura 3.1.1.8 a).

Por regiones Niño, durante la primera quincena de setiembre se presentó el máximo descenso de las anomalías de la TSM, para luego aumentar durante la segunda quincena. En promedio mensual, la anomalía de la TSM en la región Niño 4 fue de +0,6 °C, disminuyendo en 0,3 °C respecto al mes de agosto; mientras que, las regiones Niño 3.4 y 3 la anomalía fue 0 °C y -0,2 °C, respectivamente, representando condiciones normales, como el mes anterior. Sólo en la región Niño 1+2, la anomalía se mantuvo negativa y con un valor de -0,8 °C (Figura 3.1.1.8 b).

El índice ONI (Oceanic Niño Index en inglés), continuó mostrando condiciones Neutras, siendo el valor correspondiente a agosto de 0,10 °C, el cual es inferior al del mes de julio (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 y alcanzando valores de hasta +2 °C alrededor de 180 °. Por otro lado, en la región oriental, sobre los 150 m de profundidad se intensificaron las condiciones frías con anomalías hasta -4 °C entre la segunda y tercera semana, guardando relación con el paso de una onda Kelvin fría alrededor de 120°W (Figura 3.1.2.1).

Con respecto a la profundidad de la isoterma de 20 °C, las condiciones presentadas para el mes de setiembre muestran, en promedio, una termoclina anómalamente profunda en el extremo occidental y somera en el extremo oriental. Durante la primera quincena del mes, el arribo de la onda Kelvin fría, seguido de una cálida, mantuvo este contraste en las anomalías de la profundidad de la isoterma de 20 °C. Sin embargo, durante la última semana, la propagación de la onda Kelvin cálida se haría más notoria, observándose en 120°W. 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 (Figura 3.1.2.2 y Figura 3.1.2.3. a).

El contenido de calor ecuatorial tuvo un comportamiento creciente durante el mes de setiembre, iniciando nuevamente una tendencia al incremento, la cual se detuvo meses atrás con la finalización del evento El Niño del Pacífico central. 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 fría y la propagación de otra cálida que actualmente se observa a lo largo del Pacífico ecuatorial (Figura 3.1.2.3 b).

El nivel del mar en el Pacífico ecuatorial occidental presentó anomalías positivas alrededor de +5 cm a partir de la segunda semana del mes; en tanto que, en la región oriental, el nivel del mar aumentó hasta sus valores estacionales luego de la presencia de anomalías negativas el mes anterior por el paso de la onda Kelvin fría (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 setiembre.

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 una intensificación significativa alrededor de la línea ecuatorial, observándose la intensificación de los vientos zonales del oeste alrededor de 10 °N; respuesta al gradiente sur - norte de la presión atmosférica. Esta intensificación de las presiones se manifestó significativamente hacia el extremo oriental del Pacífico, influyendo en la estabilidad atmosférica sobre la costa norte, así como sobre Australia y el continente Marítimo. En el Pacífico sur, el campo de presiones positivas tuvieron un incremento significativo en el lado oeste y este. En tal sentido, en la región suroriental del Pacífico, la intensidad del Anticiclón fue la más alta en el Pacífico con un valor promedio de hasta 1028 hPa en su núcleo de presión con anomalías positivas al sur de lo habitual. Su configuración zonal estacionaria se asoció con la distribución de los flujos zonales del oeste sobre esta región. En el contexto regional, se observaron anomalías de vientos costeros frente a la costa norte y centro debilitándose hacia la región sur debido al debilitamiento del gradiente de presión hacia estas regiones.

El viento frente a la costa peruana, obtenido del satélite ASCAT, mantuvo velocidades de 4,0 m s⁻¹ a 8,0 m s⁻¹ durante casi todo el mes. En la zona oceánica, el viento varió entre 5,0 m s⁻¹ y 10,0 m s⁻¹, con máximos valores durante 6 y 20 de setiembre (Figura 3.2.1.2). A lo largo de la costa las anomalías se presentaron fluctuantes; la primera semana predominaron anomalías negativas, cambiando a anomalías positivas entre el 6 y el 20 de setiembre, para posteriormente presentarse nuevamente anomalías negativas en toda el área, con máximos al sur de San Juan (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 COPENICUS, 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 m s⁻¹ y 8,0 m s⁻¹ (Figura 3.2.1.4). Las anomalías a lo largo de la costa fluctuaron durante casi todo el mes, presentando valores negativos en la primera semana, seguidos de anomalías positivas hasta la tercera semana, y luego volviendo a presentar anomalías negativas durante la última semana del mes, de hasta -3 m s⁻¹ (Figura 3.2.1.5). El viento costero mostró anomalías del noroeste al sur de Paita para la primera y última semana, mientras que para la segunda y tercera mostró anomalías del sureste; al norte de Paita predominaron anomalías del norte.

El afloramiento costero, estimado a partir del esfuerzo de viento, exhibió variaciones a lo largo del mes en la mayor parte de la costa. 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 la segunda y tercera semana. Sin embargo, durante la primera y cuarta semana el IAC presentó valores inferiores a $300 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} 100\text{m}^{-1}$. Entre los 5°S y los 13°S , el IAC presentó valores por debajo de $200 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} 100\text{m}^{-1}$. 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 segunda semana, donde mostró valores alrededor de $400 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} 100\text{m}^{-1}$ (Figura 3.2.1.6).

3.2.2. Temperatura del Aire

Respecto a las temperaturas extremas del aire se observó un incremento de las temperaturas diurnas en la sierra sur, principalmente las cuencas medias y altas, así como, en la sierra de Lambayeque. Por otro lado, se evidenció un enfriamiento de las noches en la vertiente oriental; especialmente sobre el Altiplano (Figura 3.2.3.1, panel derecha). En la región costera del país (Figura 3.2.2.1), las temperaturas máximas y mínimas se mantuvieron por debajo de sus promedios normales; principalmente en la costa norte.

3.2.3. Precipitaciones e hidrología en la vertiente del Pacífico

En setiembre (Figura 3.2.3.1), a nivel nacional, las lluvias mantuvieron su comportamiento estacional. En la selva nororiental (departamentos de San Martín y Loreto) se observaron anomalías positivas de lluvia al igual que en la sierra sur.

Los ríos más representativos de la costa norte (Tumbes, Piura y Chancay), costa central (Santa, Chillón y Rímac) y costa sur (Camaná y Sama), 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 58 % y 71 % 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 temperatura varió de 19°C en la zona más adyacente a la costa de Sudamérica a 23°C en la zona más oceánica, con mayor gradiente térmico en la zona norte de la región. Asimismo, se observó, cerca de la costa de Ecuador, el aumento de la TSM hasta 25°C . Este incremento ayudó a normalizar las condiciones frías de agosto e incrementar las anomalías hasta 1°C cerca a la costa de Ecuador y costa norte de Perú. (Figura 3.2.4.1b).

En el mar de Perú, la temperatura aumentó en promedio 1°C , a lo largo del litoral. En el norte dominaron temperaturas de 18°C a 20°C , en el centro de 17°C a 19°C y en el sur de 16°C a 18°C , manifestándose el predominio de condiciones neutras en todo el mar de Perú, excepción del extremo norte de Perú donde presentó condiciones cálidas (Figura 3.2.4.1b).

En el litoral peruano, los registros diarios de TSM mostraron la normalización de las condiciones frías en la zona norte y la continuidad de las condiciones cálidas en la zona sur hasta la segunda semana, para luego disminuir hasta normalizarse.

En los últimos días de setiembre, se manifestó el incremento de las anomalías positivas en la zona norte hasta anomalías de 2,5 °C, esto debido al debilitamiento de los vientos alisios e ingreso de aguas ecuatoriales cálidas (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, salvo Huacho, Callao e Ilo. Entre Tumbes y Huanchaco se presentaron anomalías positivas, a excepción de San José; mientras que, entre Chimbote e Ilo continuaron las anomalías negativas a excepción de Pisco. La TSM mensual varió entre 14,34 °C (Ilo) y 25,28 °C (Tumbes), mientras que las anomalías variaron entre -0,91 °C (San José) y +0,81 °C (Paita).

A nivel diario, durante el mes setiembre predominaron anomalías negativas de TSM en San José, de Huanchaco a Callao, e Ilo; mientras que Tumbes, Paita, Chicama y Pisco presentaron predominancia de anomalías positivas. Las anomalías de mayor intensidad se presentaron en San José (segunda quincena) con valores negativos que alcanzaron hasta -1,5 °C y en Paita (última semana) con valores positivos alrededor de +4,5 °C (Figura 3.2.4.3).

El índice LABCOS (Quispe & Vásquez, 2016) presentó un valor de -0,15 °C para el trimestre JAS del 2019 y un valor mensual de setiembre de 0,03 °C, siendo mayor al valor observado durante agosto 2019 (-0,24 °C).

Con los datos de TSM hasta el mes de setiembre, se estimó el Índice Costero El Niño (ICEN) para el mes de agosto, siendo las fuentes OISSTv2, ERSSTv3 y ERSSTv5 con su respectivo índice -0,97 (condición neutra), -0,86 (condición neutra) y -0,73 (condición neutra). Para los meses más recientes se generan versiones preliminares y temporales de los ICEN (ICENTmp), las cuales se obtienen combinando datos observados para cada fuente OISSTv2, ERSSTv3 y ERSSTv5 con datos pronosticados de NMME, los resultados coinciden en indicar condiciones neutras para los meses de setiembre y octubre.

Según el modelo HYCOM (HYbrid Coordinate Ocean Model; Chassignet et. al., 2007), en la zona norte las aguas con salinidad menor a 34,8 ups, asociadas a aguas ecuatoriales superficiales (AES), permanecieron frente a Tumbes. Frente a la costa norte las aguas de mezcla con salinidad de 34,9 ups a 35,1 ups habrían permanecido frente a Paita (5 °S). La influencia de las Aguas Subtropicales Superficiales (ASS) en la costa central habría sido menor, notándose el alejamiento de la costa de las isohalinas de 35,4 ups, asociado a la expansión de aguas de mezcla con salinidad menor a 35,1 ups hasta fuera de las 40 m.n. de la costa centro-norte. Por otro lado, desde Callao hacia el sur, en toda la extensión oceánica se habrían expandido aguas con salinidad < 35 ups, asociadas a la influencia del afloramiento costero y también a la proyección al norte de las aguas intermedias del Pacífico sur este (ESPIW, por sus siglas en inglés, Grados et al 2018) (Figura 3.2.4.5).

Con respecto al nivel medio del mar (NMM), a lo largo de la línea ecuatorial se observó la propagación y llegada de la onda Kelvin fría a fines de setiembre e inicios de octubre. Además, una onda cálida se encontraría en propagación, aproximadamente en 120 °W (Figura 3.2.4.6). El paso de la onda Kelvin fría por el litoral de Perú provocó un descenso de las anomalías a valores por debajo de su media estacional durante la segunda quincena del mes (Figura 3.2.4.7. Tabla 3.2.4.2).

En la costa peruana, frente a la zona de Paita el nivel del mar mostró flujos convergentes (ANM positivas) a inicios del mes, que dieron paso a flujos divergentes asociados a un amplio vórtice de flujos en sentido horario y ANM negativas. El brazo convergente de dicho vórtice al norte de Talara favoreció la aparición de anomalías positivas del nivel del mar. Entre tanto, frente al resto de la costa se observó una tendencia a un mayor número de vórtices anti-horarios, aunque de poca extensión y más alejados de la costa (Figura 3.2.4.8).

En la franja de 60 m.n. adyacente a la costa, las anomalías positivas mayores a +5 cm, que se observaron a inicios de mes, se atenuaron hasta valores cercanos a cero en la segunda quincena, volviendo a incrementarse en la última semana al norte de Paita (Figura 3.2.4.7). Frente a la costa peruana, se observó un pulso de anomalías positivas desde mediados de agosto hasta mediados de setiembre, superando +7 cm en la zona norte y +5 cm en el sur, mientras que, en la zona de Galápagos la ANM se mantuvo oscilando alrededor de +4 cm (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 agosto.

Paita (27-28 de setiembre)

La TSM presentó valores entre 21 °C y 22 °C en toda la sección, mostrando anomalías de TSM positivas con valores de hasta +4,0 °C a 20 - 65 m.n. (Figura 3.2.5.1 a, b, Figura 3.2.5.2. a, b). Estas anomalías térmicas positivas estuvieron asociadas al debilitamiento de los vientos alisios en la zona norte, así como a la advección de aguas del noroeste generada por el brazo convergente del vórtice horario observado en el nivel del mar. Sobre los 100 m de profundidad, las temperaturas variaron de 15 °C a 22 °C con una marcada termoclina a 10 – 40 m. La isoterma de 15 °C se presentó entre los 70 m y 90 m de profundidad, 20 m más somera respecto a fines de agosto (Figura 3.2.5.1 d). Sobre los 50 m y dentro de las 80 m.n. se registraron anomalías térmicas positivas de +3,0 °C, en promedio, y en el resto de la sección hasta los 500 m las condiciones térmicas fueron normales (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) y sobre los 20 m a 30 - 75 m.n. un núcleo de aguas tropicales superficiales (ATS, $S < 34,0$ ups), asociadas a anomalías halinas de hasta -1,0 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 aguas costeras frías (ACF) y aguas ecuatoriales subsuperficiales (AESS) dentro de las 60 m.n. y aguas de mezcla entre ASS y AESS, por fuera de las 60 m.n. y a más de 100 m, dominancia de AESS, conforme al patrón estacional.

La distribución del oxígeno disuelto (OD) mostró que la iso-oxígena de 1,0 mL L⁻¹, asociada a la oxiclina, se mantuvo a una profundidad 150 m en la zona costera, 10 m más profunda respecto a agosto (Figuras 3.2.5.1 e y 3.2.5.2 e). El límite superior de la zona de mínima de oxígeno (ZMO; OD < 0,5 mL L⁻¹), se detectó a 150 - 190 m de profundidad en toda la sección. Dentro de las 15 m.n. en los primeros 80 m y a 80 – 100 m.n. sobre los 40 m se estimaron flujos geostróficos hacia el norte con una velocidad de hasta 20 cm s⁻¹. Asimismo, se estimaron flujos geostróficos hacia el sur a 20 – 100 m.n. sobre los 350 m, con velocidades de hasta 30 cm s⁻¹ (Figura 3.2.5.2 e, f).

Chicama (24 – 25 de setiembre)

La TSM presentó valores entre 15 °C y 17 °C en toda la sección. La isoterma de 16 °C, que se encontraba a 15 m.n. a fines de agosto, mostró un ligero alejamiento respecto a la costa hasta las 20 m.n. Las condiciones térmicas superficiales mostraron anomalías de hasta -0,5 °C dentro de las 80 m.n. hasta los 10 m de profundidad. En sub-superficie se observó un núcleo de -1,0 °C entre los 5 y 60 m a 80 – 100 m.n., mientras que en el resto de la columna de agua las condiciones térmicas fueron normales (Figura 3.2.5.3 a, b; Figura 3.2.5.4. a, b). Asimismo, la isoterma de 15 °C se ubicó a 50 - 60 m de profundidad por fuera de las 20 m.n., y en la zona costera presentó un ascenso hasta la superficie, aflorando a 5 m.n. frente a 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 ACF dentro de las 20 m.n. y aguas de mezcla entre ACF y ASS por fuera de las 20 m.n., asociadas a anomalías halinas de hasta -0,05 ups. Por otra parte, entre los 50 y 100 m de profundidad, se detectaron aguas de mezcla ASS – AEES y AEES a mayor profundidad, ambas conformes al patrón estacional (Figura 3.2.5.4. c, Figura 3.2.5.3 c).

La distribución del OD exhibió un ascenso de las iso-oxígenas cerca de la costa debido al afloramiento. La iso-oxígena de 1,0 mL L⁻¹ se presentó a 60 m de profundidad fuera de la costa y a 5 m en la zona costera, en general en promedio 10 m más somera que en agosto (Figura 3.2.5.4 e). El borde superior de la ZMO se presentó a 30 - 100 m, más somero en la costa (Figura 3.2.5.3 e). Por otra parte, se estimaron flujos geostróficos con dirección hacia el norte dentro de las 70 mn sobre los 100 m de hasta 10 cm s⁻¹. Asimismo, se estimaron flujos geostróficos hacia el sur sobre los 160 m a 80 – 100 mn, con velocidades también de hasta 10 cm s⁻¹ (Figura 3.2.5.4.f).

Estaciones fijas costeras

El monitoreo de alta frecuencia de la columna de agua (<100 m) que se realiza en las estaciones fijas mostró que en el último mes para Paita la temperatura varió entre 15 °C y 19 °C, en Chicama entre 14 °C y 16 °C, en Callao entre 14 °C y 15 °C, en Atico sobre los 14 °C y en Ilo entre 13 °C y 16 °C. En general en todas las estaciones fijas se evidenció un ascenso de las isotermas, a excepción de Paita, la cual mostró una profundización de las isotermas a fines de setiembre (Figura 3.2.5.5). En Paita se detectó anomalías térmicas negativas en la primera quincena, en promedio de -0,5 °C, para luego mostrar una transición a anomalías positivas sobre los 30 m, con valores de hasta +3,0 °C, a fines de setiembre. Por otro lado, en Chicama y Callao las condiciones térmicas fueron en promedio neutras a ligeramente frías (-0,5 °C).

En Paita, los registros de salinidad y temperatura evidenciaron una transición de aguas de mezcla ASS – ACF a ACF, aunque a fines de mes se observó la presencia de AES sobre los 20 m debido a la advección de aguas de baja salinidad desde norte. 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 una profundización de las iso-oxígenas en Paita a finales del mes, asociado a la profundización de las isotermas y la presencia de AES, mientras que en Atico las iso-oxígenas mostraron un comportamiento similar a agosto.

Por otro lado, en Chicama, Callao, Ilo, las iso-oxígenas de menor concentración mostraron un leve ascenso respecto a agosto. La iso-oxígena de 0,5 mL L⁻¹ no se registró en Paita ni en Atico, y se determinó a 50 - 60 m en Chicama, a 15 - 25 m en Callao y a 10 - 50 en Ilo durante el mes, en promedio (Figura 3.2.5.8).

Flotadores ARGO

Según la información del flotador ARGO (No. 3901231), el cual se localizó durante setiembre e inicios de octubre entre 84 – 83 °W y 3,5-4,5 °S (frente a la costa norte del Perú), mostró un núcleo de anomalías negativas a lo largo del mes de setiembre de alrededor -2°C (climatología de IMARPE), similar a las condiciones encontradas en el mes de agosto, concentrándose por encima de los 100 metros. Por debajo de los 100 m, las condiciones sub-superficiales se mostraron, en promedio, con condiciones normales (Figura 3.2.5.9). Durante el mes de setiembre este flotador ha continuado su acercamiento a la costa, sin embargo, los datos recolectados difieren de los observados en el punto fijo de Paita a pesar de su proximidad, esto debido a fenómenos muy costeros que son apreciables directamente en esta estación, por lo que los datos recopilados no guardan relación con lo observado en Paita durante este periodo, pero si logran evidenciar el paso de la onda Kelvin fría.

3.2.6. Nutrientes y Productividad en la costa peruana

En las estaciones fijas costeras, los nutrientes se incrementaron respecto al mes anterior en la mayoría de las estaciones fijas costeras.

3.2.6.1. Silicatos

Respecto a los silicatos, estos exhibieron mayores concentraciones respecto al mes anterior en todas las estaciones, a excepción de Callao, donde se mantuvieron. En Paita y Chicama, se observó el ascenso de la isolínea de 15 µmol L⁻¹ (60 m a 40 m) y 20 µmol L⁻¹ (40 m a 0 m) respectivamente durante el mes. En Callao, las concentraciones fluctuaron entre 15 µmol L⁻¹ y 25 µmol L⁻¹ en la columna de agua, al igual que el mes anterior. En Ilo, se observaron concentraciones entre 25 µmol L⁻¹ y 30 µmol L⁻¹ debajo de los 30 m, y entre la superficie y 30 m, las concentraciones se mantuvieron alrededor de los 15 µmol L⁻¹ durante el mes (Figura 3.2.6.1).

3.2.6.2. Nitratos

Los nitratos tendieron a mostrar un incremento de sus concentraciones respecto al mes anterior a lo largo de la costa, a excepción de Callao. En Paita se observó el ascenso de la isolínea de 15 µmol L⁻¹ de 100 m a 40 m durante la última quincena. En Chicama, las concentraciones en la capa sub-superficial (> 30 m) aumentaron de 15 µmol L⁻¹ a 20 µmol L⁻¹ en promedio durante el mes. En Callao, la isolínea de 15 µmol L⁻¹ se profundizó de 25 m a 60 m durante la primera quincena; mientras que, durante la segunda quincena ascendió de 60 m a 20 m. En Ilo, las concentraciones se mantuvieron alrededor de 10 µmol L⁻¹ durante el mes en toda la columna de agua (Figura 3.2.6.2).

3.2.6.3. Fosfatos

Los fosfatos en Paita y Callao mostraron una disminución de sus concentraciones respecto al mes anterior; mientras que, en Chicama e Ilo, aumentaron. En Paita, las concentraciones en la columna de agua fueron en promedio de $1,5 \mu\text{mol L}^{-1}$; mientras que, en Chicama e Ilo se presentaron concentraciones de $2,5 \mu\text{mol L}^{-1}$ en la columna de agua, observándose además en Ilo un pulso de $3 \mu\text{mol L}^{-1}$ entre los 40 m a 80 m durante la segunda y tercera semana del mes. En Callao, las concentraciones oscilaron entre $2 \mu\text{mol L}^{-1}$ a $2,5 \mu\text{mol L}^{-1}$ (Figura 3.2.6.3)

3.2.6.4. Clorofila-a

La concentración mensual de clorofila-a satelital, proveniente de la unión de todos los satélites que registran clorofila-a superficial (www.oceancolor.gsfc.nasa.gov/I3/), presentó valores predominantes de $-1 \mu\text{g L}^{-1}$ a lo largo de la costa dentro de las 40 m.n.; Sin embargo, frente a Pisco (dentro de las 30 mn) y al sur de los 16°S (a las 40 m.n.) se observaron valores mayores a $3 \mu\text{g L}^{-1}$ (Figura 3.2.6.4 a). En términos de anomalía, el promedio mensual mostró que en el sistema costero predominaron condiciones normales, con presencia de pequeñas zonas con anomalías positivas frente a Pisco dentro de las 20 m.n. y frente a Ilo a las 40 m.n. (entre $+2 \mu\text{g L}^{-1}$ y $+3 \mu\text{g L}^{-1}$), así como anomalías negativas ($-1 \mu\text{g L}^{-1}$) dentro de las 10 m.n. frente a Paita, entre Chicama y Chimbote y frente a Ilo (Figura 3.2.6.4. b).

A escala diaria se ha utilizado la información de MODIS (Ocean Biology Processing Group, 2003) pero corregida respecto a SeaWIFS (O'Reilly et al. 1998). A partir de este producto, el promedio pentadal dentro de las 60 m.n. y entre 6°S a 16°S , presentó alternancia de anomalías positivas y negativas entre $-1 \mu\text{g L}^{-1}$ y $+1,5 \mu\text{g L}^{-1}$ (Figura 3.2.6.4. d). Latitudinalmente, en la franja costera predominaron condiciones normales con ausencia de información en diferentes latitudes al largo de la costa debido a la alta presencia de nubes; sin embargo, se observaron anomalías positivas ($>+2 \mu\text{g L}^{-1}$) entre los 8°S a 9°S durante la primera semana del mes (Figura 3.2.6.4. 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 estuvo alrededor de 80 %, en gran parte de la costa. Frente a Paita (dentro de las 60 m.n.), entre San José y Chimbote (dentro de las 20 m.n.) y entre Pisco y San Juan (dentro de las 50 m.n.) la cobertura nubosa fue menor de 80 % (Figura 3.2.6.4. c).

3.2.7. Recursos Pesqueros e indicadores biológicos

Distribución, capturas y tallas de la anchoveta

La primera temporada de pesca de la anchoveta en la región norte centro terminó el 31 de julio. En la región sur, durante setiembre no se registró actividad pesquera debido a que el recurso se encontró bastante disperso, por lo que fue poco accesible para la pesquería.

Desde el 01 de enero al 10 de octubre la flota artesanal de menor escala desembarcó aproximadamente 92 mil toneladas (t) de anchoveta, correspondiente al 61 % de la cuota otorgada (150 000 t) según RM N° 313-2019 PRODUCE. El desembarque durante setiembre fue de 4 814 t, siendo los principales puertos de descarga Paita y Parachique (5°S), Chimbote (9°S) y Pisco (13°S).

Durante el periodo 25 de agosto – 25 de setiembre se desarrolló el Crucero de estimación de la biomasa desovante de la anchoveta mediante el Método de Producción de Huevos (Cr. 1908-09) en el cual se observó que la anchoveta tuvo una amplia distribución debido a que se presentaron condiciones favorables como anomalías térmicas entre neutras y ligeramente frías. Las mayores concentraciones de la anchoveta se registraron a lo largo de la zona costera. Sin embargo, núcleos de altas concentraciones de cardúmenes fueron registrados entre Chicama-Malabrigo (7 °S) y Chimbote (9 °S) y entre Tambo de Mora (13 °S) a Bahía Independencia (14 °S), las cuales se presentaron en ACF y en aguas de mezcla (ACF y ASS) (Figura 3.2.7.2).

Especies Indicadoras

En setiembre, los recursos transzonales y oceánicas *Scomber japonicus* “caballa”, *Trachurus murphyi* “jurel”, *Sarda chiliensis chiliensis* “bonito”, *Coryphaena hippurus* “perico” fueron registradas dentro de las 80 mn de Supe (11 °S) a Bahía Independencia (14 °S). Mientras que, frente a Chimbote, como especie incidental se observó a la especie *Scomberesox saurus scombroides* “agujilla”. La presencia de estos recursos se encuentra relacionada a la amplia cobertura de aguas de mezcla (AM) que se extiende desde el extremo sur hasta Salaverry (8 °S) (Figura 3.2.7.3a).

Con relación al monitoreo bio-oceanográfico con la componente biológica de avistamientos de aves marinas a bordo de embarcación IMARPE V. La mayor abundancia se registró dentro de las 10 m.n. de la costa en el área evaluada Paita (5 °S) – Chimbote (9 °S), con mayores observaciones al sur del área de evaluación (Figura 3.2.7.3b).

Las aves guaneras *Sula variegata* “piquero”, *Phalacrocorax bougainvilli* “guanay” y *Pelecanus thagus* “pelicano”) y aves residentes mostraron una mayor asociación con las ACF con TSM promedio de 16,2 °C (Figura 3.2.7.4). También se evidenció la presencia de la especie *Procellaria aequinoctialis* “petrel de barba blanca” como indicador de aguas frías hasta el Salaverry (6 °S) y la aparición del ave *Fregata magnificens* “fragata”, proveniente de la región norte de 40 m.n. a 30 m.n. frente a Paita debido al acercamiento de masas de agua AES.

Indicadores reproductivos y somáticos de la anchoveta

Los indicadores reproductivos de la especie *Engraulis ringens* “anchoveta” del stock norte-centro del Perú, al mes de setiembre, mostraron que el recurso se encuentra en su periodo principal de desove, conforme a sus patrones históricos, proceso que se encuentra favorecido por las condiciones oceanográficas neutras (Figura 3.2.7.4).

4. PRONÓSTICO

4.1. A mediano plazo (semanas)

Los resultados de los modelos oceánicos lineales simplificados, tanto del IGP (Figura 3.1.2.6. c y d), como del IMARPE (Figura 4.2.1), también de las proyecciones teóricas sobre los datos observados indican que, como consecuencia de las anomalías de vientos del oeste en el Pacífico ecuatorial oriental en la segunda y tercera semana de setiembre, arribaría una onda Kelvin cálida a las costas de Sudamérica a finales del mes de octubre e inicio de noviembre, la cual se encuentra actualmente ubicada en 120 °W. Esta Onda Kelvin cálida podría influir en el incremento del nivel del mar, de la TSM y la profundización de la termoclina.

La onda Rossby cálida continúa su desplazamiento hacia la frontera occidental y se espera que, entre lo que queda de octubre y noviembre, se refleje como una onda Kelvin cálida que podría llegar a la costa americana en enero. De reflejarse en el segundo modo baroclínico, es decir con una velocidad de 1,7 m/s, esta onda podría llegar en febrero.

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 octubre de 2019, coinciden en indicar en promedio condiciones Neutras entre los meses de octubre y diciembre de 2020 (ver figuras 4.4.2 y 4.2.3). Hay que resaltar que, en la primera región mencionada, el modelo CFSv2 y GFDL indica condiciones cálidas débiles noviembre y diciembre de 2019.

4.2. A largo plazo (más de 3 meses)

Los modelos climáticos de agencias internacionales indican condiciones neutras entre los meses de enero y abril de 2020 para el Pacífico central (Niño 3.4), sin embargo, los modelos GFDL_CMC2.1 y GFDL_FLOR indican condiciones cálidas débiles en tres los meses enero – abril y febrero-abril, respectivamente de 2020. En la región oriental (Niño1+2), que incluye la costa norte del Perú, también se esperaría condiciones neutras en el mismo periodo del Pacífico central. El patrón espacial de TSM (Figura 4.2.4) y de precipitación (Figura 4.2.5) pronosticado por los modelos NMME, continúan indicando condiciones neutras en el océano Pacífico ecuatorial central y oriental.

Debido a que los principales impactos de El Niño y La Niña suelen darse en la temporada de lluvias, durante el verano austral, el ENFEN proporciona una estimación de las probabilidades de ocurrencia de éstos (ver Tabla 4.2.3 y 4.2.4) para el próximo verano. El análisis indica que para el Pacífico ecuatorial central (Niño 3.4) son más probables las condiciones Neutras (63 %), seguidas de condiciones El Niño débil (21 %); en tanto que, para el Pacífico oriental (Niño 1+2) son más probables las condiciones Neutras (64 %), seguidas de condiciones El Niño débil (20 %).

5. CONCLUSIONES

En el mes de setiembre, la ATSM en la región el Niño 1+2 se mantuvo con valores por debajo de la media, al igual que en el mes anterior, pero con tendencia a la normalización. Durante el mes se observó el arribo de una onda Kelvin fría a la costa americana, la cual mantuvo las condiciones frías. Las estaciones fijas costeras tendieron a mostrar un ascenso de las isotermas. Frente a Paíta se observó una profundización a fines de setiembre. En dicho punto se observó el desarrollo de anomalías térmicas positivas sobre los 30 m a fines de setiembre, mientras que en Chicama y Callao se observó la persistencia de condiciones neutras y/o de anomalías térmicas negativas ($\sim 0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$) en la columna de agua ($<100\text{ m}$) durante el mes.

El anticiclón del Pacífico Sur (APS), se mostró al suroeste de su posición normal, manteniendo los vientos intensos de manera episódica en la costa peruana.

El afloramiento costero exhibió variaciones temporales a lo largo de la mayor parte de la costa, siendo más intenso en la segunda y tercera semanas, en promedio. Espacialmente, frente a Talara y Paíta el índice de afloramiento costero (IAC) presentó los mayores valores, alcanzando $500\text{ m}^3\text{ s}^{-1}\text{ }100\text{m}^{-1}$ en la segunda semana del mes.

En el Pacífico central (región Niño 3.4), la anomalía de la TSM disminuyó $0,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ con respecto al mes de agosto. El ONI de agosto (JAS) tiene la categoría Neutro al igual que los estimados (ONI-tmp) para setiembre y octubre. Por otro lado, en el Pacífico oriental (región Niño 1+2), el valor de ICEN para agosto y sus respectivos temporales (ICEN-tmp) de setiembre y octubre indican condiciones neutras.

Los caudales de los principales ríos de las regiones hidrográficas del Pacífico presentaron un comportamiento ligeramente descendente respecto a la media. Las reservas hídricas de los principales embalses de la costa norte y sur se encuentran, en promedio, al 58 % y 71 % de su capacidad de almacenamiento, respectivamente.

La anchoveta de la región norte - centro presentó una amplia distribución debido a las condiciones favorables presentadas durante el mes a lo largo de la zona costera del litoral peruano, ubicándose altas concentraciones entre Chicama-Malabrigo y Chimbote, y entre Tambo de Mora a Bahía Independencia. Los índices reproductivos de la anchoveta peruana del stock norte-centro indicaron que el recurso se encuentra en su periodo principal de desove, acorde al patrón histórico.

Para el Pacífico Oriental (región Niño 1+2) y central (región Niño 3.4), el promedio de los modelos numéricos de NMME con condiciones iniciales de octubre indican condiciones Neutras para los meses de octubre a abril de 2020.

Se espera el arribo de una onda Kelvin cálida a la costa americana entre octubre y noviembre, sin embargo, las condiciones Neutras se mantendrían en la costa peruana.

Para el verano 2019-2020, según el análisis del escenario actual, así como la información proporcionada por los modelos climáticos, se estima que para el Pacífico ecuatorial central (Niño 3.4) son más probables las condiciones Neutras (63 %), seguidas de condiciones El Niño débil (21 %); en tanto que, para el Pacífico oriental (Niño 1+2) son más probables las condiciones Neutras (64 %), seguidas de condiciones El Niño débil (20 %).

La Comisión Multisectorial ENFEN, a través del monitoreo y análisis de la información proporcionada por las instituciones que la conforman y la evaluación mediante el juicio experto de su grupo científico, consideran que se mantiene el sistema de alerta “No activo”, debido a que se continúa observando, en promedio, condiciones neutras en la temperatura superficial del mar frente a la costa peruana y considera más probable que estas se mantengan hasta fin de año.

6. REFERENCIAS

- Boulanger, J.-P., and C. Menkes, 1995: Propagation and reflection of long equatorial waves in the Pacific Ocean during the 1992–1993 El Niño, *J. Geophys. Res.*, 100(C12), 25,041–25,059.
- Chassignet, E. P., H. E. Hurlburt, O. M. Smedstad, G. R. Halliwell, P. J. Hogan, A. J. Wallcraft, R. Baraille, and R. Bleck (2007), The HYCOM (Hybrid Coordinate Ocean Model) data assimilative system, *Journal of Marine Systems*, 65, 60–83.
- Correa D., G. Luque, C. Grados, D. Quispe, C. Paulino (2016). Vigilancia y Pronóstico a Corto Plazo del Viento Frente al Litoral Peruano en Base a Información Satelital y el Modelo GFS. Poster CONCIMAR 2016.
- Dewitte B., D. Gushchina, Y. duPenhoat and S. Lakeev, 2002: On the importance of subsurface variability for ENSO simulation and prediction with intermediate coupled models of the Tropical Pacific: A case study for the 1997-1998 El Niño. *Geoph. Res. Lett.*, vol. 29, no. 14, 1666, 10.1029/2001GL014452.
- ENFEN, 2012: Definición operacional de los eventos El Niño y La Niña y sus magnitudes en la costa del Perú. Nota Técnica ENFEN. 2p.
- ENFEN, 2019 a. Comunicado Oficial ENFEN, N°.10 -2019, junio de 2019.
- Illig S., B. Dewitte, N. Ayoub, Y. du Penhoat, G. Reverdin, P. De Mey, F. Bonjean and G.S. E. Lagerloef, 2004: Interannual Long Equatorial Waves in the Tropical Atlantic from a High Resolution OGCM Experiment in 1981-2000. *J. Geophys. Research*, 109, C02022, doi:10.1029/2003jc001771.
- Kalnay, E., M. Kanamitsu, R. Kistler, W. Collins, D. Deaven, L. Gandin, M. Iredell, S. Saha, G. White, J. Woollen, Y. Zhu, A. Leetmaa, B. Reynolds, M. Chelliah, W. Ebisuzaki, W. Higgins, J. Janowiak, K. Mo, C. Ropelewski, J. Wang, R. Jenne, and D. Joseph, 1996: The NCEP/NCAR 40-Year Reanalysis Project. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 77, 437–471.
- Kirtman BP, Min D, Infanti JM, Kinter JL, Paolino DA, Zhang Q, van den Dool H, Saha S, Peña M, Becker E, Peng P, Tripp P, Huang J, DeWitt DG, Tippett MK, Barnston AG, Li S, Rosati A, Schubert SD, Rienecker M, Suarez M, Li ZE, Marshak J, Lim YK, Tribbia J, Pegion K, Merryfield WJ, Denis B, Wood EF, 2014: The North American Multimodel Ensemble: Phase-1 Seasonal-to-Interannual Prediction; Phase-2 toward Developing Intraseasonal Prediction. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 95, 585–601. doi: 10.1175/BAMS-D-12-00050.1
- Latif, M., D. Anderson, T. Barnett, M. Cane, R. Kleeman, A. Leetmaa, J. O'Brien, A. Rosati, and E. Schneider, 1998: A review of the predictability and prediction of ENSO. *Journal of Geophysical Research: Oceans* 103, 14375–14393.
- Mosquera, K., 2009: Variabilidad Intra-estacional de la Onda de Kelvin Ecuatorial en el Pacífico (2000-2007): Simulación Numérica y datos observados. Tesis para optar el grado de Magíster en Física - Mención Geofísica en la Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

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

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

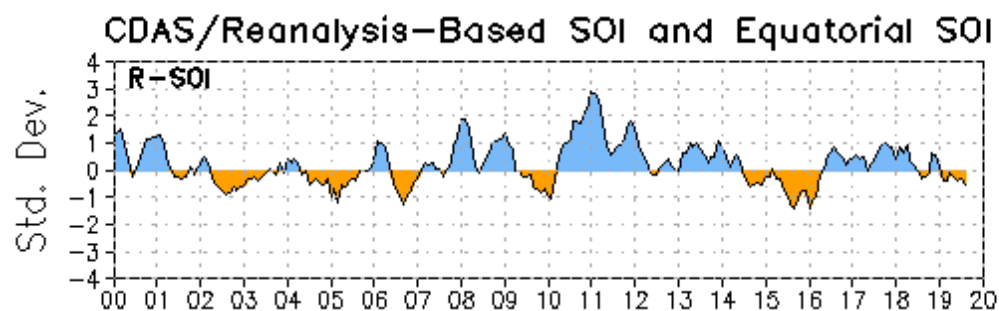
Quispe, J., y Vásquez, L. ,2015: Índice LABCOS para la caracterización de eventos El Niño y La Niña frente a la costa del Perú, 1976-2015. Boletín Trimestral Oceanográfico, Vol.1, Números 1-4, págs.: 14-18, Instituto del Mar del Perú.

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

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

7. FIGURAS

a)



b)

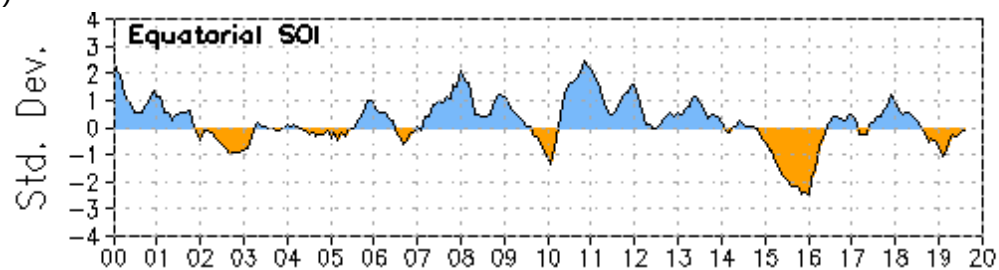


Figura 3.1.1.1 a) Índice de Oscilación del Sur (IOS), b) Índice de Oscilación del Sur Ecuatorial (IOS-Eq). Ambas series de tiempo son medias móviles de tres meses obtenidas del *re-analysis* CDAS.

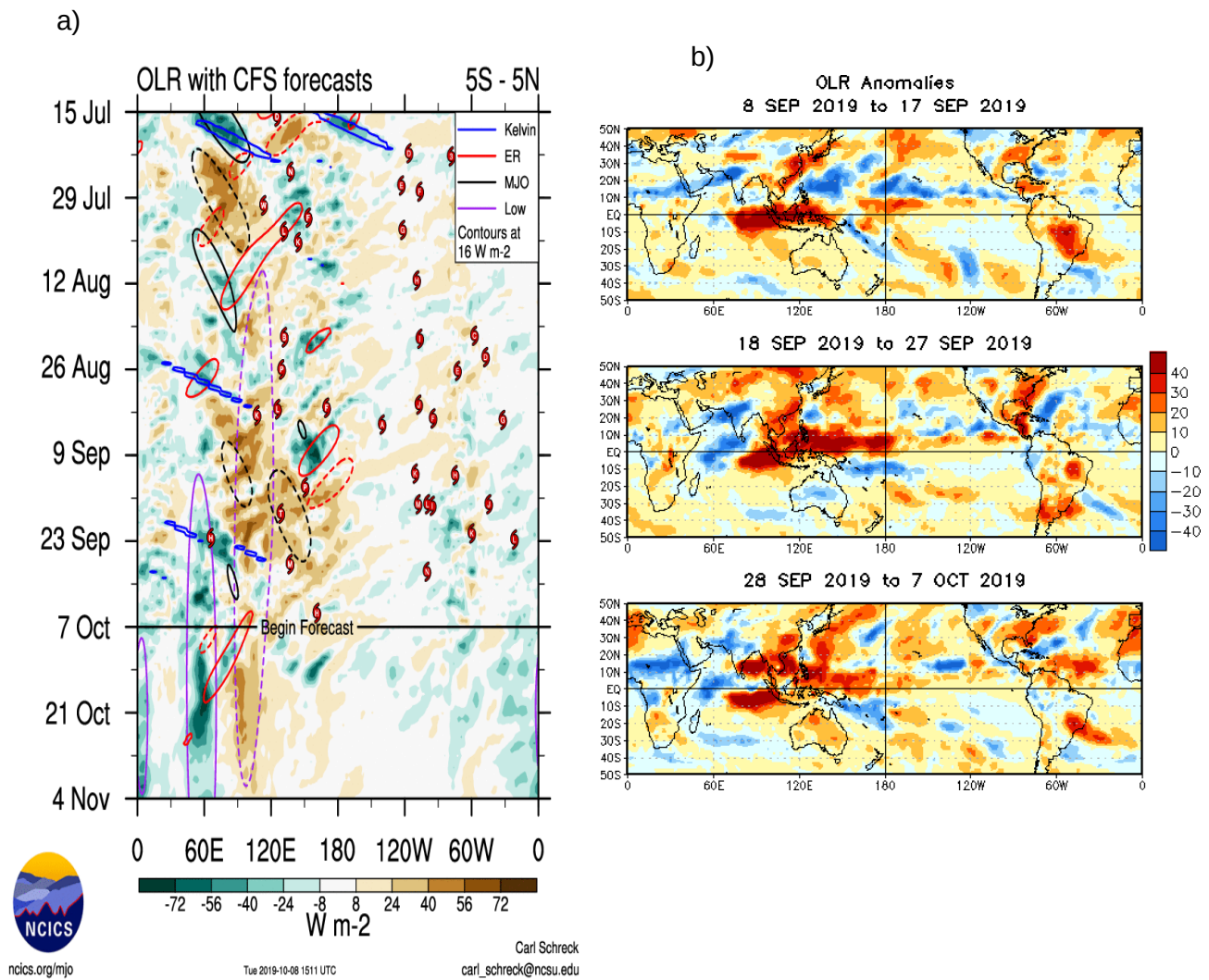
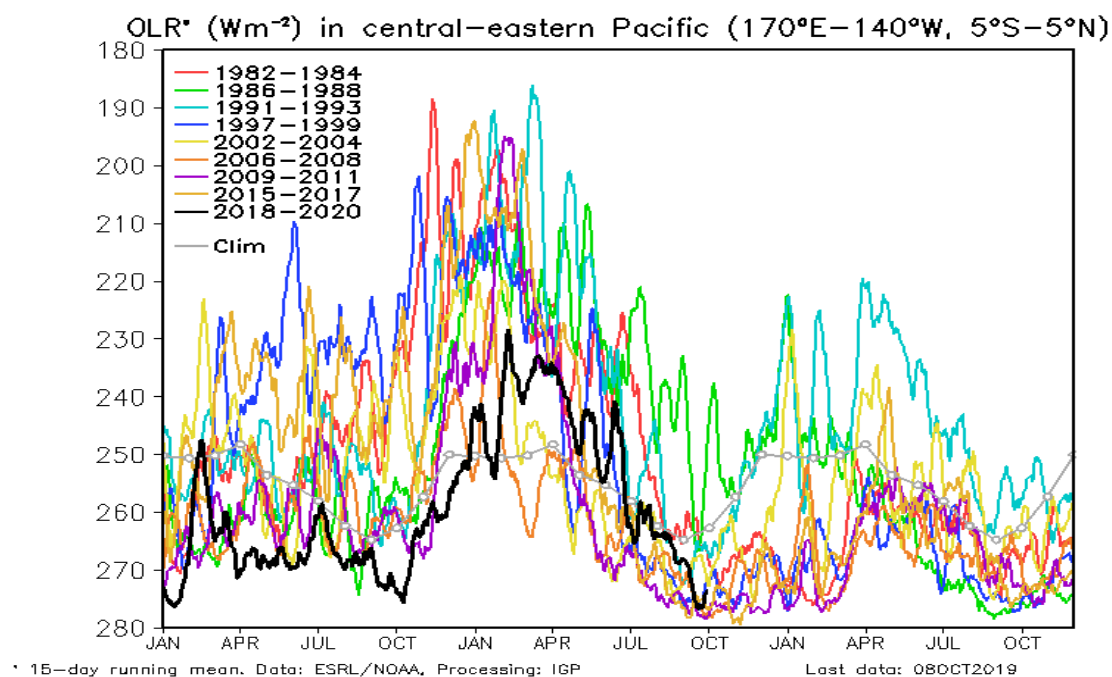


Figura 3.1.1.2. a) Pronóstico a mediano plazo para OLR del modelo CFS. Los contornos indican actividad de ondas atmosféricas b) Anomalías decadas de OLR para el mes de Setiembre de 2019. Datos: CFS y NCEP. Procesamiento: NOAA/SENAMHI

a)



b)

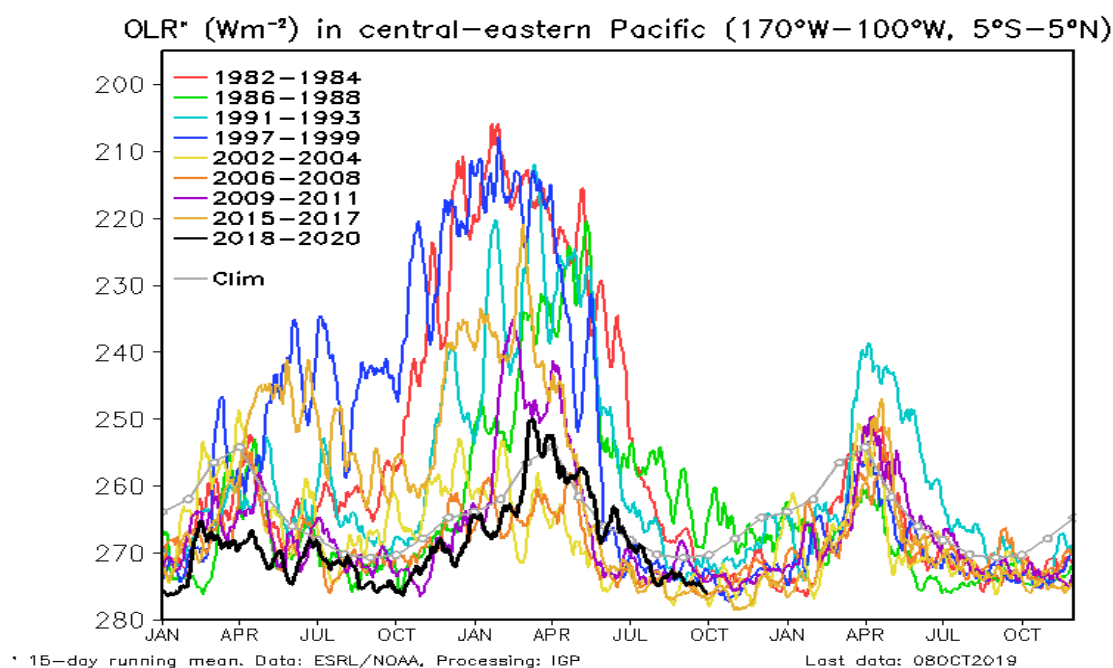
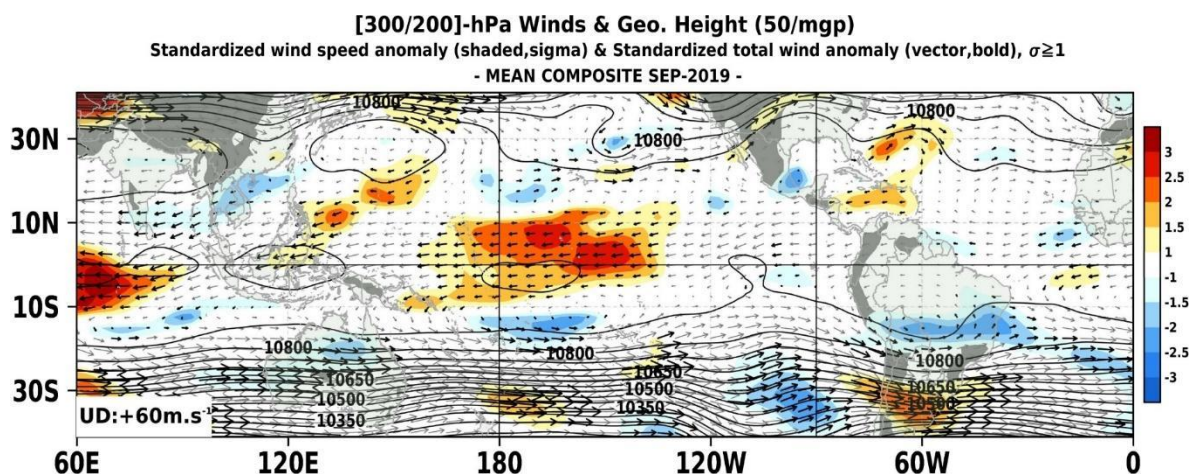


Figura 3.1.1.3 Radiación de onda larga – OLR (W/m^2), desde el mes de enero de 2017 hasta setiembre de 2019, en el Pacífico central-oriental en: a) $170^{\circ}\text{W}-140^{\circ}\text{W}$, $5^{\circ}\text{S}-5^{\circ}\text{N}$ y b) $170^{\circ}\text{W}-100^{\circ}\text{W}$, $5^{\circ}\text{S}-5^{\circ}\text{N}$.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

a)



b)

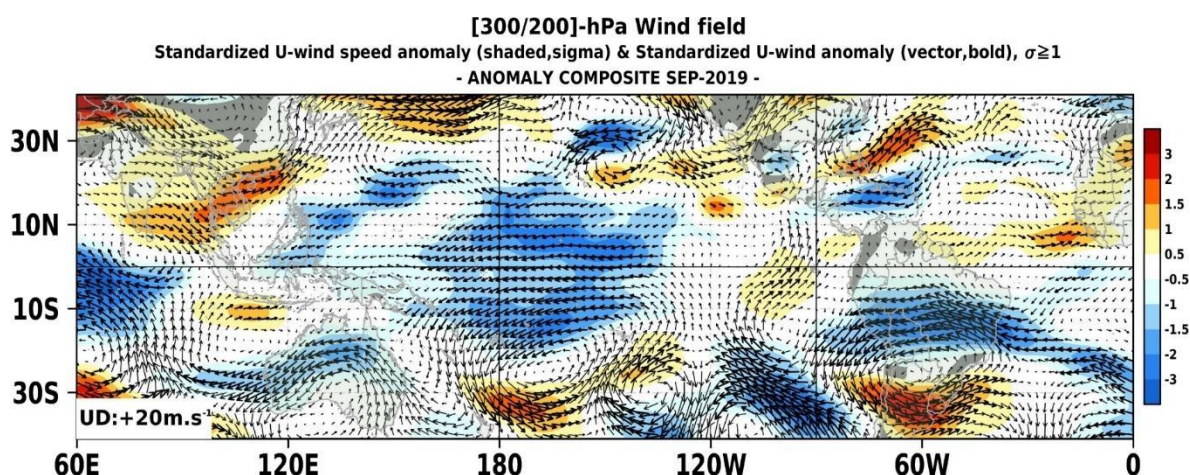
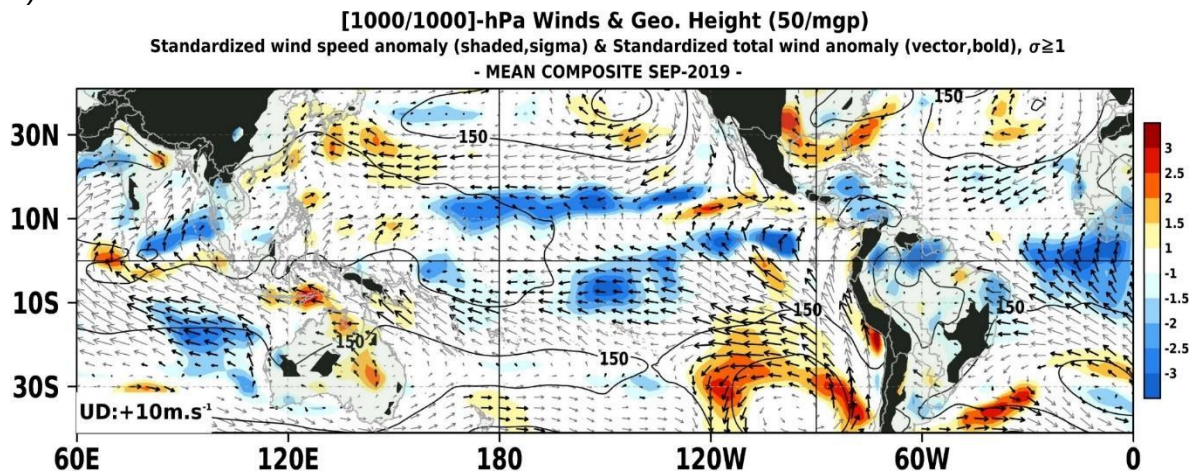


Figura 3.1.1.4 Configuración atmosférica en niveles altos (300 - 200 hPa) para el mes de setiembre del 2019: a) Promedio del viento total (m/s, vectores) y geopotencial (mgp, contornos) junto a anomalías estandarizadas de la velocidad total del viento (matices de colores cada $\pm 0,5 \sigma$), b) Anomalías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

a)



b)

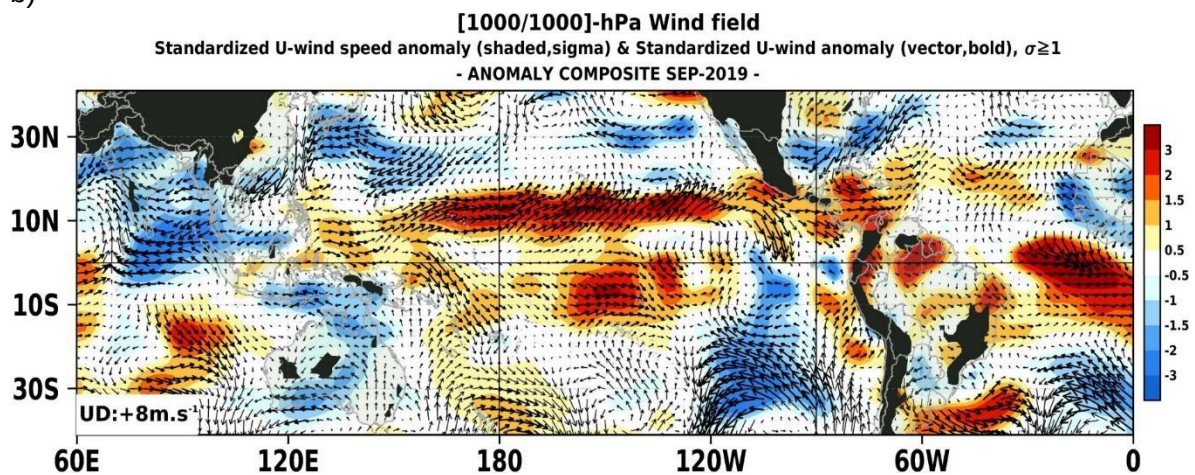


Figura 3.1.1.5. Configuración atmosférica en niveles bajos (1000 - 850 hPa) para el mes de setiembre del 2019: a) Promedio del viento total (m/s, vectores) y geopotencial (mgp, contornos) junto a anomalías estandarizadas de la velocidad total del viento (matices de colores cada $\pm 0,5 \sigma$), b)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

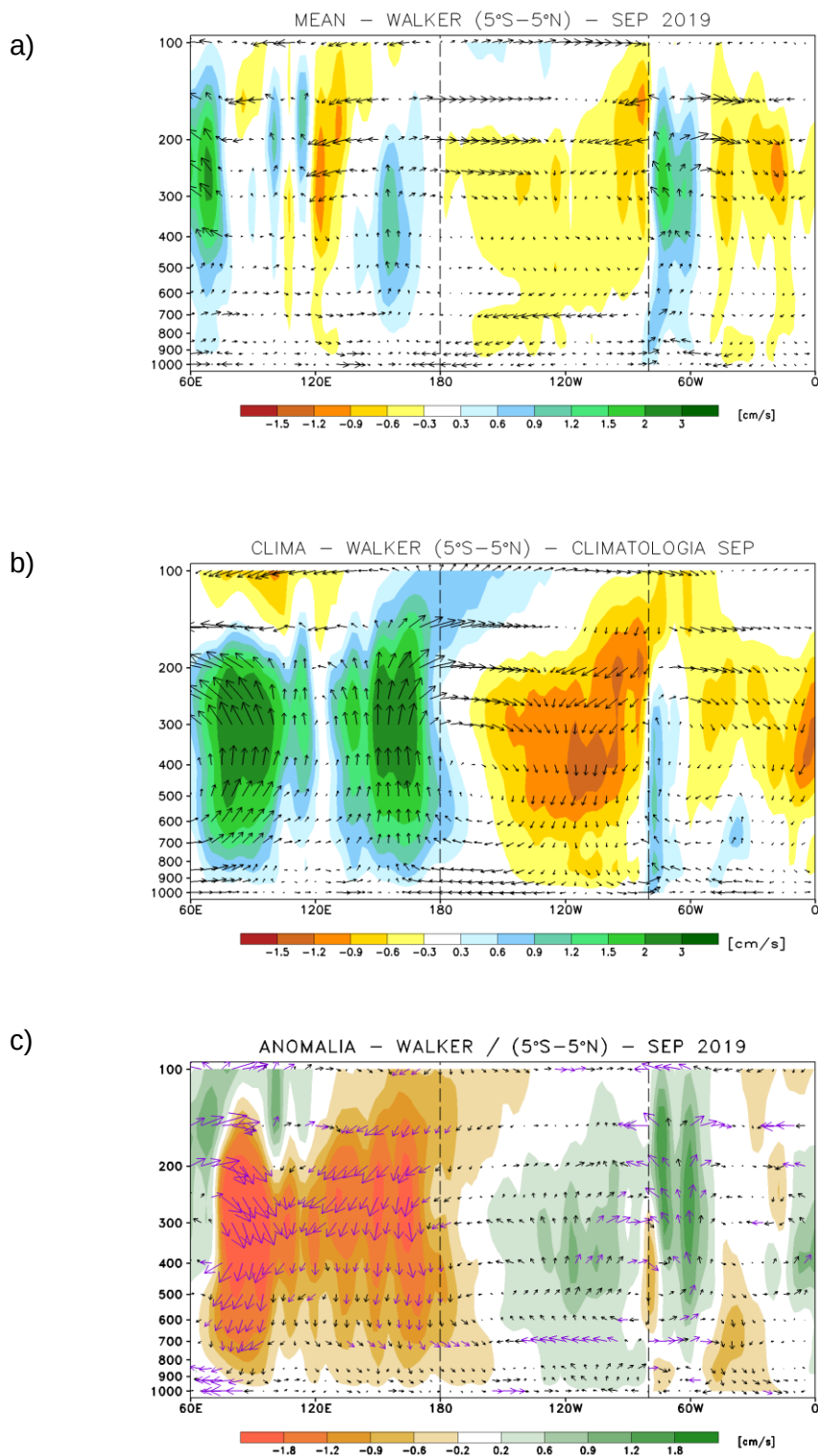


Figura 3.1.1.6. Secciones verticales de la circulación atmosférica ecuatorial (Walker) de este a oeste para el mes de setiembre 2019: (a) patrón promedio, (b) patrón climatológico y (c) patrón anómalo. Fuente: SPC/SENAMHI

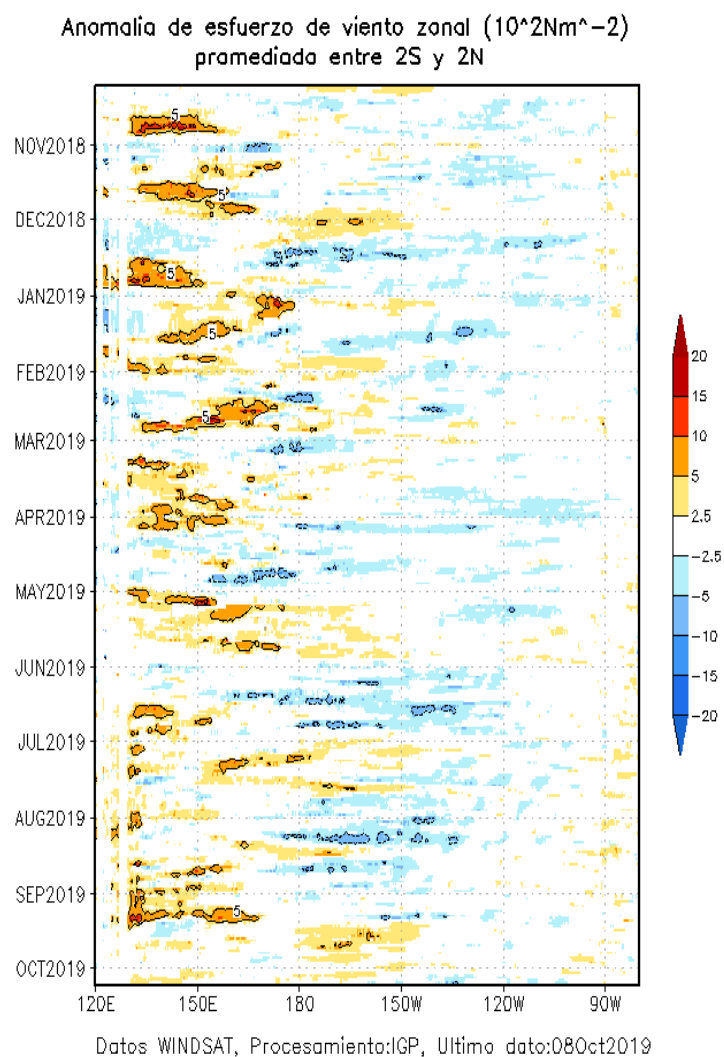
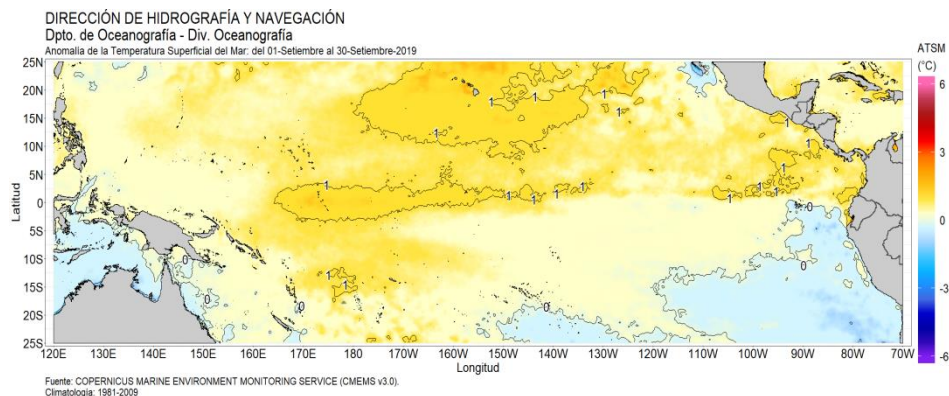


Figura 3.1.1.7. Diagrama longitud-tiempo de las anomalías del esfuerzo de viento zonal ecuatorial basado en datos del producto WINDSAT. Elaboración: IGP.

a)



b)

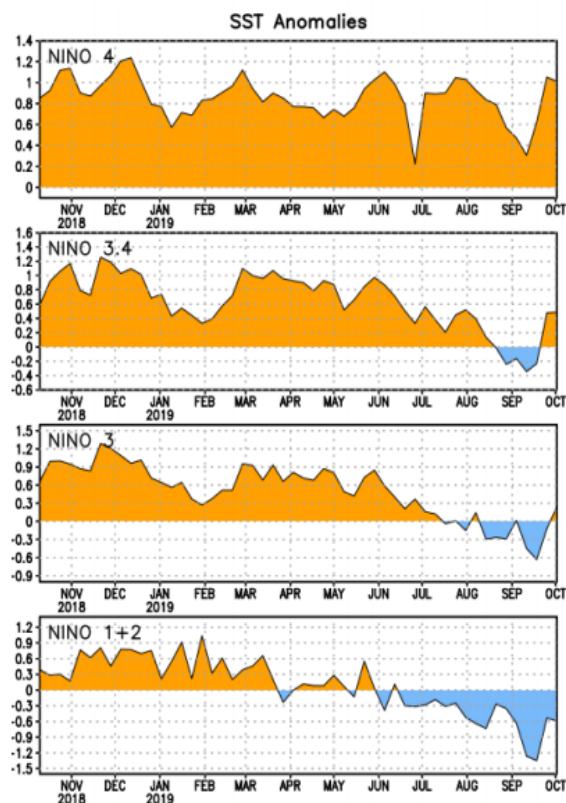


Figura 3.1.1.8. a) Anomalia promedio de la TSM promediada para setiembre de 2019 de la TSM. Fuente: OSTIA, Gráfico: DHN. b) Series de tiempo de las anomalías semanales de la TSM (°C) en las regiones Niño, desde octubre del 2018 hasta inicios de octubre de 2019. Fuente: AVHRR NCEP/NOAA.

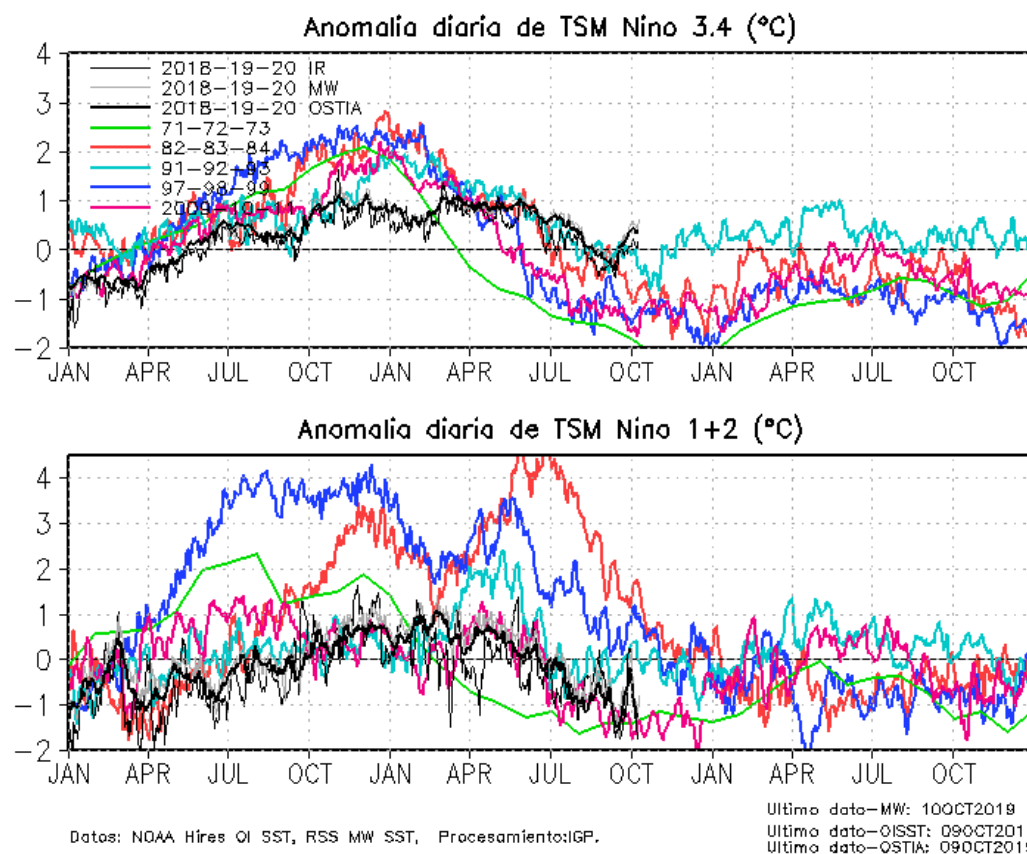


Figura 3.1.1.9 Series de tiempo de la anomalía diaria de la TSM en la región Niño 3.4 (panel superior) y Niño 1+2 (panel inferior). Las líneas en color negro (gruesa), gris y negro (fina) indican la evolución de la anomalía de la TSM en el presente año usando información infrarroja (IR), microondas (MW)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

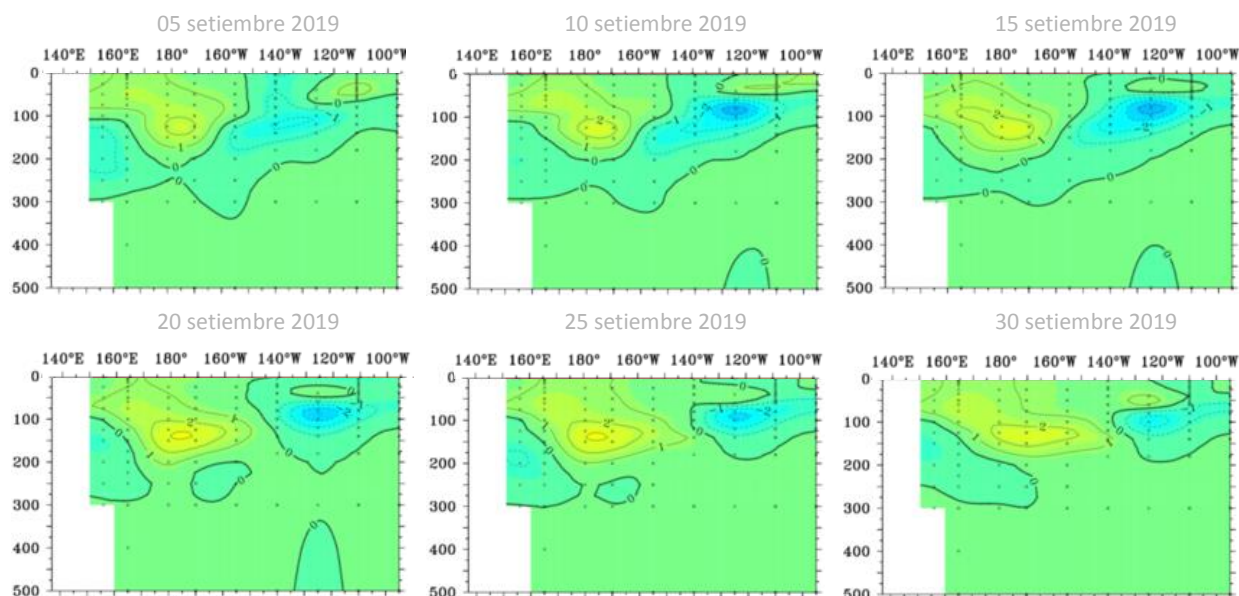


Figura 3.1.2.1. Diagramas longituditud-profundidad de las anomalías de la temperatura del mar en el océano Pacífico ecuatorial (promediados entre 2° N y 2° S) para los días, de izquierda a derecha y de arriba abajo, 05, 10, 15, 20, 25 y 30 de setiembre de 2019. Fuente: TAO/TRITON, PMEL/NOAA.

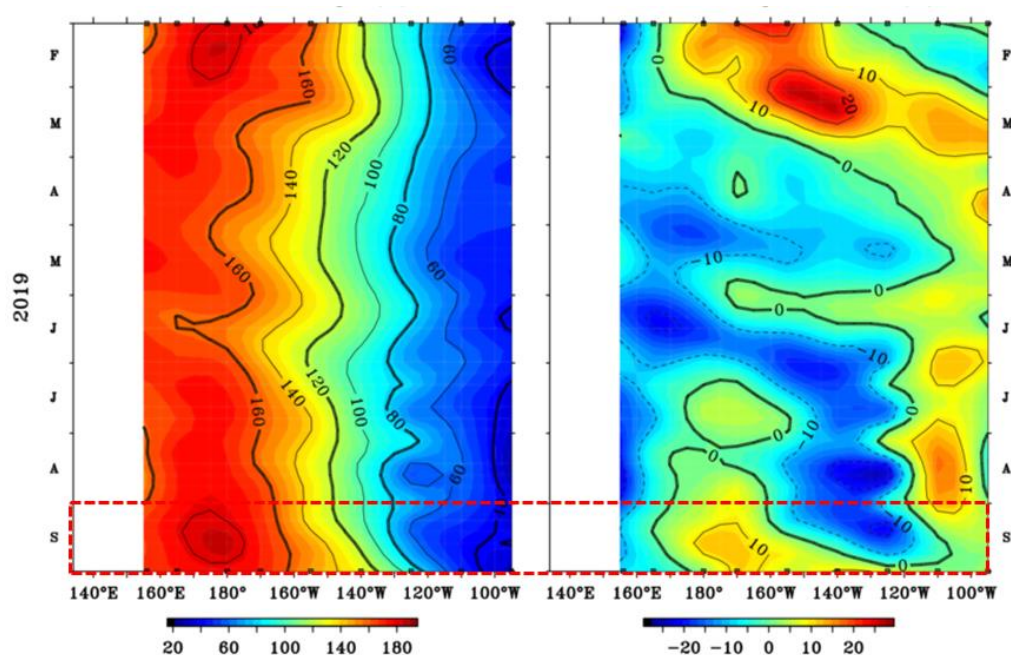


Figura 3.1.2.2. Diagrama longituditud-tiempo de la profundidad de la isoterma de 20 °C (m) promediado entre 2° N y 2° S, desde febrero hasta setiembre de 2019, tanto para su valor total (a) como para su anomalía (b). Fuente: Global Tropical Moored Buoy Array Program office, NOAA/PMEL

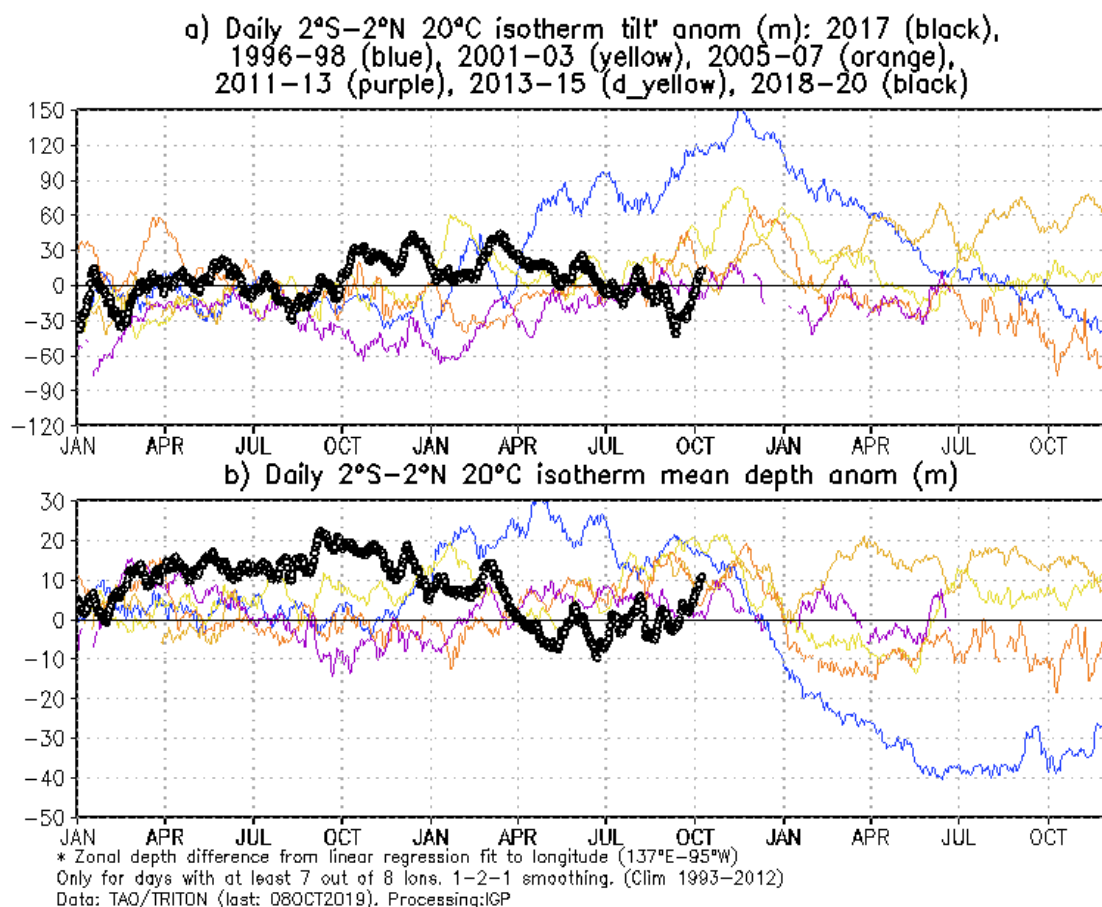


Figura 3.1.2.3. Series de tiempo de: a) la inclinación de la termoclina en el Pacífico ecuatorial basado en los datos de TAO entre 2 °N y 2 °S; y b) del contenido de calor en la región ecuatorial. Estas series de tiempo se obtuvieron usando datos de las boyas TAO entre 2 °N y 2 °S. Elaboración: IGP

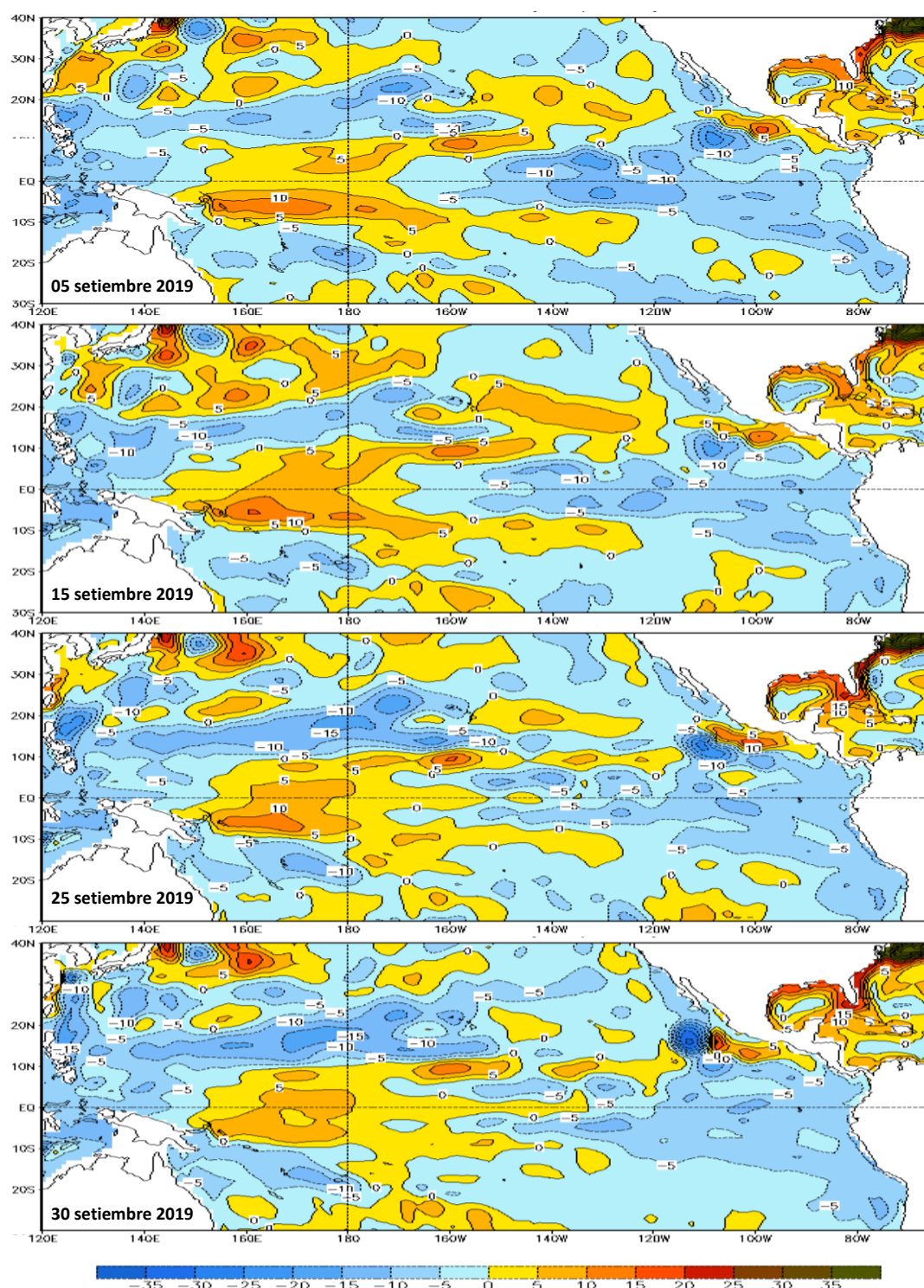


Figura 3.1.2.4. Campos de anomalía del nivel del mar en el Pacífico tropical, de arriba a abajo, para el 5, 15, 25 y 30 de setiembre de 2019. Fuente: GODAS; Climatología 1981–2010.

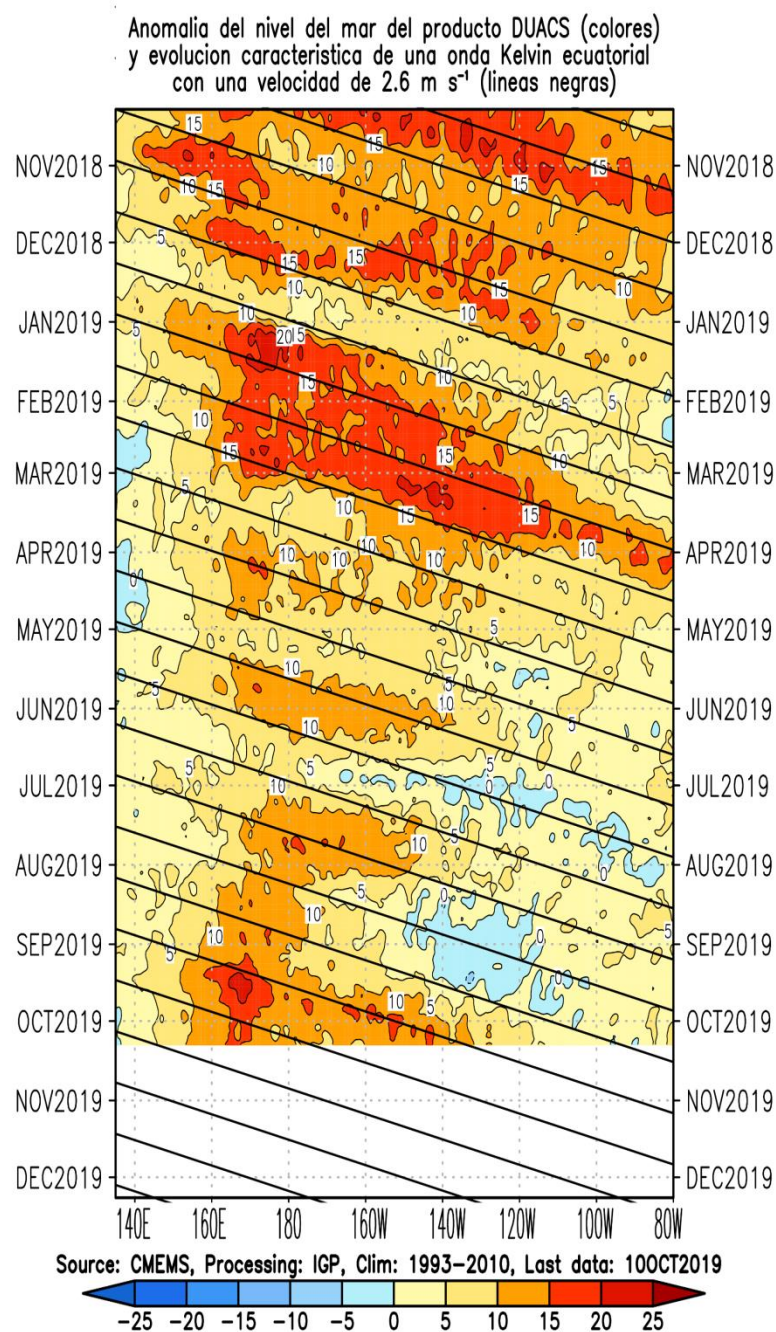


Figura 3.1.2.5. Diagrama longitud – tiempo de la anomalía del nivel medio del mar en el Pacífico ecuatorial usando el producto DUACS. Las líneas diagonales indican la trayectoria teórica de la onda Kelvin si tuviera una velocidad aproximada de 2,6 m/s. Elaboración IGP.

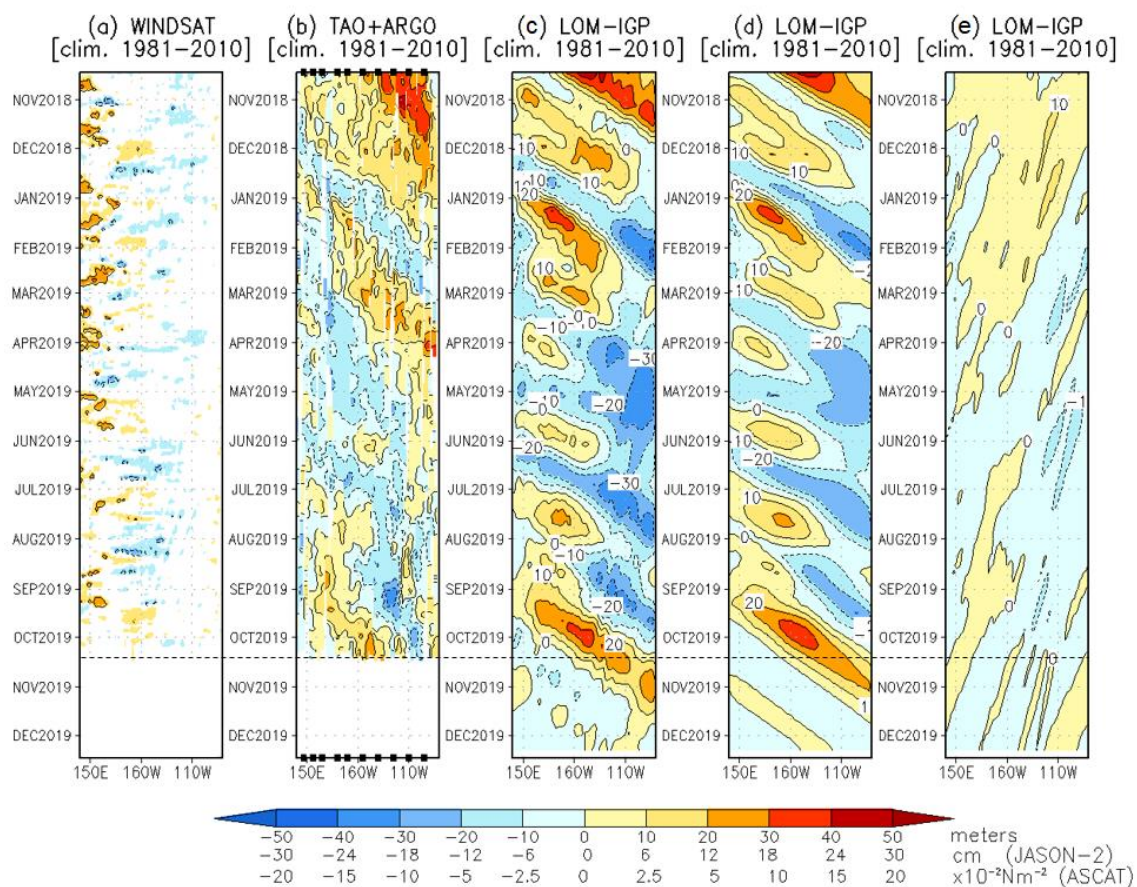
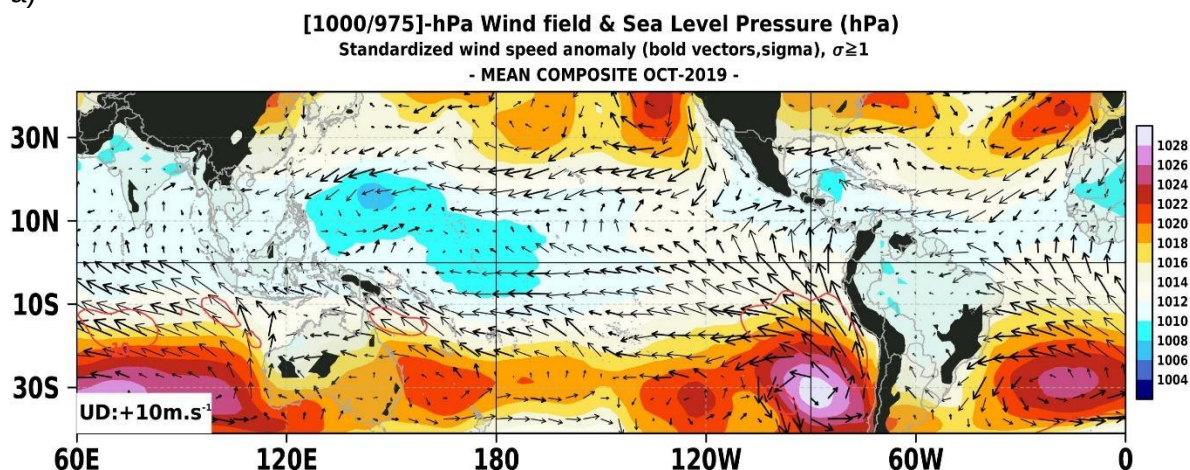


Figura 3.1.2.6. Diagrama longitud-tiempo de las anomalías de esfuerzo de viento zonal ecuatorial basado en datos de WINDSAT (a), anomalía de la profundidad de la isoterma de 20 °C calculados con los datos de TAO y los derivados de ARGO (b), diagrama de la onda Kelvin y Rossby (c), diagrama de la onda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

a)



b)

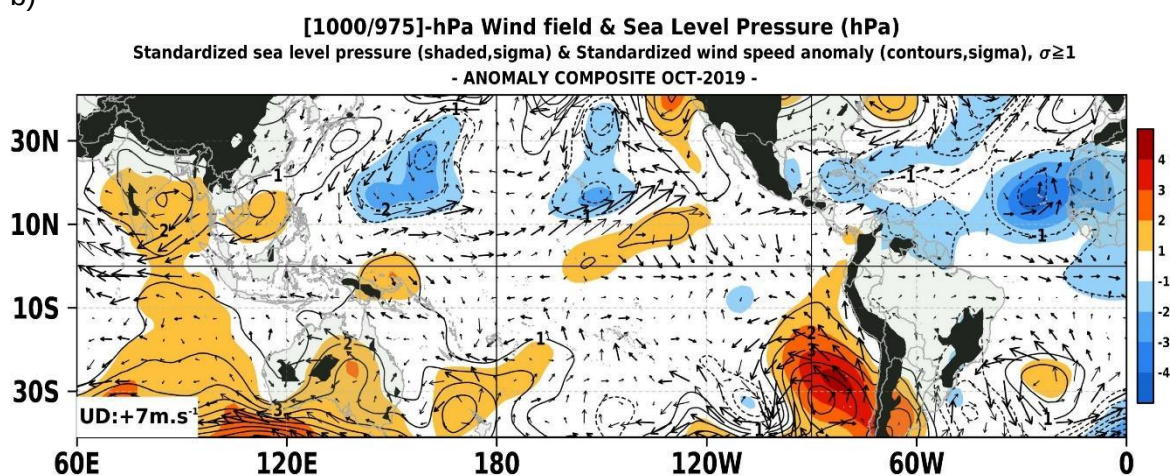


Figura 3.2.1.1. Análisis de superficie para el mes de setiembre del 2019. Arriba: Promedio del campo de presión reducida a nivel del mar (PRMSL, hPa) y vientos entre 1000 - 975 hPa (contornos rojos >8 m/s), vectores gruesos representan velocidad estandarizadas, ($\sigma > 1$). Abajo: Anomalías del campo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

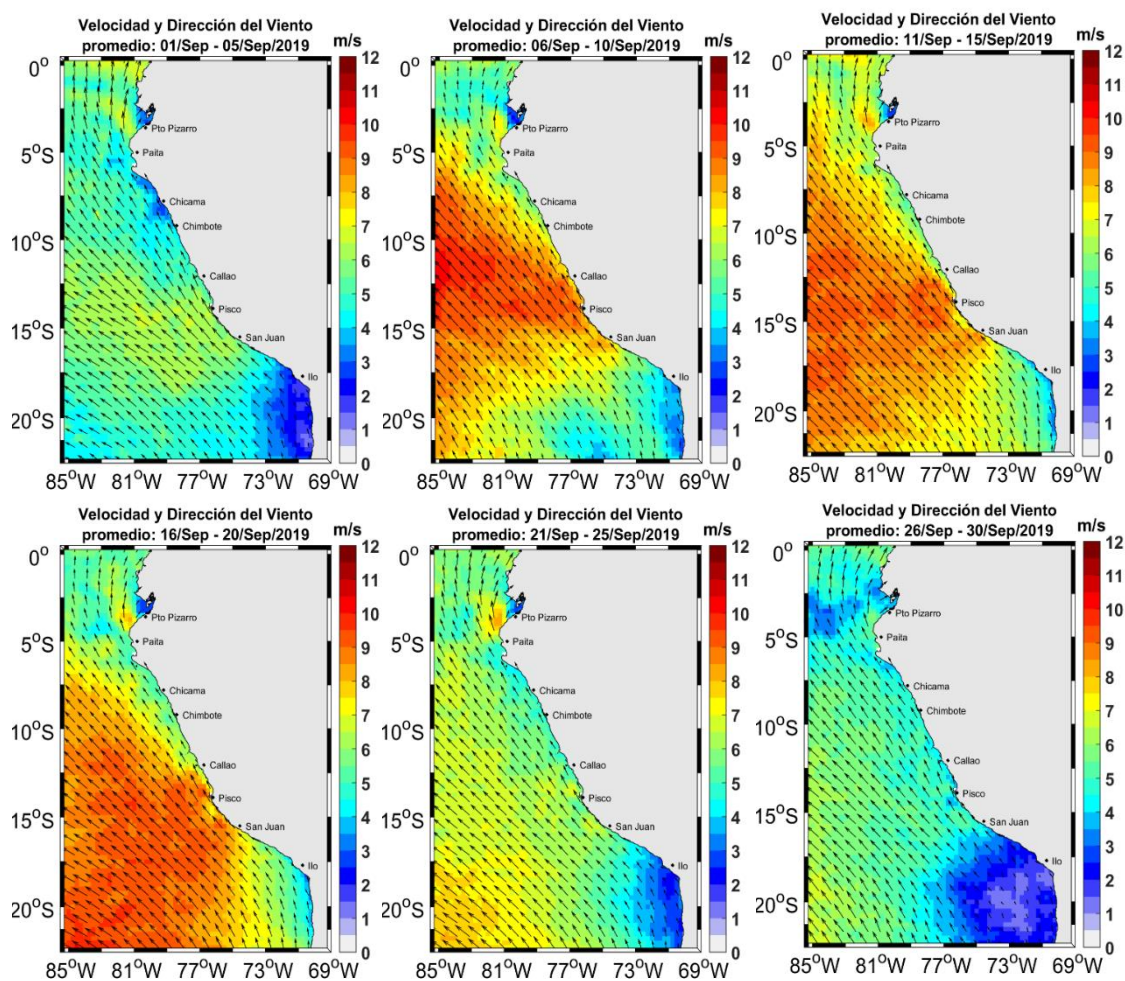


Figura 3.2.1.2. Mapas de la velocidad del viento frente a la costa peruana, durante el mes de setiembre de 2019 (Fuente: Satélite ASCAT y productos del modelo GFS (ASCAT disponible hasta el 30 de setiembre de 2019 por lo cual la información fue completada con el producto del modelo GFS, previa validación de acuerdo con Correa et al. 2016). Procesamiento: Laboratorio de Hidro-Física Marina, IMARPE). *Actualizada hasta el 30/09/2019.*

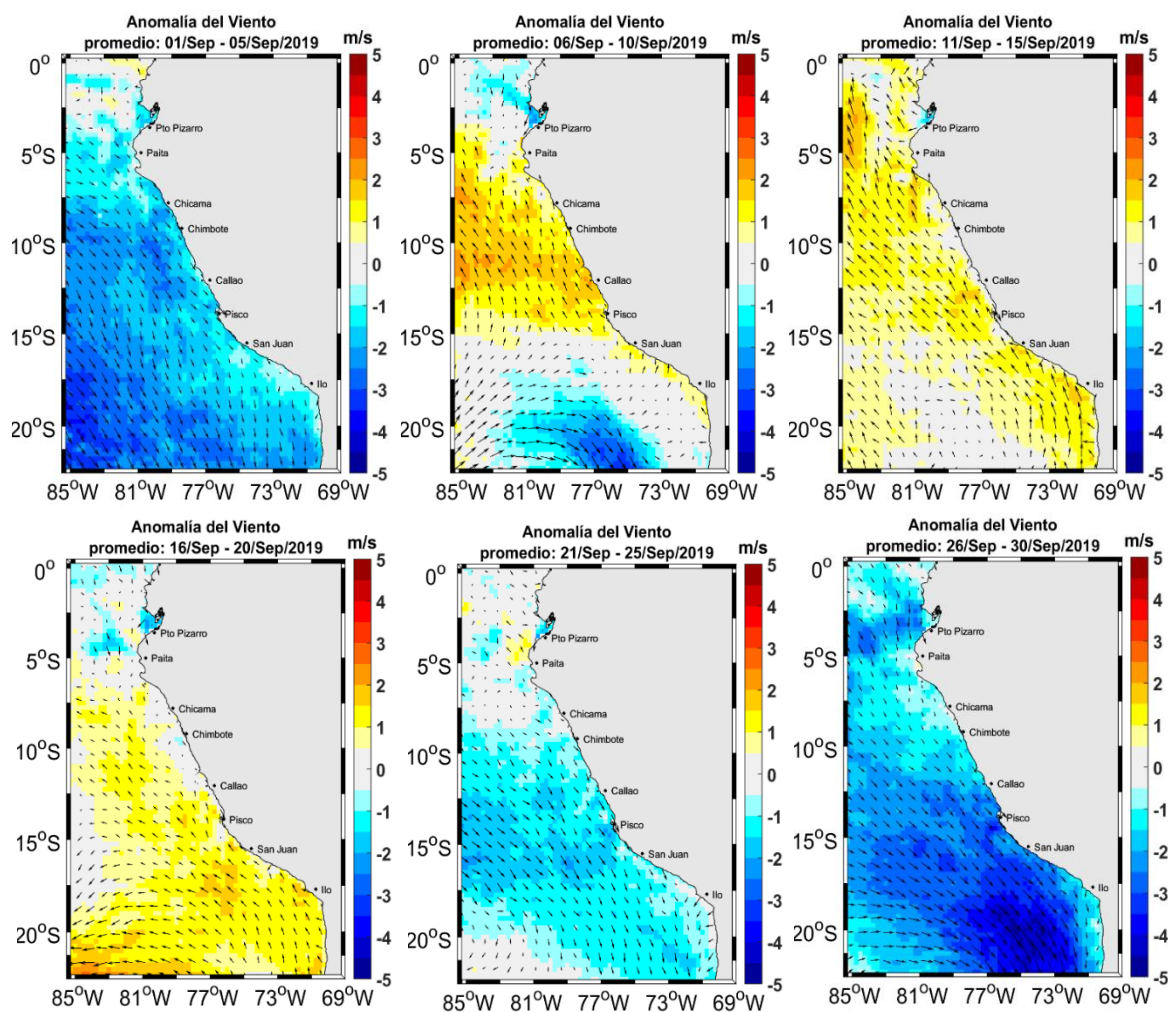
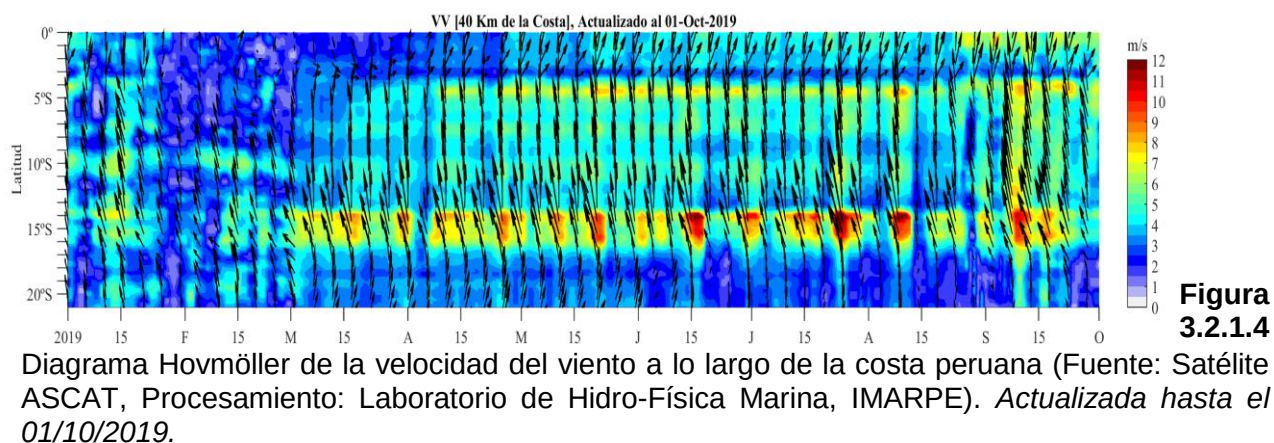
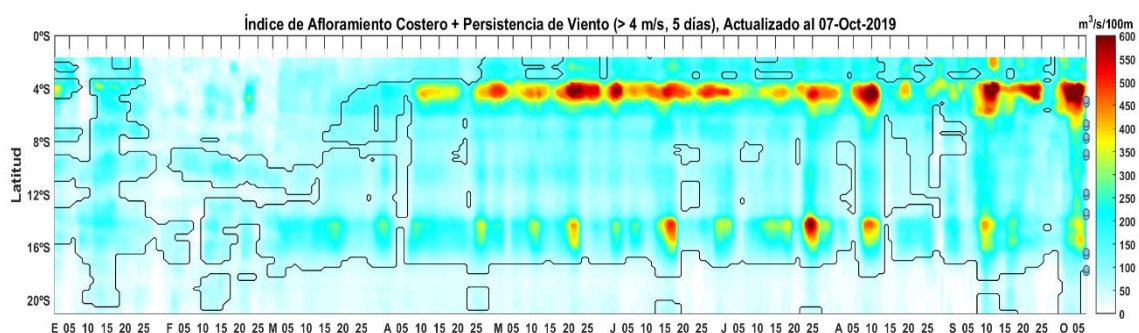
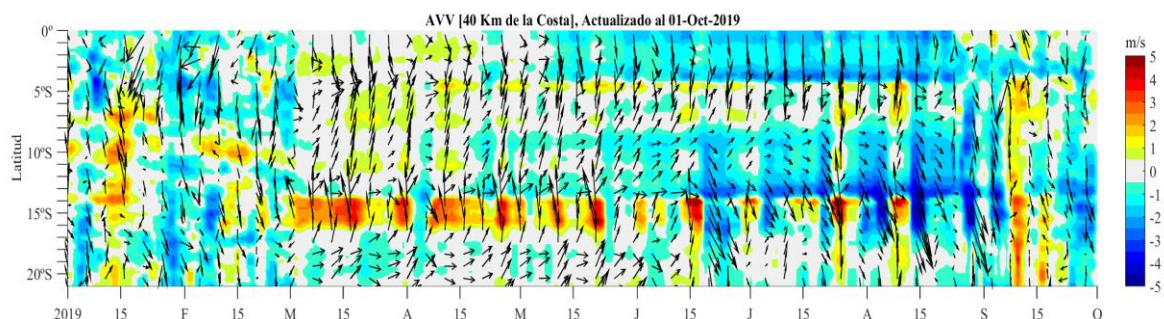


Figura 3.2.1.3. Mapas de anomalía de la velocidad del viento frente a la costa peruana, durante el mes de setiembre del 2019 (Fuente: Satélite ASCAT y productos del modelo GFS, Procesamiento: Laboratorio de Hidro-Física Marina, IMARPE). *Actualizada hasta el 30/09/2019.*



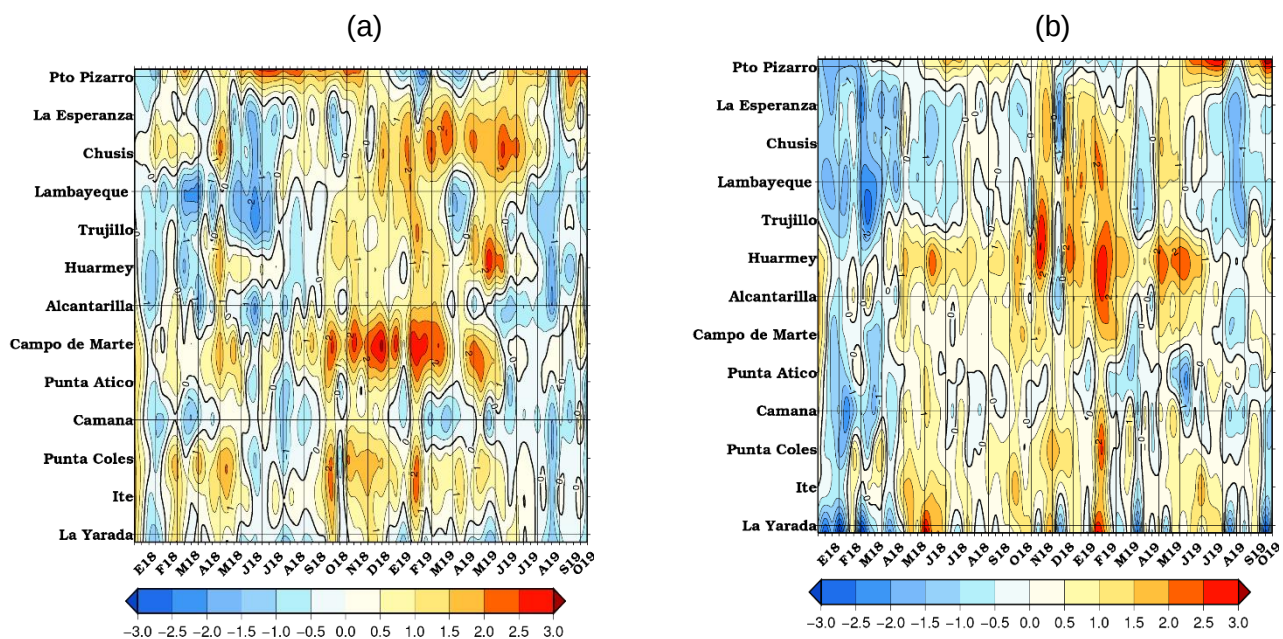


Figura 3.2.2.1. Anomalías de las temperaturas extremas del aire Tmax (a) y Tmin (b) para estaciones costeras a lo largo del litoral del Perú distribuidas desde el norte hacia el sur. Fuente: SPC/SENAMHI

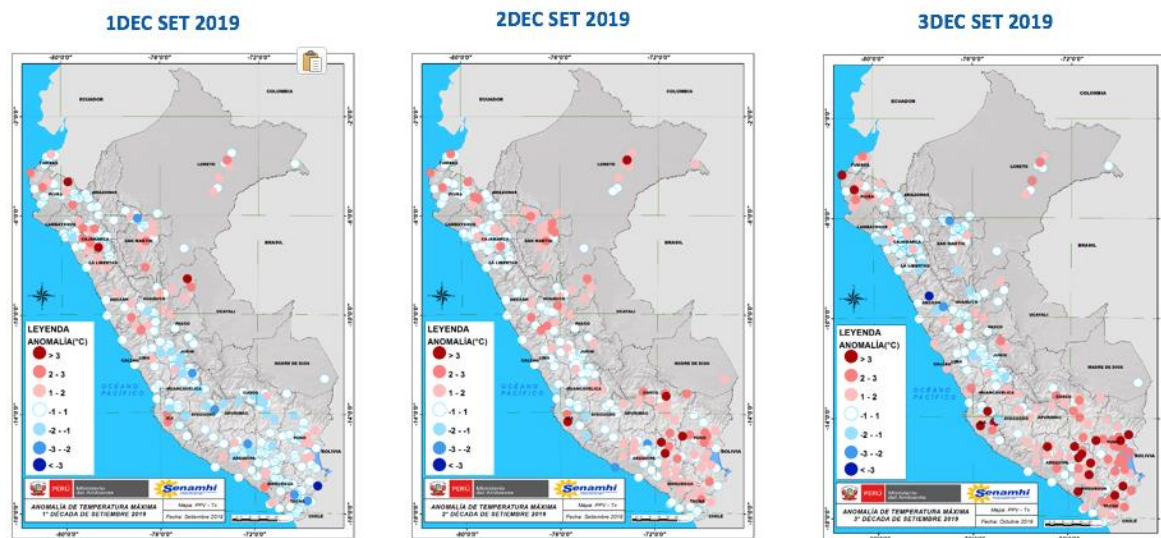


Figura 3.2.3.1. Mapa de anomalías de temperatura máxima, por decadiarias (DEC). Fuente: SPC/SENAMHI.

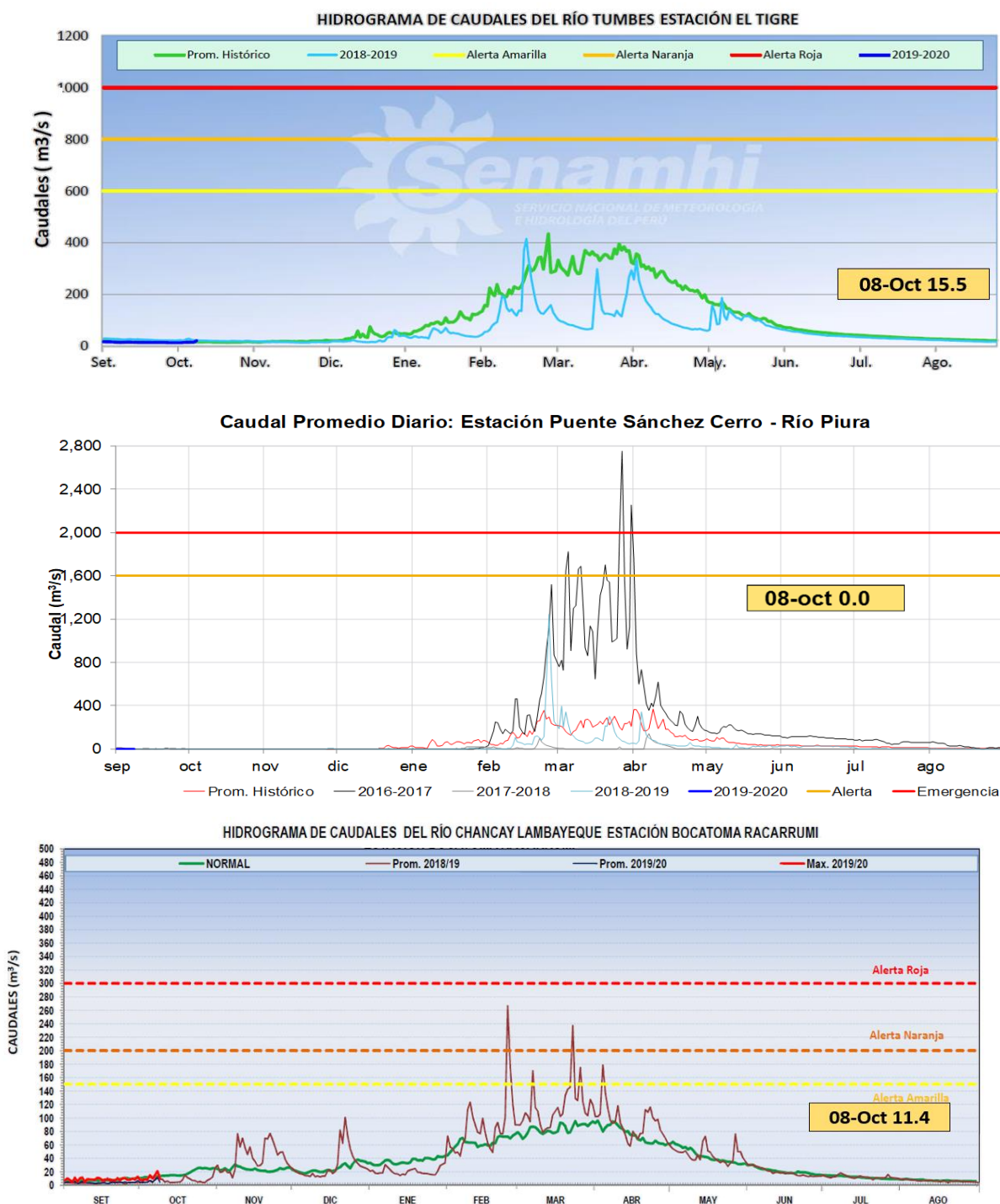


Figura 3.2.3.2 Caudales diarios (m^3/s) de los principales ríos del norte del Perú: Tumbes (panel superior), Piura (panel central) y Lambayeque (panel inferior), hasta los primeros días de octubre de 2019. Las líneas azules indican caudales de los años 2018-2019, rojas: Promedio histórico; celeste: promedio de años húmedos y líneas grises: promedio de años secos. Fuente datos: SENAMHI/ Procesamiento: ANA

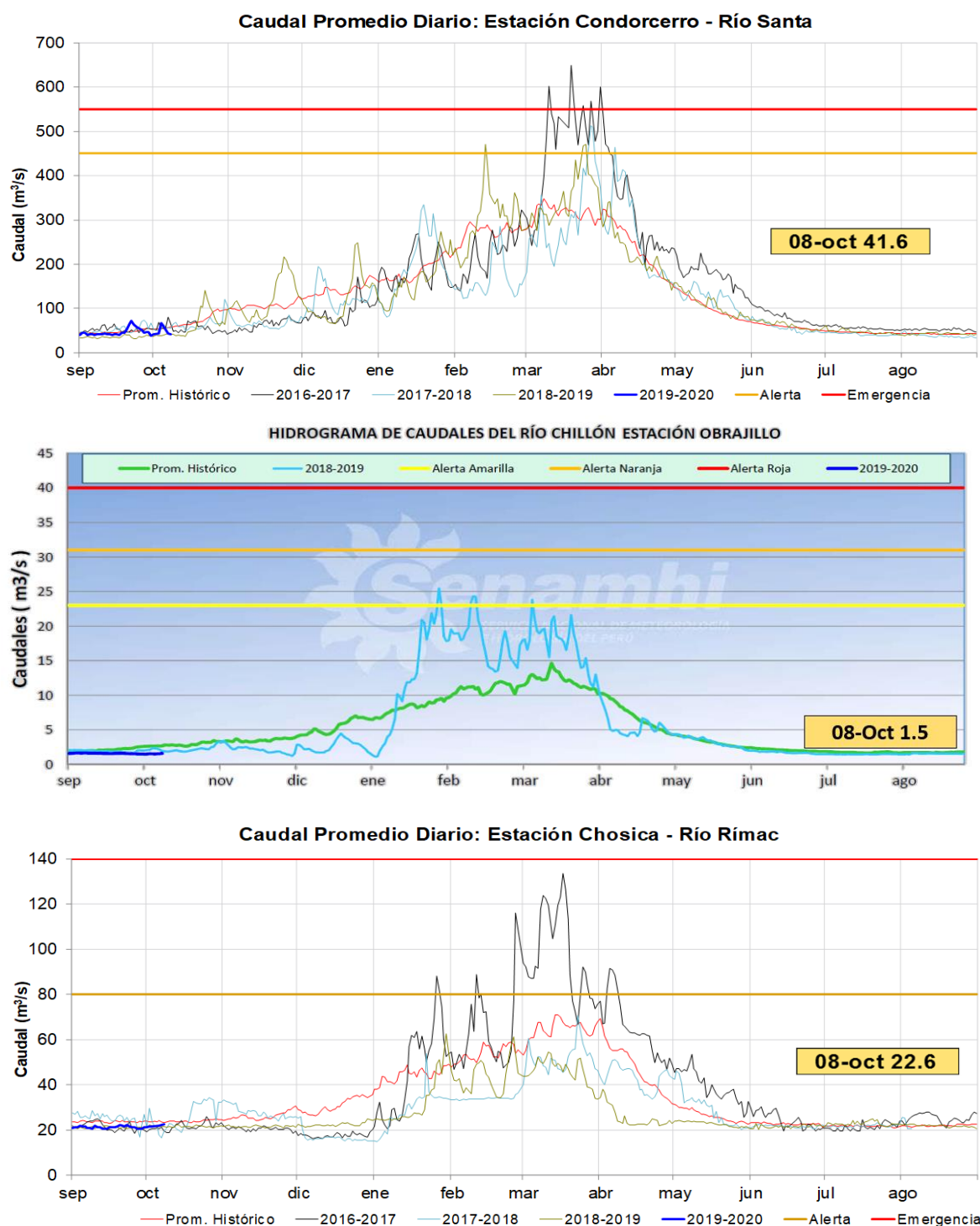


Figura 3.2.3.3 Caudales diarios (m^3/s) de principales ríos del centro del Perú: Santa (panel superior), Chillón (panel central) y Rímac (panel inferior), hasta los primeros días de octubre de 2019. Líneas azules: caudales de los años 2018-2019, rojas: Promedio histórico; celeste: promedio de años húmedos y líneas grises: promedio de años secos. Fuente datos: SENAMHI/Procesamiento: ANA

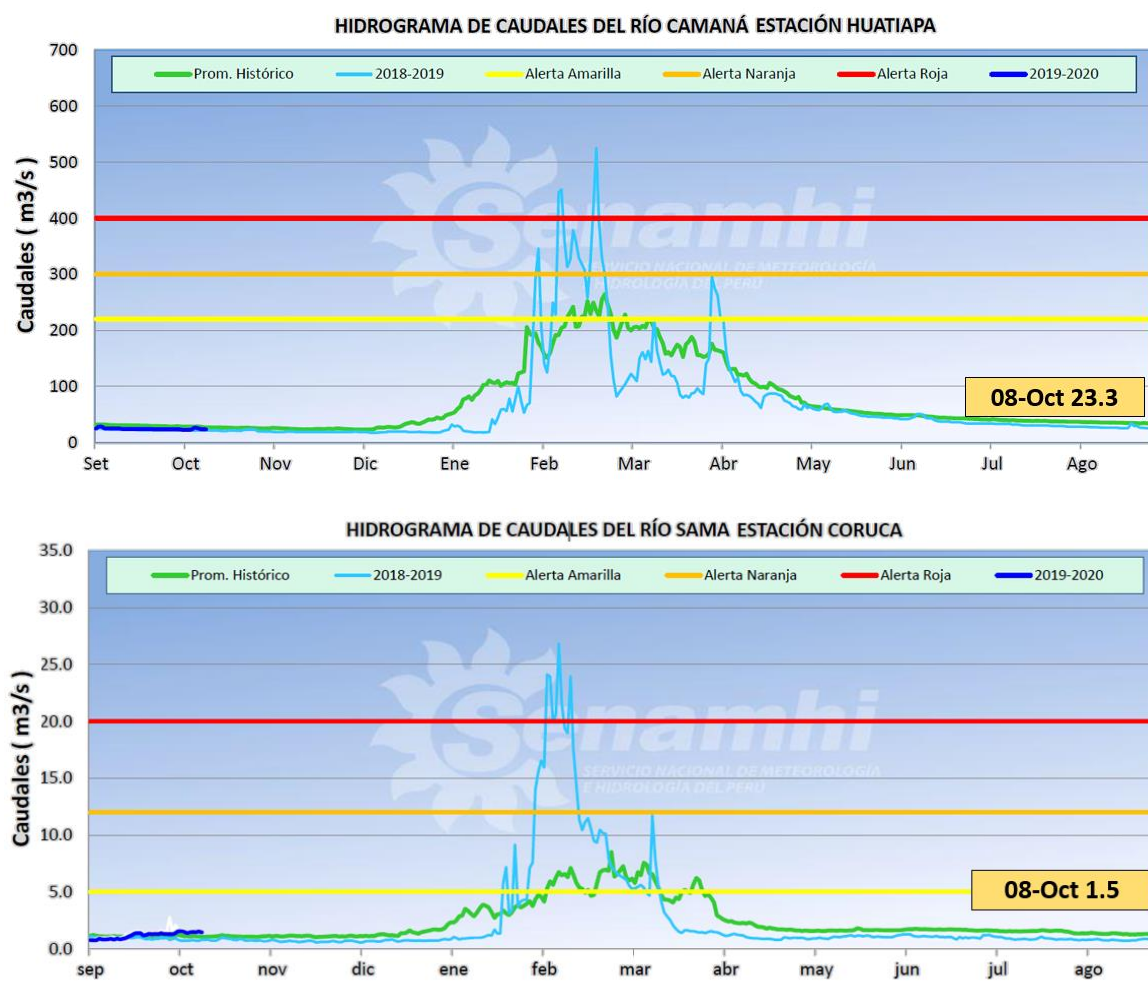


Figura 3.2.3.4 Caudales diarios (m^3/s) de principales ríos del sur del Perú: Camaná (panel superior) y Sama (panel inferior), hasta los primeros días de octubre de 2019. Líneas azules: caudales de los años 2018-2019, rojas: Promedio histórico; celeste: promedio de años húmedos y líneas grises: promedio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

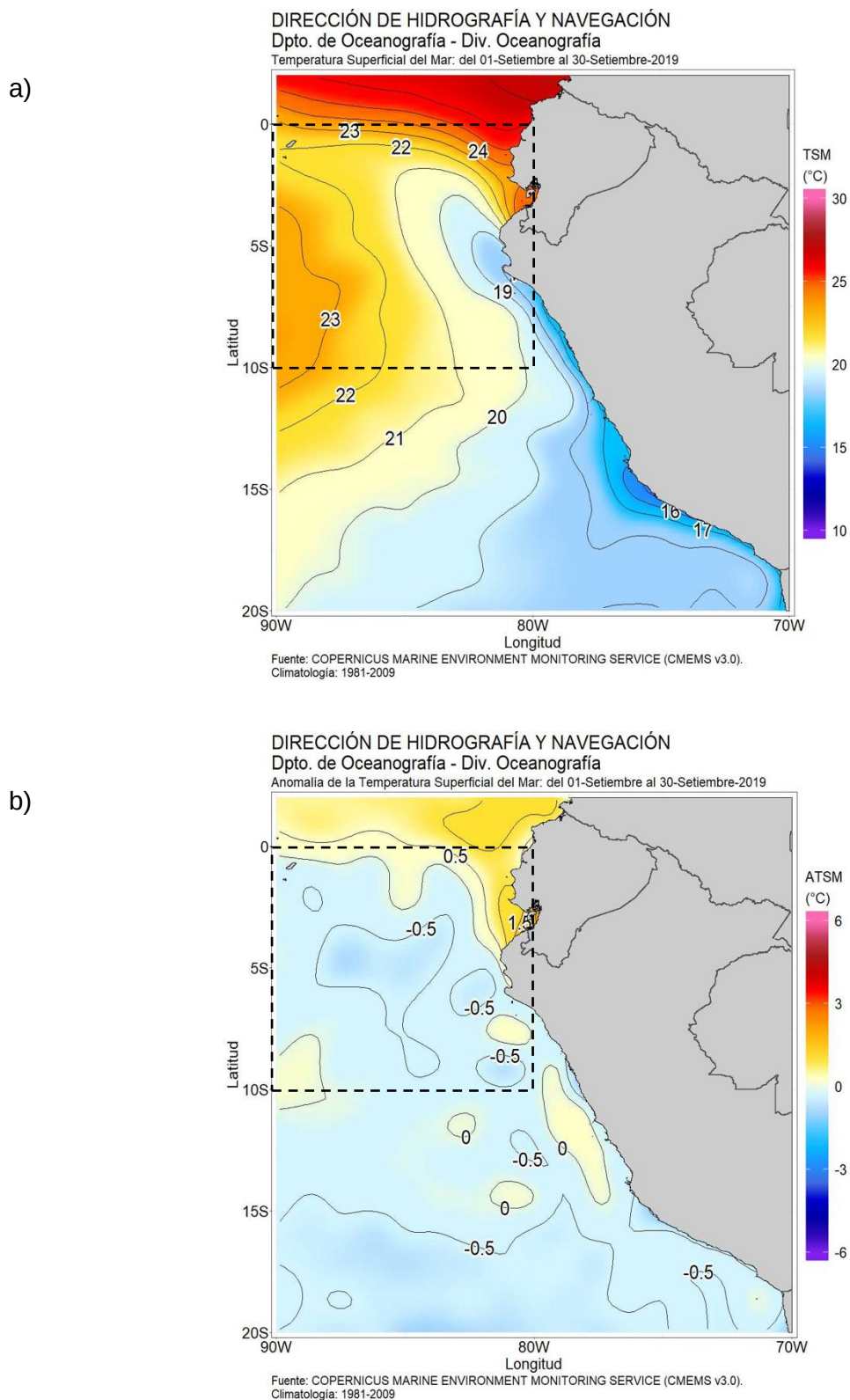


Figura 3.2.4.1. (a) TSM promedio para setiembre de 2019 y **(b)** anomalía, frente a la costa peruana y ecuatoriana. Climatología 1981 – 2009 (Pathfinder V5). Fuente Datos OSTIA, Procesamiento y gráfico: DIHIDRONAV.

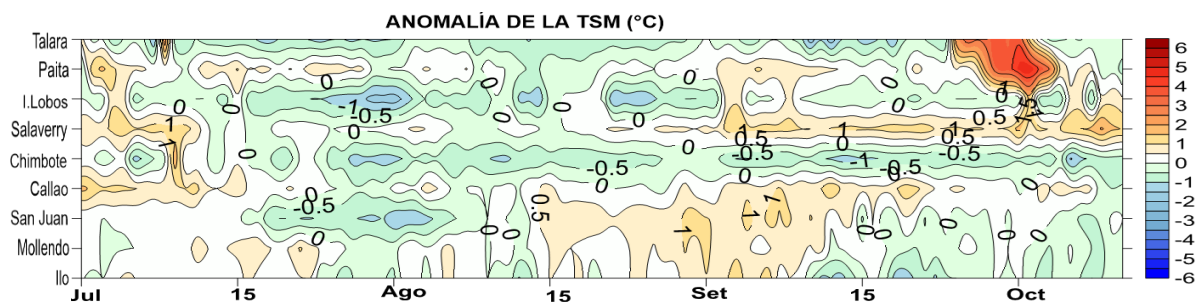


Figura 3.2.4.2. Diagrama Hovmöller de las anomalías de la TSM en el litoral de Perú. Desde julio hasta los primeros días de octubre de 2019. Climatología 1981 – 2010 DIHIDRONAV. Fuente: DIHIDRONAV.

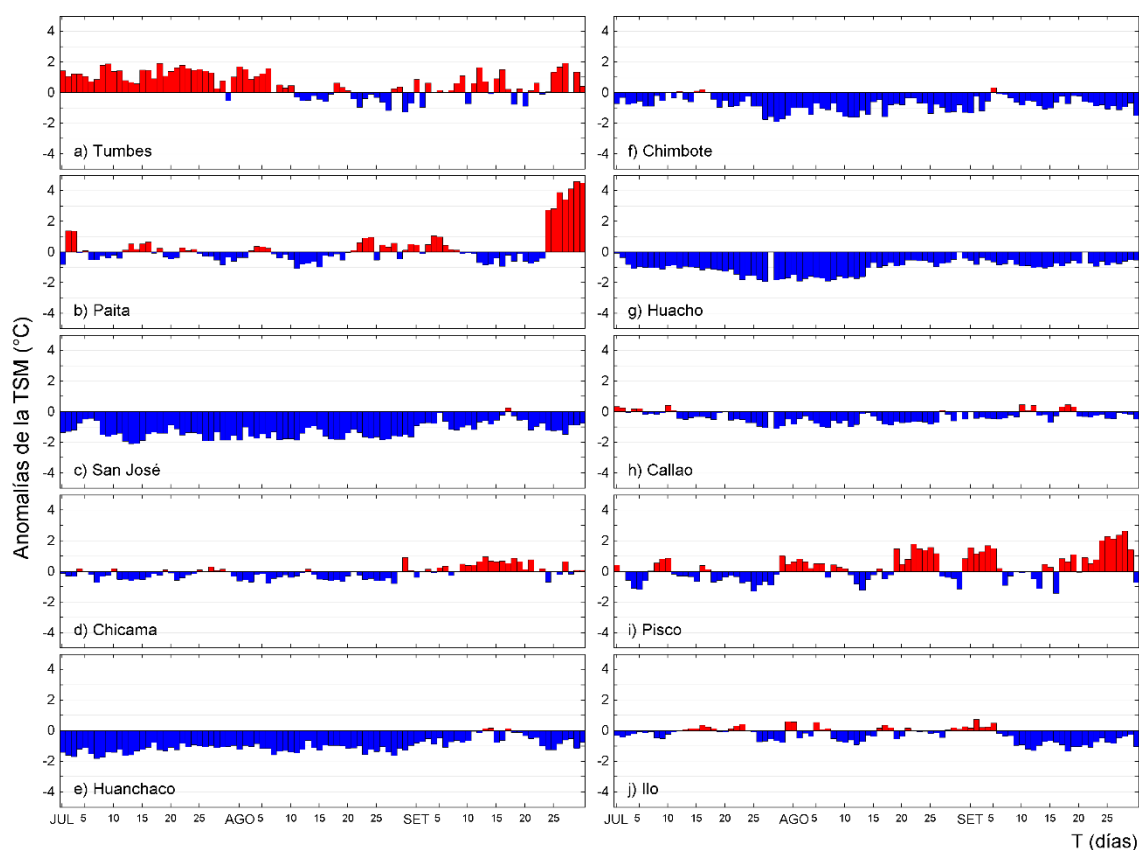


Figura 3.2.4.3. Series temporales del promedio diario de las anomalías de la TSM ($^{\circ}\text{C}$) en la red de estaciones costeras del IMARPE durante el último trimestre. Datos y procesamiento: IMARPE.

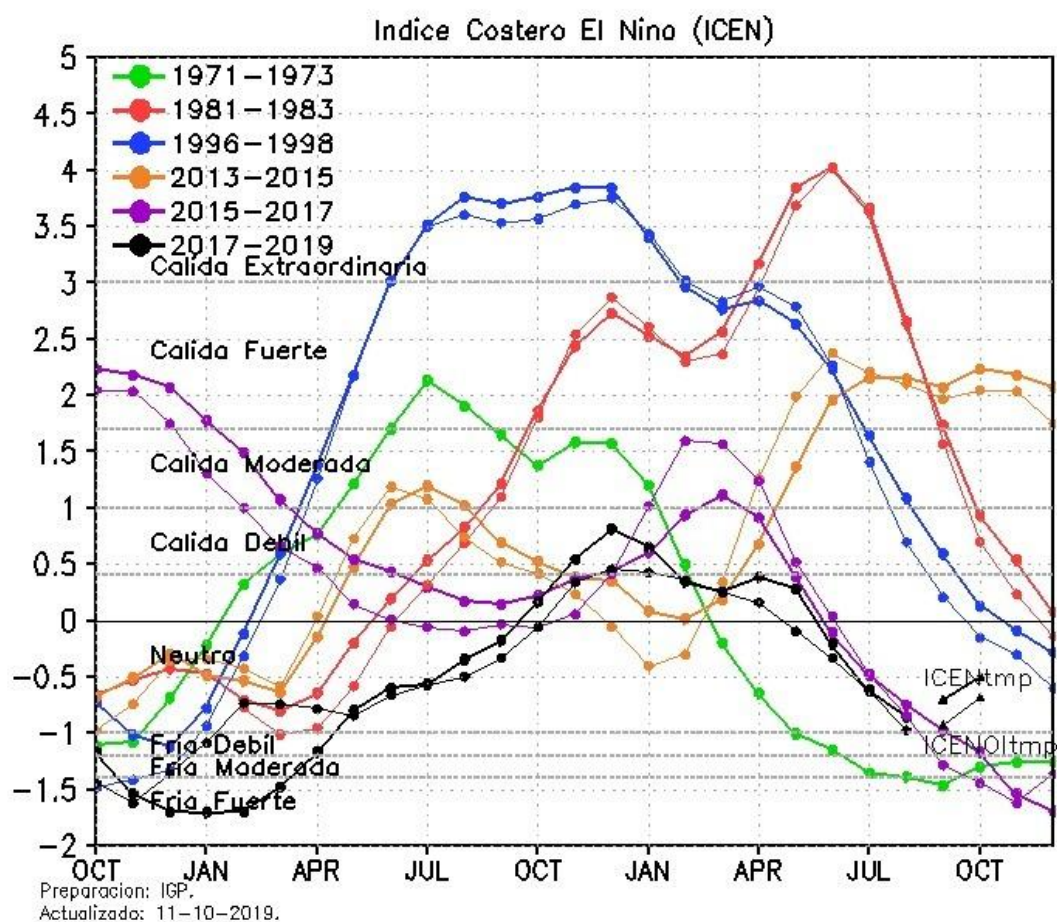


Figura 3.2.4.4 Variabilidad temporal ICEN para los años 1971-1973 (verde), 1981-1983 (rojo), 1996-1998 (azul), 2013-2015 (anaranjado), 2015-2017 (morado), y 2017-2019 (negro). Fuente: IGP

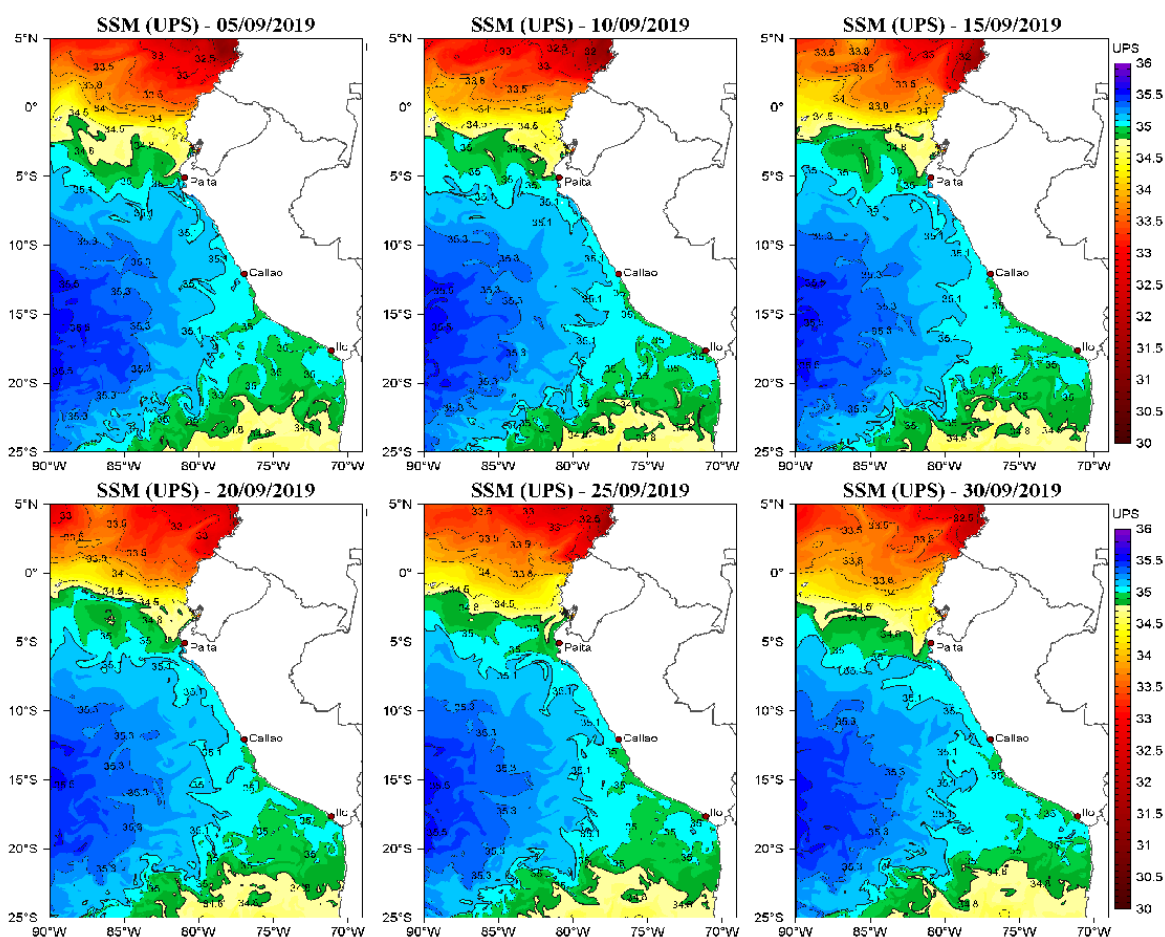


Figura 3.2.4.5. Distribución espacial de la salinidad superficial del mar (SSM), durante los días (de izquierda a derecha y de arriba a abajo) 05, 10, 15, 20, 25 y 30 de setiembre de 2019. Fuente: HYCOM, Procesamiento: DGIOCC-IMARPE.

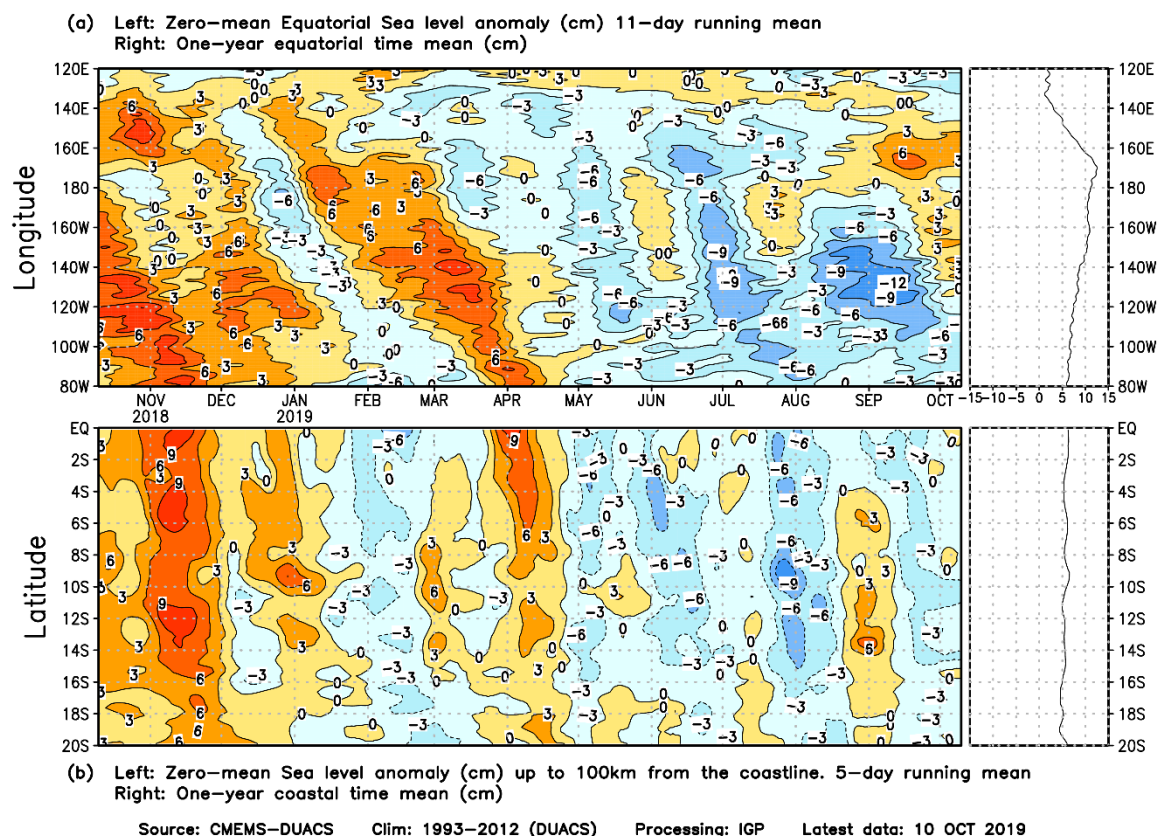


Figura 3.2.4.6. Anomalía centrada del nivel del mar a lo largo de la franja ecuatorial (Figura superior izquierda) y a lo largo de la costa peruana (figura inferior izquierda). A la derecha se muestra el promedio de los últimos 365 días en la franja ecuatorial (superior) y a lo largo de la costa (inferior),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

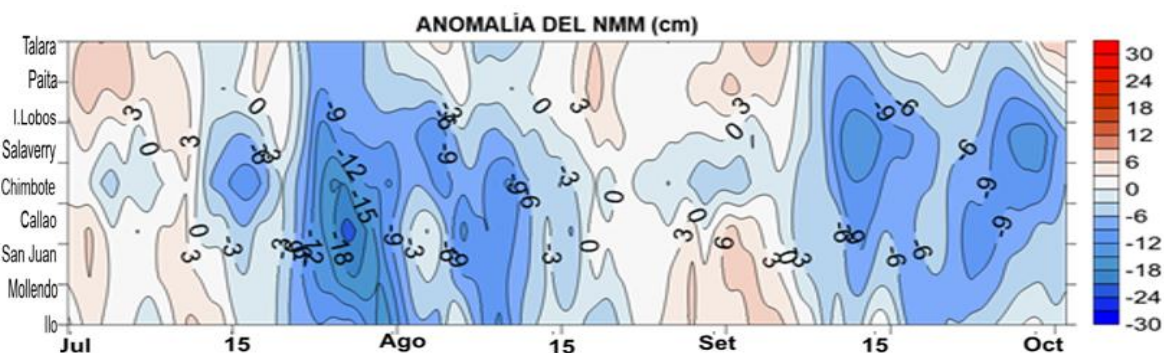


Figura 3.2.4.7. Diagrama Hovmöller de las anomalías del nivel medio del mar en el litoral de Perú. De julio hasta los primeros días de octubre de 2019. Climatología 1981 – 2010 DIHIDRONAV Fuente: DIHIDRONAV.

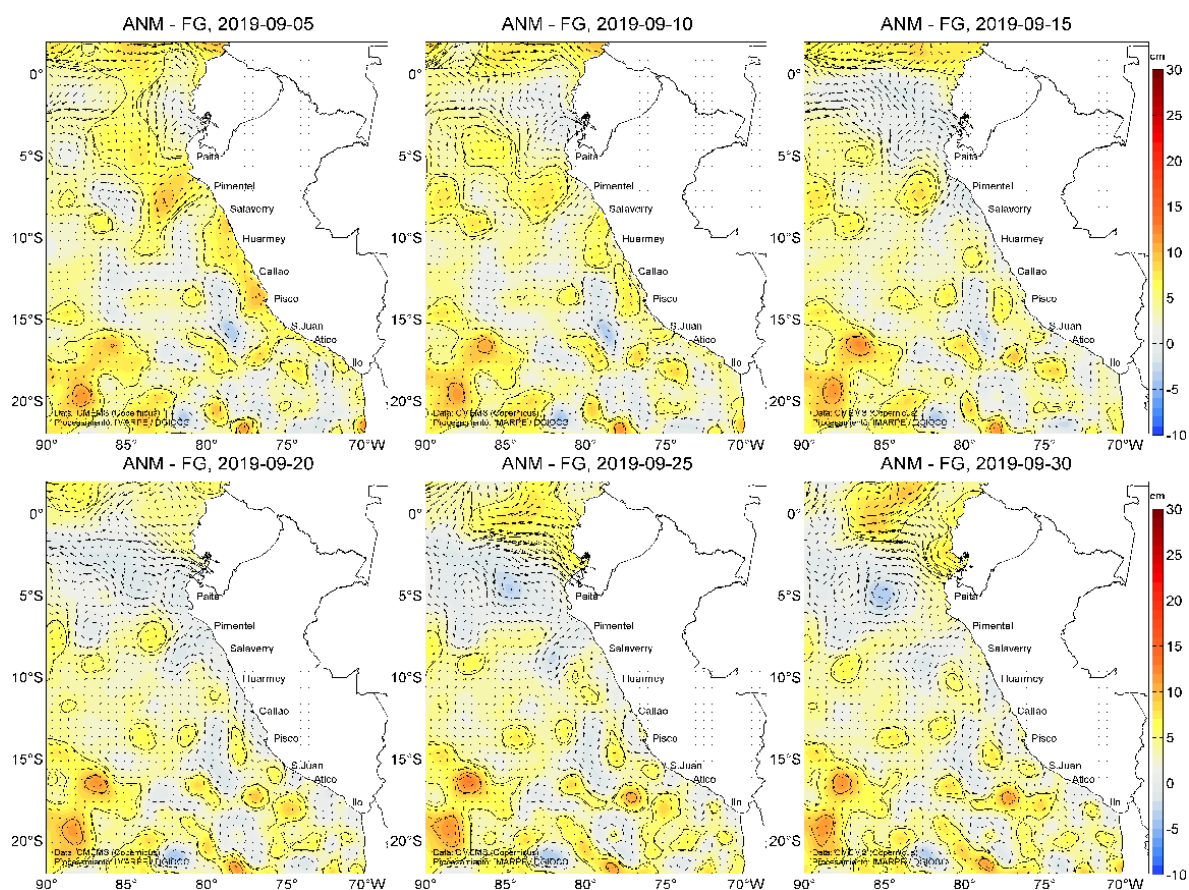


Figura 3.2.4.8. Anomalía de altura del nivel medio del mar (cm) y corrientes geostróficas, cada cinco días para todo el mes de setiembre 2019. Fuente: CMEMS, Procesamiento: IMARPE.

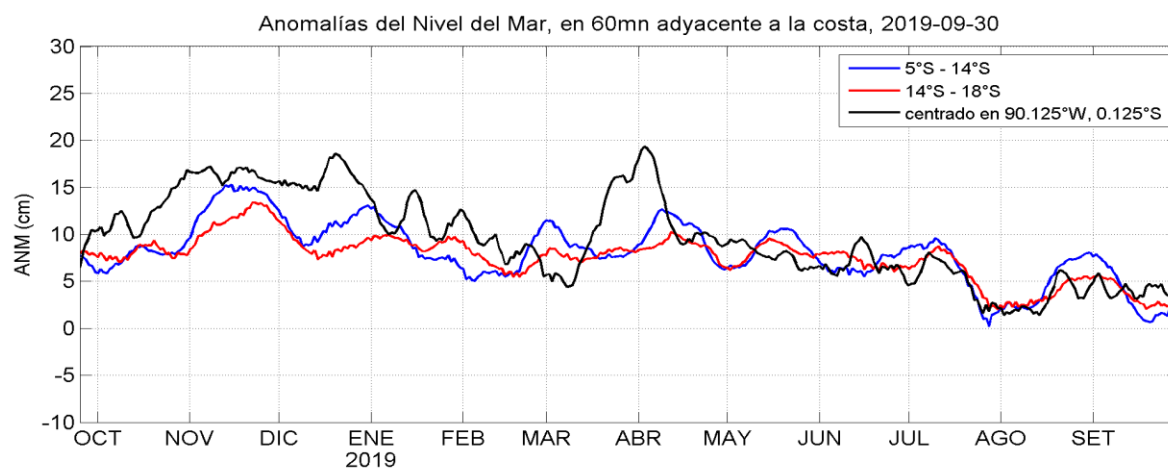


Figura 3.2.4.9. Variación temporal de la ANMM, dentro de las 60mn de la costa y en la zona de Galápagos, durante un año hasta el 30 de setiembre del 2019. Fuente: CMEMS, Procesamiento: IMARPE.

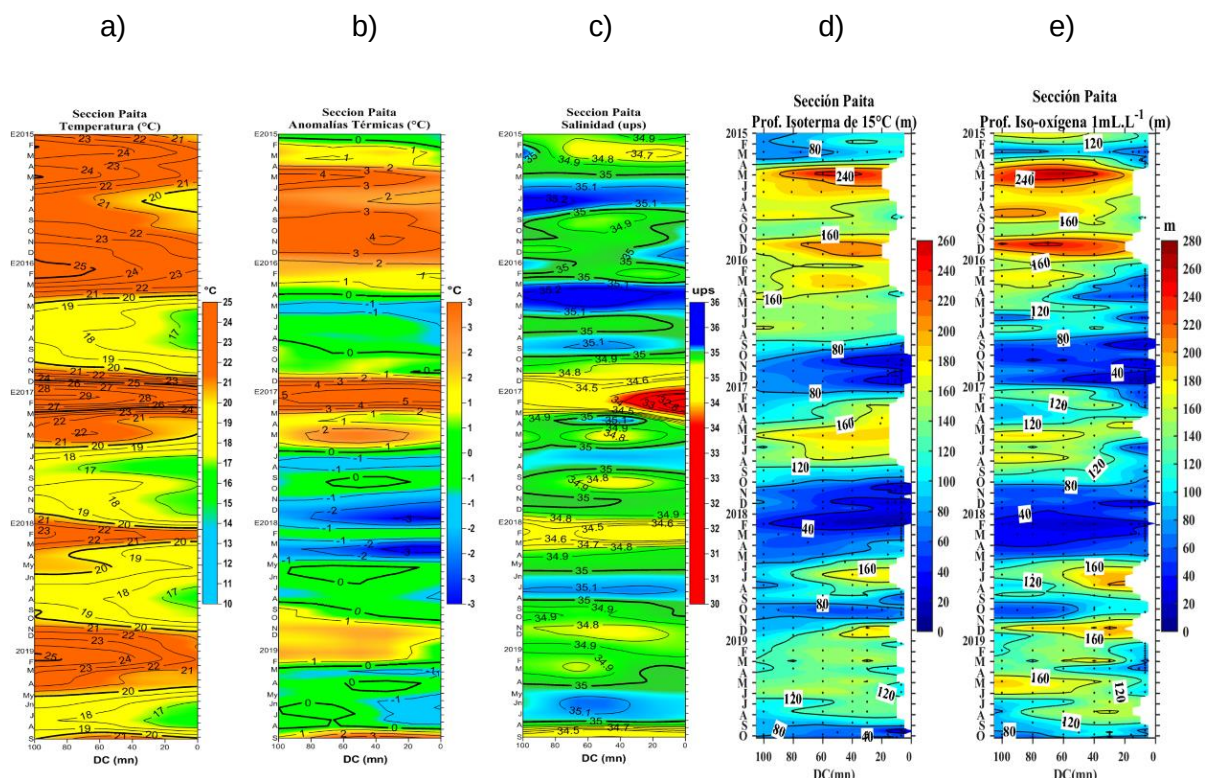


Figura 3.2.5.1. Diagrama Hovmöller de a) TSM, b) ATSM, c) SSM, d) d) profundidad de la isoterma de 15°C(m) y e) Profundidad de la iso-oxigena de 1 mL.L⁻¹ (m) de las secciones verticales frente a Paíta, registrado desde enero del 2015 hasta octubre del 2019.

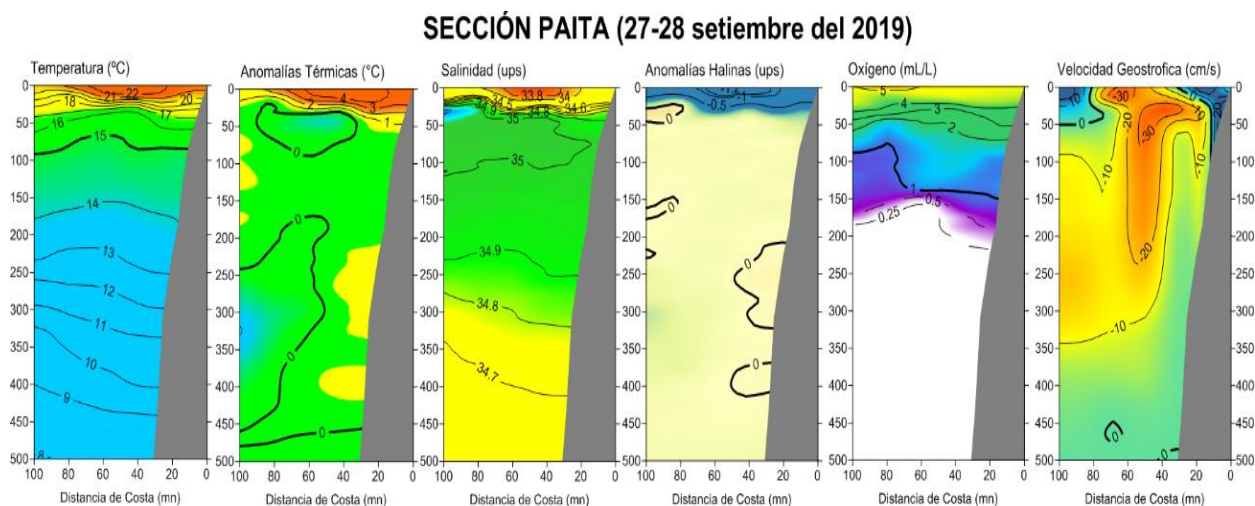


Figura 3.2.5.2. Distribución vertical de: a) temperatura (°C), b) anomalía de temperatura (°C), c) salinidad (ups), d) anomalía de salinidad (ups), e) oxígeno (mL.L⁻¹) y f) velocidad geostrófica (cm/s) frente a Paíta, realizada durante el 27 y 28 de setiembre de 2019. Fuente: IMARPE.

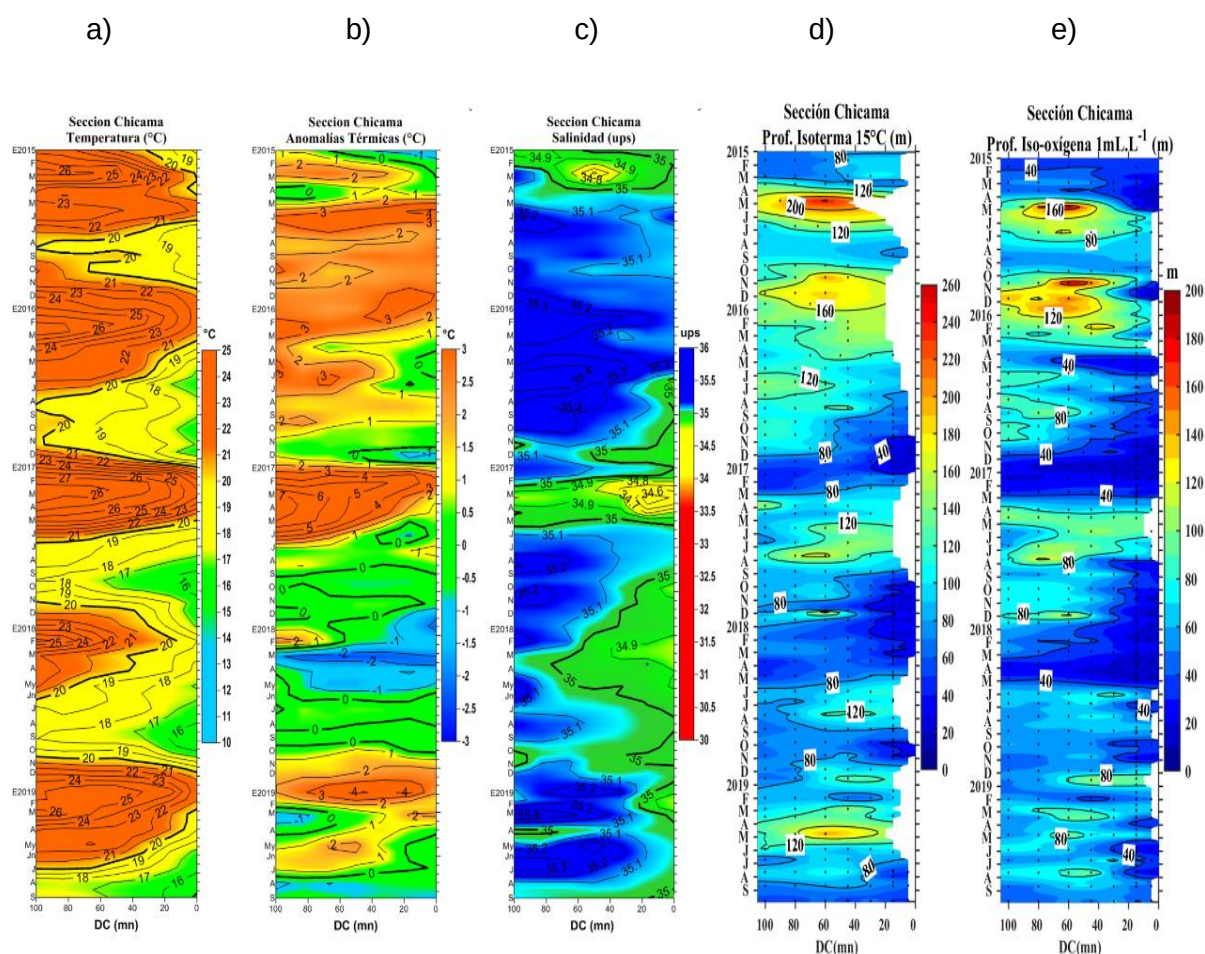


Figura 3.2.5.3. Diagrama Hovmöller de a) TSM, b) ATSM, c) SSM, d) profundidad de la isoterma de 15°C (m) y e) Profundidad de la iso-oxigena de 1 mL.L⁻¹ (m) de las secciones verticales frente a Chicama, registrado desde enero del 2015 hasta setiembre del 2019.

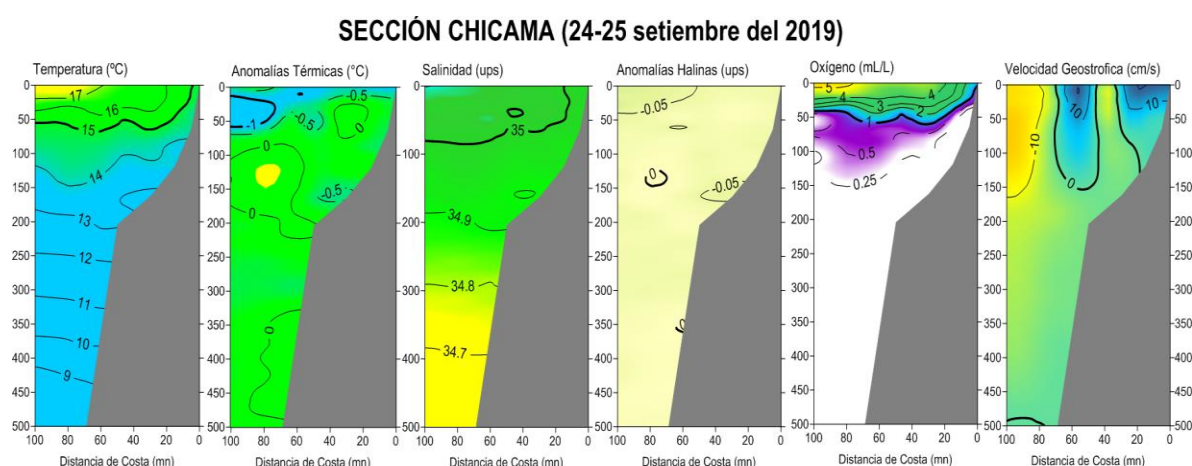


Figura 3.2.5.4. Distribución vertical de: a) Temperatura superficial del mar (°C), b) Anomalía de temperatura superficial del mar (°C), c) Salinidad superficial del mar (ups), d) Anomalía de salinidad superficial del mar (ups), e) Oxígeno (mL.L⁻¹) y f) Velocidad geostrófica (cm/s) frente a Chicama, realizada durante el 24 y 25 de setiembre 2019. Fuente: IMARPE.

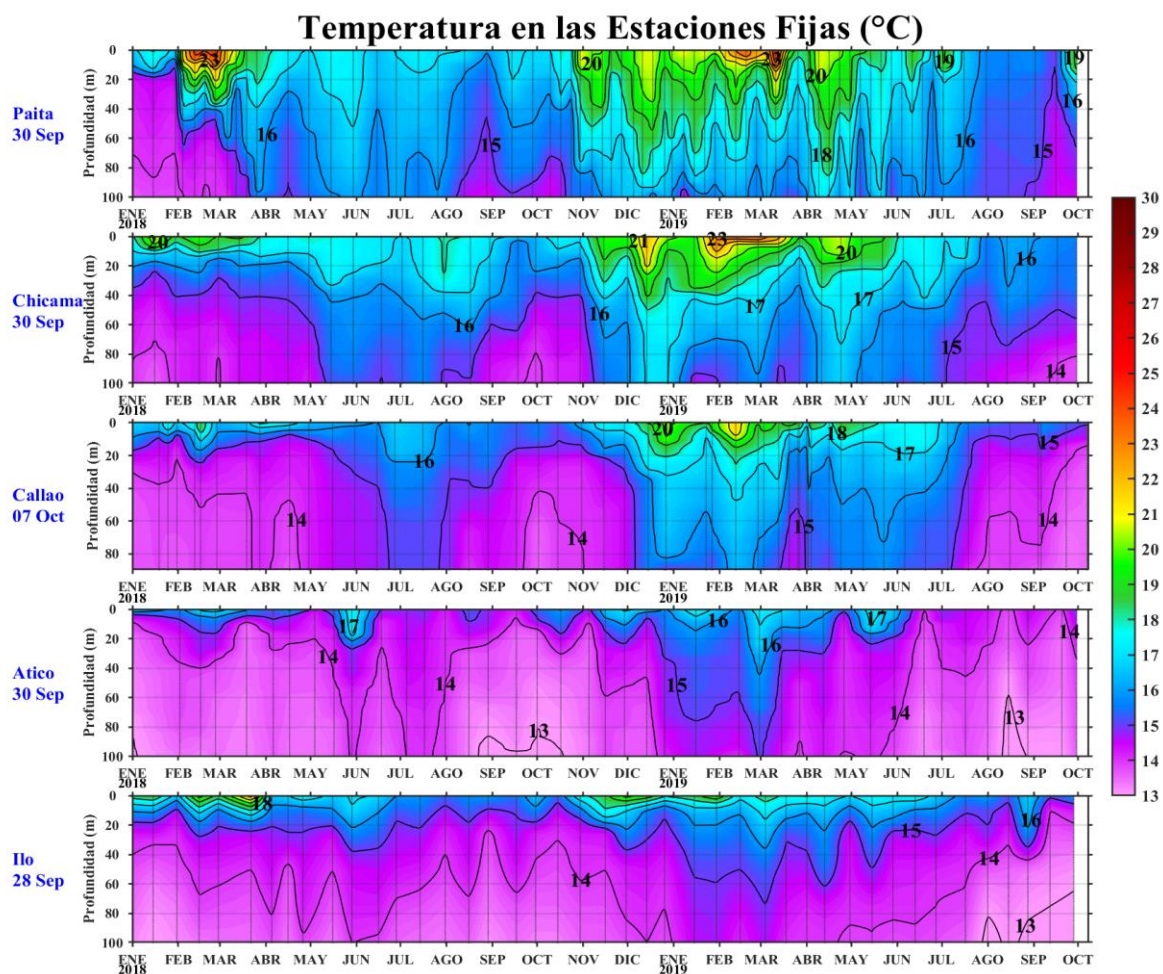


Figura 3.2.5.5. Series de tiempo, de enero de 2018 a setiembre de 2019, de la estructura térmica vertical (°C) en las Estaciones Fijas de: Paita, Chicama, Callao, Atico e Ilo.

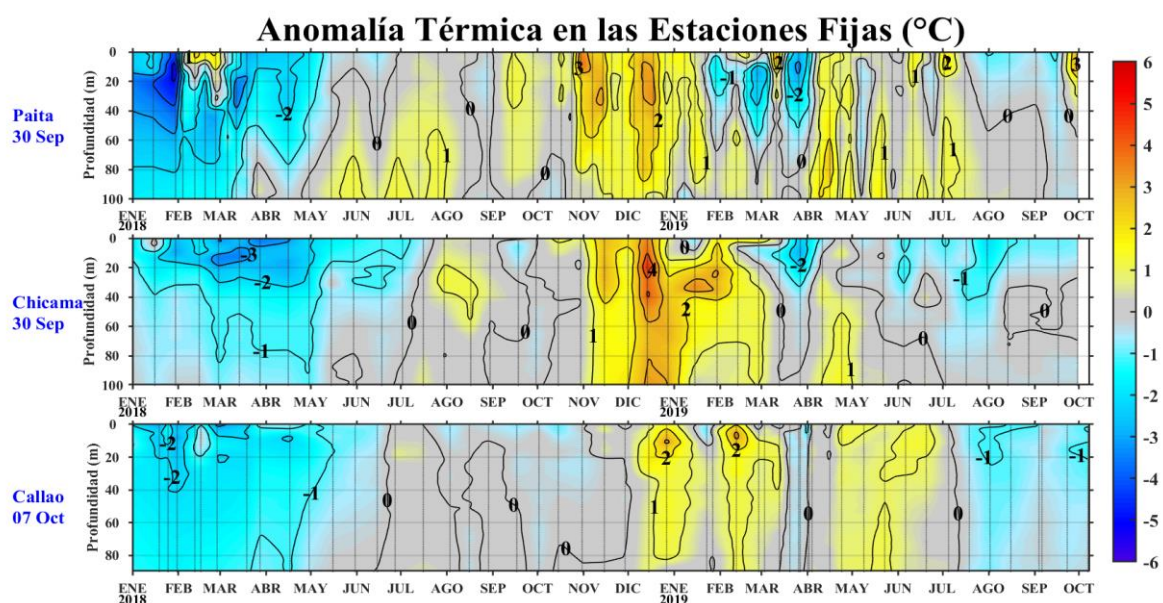


Figura 3.2.5.6. Series de tiempo, de enero de 2018 a setiembre-octubre de 2019, de la anomalía térmica vertical (°C) en las Estaciones Fijas de: Paita, Chicama y Callao.

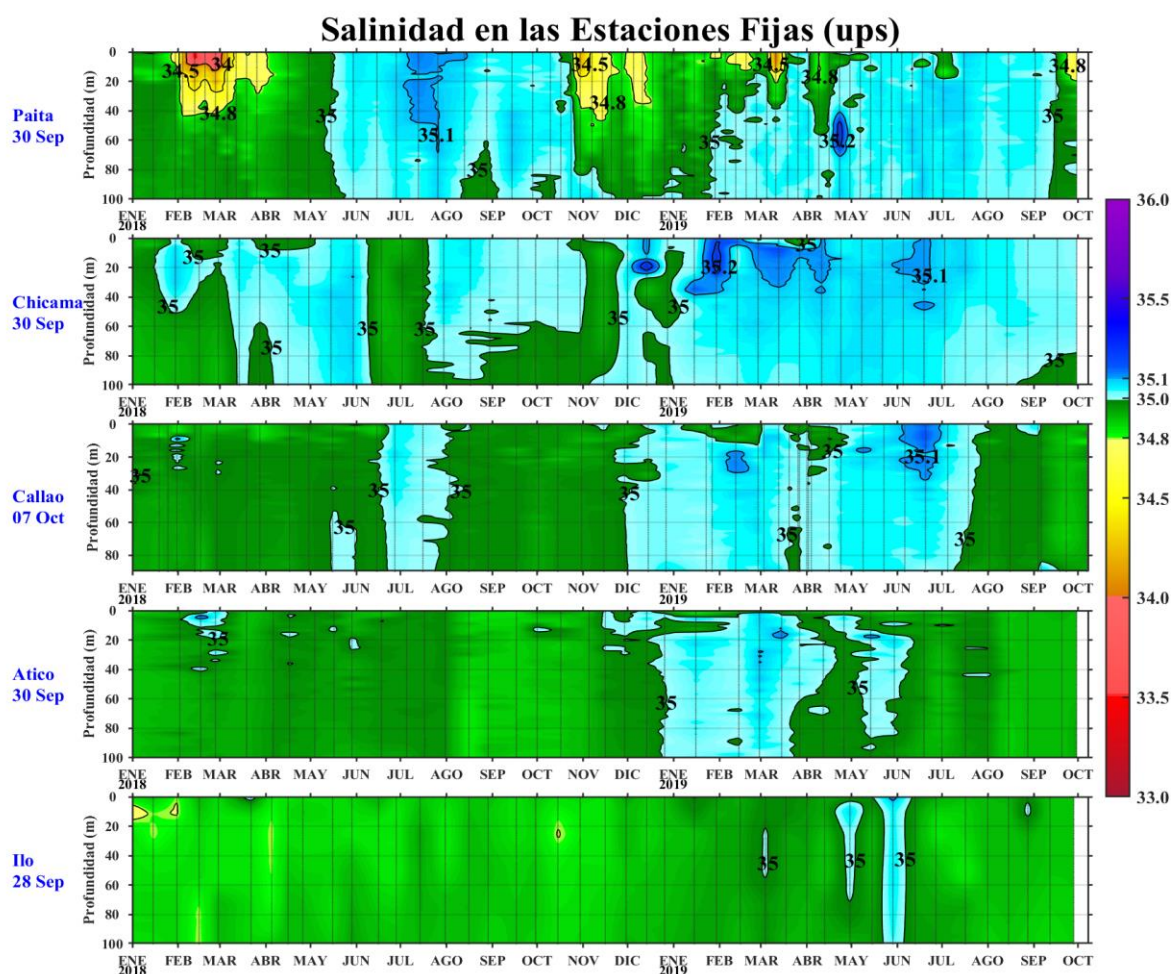


Figura 3.2.5.7. Series de tiempo, de enero de 2018 a setiembre de 2019, de la salinidad del agua de mar (ups) en las Estaciones Fijas de: Paita, Chicama, Callao, Atico e Ilo.

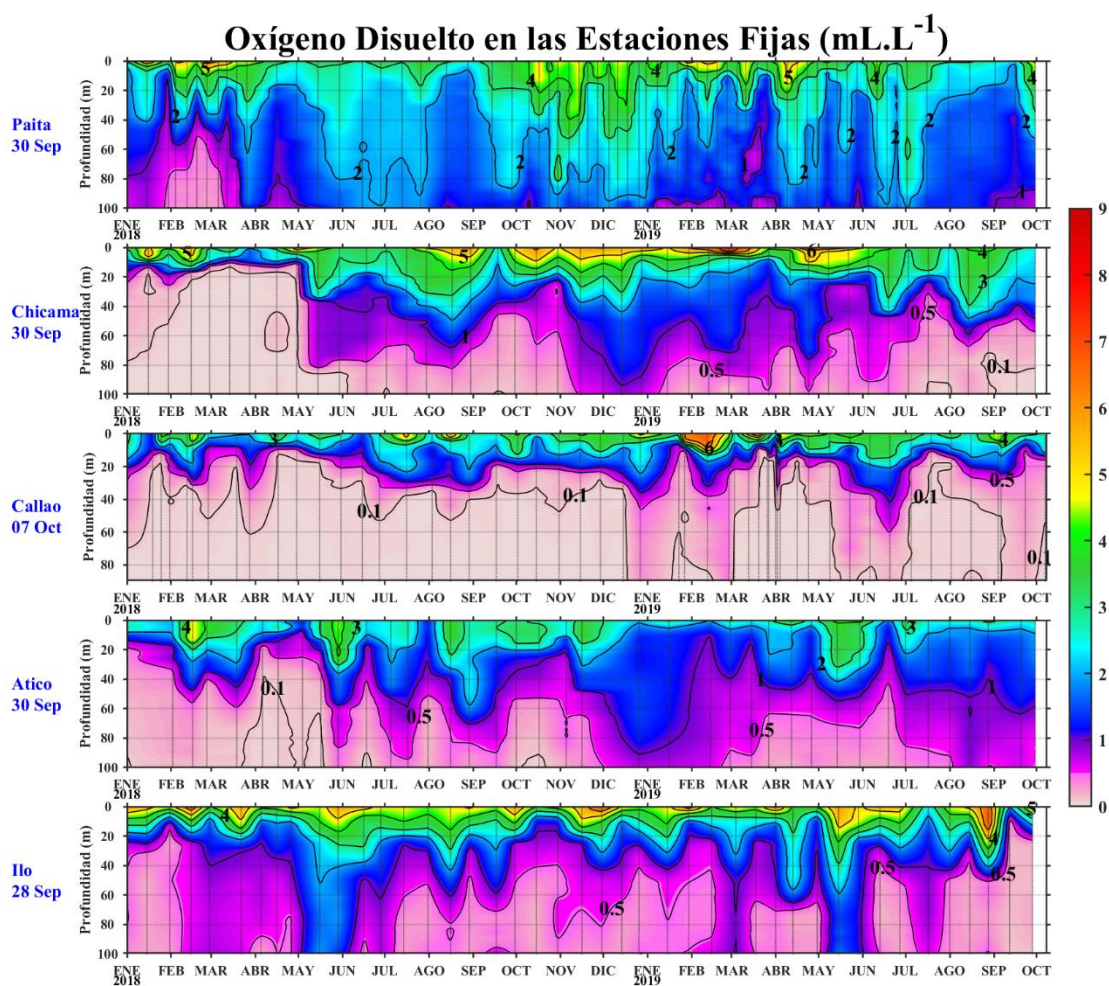


Figura 3.2.5.8. Series de tiempo, de enero de 2018 a setiembre de 2019, de la concentración de oxígeno disuelto (mL.L⁻¹) en las Estaciones Fijas de Paíta, Chicama, Callao, Atico e Ilo.

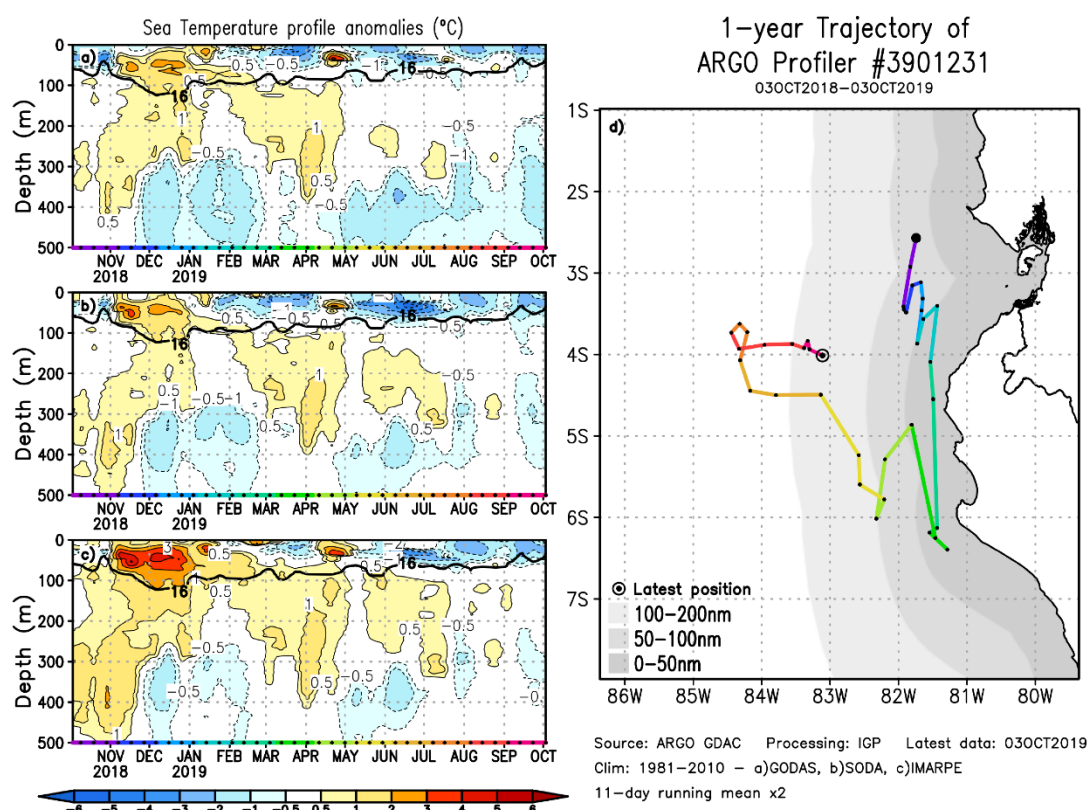


Figura 3.2.5.9. (Izquierda) Perfiles verticales de anomalía de la temperatura del mar hasta los 500 metros de profundidad calculada de los datos del flotador ARGO No. 3901231. Esta anomalía se calcula en base a la climatología (1981-2010) de: (a) GODAS, (b) SODA e (c) IMARPE. (Derecha) Trayectoria del flotador en el último año. Cada color indica un periodo de aproximadamente 30 días, en donde el círculo abierto indica la última posición del flotador.

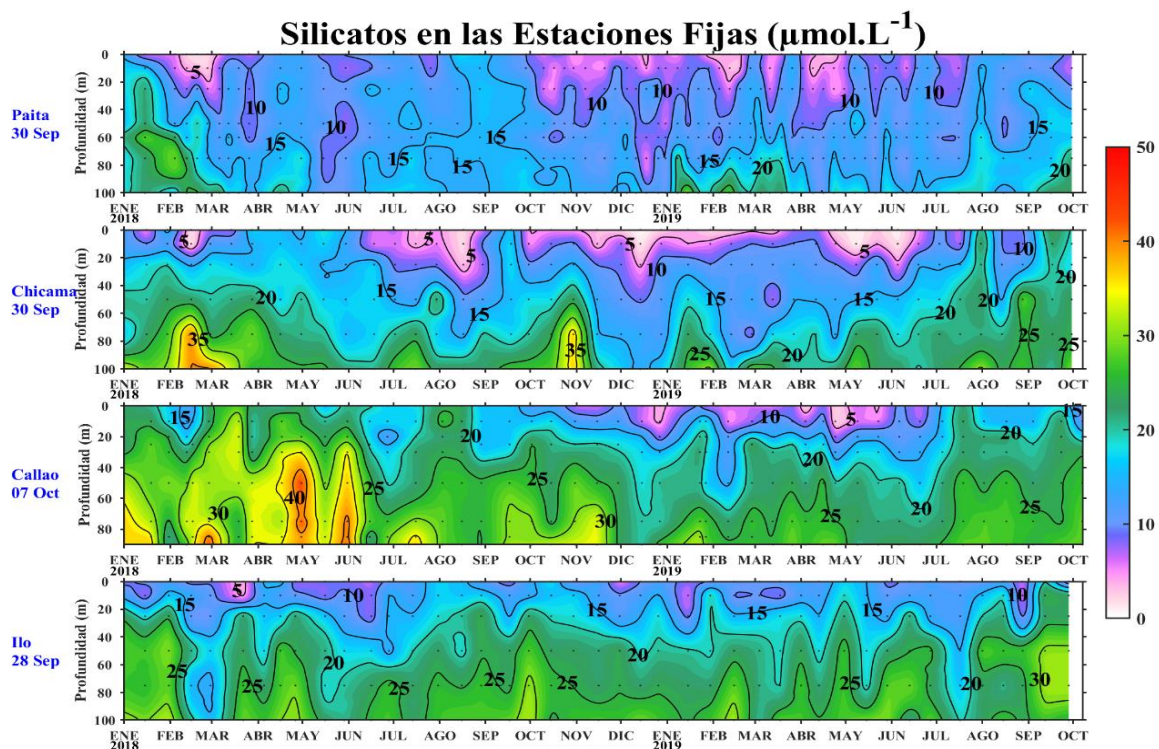


Figura 3.2.6.1. Concentración de silicatos en $\mu\text{mol L}^{-1}$ en las Estaciones Fijas de: Paita, Chicama, Callao e Ilo de IMARPE entre enero 2018 a setiembre 2019.

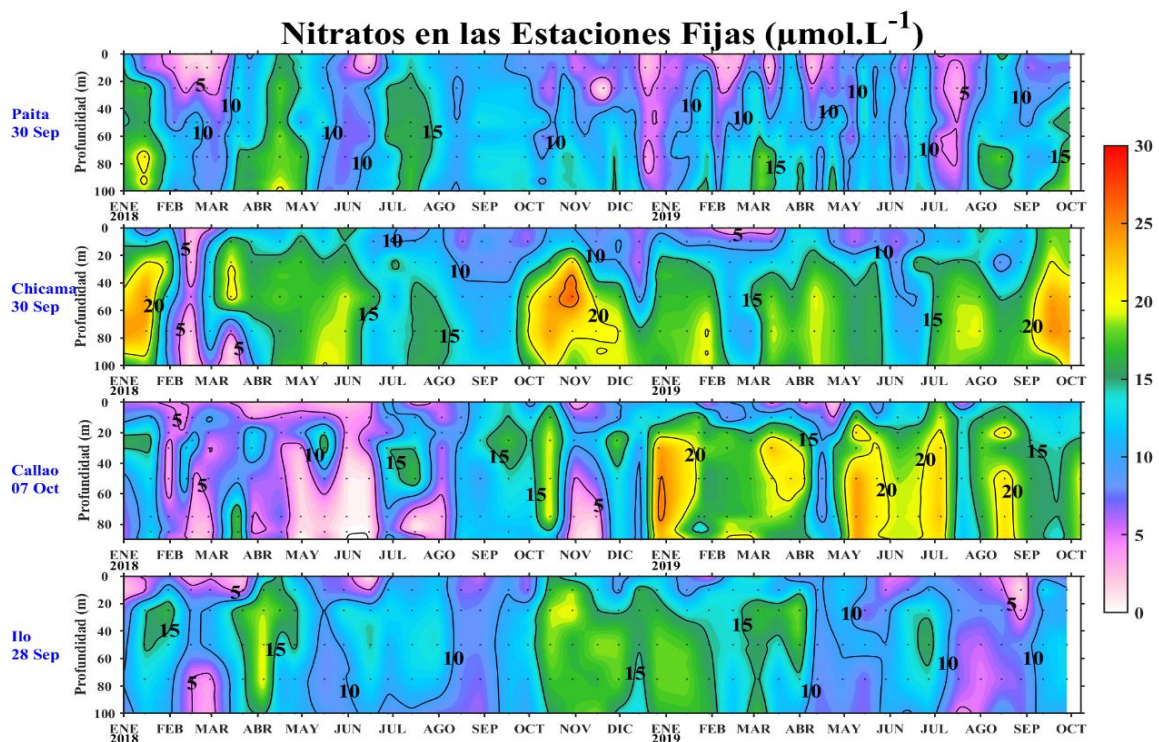


Figura 3.2.6.2. Concentración de nitratos en $\mu\text{mol L}^{-1}$ en las Estaciones Fijas de: Paita, Chicama, Callao e Ilo de IMARPE entre enero 2018 a setiembre 2019.

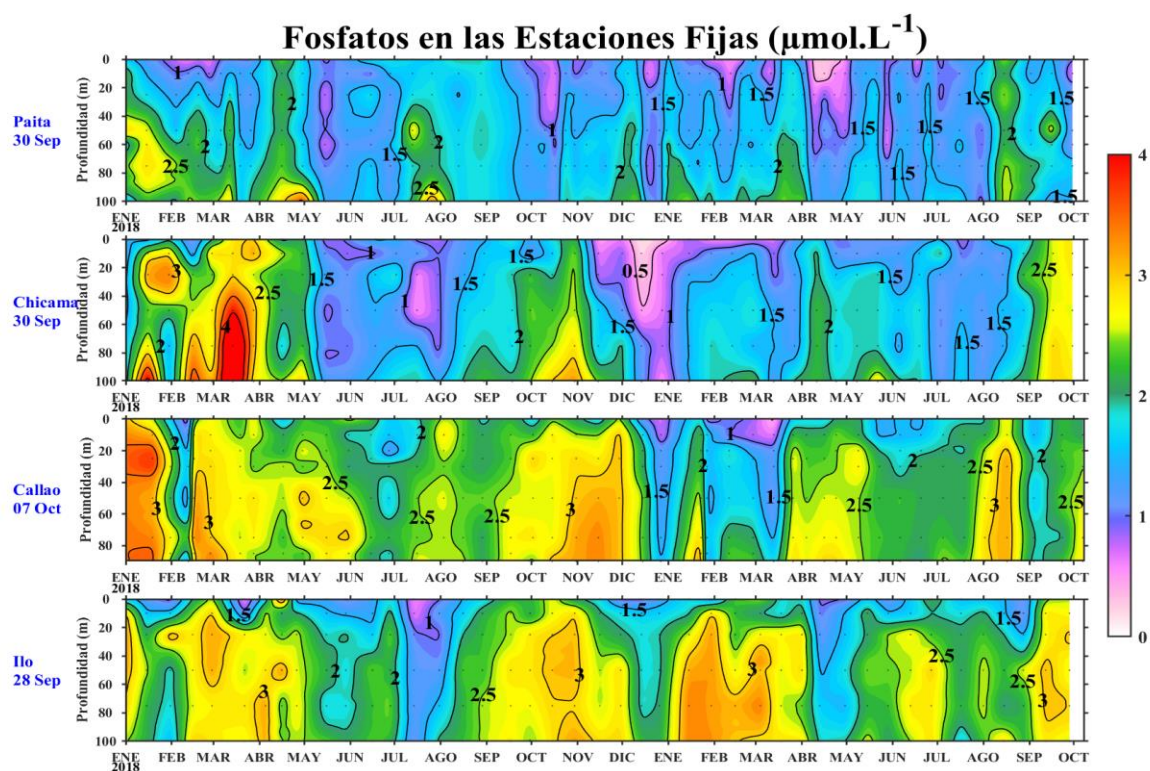


Figura 3.2.6.3. Concentración de fosfatos en $\mu\text{mol L}^{-1}$ en las Estaciones Fijas de: Paita, Chicama, Callao e Ilo de IMARPE entre enero 2018 a setiembre 2019.

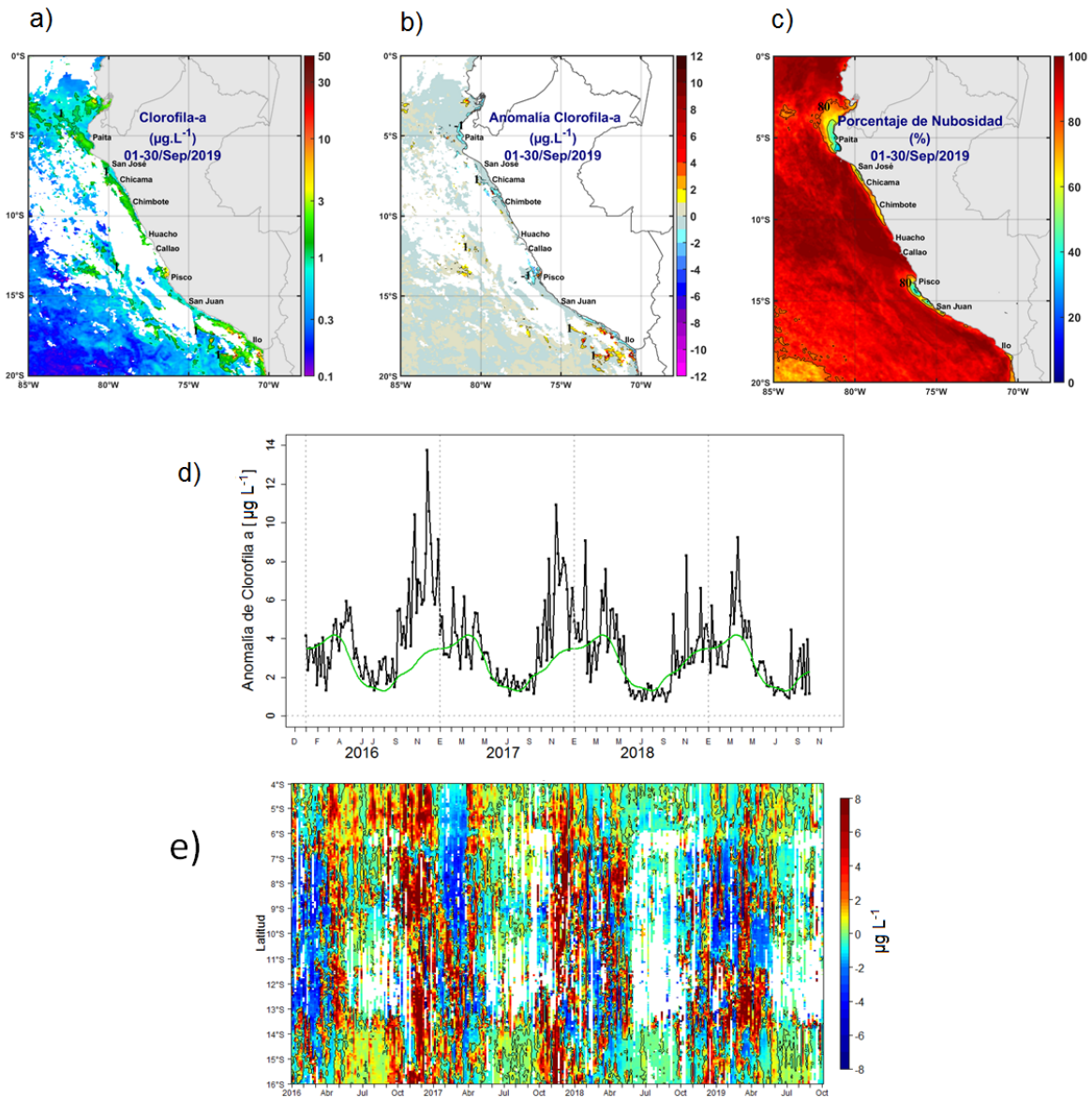


Figura 3.2.6.4. Mapa de la concentración (a) y anomalía (b) de la clorofila-a obtenida del satélite MODIS-AQUA, VIIRS-SNPP durante setiembre de 2019. Número de días con nubes en (c). Serie de tiempo (d) para 4 °S-16 °S y dentro de los 100 km de la costa, de las concentraciones de clorofila-a satelital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

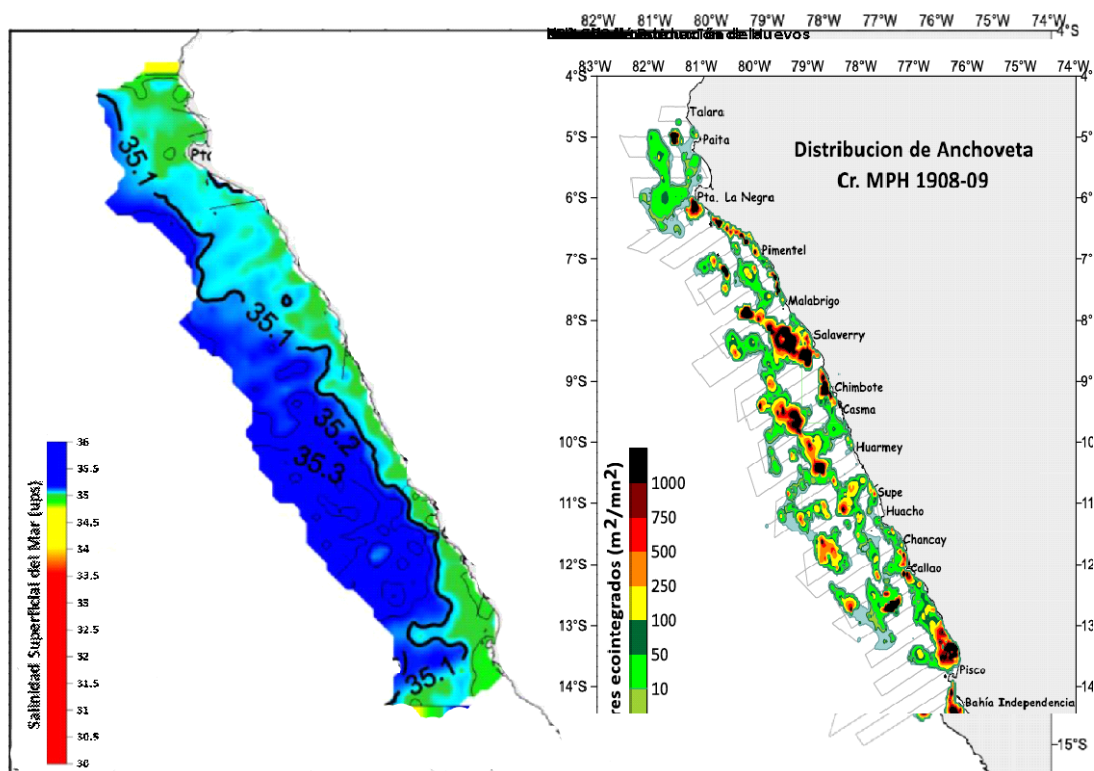


Figura 3.2.7.2. Distribución de la salinidad y anchoveta durante el Crucero de estimación de la biomasa desovante de la anchoveta mediante el Método de Producción de Huevos (Cr. 1908-09)
Fuente: PBP/ADPERP/DGIRP/IMARPE.

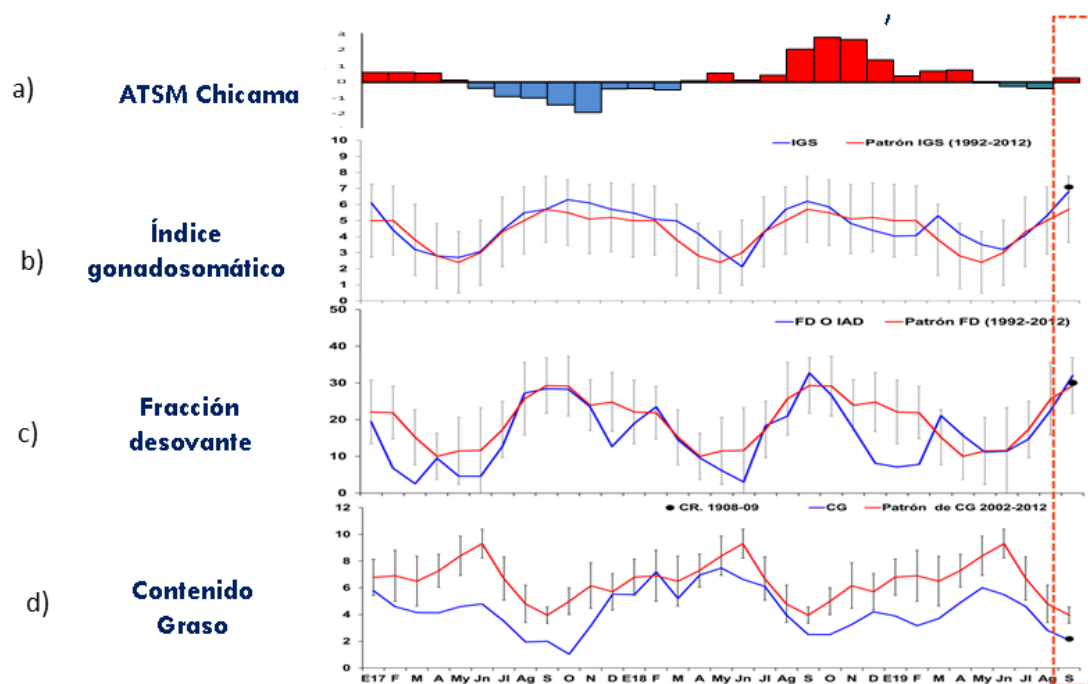


Figura 3.2.7.3. a) Anomalia de la TSM ($^{\circ}\text{C}$) en Chicama. Indicadores reproductivos: b) Índice Gonadosomático (IGS), c) Fracción Desovante (FD) y d) contenido graso del stock norte-centro del recurso anchoveta. Serie mensual: enero 2017 – setiembre 2019. Fuente: LBR/AFIRNP/DGIRP/IMARPE.

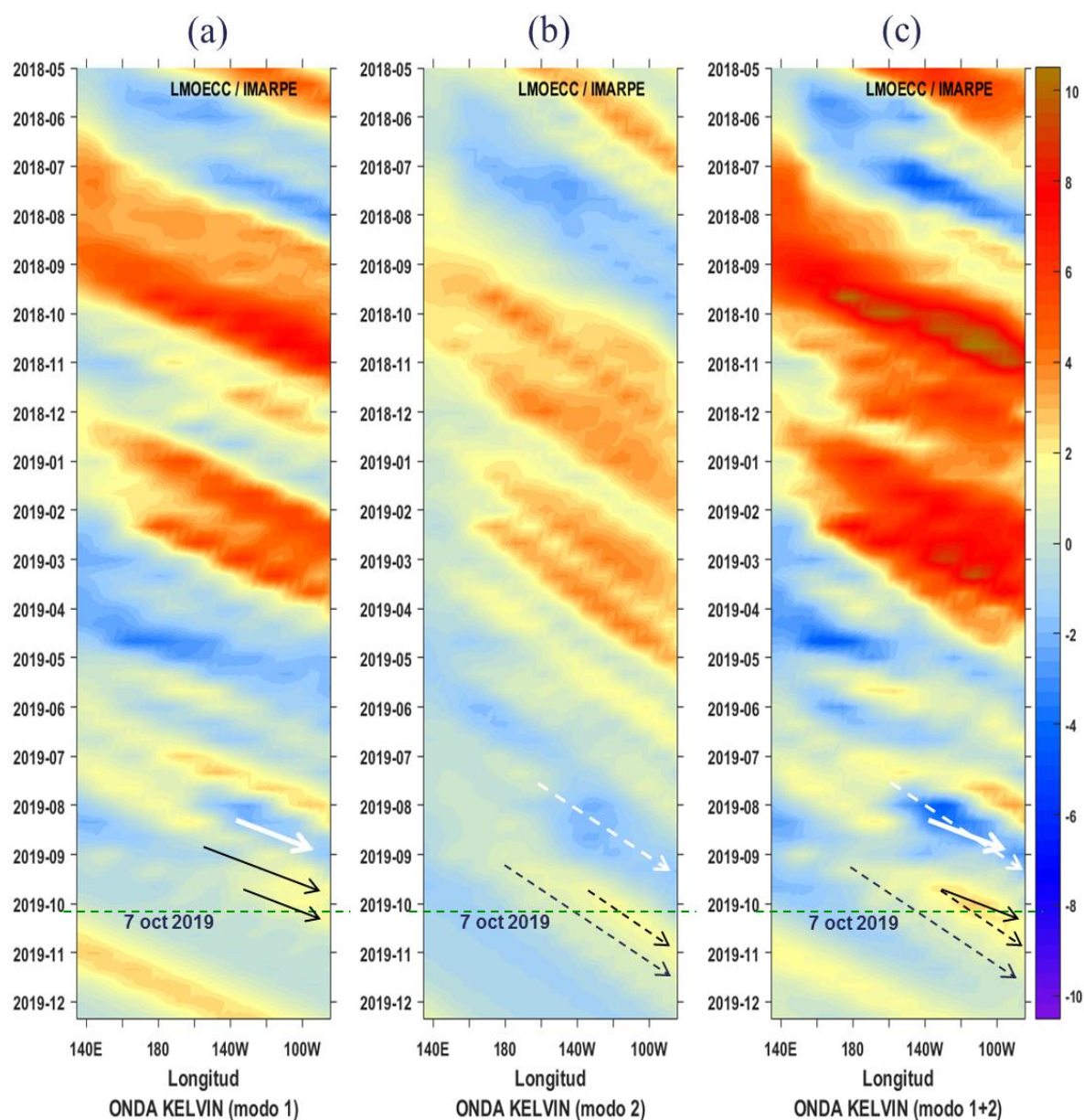


Figura 4.2.1. Diagrama Hovmöller de longitud-tiempo de las ondas Kelvin oceánicas en el Pacífico ecuatorial: (a) Modo 1, (b) Modo 2, (c) Modo 1+ Modo 2. El modelo fue forzado con información de NCEP. La línea discontinua horizontal de color verde indica el inicio del pronóstico sin el forzante de viento.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

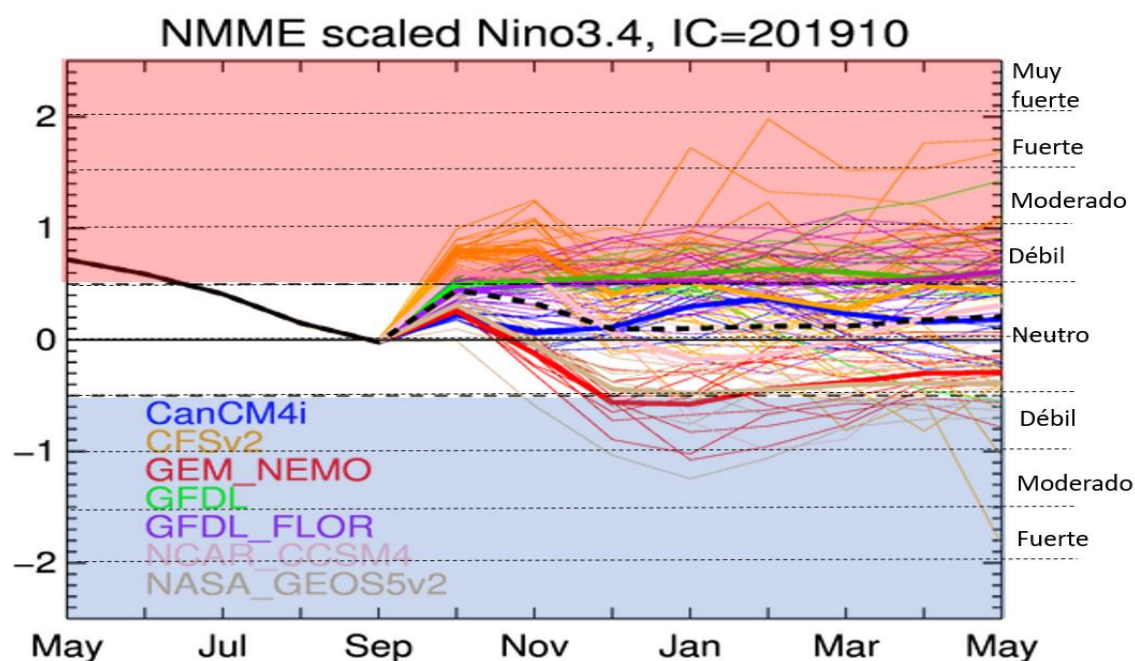


Figura 4.2.2. Índice Niño 3.4 mensual observado (línea negra continua) y pronosticado por los modelos de NMME. Los pronósticos de los modelos numéricos son indicados con líneas de distinto color mientras que el promedio de estos se grafica con una línea negra entrecortada. Fuente: CPC/NCEP/NOAA.

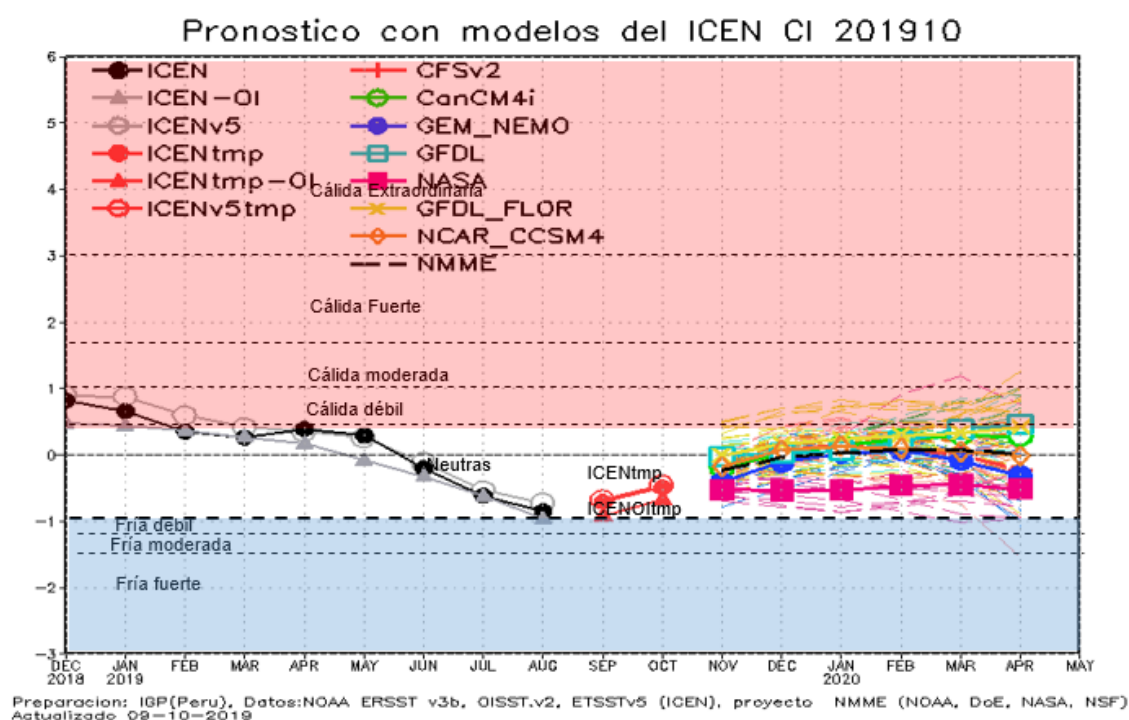


Figura 4.2.3. Índice Costero El Niño (ICEN, línea negra con círculos y triángulos llenos) y su valor temporal (ICENTmp, línea roja con círculo y triángulo lleno). Además, pronósticos numéricos del ICEN (media móvil de 3 meses de las anomalías pronosticadas de la TSM en Niño 1+2) por diferentes modelos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

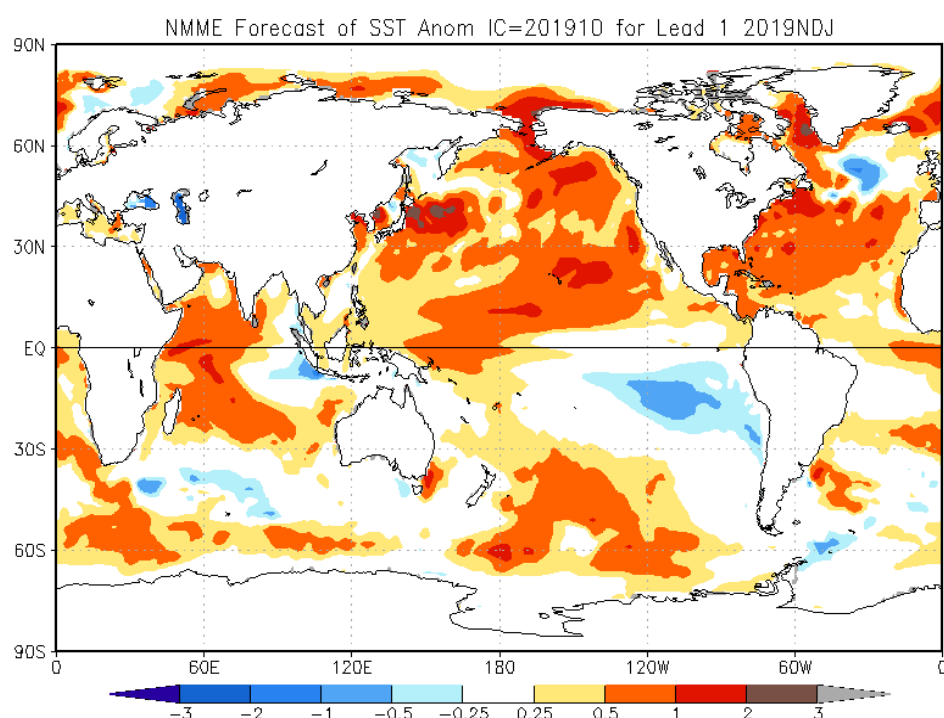


Figura 4.2.4. Pronóstico probabilístico de temperatura superficial del mar (calibrados) para noviembre 2019-enero del 2020 por el promedio de los modelos de NMME inicializados en octubre de 2019. Fuente: NMME.

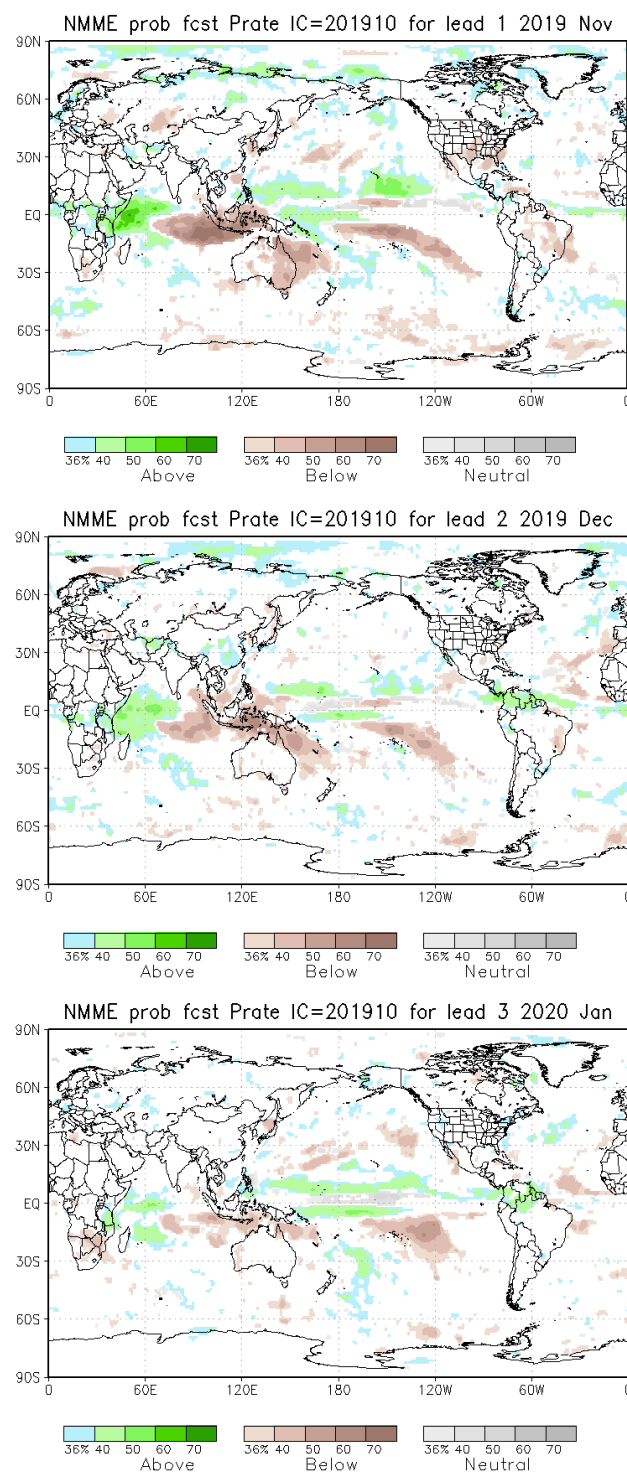


Figura 4.2.5 Pronóstico probabilístico de precipitación (calibrados) para los meses noviembre, diciembre y enero de 2020 por modelos de NMME, inicializado en octubre de 2019. Fuente: NMME.

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

Valores del Índice Costero El Niño							ONI	
Mes	ICEN v3	Categoría	ICENOI	Categoría	ICEN v5	Categoría	ONI	Categoría
12/2018	0.81	C. Débil	0.46	C.Débil	0.89	C. Débil	0.83	C.Débil
01/2019	0.65	C. Débil	0.43	C. Débil	0.87	C. Débil	0.79	C. Débil
02/2019	0.34	Neutro	0.36	Neutro	0.59	C. Débil	0.84	C. Débil
03/2019	0.25	Neutro	0.26	Neutro	0.41	C. Débil	0.82	C. Débil
04/2019	0.38	Neutro	0.16	Neutro	0.34	Neutro	0.76	C.Débil
05/2019	0.28	Neutro	-0.09	Neutro	0.25	Neutro	0.66	C.Débil
06/2019	-0.21	Neutro	-0.33	Neutro	-0.12	Neutro	0.54	C. Débil
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
Mes	ICENtmp	Categoría	ICENtmp	Categoría	ICENtmp	Categoría	ONItmp	Categoría
09/2019	-0.71	Neutro	-0.93	Neutro	-0.68	Neutro	0.16	Neutro
10/2019	-0.50	Neutro	-0.68	Neutro	-0.46	Neutro	0.24	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 junio hasta setiembre de 2019. Fuente: Estaciones costeras – DHN.

Estación	ATSM 2019				ANMM 2019			
	Jun	Jul	Ago	Set	Jun	Jul	Ago	Set
Talara	-0.6	-0.7	-0.6	-0.2	-1	0.0	1.0	1.0
Paíta	0.3	0.6	0.1	1.1	-2	3.0	1.0	-
Isla Lobos de Afuera	0.8	-0.8	-1.0	-0.3	0	-2.0	1.0	-
Salaverry	0.5	0.5	0.3	-	-	-	-	-
Chimbote	0.2	-0.3	-0.7	-0.9	-5	-5.0	-8.0	-8.0
Callao	1.1	0.5	0.2	0.7	-5	-5.0	-5.0	-6.0
San Juan	0.4	-0.4	0.3	0.4	-	-	-	-
Mollendo	0.5	0.3	0.4	0.2	-4	-3.0	-2.0	-1.0
Ilo	-0.5	0.1	0.2	-0.2	-	-	-	-

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

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

Tabla 4.2.2. Pronóstico del ICEN por los modelos de NMME (promedios trimestrales de los pronósticos de las anomalías de la TSM en la región Niño 1+2)

	ASO	SON	OND	NDE	DEF	EFM	FMA	MAM
CFS2		0.42	0.56	0.52	0.39	0.34	0.34	0.36
CMC1		0.08	0.14	0.18	0.35	0.47	0.45	0.37
CMC2		0.04	-0.15	-0.45	-0.56	-0.51	-0.45	-0.43
GFDL		0.38	0.61	0.65	0.72	0.80	0.87	0.92
NASA		0.09	-0.10	-0.48	-0.72	-0.79	-0.86	-0.88
GFDL_FLO R		0.31	0.47	0.46	0.45	0.50	0.59	0.68
NCAR_CC SM4		0.36	0.38	0.11	-0.10	-0.12	0.01	0.16
NMME		0.24	0.27	0.14	0.08	0.10	0.14	0.17
ONItmp	0.16							

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	3%
El Niño débil	21%
Neutro	63%
La Niña débil	12%
La Niña moderada	1%

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

Magnitud del evento diciembre 2019 - marzo 2020	Probabilidad de ocurrencia
El Niño moderado	2%
El Niño débil	20%
Neutro	64%
La Niña débil	13%
La Niña moderada	1%