

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



INFORME TÉCNICO ENFEN

AÑO 4 N° 12

DICIEMBRE 2018

Programa Presupuestal por Resultados N° 068:

“Reducción de vulnerabilidad y atención de emergencias por desastres”

Producto: Estudios Para la estimación del Riesgo de Desastres

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

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

Comisión Multisectorial ENFEN

Presidente:

Vice-Alm. (r) Javier Alfonso Gaviola Tejada

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

Vice-Presidente:

Calm. Jorge Manuel Paz Acosta

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

Dr. Hernando Jhonny Tavera Huarache

Presidente Ejecutivo, Instituto Geofísico del Perú (IGP)

Dr. Ken Takahashi Guevara

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

Ing. Walter Obando Lícera

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: C. de C. Luis Amayo Chuquillanqui.

IMARPE: Dimitri Gutiérrez, Marilú Bouchón, Luis Vásquez, Carlos Quispe y Octavio Morón.

DHN: Rina Gabriel, Roberto Chauca.

SENAMHI: Grinia Ávalos, Nelson Quispe y Christian Febres.

IGP: Kobi Mosquera y Jorge Reupo

ANA: Litzia Cisneros y Jairo Chunga.

INDECI: Jakie Rojas.

CENEPRED: Ena Jaimes.

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) 2018.

Informe Técnico ENFEN. N° 12, Diciembre de 2018, 51 p.

El Informe Técnico ENFEN de diciembre 2018 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, Diciembre 2018



IMARPE
INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ



DIHIDRONAV
MARINA DE GUERRA DEL PERÚ



PRESENTACIÓN

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



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

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

Cordialmente,



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

Figuras:

3.1.1.1	Análisis de las anomalías estandarizadas del campo de presión reducida a nivel del mar (PRMSL, hPa) en el Pacífico para el mes de diciembre de 2018. Fuente: SPC/DMA.	24
3.1.1.2	Análisis de la convección tropical para mes de diciembre de 2018. a) promedio de anomalías del campo de Radiación de Onda Larga (OLR-W/m ²) entre los 5°N y 5°S en una sección temporal desde junio hasta el 4 de diciembre de 2018. b) Anomalías promedio de OLR (W/m ² , matices de colores) del 27 de noviembre al 6 de diciembre. Fuente: CPC/NOAA.	24
3.1.1.3	Configuración atmosférica a niveles altos (200 hPa) para el mes de diciembre de 2018. a) campo de viento promedio. b) Anomalía de campo de viento (m/s, vectores). Fuente: SPC/DMA.	25
3.1.1.4	Configuración atmosférica a niveles bajos (1000/850 hPa) para el mes de diciembre de 2018. a) campo de viento promedio. b) Anomalía de campo de viento (m/s, vectores). Fuente: SPC/DMA.	25
3.1.1.5	Análisis de la circulación atmosférica ecuatorial (Walker) de este a oeste para el mes de diciembre de 2018. (a) patrón promedio de diciembre 2018, (b) patrón climatológico y (c) patrón anómalo. Fuente: ENFEN.	26
3.1.1.6	Diagrama longitud-tiempo de las anomalías de esfuerzo de viento zonal ecuatorial basado en datos del escaterómetro ASCAT, hasta el 12 de enero de 2018, incluyendo los vectores de esfuerzo zonal. Elaboración: IGP.	26
3.1.1.7	Diagrama de anomalías promedio de la TSM en el Pacífico Ecuatorial entre los 120°E – 60°W y 30°N – 30°S OSTIA. Fuente: MARINE.COPERNICUS – Unión Europea.	27
3.1.1.8	Anomalía de la TSM para el mes de diciembre de 2018. a) Promedio semanal en regiones Niño, climatología 1981-2010. Fuente: AVHRR NCEP/NOAA.	27
3.1.2.1	Anomalías de la temperatura subsuperficial del mar (°C) en el océano Pacífico ecuatorial entre los 2°N y 2°S promediadas cada cinco días, para el mes de diciembre de 2018. Fuente: TAO/TRITON, PMEL/NOAA.	28
3.1.2.2	Diagrama del Pacífico ecuatorial: a) Profundidad de la isoterma de 20°C (m). b) Anomalía de la profundidad de la isoterma de 20°C, para diciembre de 2018, valores promediados entre los 02°N y 02°S. Fuente: Global Tropical Moored Buoy Array Program office, NOAA/PMEL.	28
3.1.2.3	Anomalía de la altura del nivel del mar en el Pacífico ecuatorial. Considerando una climatología de 1993-2010 Producto DUACS. Elaboración IGP.	29
3.1.2.4	a) Diagrama longitud-tiempo de las anomalías de esfuerzo de viento zonal ecuatorial basado en datos de WINDSAT, b) anomalía de la profundidad de la isoterma de 20°C datos de TAO y los derivados de ARGO, c) diagrama de la onda Kelvin y Rossby, d) diagrama de la onda Kelvin, e) diagrama de la onda Rossby, calculada con el modelo LOM-IGP (forzado por WINDSAT, y tau=0 para el pronóstico). Elaboración: IGP.	29
3.2.1.1	Mapas de la Velocidad del Viento frente a la costa peruana, durante el mes de diciembre del 2018 (Fuente: Satélite ASCAT, Procesamiento: Laboratorio de Hidro-Física Marina, IMARPE). Actualizada hasta el 30/12/2018.	30
3.2.1.2	Mapas de anomalía de la Velocidad del Viento frente a la costa peruana, durante el mes de diciembre del 2018 (Fuente: Satélite ASCAT, Procesamiento: Laboratorio de Hidro-Física Marina, IMARPE). Actualizada hasta el 30/12/2018.	30
3.2.1.3.	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 31/12/2018.	31
3.2.1.4.	Diagrama Hovmöller de la anomalía del viento a lo largo de la costa peruana (Fuente: Satélite ASCAT, Procesamiento: Laboratorio de Hidro-Física Marina, IMARPE). Actualizada hasta el 31/12/2018.	31
3.2.1.5	Diagrama de Hovmöller del índice de afloramiento costero (m ³ s ⁻¹ 100m ⁻¹), 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 08/12/2018.	31

3.2.1.6	Configuración atmosférica a diferentes niveles: a) altos (200 hPa), b) medios (500 hPa), y c) bajos (1000 - 850 hPa) para el mes de diciembre de 2018. Anomalías del campo de viento (m/s, vectores) y anomalías estandarizadas del viento (matrices de colores cada $\pm 0,5 \sigma$ y vectores gruesos representando $\sigma > 1$). Fuente: SPC/SENAMHI.	32
3.2.2.1	a) Anomalías de la temperatura máxima en las distintas estaciones de la costa peruana. b) Anomalías de la temperatura mínima en las distintas estaciones de la costa peruana. Fuente SENAMHI.	33
3.2.3.1	Mapa de anomalías de precipitación acumulada mensual (%) para diciembre 2018, registradas en estaciones meteorológicas. Fuente SENAMHI.	33
3.2.3.2	Caudales diarios (m^3/s) de principales ríos del norte de Perú, Tumbes, Piura y Lambayeque, hasta diciembre 2018. Líneas azules: caudales de años 2018-2019, rojas: Promedio histórico; celestes: promedio de años húmedos y líneas grises: promedio de años secos. Fuente datos: SENAMHI/ Procesamiento: ANA.	34
3.2.3.3	Caudales diarios (m^3/s) de principales ríos del centro de Perú, Santa, Chillón y Rímac, hasta diciembre 2018. Líneas azules: caudales de años 2018-2019, rojas: Promedio histórico; celestes: promedio de años húmedos y líneas grises: promedio de años secos. Fuente datos: SENAMHI/ Procesamiento: ANA.	34
3.2.3.4	Caudales diarios (m^3/s) de principales ríos del sur de Perú, Chili, Huancané y Ramis, hasta diciembre 2018. Líneas azules: caudales de años 2018-2019, rojas: Promedio histórico; celestes: promedio de años húmedos y líneas grises: promedio de años secos. Fuente datos: SENAMHI/ Procesamiento: ANA.	35
3.2.4.1	a) Temperatura superficial del agua ($^{\circ}\text{C}$) en el mar peruano, cada cinco días durante diciembre del 2018. Fuente PODAAC/OSTIA, Procesamiento: IMARPE. b) Evolución de las Anomalías de Temperatura Superficial del Mar (ATSM), dentro de las 50 m.n. de la costa, desde el 13 de agosto de 2018 hasta el 1 de enero de 2019. Climatología: pathfinder v5 1985-2009. Fuente: OSTIA/CMEMS v3.0, Elaboración DHN.	36
3.2.4.2	Diagrama Hovmöller de las anomalías del nivel medio del mar (cm), durante un año hasta el 31 de diciembre del 2018, para la franja de 60mn adyacente a la costa. Fuente: CMEMS, Procesamiento IMARPE.	37
3.2.4.4	Anomalía de altura del nivel medio del mar (cm) y corrientes geostróficas, cada cinco días para el mes de diciembre de 2018. Fuente: CMEMS, Procesamiento: IMARPE.	37
3.2.5.1	Diagrama Hovmöller de las secciones horizontales frente a Paita registradas desde enero del 2017 hasta diciembre 2018. a) Temperatura superficial del mar, b) Anomalía de la temperatura superficial del mar, c) Salinidad superficial del mar, d) Profundidad de la isoterma de 15°C (m) y e) Profundidad de la iso-oxigena de 1 mL L^{-1} (m).	38
3.2.5.2	Secciones verticales frente a Paita para el 14 y 15 de diciembre de 2018. a) temperatura sub-superficial del mar ($^{\circ}\text{C}$), b) Anomalía de la temperatura sub-superficial ($^{\circ}\text{C}$), c) Salinidad (ups), d) Anomalía de la salinidad (ups), e) Oxígeno (mL L^{-1}), f) Anomalía del oxígeno (mL L^{-1}) y g) Velocidad geostrófica (cm/s). Fuente: IMARPE.	38
3.2.5.3	Diagrama Hovmöller de las secciones horizontales frente a Chicama registradas desde enero del 2017 hasta diciembre 2018. a) Temperatura superficial del mar, b) Anomalía de la temperatura superficial del mar, c) Salinidad superficial del mar, d) Profundidad de la isoterma de 15°C (m) y e) Profundidad de la iso-oxigena de 1 mL L^{-1} (m).	39
3.2.5.4	Secciones verticales frente a Chicama para el 17 y 18 de diciembre de 2018. a) temperatura sub-superficial del mar ($^{\circ}\text{C}$), b) Anomalía de la temperatura sub-superficial ($^{\circ}\text{C}$), c) Salinidad (ups), d) Anomalía de la salinidad (ups), e) Oxígeno (mL L^{-1}), f) Anomalía del oxígeno (mL L^{-1}) y g) Velocidad geostrófica (cm/s). Fuente: IMARPE.	39
3.2.5.5	Estaciones fijas. Secciones de temperatura ($^{\circ}\text{C}$) de: a) Paita, b) Chicama, c) Callao, d) Atico, e) Ilo. Desde julio 2018 hasta diciembre 2018. Fuente IMARPE.	40
3.2.5.6	Estaciones fijas. Secciones de anomalía de la temperatura ($^{\circ}\text{C}$) de: a) Paita, b) Chicama, c) Callao. Desde julio 2018 hasta diciembre 2018. Fuente: IMARPE.	40
3.2.5.7	Serie de tiempo de: a) salinidad (ups) en las Estaciones Fijas de: Paita, Chicama, Callao, Atico, Ilo. b) oxígeno disuelto (mL/L) en las Estaciones Fijas de Paita, Chicama, Callao, Atico e Ilo. Del periodo julio 2018 - diciembre 2018. Fuente: IMARPE.	41
3.2.6.1	a) Serie de tiempo de la concentración de silicatos en $\mu\text{mol L}^{-1}$ en las estaciones fijas de: Paita, Chicama, Callao e Ilo. b) Serie de tiempo de la concentración de nitratos en $\mu\text{mol L}^{-1}$ en las estaciones fijas de: Paita, Chicama, Callao e Ilo. c) Serie de tiempo de la concentración de fosfatos en $\mu\text{mol L}^{-1}$ en las estaciones fijas de: Paita, Chicama, Callao e Ilo. Del periodo julio 2018 - diciembre 2018. Fuente: IMARPE.	42

3.2.6.2	a) Mapa de concentración de Clorofila-a, b) anomalía de clorofila-a satelital proveniente de MODIS-AQUA, VIIRS-SNPP, c) Porcentaje del número de días con nubes, d) Serie de tiempo para las concentraciones de clorofila-a satelital (Línea negra) y climatología (Línea verde) proveniente de MODIS ($\mu\text{g L}^{-1}$), e) Diagrama Hovmöller de anomalías de clorofila-a latitudinales. Fuente: Imágenes satelitales MODIS-AQUA, VIIRS-SNPP durante diciembre de 2018. Procesamiento: IMARPE.	43
3.2.7.1	Distribución de indicadores biológicos de zooplancton en la sección Paita. Diciembre 2018. Fuente: IMARPE.	44
3.2.7.2	Distribución de indicadores biológicos de zooplancton en la sección Chicama. Diciembre 2018. Fuente: IMARPE.	44
3.2.7.3	a) Desembarque de anchoveta por latitudes en miles de toneladas, b) Longitudes y cantidad de juveniles en porcentaje por latitudes. puntos de pesca de anchoveta en el mar peruano. Diciembre 2018. Fuente: LBR/AFIRNP/DGIRP/IMARPE.	44
3.2.7.4	a) Índice Gonadosomático (IGS), b) Fracción Desovante (FD). Del stock norte – centro de anchoveta. Enero 2017 – diciembre 2018. Fuente: LBR/AFIRNP/DGIRP/IMARPE.	45
3.2.7.5	Distribución de peces incidentales en la pesca de jurel, caballa y otras especies durante diciembre de 2018. Fuente: PBP/ADPERP/DGIRP/IMARPE.	45
4.1.1	Diagrama Hovmöller longitud-tiempo de las ondas Kelvin en el océano Pacífico ecuatorial (0°N): (a) Modo 1, (b) Modo 2, (c) Modos 1+2. La línea discontinua horizontal, en verde, indica el inicio del pronóstico sin el forzante de vientos. Fuente: IMARPE.	46
4.1.2	Índice Niño 3.4 mensual observado y pronosticado por los modelos de NMME y otros para enero 2019. Fuente: CPC/NCEP/NOAA.	46
4.1.3	Índice Costero El Niño (ICEN) círculos negros, valor temporal del ICEN círculo rojo. Pronósticos numéricos del ICEN, por diferentes modelos climáticos. CFSv2, CMC1, CMC2, GFDL, NASA_GEOSv2 GFDL_FLOR y NCAR_CCSM4, tienen como condición inicial el mes de enero de 2019. (Fuente: IGP, NOAA, proyecto NMME).	47
4.2.1	a) Probabilidad de ocurrencia de temperaturas máximas. b) Probabilidad de ocurrencia de temperaturas mínimas. c) Probabilidad de ocurrencia de lluvias. Gráficas porcentuales para el periodo de enero a febrero del 2019. Fuente: SENAMHI.	48
4.2.2	Probabilidades de ocurrencia del evento El Niño según porcentaje de modelos (IRI) y evaluación experta. Desde el trimestre OND hasta JJA. Fuente IGP.	49

Tablas

Tabla 2.1.1	Principales variables y bases de datos utilizados en el presente informe.	12
Tabla 3.1.2.1	Valores del Oceanic Niño Index (ONI) y el Índice Costero El Niño (ICEN) de marzo de 2018 a noviembre de 2018. Además, el ONItmp e ICENtmp para diciembre de 2018 y enero de 2019. Fuente: IGP.	50
Tabla 4.1.1	Pronósticos del ONI con diferentes modelos climáticos con condiciones iniciales de enero de 2019.	50
Tabla 4.1.2	Pronósticos del ICEN con diferentes modelos climáticos con condiciones iniciales de enero de 2019.	50

Diagnóstico Climático y Previsión de El Niño-Oscilación del Sur en el Perú, diciembre 2018

RESUMEN	9
1. INTRODUCCIÓN.....	10
2. MATERIALES Y MÉTODOS	10
2.1 Variables.....	10
2.2 Índices.....	10
2.3 Modelos de Pronóstico.....	10
3. CONDICIONES OBSERVADAS EN DICIEMBRE.....	13
3.1 Condiciones a Macroescala.....	13
3.1.1. Circulación atmosférica y temperatura superficial en el Pacífico ecuatorial.....	13
3.1.2. Dinámica oceánica en el Pacífico ecuatorial	14
3.2 Condiciones a Escala Regional	14
3.2.1 Circulación atmosférica en el Pacífico Sudoriental	14
3.2.2 Temperatura del aire.....	15
3.2.3 Precipitaciones e hidrología en la vertiente del Pacífico.....	16
3.2.4 Temperatura superficial del mar y nivel medio del mar	16
3.2.5 Condiciones oceanográficas subsuperficiales frente al litoral peruano.....	17
3.2.6 Nutrientes y productividad en la costa peruana	18
3.2.7 Recursos pesqueros e indicadores biológicos	20
4 PRONÓSTICO	21
4.1 A Corto Plazo (Semanas).....	21
4.2 A Mediano Plazo (Hasta 3 meses).....	21
4.3 A Largo Plazo (Más de 3 meses).....	22
5 CONCLUSIONES	22
6 REFERENCIAS	23
7 FIGURAS	24
8 TABLAS	48

RESUMEN

El océano Pacífico ecuatorial se mantuvo en condiciones ligeramente cálidas, con anomalías de la temperatura superficial de hasta +1 °C, inclusive en la región adyacente a la costa sudamericana (Niño 1+2), con anomalía de +0,8 °C, marcando valores del ICEN dentro de los umbrales de condiciones neutras en noviembre y condiciones cálidas débiles en diciembre (temporal). Por otro lado, en niveles bajos de la atmósfera existió una intensificación de vientos zonales oeste y en niveles altos, del este, asociado a las ondas atmosféricas ecuatoriales que se presenciaron en el mes. Por las anomalías en los vientos oeste en la región occidental, se habría forzado una onda Kelvin cálida que se está propagando hacia el este.

Fuera de la región ecuatorial, el Anticiclón del Pacífico Sur (APS) tuvo una proyección al sureste de su posición habitual, predominando sobre territorio peruano anomalías positivas de presión, con presencia de vientos costeros muy fluctuantes durante el mes, siendo en promedio más intensos en el norte y más débiles en el centro y sur. Las anomalías de la temperatura del aire disminuyeron hasta cerca de cero, excepto en la costa central (+1,3 °C).

En el mar de Perú, la temperatura superficial se mantuvo en condiciones cálidas con mayores anomalías en la zona norte y centro, asimismo a nivel sub superficial hasta los 300 metros de profundidad, a 100 m.n. de la costa, donde la anomalía fue de +1 °C, evidenciando el paso de la onda Kelvin cálida esperada. En tanto que, el nivel del mar no evidenció cambios, manteniéndose cerca del nivel medio.

Respecto a los indicadores, en relación a la anchoveta, éste se replegó dentro de las primeras 30 m.n., desde el sur de Punta La Negra hasta Pisco, caracterizándose con el término del desove de invierno, pasando a una fase de reposo; y en relación a los caudales de los ríos de la costa, éstos se mantuvieron dentro de sus valores normales, pero con ligero aumento. Mientras que, los embalses de la costa norte y sur se mantuvieron entre 46,7 % y 31,2 % respectivamente, lo que es normal para esta fecha.

Perspectiva:

Para los meses de enero y febrero 2019 se espera frente a la costa sudamericana el arribo de una onda Kelvin fría, teniendo un alcance hasta el mar de Perú, lo que generaría una ligera disminución de las anomalías positivas de la temperatura del mar y nivel del mar.

Por otro lado, se prevé una condición más débil del APS y la llegada de una onda Kelvin cálida para el mes de marzo, lo cual favorecería la persistencia de condiciones cálidas que se vienen percibiendo. Asimismo, para enero y febrero se prevé una ocurrencia de lluvias normales, que llegarían a ser probablemente superiores conforme transcurren las semanas; y para marzo se esperarían lluvias por encima de lo normal.

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 subsuperficial 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. MATERIALES Y MÉTODOS

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. Ver Nota Técnica Definición operacional de los eventos El Niño y La Niña y sus magnitudes en la costa del Perú (09 abril 2012) y Takahashi, et al. (2014).

2.3. Modelos de Pronóstico

Modelo Oceánico Lineal (LOM-IGP): El modelo se utiliza para representar la dinámica superior en el Pacífico ecuatorial, se trabaja con dos tipos de termoclina, contante y variable. Para el diagnóstico el modelo es forzado con esfuerzos de viento del "re-análisis" NCEP-CDAS (desde el año 2000 a la fecha) y vientos observados remotamente de ASCAT (desde el año 2008 a la fecha).

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: Las simulaciones de estos modelos se utilizan como herramientas para los análisis de las perspectivas de mediano y largo plazo.

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

VARIABLE		FUENTE																				PROCESAMIENTO			
		Observación										Satélite (*)											Modelos		
		Estaciones costeras	Estaciones costeras	Estaciones costeras	Estaciones fijas	Secciones verticales	Cruceros	Boyas TAO/TRITON	ARGO	Programa Bitácoras	Seguimiento de	Muestras de puertos	TRMM-3B42	ESRL/NOAA	Reanálisis	ASCAT	AVHRR (Daily OI	IFREMER	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
																		X							DHN
VARIABLES OCEANOGRÁFICAS																									
Físicas	Temperatura del Mar		X					X	X								X		X						DHN
						X	X																		IMARPE
								X	X						X		X		X						IGP
	Nivel medio del Mar		X																	x					DHN
																					X				IMARPE
																					X				IGP
	Salinidad								X														X		DHN
					X	X	X																		IMARPE
Biogeoquímicas	Oxígeno y Nutrientes				X	X	X																		IMARPE
	Clorofila			X		X	X																		IMARPE
																						X			IMARPE, Climatología: 2002-2014
Pesqueras	Desembarques índices reproductivos								X	X															IMARPE
											X													IMARPE	
	Indicadores de masas de agua del plancton										X														IMARPE
		Distribución de especies incidentales								X	X	X													
VARIABLES HIDROLÓGICAS																									
	Caudal de ríos			X																					ANA/SENAMHI
	Capacidad Hidráulica de reservorios			X																					ANA

3. CONDICIONES OBSERVADAS EN DICIEMBRE

3.1. Condiciones a Macroescala

3.1.1. Circulación atmosférica y temperatura superficial en el Pacífico ecuatorial

El análisis del campo de presión en el Pacífico ecuatorial indica condiciones cercanas a lo normal con excepción de la región central que tuvo anomalías negativas. Hacia la región occidental se observaron algunas anomalías negativas, asociadas con la Zona de Convergencia del Pacífico Sur (ZCPS), lo que favoreció presentar condiciones normales frente a la costa peruana (Figura 3.1.1.1).

El campo de anomalías de Radiación de Onda Larga (ROL), como indicador no directo de la precipitación a lo largo del trópico, mostró valores de anomalías negativas al oeste de 180° caracterizado por nubosidad convectiva proyectado hacia la ZCPS. En las regiones central y oriental predominaron condiciones secas; y sobre Sudamérica, condiciones estables y secas (cuenca amazónica), exceptuando la zona noreste de Brasil (Figura 3.1.1.2).

En los flujos de viento (franja ecuatorial), en niveles altos de la atmósfera (200 hPa), se identificó un domo cálido al oeste del meridiano 180° y una zona confluyente en la región oriental del Pacífico Sur, mostrándose una Corriente en Chorro Subtropical intensa. Esta región confluyente mantuvo las anomalías zonales del oeste sobre la región norte de Perú, entre 120°W y 080°W (Figura 3.1.1.3). Por otro lado, en niveles bajos (1000/850 hPa) los vientos alisios se estuvieron cerca de lo normal en la región central de Perú, mostrándose significativamente intensos en la región oriental (Figura 3.1.1.4).

Sobre el océano Pacífico ecuatorial, predominó un patrón de descensos anómalos de masas de aire alrededor de los 180° donde se situó la mayor convección tropical, con ligeras anomalías de vientos zonales oeste asociados a condiciones cálidas anómalas de la TSM en la región Niño 4; la región de descensos llegó hasta los 500 hPa con una débil señal de convección desde los niveles bajos. Por otra parte, el ramal descendente de la Circulación Walker se intensificó al este de los 090°W sobre la región norte de Perú, mostrándose más intensos los vientos alisios (Figura 3.1.1.5). En el Pacífico occidental, al oeste de 155°E, predominaron anomalías positivas (del oeste) de esfuerzo de viento zonal a fines del mes de diciembre. Durante la segunda semana las anomalías fueron negativas entre los 180°-150°W según los datos ASCAT (Figura 3.1.1.6).

La TSM en todo el Pacífico ecuatorial se mantuvo con anomalías que indicaron condición cálida débil. Por regiones Niño, la anomalía semanal de la temperatura mostró una tendencia positiva en toda la franja ecuatorial (Niño 4, Niño 3.4 y Niño 3), con valores entre 1 °C y 0,7 °C en Niño 3.4; en tanto que, la región cercana a la costa de Sudamérica (Niño 1+2) la anomalía fluctuó en el rango de +0,8 °C a +0,4 °C, lo que indica una condición cálida débil (Figura 3.1.1.7). Por regiones Niño se muestra una caída de las anomalías en la franja ecuatorial (regiones Niño 4, Niño 3.4 y Niño 3) de >+1 °C a 0,8 °C en promedio, con excepción de la región Niño 1+2, donde las condiciones se mantienen constantes entre +0,6 °C y +0,9 °C (Figura 3.1.1.8).

3.1.2. Dinámica oceánica en el Pacífico ecuatorial

Los datos in situ de las boyas TAO/TRITON muestran núcleos de aguas cálidas en la región central y oriental, a través de anomalías positivas de temperatura sobre los 200 m y 60 m de profundidad, respectivamente. Las anomalías de la región central se extendieron e intensificaron hacia la región oriental con valores de hasta +4 °C. Asimismo, los datos muestran en la región oriental un núcleo de aguas frías que incrementa gradualmente sobre los 130 m de profundidad y entre los 110°W-100°W (Figura 3.1.2.1)

Asimismo, las boyas muestran a nivel sub superficial la ascensión de la isoterma de 20 °C sobre el Pacífico oriental, pasando de 36 m por debajo de lo normal a mediados de abril a 18 m para mediados de diciembre. En la región occidental no se percibe ninguna profundización anómala, de la isoterma, por lo que no debería estar formándose otra onda (Figura 3.1.2.2).

En el Pacífico ecuatorial según los datos de ARGO, se aprecia una secuencia de ondas Kelvin cálidas. Una onda cálida al este de 120°W; una fría, entre 160°W - 130°W y otra cálida, entre 160°E y 160°W. Esta última onda cálida en el Pacífico ecuatorial occidental tiene una anomalía de hasta 25 cm, la cual es la más alta desde febrero de 2018 y de propagarse podría llegar a la costa peruana durante los meses subsiguientes (Figura 3.1.2.3).

Entre el Pacífico central y oriental se detecta el paso de una onda Kelvin fría que arribaría en la primera quincena de enero de 2019; mientras que, en el Pacífico occidental en concordancia con el esfuerzo de viento probablemente se proyecte una onda Kelvin cálida que según la proyección de los modelos podría llegar a las costas del litoral peruano a mediados de febrero de 2019 (Figura 3.1.2.4).

El índice ONI (Oceanic Niño Index en inglés) del Pacífico central (Niño 3.4) de noviembre de 2018 es de 0,87, correspondiente a condición cálida débil; en tanto que, el ONI estimado (ONItmp) de diciembre 2018 y enero de 2019 son de 0,89 y 0,82, respectivamente; los cuales indican condiciones cálidas débiles (Tabla 3.1.2.1).

3.2. CONDICIONES A ESCALA REGIONAL

3.2.1. Circulación atmosférica en el Pacífico Suroriental

En la región suroriental del Pacífico, el Anticiclón del Pacífico Sur (APS), mantuvo una proyección sureste anómala, con un núcleo de hasta 1024 hPa al oeste de 90°W. Ello mantuvo un campo de presiones alrededor a lo normal frente a la costa oeste de Sudamérica. La posición anómala del APS se asocia con la trayectoria de dorsales desde la región central del Pacífico Sur hacia el sur del continente, mostrándose un reducido aporte sobre los vientos costeros, razón por la cual estos se mantuvieron alrededor de lo normal.

El viento frente a la costa peruana mantuvo velocidades de $3,0 \text{ m s}^{-1}$ a $8,0 \text{ m s}^{-1}$ durante diciembre. En la zona oceánica, el viento varió entre $5,0 \text{ m s}^{-1}$ y $7,0 \text{ m s}^{-1}$ (Figura 3.2.1.1). La anomalía de la velocidad del viento estuvo en el rango neutral y valores negativos durante la primera semana, y valores positivos desde la segunda semana hasta fin de mes. En la última semana las anomalías fueron positivas con valores cercanos a $2,0 \text{ m s}^{-1}$ entre Lima y Pisco (Figura 3.2.1.2). A lo largo de la franja costera de 40 km se mantuvieron vientos entre $1,0 \text{ m s}^{-1}$ y $7,0 \text{ m s}^{-1}$ (Figura 3.2.1.3). La velocidad del viento costero mostró anomalías positivas a lo largo de la costa, con máximos valores entre 1 m s^{-1} y 2 m s^{-1} entre los 5°S y 13°S . (Figura 3.2.1.4).

El afloramiento costero frente a Talara y Paita se debilitó respecto al mes anterior, disminuyendo de $450 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} 100\text{m}^{-1}$ a $350 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} 100\text{m}^{-1}$. En la zona centro norte durante la segunda quincena del mes el afloramiento se detuvo, principalmente entre los 7°S y 9°S . Entre los 6°S y 16°S el índice de afloramiento costero (IAC) fluctuó entre $100 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} 100\text{m}^{-1}$ y $250 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} 100\text{m}^{-1}$ durante el mes. Al sur de los 15°S el IAC presentó valores inferiores a $100 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} 100\text{m}^{-1}$ (Figura 3.2.1.5).

En niveles bajos de la atmósfera (1000 hPa) la circulación de los vientos alisios del sureste del Pacífico fue significativamente intensa al oeste del meridiano de 90°W en la región oriental del Pacífico ecuatorial, y cerca de lo normal frente al litoral peruano. En la región central prevalecieron los flujos de vientos anómalos este, reduciéndose en intensidad hacia la línea ecuatorial; mientras que, al oeste de la línea de cambio de fecha se observó la intensificación de los vientos oeste (Figura 3.2.1.6 a).

En niveles medios de la atmósfera (500 hPa) los centros de alta y baja presión se proyectaron desde latitudes medias hacia el trópico sobre el Pacífico, esto se debió por un tren de ondas del tipo barotrópico, donde predominó un núcleo de baja presión al sur de Sudamérica y una circulación anticiclónica de bloqueo del tipo dorsal sobre el Perú; por lo cual persistió un flujo zonal del este anómalo sobre la región norte del país (Figura 3.2.1.6 b).

En niveles altos de la atmósfera (200 hPa), en la región del Pacífico Suroriental, predominó un centro de circulación ciclónica ubicada en la región convergente de la Corriente en Chorro Subtropical cuya intensidad influyó anómalamente sobre el centro - norte de Perú con flujos zonales anómalos, formándose una dorsal tropical de bloqueo. La región de subsidencia se ubicó al este del meridiano de 90°W . Asimismo, sobre Sudamérica, un domo de anomalías positivas geopotenciales se ubicó al noreste de Brasil (Figura 3.2.1.6 c).

3.2.2. Temperatura del aire

Gran parte de la vertiente occidental de los Andes y litoral del país predominaron temperaturas de normales a cálidas del aire con anomalías positivas; en tanto que, en otras regiones estas temperaturas fueron normales.

La región central fue donde principalmente se midieron anomalías positivas de hasta 2 °C, yendo desde las estaciones de los departamentos de Piura y Lambayeque hasta las de Lima. Las anomalías mínimas de aire se registraron en las estaciones de Lambayeque y Huarney (Ancash) con valores de +2,1 °C y 1,9 °C respectivamente (Figura 3.2.2.1)

3.2.3. Precipitaciones e hidrología en la vertiente del Pacífico

La ocurrencia de precipitaciones promedio en diciembre superaron sus valores climatológicos del mes, en gran parte del territorio nacional, con excepción de la vertiente occidental norte de los Andes. La disposición de humedad se concentró en la vertiente occidental sur y la oriental norte, donde se identificaron las anomalías más intensas de lluvias. Ello impactó negativamente a las provincias de San Martín, Huánuco, Moquegua y Tacna (Figura 3.2.3.1).

Los caudales de los ríos de la costa norte han presentado un comportamiento normal y con caudal mínimo característico de este mes, a excepción del río Lambayeque que si presentó un caudal creciente desde finales de octubre de 2018 (Figura 3.2.3.2). En la costa central el caudal del río Santa tuvo una tendencia ascendente ligeramente superior a la normal durante diciembre; mientras que, los ríos Chillón y Rímac se mantuvieron en los valores normales sin tendencia creciente (Figura 3.2.3.3). Por otro lado, en la costa sur los caudales de los ríos Chili y Huancané se mantuvieron normales, aunque este segundo fue un poco más fluctuante; sin embargo, el río Ramis presentó durante diciembre un caudal aproximado a cero, siendo muy inferior a lo normal, aunque la última semana el caudal se recuperó a sus condiciones normales (Figura 3.2.3.4). Las reservas hídricas de los principales embalses de la costa norte y sur estuvieron operando en promedio al 46,7 % y 31,2 % de su capacidad hidráulica respectivamente; en promedio a nivel nacional las reservas se encuentran al 36,5 % de la capacidad hidráulica. En la Región Hidrográfica del Titicaca, las descargas superaron los valores del año hidrológico 2017-2018, manteniendo tendencias al ascenso, las cuales son un comportamiento propio de temporada de transición del estiaje a la época de lluvias.

3.2.4. Temperatura superficial del mar y nivel medio del mar

En la región Niño 1+2, que incluye la zona norte del mar de Perú, la anomalía positiva de la temperatura disminuyó en su cobertura e intensidad, predominando con valores del orden +0,5 °C a +1 °C y con algunos núcleos de +2 °C, la isoterma de 20 °C que estaban dentro de las 100 m.n. fue replegada por la de 22 °C, haciendo notar un desplazamiento de aguas cálidas de la zona ecuatorial hacia la costa central (Figura 3.2.4.1, a). En la franja de 60mn adyacente a la costa norte, se presentaron anomalías de +1 °C, alcanzando eventualmente +2 °C, notándose un desplazamiento de condiciones cálidas de norte a sur (Figura 3.2.4.1, b).

El Nivel Medio del Mar (NMM) manifestó un pulso de anomalía positiva que se desarrolló durante todo el mes de noviembre en la franja de 60 m.n. adyacente a la costa y que decayó durante la primera semana de diciembre, aunque se mostró un reinicio del pulso con tendencia ascendente desde la segunda semana de diciembre alcanzando en promedio una anomalía de +13 cm en la costa norte extendiéndose hasta el Callao y +9 cm en la sur (Figura 3.2.4.2).

En el sur permanecieron anomalías entre +5 cm y +10 cm con vórtices ciclónicos y vórtices anticiclónicos de anomalía positiva >+10 cm (Figura 3.2.4.4).

3.2.5. Condiciones oceanográficas sub superficiales frente al litoral peruano

Paíta - 05°S (14 - 15 de diciembre)

La temperatura muestra una termoclina débil limitada por la isoterma de 18 °C, con temperaturas superficiales del orden de 20 °C a 22 °C y con la isoterma de 21 °C a 20 m.n. de la costa, la cual se encontraba a 60 m.n. a fines de noviembre. La isoterma de 15°C se encontró entre los 100 m y 200 m de profundidad, sumergiéndose hacia la costa (Figura 3.2.5.1 a). Se registraron ATSM entre +2,0 °C y +3,0 °C sobre los 70 m y por debajo predominaron anomalías positivas de +1,0 °C hasta los 300 m (Figura 3.2.5.1 a, b, Figura 3.2.5.2 a, b).

La salinidad en los primeros 30 m de profundidad y entre las 15 y 85 m.n. evidenció la presencia de aguas ecuatoriales superficiales (AES) asociada a anomalías de hasta -0,15 ups (Figura 3.2.5.2 c, d), asimismo se detectaron aguas costeras frías (ACF) de 30 a 150 m, siguiendo la misma pendiente que la isoterma de 15 °C. Entre los 270 m y cerca de los 150 m se identificaron las AEES (Figura 3.2.5.1.1 c, Figura 3.2.5.2 c).

La distribución del oxígeno disuelto (OD) mostró que la iso-oxígena de 1 mL/L ascendió de 250 m a 200 m de profundidad en toda la zona costera, respecto a noviembre (Figuras 3.2.5.1 e y Figura 3.2.5.2 e). El límite superior de la zona de mínima de oxígeno (ZMO; OD<0,5 mL/L), se detectó a 200-250 m de profundidad en toda la sección coincidiendo estar en la capa inferior de las AEES. Se detectaron anomalías positivas de OD sobre los 70 m, con valores de hasta de hasta +2,0 mL/L.

Los flujos geostrofos identificaron dos núcleos hacia el sur, ambos sobre los 160 m a 10–65 m.n. y a 80–100 m.n. con velocidades de hasta 20 cm/s y 40 cm/s respectivamente. Asimismo, se identificaron flujos hacia el norte, uno muy costero dentro de las 10 m.n. y sobre los 50 m con hasta 20 cm/s, y otro entre 30–40 m.n. de la costa a 130 – 270 m de profundidad con 10 cm/s (Figura 3.2.5.2 e, f, g).

Chicama (08°S) (14 - 15 de diciembre)

La temperatura presento una termoclina débil limitada por la isoterma de 19 °C. Sobre los 100 m se registraron temperaturas entre 15 °C y 22 °C, estando la isoterma de 15 °C en promedio 15 m más profunda que en noviembre (Figura 3.2.5.3. d); por otra parte, la isoterma de 21 °C se encontró a 15 m.n. de la costa, la cual se encontraba a 95 m.n. en el mes de noviembre. La ATSM mostró valores de hasta +3,0 °C sobre los 130 m y en las primeras 80 m.n. (Figura 3.2.5.3. a, b; Figura 3.2.5.4. a, b).

La salinidad en los primeros 50 metros mostró la presencia de aguas de mezcla entre las ASS y las AES, dentro de las 80 m.n., y ASS entre las 80 y 100 m.n. sobre los 40 m. Por debajo de estas masas de agua, entre los 80–240 m se identificaron las AEES (Figura 3.2.5.3. c, Figura 3.2.5.4. c).

Las anomalías de salinidad mostraron leves anomalías positivas en toda la sección, con una capa de -0,10 ups dentro de las 80 m.n. sobre los 60 m, asociada a las aguas de mezcla entre ASS y AES (Figura 3.2.5.4. d).

La distribución del oxígeno disuelto (OD) continuó mostrando un leve ascenso de las iso-oxígenas cerca de la costa debido al afloramiento. La profundidad de la iso-oxígena de 1 mL/L se presentó a unos 50-150 m de profundidad, más profunda hacia la costa; y en promedio 40 m más profunda que en noviembre (Figura 3.2.5.3. e). El borde superior de la ZMO se presentó a 130-170 m. Se presentaron anomalías positivas de OD sobre los 100 m a dentro de las 80 m.n. con valores de hasta +2,0 mL/L (Figura 3.2.5.4. e, f).

Los flujos geostróficos muestran un flujo con dirección sur, a 30-80 m.n. en los primeros 120 m, con una velocidad máxima de 30 cm/s. Asimismo, dos flujos con dirección norte; uno dentro de las 20 m.n. y sobre los 50 m con 40 m/s, y otro por fuera de las 80 m.n. sobre los 350 m con hasta 10 cm/s (Figura 3.2.5.4. g).

Estaciones fijas

El monitoreo de alta frecuencia de la columna de agua (<100 m) que se realiza en las Estaciones Fijas, ubicadas cerca de 7 millas de la costa, mostró que frente a Paita la temperatura varió entre los 16 °C y 20 °C, frente a Chicama entre 16 °C y 21 °C, frente a Callao entre 15 °C y 20 °C, frente a Atico entre 14 °C y 16 °C y frente a Ilo entre 14 °C y 19 °C (Figura 3.2.5.5.).

Tanto en Paita como en Chicama se detectó una profundización de las isotermas en la primera quincena del mes y posteriormente un ascenso de las mismas, teniendo una mayor pendiente la de 18 °C que ascendió 40 m en Paita; mientras que, en Callao y Atico solo existió una profundización principalmente de la isoterma de 16 °C; finalmente, en Ilo hubo una leve ascensión de la isoterma de 16 °C (Figura 3.2.5.5.). Paita, Chicama y Callao se detectaron anomalías positivas en toda la columna de agua con valores de hasta +3,0 °C, +4,0 °C y +2,0 °C, respectivamente, manifestándose primero en Paita entre la segunda y tercera semana de diciembre y en Callao a finales del mes. Estas anomalías positivas de temperatura indicaron la llegada de la onda Kelvin cálida proyectada por el ENFEN (Figura 3.2.5.6.).

Los registros de la salinidad y temperatura evidenciaron la presencia de aguas de mezcla (ACF-AES) frente a Paita, mezcla de ASS y ACF frente a Chicama y núcleos de ASS en Chicama, predominio de ACF frente a Callao, Atico e Ilo (Figura 3.2.5.7. a).

En cuanto al OD, se detectó una profundización de las iso-oxígenas, asociadas con la profundización de las isotermas. La iso-oxígena de 0,5 mL/L se determinó a 30–40 m en Callao y a 40–80 m en Ilo, mientras que, en Paita, Chicama e Atico las concentraciones de OD $\leq 0,5$ mL/L no fueron registradas (Figura 3.2.5.7. b).

3.2.6. Nutrientes y Productividad en la costa peruana

En general, en los puntos fijos las distribuciones de los nutrientes aumentaron durante el transcurso del mes a excepción de los fosfatos.

3.2.6.1. Silicatos

En Chicama y Callao hubo una profundización de las isolíneas durante la primera quincena, pero una ascensión durante la segunda quincena siendo estas las de 5 $\mu\text{mol/L}$ y 20 $\mu\text{mol/L}$, respectivamente. En Callao la isolínea de 20 $\mu\text{mol/L}$ ascendió de 75 a 40 m de profundidad. En Ilo, por debajo de los 40 m, las concentraciones se mantuvieron entre los 20 $\mu\text{mol/L}$ a 25 $\mu\text{mol/L}$ durante todo el mes, pero por encima hubo una leve superficialización de 10 m y 20 m de las isolíneas de 20 $\mu\text{mol/L}$ y 15 $\mu\text{mol/L}$ respectivamente (Figura 3.2.6.1 a).

3.2.6.2. Nitratos

Los nitratos no mostraron un comportamiento muy uniforme de sus concentraciones en la columna de agua en las estaciones fijas durante diciembre. En Chicama, la isolínea de 15 $\mu\text{mol/L}$ se profundizó (de 40 m a 70 m) y se superficializó (70 m a 20 m) durante la primera y segunda quincena. En Callao, se observó un incremento de la concentración durante la última semana, llegando a observarse un núcleo de 20 $\mu\text{mol/L}$ entre los 20-100 m. En Ilo, las concentraciones se mantuvieron alrededor de los 15 $\mu\text{mol/L}$ debajo de los 15 m durante el mes (Figura 3.2.6.1 b).

3.2.6.3. Fosfatos

Los fosfatos disminuyeron en las estaciones fijas a lo largo de costa. En Chicama, la isolínea de 1 $\mu\text{mol/L}$ se profundizó de 25 m hasta más de los 100 m durante la primera quincena. En Callao, los fosfatos disminuyeron de 2,5 $\mu\text{mol/L}$ a 1,5 $\mu\text{mol/L}$ entre la primera y segunda quincena del mes. En Ilo, la isolínea de 2 $\mu\text{mol/L}$ se profundizó de 20 m a 80 m en la primera quincena del mes, pero durante la segunda quincena ascendió hasta los 20 m (Figura 3.2.6.1 c).

3.2.6.4. Clorofila – a

Las concentraciones de clorofila-a satelital (MODIS; Ocean Biology Processing Group, 2003), dentro de las 60 m.n., fueron de $\sim 1 \mu\text{g/L}$ y $3 \mu\text{g/L}$ al norte y al sur de los 10°S respectivamente. Entre Paita a Chimbote y de Callao a Pisco (entre las 15 m.n. a 60 m.n.) predominaron anomalías negativas de $-1 \mu\text{g/L}$ a $-2 \mu\text{g/L}$; sin embargo, frente a Huacho, dentro de las 15 m.n. en Pisco, y al sur de San Juan las anomalías fueron positivas dentro del rango entre $+1 \mu\text{g/L}$ a $+3 \mu\text{g/L}$ (Figura 3.2.6.2 a, b). En promedio, entre los 6°S y 16°S y dentro de las 60 m.n., las concentraciones presentaron una alternancia entre valores mayores y menores a su patrón estacional. Durante la primera y última semana predominaron valores de aproximadamente $+2,5 \mu\text{g/L}$, y durante la tercera semana se observaron anomalías negativas cerca de $-2 \mu\text{g/L}$, correspondientes principalmente al área entre los 7°S y 13°S (Figura 3.2.6.2 d, e).

Un factor clave para el crecimiento fitoplanctónico es la cantidad de luz incidente, la cual es afectada por la presencia de nubes. Entre San José y Pisco, existió una cobertura nubosa de 60 % - 70 % de días nublados, mientras que, frente a Paita y al sur de Pisco la cobertura fue de 30 % - 40 % días nublados (Figura 3.2.6.2 c).

3.2.7. Recursos Pesqueros e indicadores biológicos

3.2.7.1 Indicadores biológicos de zooplancton

Paita

Frente a Paita el copépodo indicador de las ACF (*C. brachiaatus*) se encontró dentro de las 15 m.n. de la costa, mientras que los copépodos *A. danae* y *O. conífera*, especies asociadas a las ASS, se hallaron hasta una distancia d.60 m.n. de la costa. La *C. furcatus*, especie indicadora de AES, se encontró de las 15 m.n. a 60 m.n. de la costa. (Figura 3.2.7.1).

Chicama

Frente a Chicama a 5mn de la costa se encontró la presencia del copépodo *Centropages brachiatus*, especie asociada a las ACF, mientras que los copépodos *Acartia danae* y *Calocalanus pavo*, especies indicadoras de las ASS, se registraron entre las 15 m.n. y 60 m.n. El copépodo *C. furcatus*, especie indicadora de AES se localizó entre las 15 m.n. y 40 m.n. (Figura 3.2.7.2).

Distribución, capturas y tallas de la anchoveta

El 15 de noviembre se inició la segunda temporada de pesca de anchoveta de 2018 en la región norte – centro. Al 27 de diciembre el progreso fue de un 88 % de la cuota otorgada, lo que corresponde a una captura de 5 055 734 toneladas. Las capturas se dieron principalmente entre Salaverry (8°S) y Bahía Independencia (14°S), y los desembarques se concentraron en los puertos de Chicama y Chimbote en el norte y Pisco en el centro (Figura 3.2.7.3).

La pesca artesanal y de menor escala dirigida a la anchoveta, las cuales realizan sus capturas dentro de las primeras 10mn, tuvieron un desembarque total de 2 416 toneladas durante el mes de diciembre hasta el día 27, con un valor promedio diario de 186t.

Indicadores reproductivos y somáticos de la anchoveta

Los indicadores reproductivos de la anchoveta peruana del stock norte-centro, índice gonadosomático (IGS) y Fracción Desovante (FD), en el mes de diciembre, mostraron el final del periodo de desove principal de invierno, el cual tuvo su pico durante el mes de setiembre (Figura 3.2.7.4).

Debido a la finalización de la pesca exploratoria, la flota artesanal dirigida al jurel operó frente a Atico, el cual presentó una estructura de tallas polimodal. Se registró capturas de *Pleurocondes monodon* “múnida” dentro de las 20 m.n., el cual es indicador de ACF, y de la colonia de tunicados “Pirosoma”, especie que se encuentra asociada a aguas cálidas (Figura 3.2.7.5).

4. PRONÓSTICO

4.1. A corto plazo (semanas)

La información de altimetría y los modelos numéricos indican que para fines de enero e inicios del mes de febrero se espera la llegada de una onda kelvin cálida con una prospección de ser intensa; mientras que, la onda kelvin fría debe llegar la primera semana de enero y desarrollarse hasta fines del mismo, según los resultados de los modelos numéricos (Figura 4.1.1).

Para el Pacífico Central (región Niño 3.4), los valores estimados del ONI (ONItmp), combinando observaciones y pronósticos, indican condiciones cálidas débiles de enero a abril de 2019, de mayo a junio dos de los 7 modelos indican condiciones neutras, y finalmente para el mes de junio en adelante solo 3 modelos indican que se mantendrían las condiciones cálidas (Figura 4.1.2 y Tabla 4.1.1).

Para el Pacífico oriental (región Niño 1+2), el valor estimado del ICEN (ICENtmp), basado en los datos hasta diciembre de la fuente OISST.v2, así como las salidas del ensamble de modelos NMME, para enero y febrero son de 0,44 °C y 0,37 °C, indicando condiciones débiles y neutras, respectivamente. En esta región según el NMME a excepción del mes de enero, no habría condiciones cálidas débiles hasta el mes de agosto (Figura 4.1.3 y Tablas 4.1.2).

4.2. A mediano plazo (hasta 3 meses)

Para los próximos tres meses enero – marzo 2019 se esperan condiciones cálidas a nivel nacional, con excepción de la selva sur que presenta mayor probabilidad de temperaturas diurnas menores y de las partes altas de Tacna y Puno con mayor probabilidad de temperaturas nocturnas inferiores (Figura 4.2.1 a, b). En cuanto a las precipitaciones, existe una alta probabilidad de ocurrencia de lluvia de normal a superior en la sierra central, vertiente oriental sur (incluyendo el altiplano) y selva norte; por otra parte, la sierra norte presentaría lluvias de normal a deficientes. Para el resto del país se esperan condiciones normales (Figura 4.2.1 c).

Según la simulación del modelo de propagación de ondas aplicado en el IMARPE (Illig et al., 2004; Dewitte et al., 2002), se espera la llegada a la costa norte de dos ondas Kelvin cálidas, una durante enero de 2019 de modo 2 y otra para la primera quincena de febrero de 2019 de modo 1. Estas ondas mantendrían valores positivos de temperatura y nivel del mar para los dos primeros meses del año 2019 (Figura 4.1.1).

Respecto al ITCP para el periodo entre marzo y abril se pronostican condiciones cálidas, estimado utilizando el modelo acoplado océano-atmósfera de complejidad intermedia del Pacífico Tropical Ecuatorial (Dewitte et al., 2002; Gushchina et al., 2000) y, el modelo estadístico basado en el volumen de agua cálida ecuatorial (Matellini et al., 2007) (Figura 3.2.4.2 b, c).

Para el Pacífico Central (región Niño 3.4), según las agencias internacionales (NMME, marzo 2019), la mayoría de los modelos dinámicos y estadísticos de predicción de ENOS (Niño 3.4) pronostican que las anomalías de la TSM hasta mayo, indicarían una condición cálida débil (Figura 4.1.2 y Tabla 4.1.1). Por otro lado, para el Pacífico ecuatorial oriental (región Niño 1+2), según los modelos NMME el ICEN podría alcanzar condiciones cálidas débiles solo hasta enero.

4.3. A largo plazo (más de 3 meses)

En general, los pronósticos de los modelos han ido aumentando sustancialmente El Niño en el Pacífico Central tenía una probabilidad de ocurrencia de 83 % (condiciones de noviembre) a 85 % (condiciones de diciembre), siendo para el mes de enero una probabilidad de 80 % (Figura 4.2.2). El patrón espacial proyectado de la TSM pronosticado típico de un Niño, con calentamiento en el Pacífico central (región Niño 3.4) y en la costa de Perú con anomalías entre 1,2 °C y 0,8 °C. Asimismo, se calculan lluvias ligeramente menores a lo normal sobre el territorio peruano a excepción de la costa y selva norte, donde habría lluvias entre normales y superiores.

5. CONCLUSIONES

El Anticiclón del Pacífico Sur (APS), en promedio, se mantuvo ligeramente intenso y al suroeste de su posición habitual, el cual no influenció de manera sostenida en el incremento del viento costero lo largo del litoral peruano. Este alejamiento del APS estuvo relacionado con la trayectoria meridional de los vientos en niveles medios y altos del Pacífico sur, y con la intensificación de los vientos alisios del sureste en el Pacífico oriental.

En el Pacífico central, el ONI de noviembre (OND) es 0,87 y corresponde a una condición cálida débil, que se mantendría según los valores estimados para diciembre y enero. Por otro lado, en el Pacífico oriental (región Niño 1+2), el valor del ICEN (SSTOI) para noviembre de 2018 fue de 0,54, lo que también indica una condición cálida débil, los ICEN_{tmp} para diciembre y enero son 0,68 y 0,60, respectivamente, estimándose una condición cálida débil para los meses subsiguientes.

La variabilidad inter-estacional relacionada a las ondas ecuatoriales se mostró favorable al desarrollo de la convección anómala en la región central y oriental del Pacífico. La actividad de la Oscilación de Madden Julian (MJO) y ondas Rossby ecuatoriales contribuyeron constructivamente con la fase cálida del ENSO, mediante la intensificación de las anomalías de los vientos zonales oeste en la región occidental.

El viento costero continuó mostrando su patrón normal en dirección hacia el sur de Paita y se presentó predominancia de anomalías positivas de la velocidad del viento. El afloramiento costero se debilitó frente a la costa norte (Talara y Paita), en comparación al mes anterior con valores de hasta $300 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} 100\text{m}^{-1}$, y disipándose entre los 7°S y 9°S en la segunda quincena del mes.

Respecto a diciembre, las estaciones fijas costeras monitoreadas (100 m) mostraron la profundización intensa de las isotermas e iso-oxígenas en tanto en Paita como en Chicama durante la primera quincena, y en Callao y Atíco durante la segunda. Las anomalías térmicas fueron mayores en el norte con hasta +3 °C y +4 °C de hasta -2,0 °C en Paita en la segunda quincena, lo que indica que arriba y se propaga una onda Kelvin cálida.

Durante el inicio de la segunda temporada de pesca de la anchoveta en la región norte-centro, se encontró distribuido el recurso dentro de las 40 m.n. entre Pimentel y Bahía Independencia. Los indicadores reproductivos de la anchoveta del stock norte-centro mostraron el final del periodo principal del desove de invierno – primavera.

Para enero 2019 se espera la llegada de una onda Kelvin cálida de modo 2 y otra para inicios de febrero 2019 de modo 1. Estas ondas mantendrían las anomalías positivas de temperatura del mar frente al litoral peruano. Además, el pronóstico del ITCP para marzo – abril también indica condiciones cálidas frente a las costas peruanas.

6. REFERENCIAS

Anculle, T., D. Gutiérrez, A. Chaigneau, F. Chavez, 2015: Anomalías del perfil vertical de temperatura del punto fijo Paita como indicador de la propagación de Ondas Kelvin, Boletín Trimestral Oceanográfico “Estudio y Monitoreo de los Efectos del Fenómeno El Niño en el Ecosistema Marino frente al Perú”, Instituto del Mar del Perú, 1 (1-4), 6-8.

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.

ENFEN, 2018: Comunicado Oficial ENFEN, N°.14 - 2018, diciembre de 2018.

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.

Ocean Biology Processing Group, 2003: MODIS Aqua Level 3 Global Daily mapped 4 km Chlorophyll a. Ver. 6. PO.DaaC, Ca, USA. Dataset accessed [2019-01-03]

Quispe-CCalluari, C., J. Tam, H. Demarcq, C. Romero, D. Espinoza-Morriberón, A. Chamorro, J. Ramos y R. Oliveros-Ramos. 2016. El Índice Térmico Costero Peruano (ITCP). Bol. Trim. Oceanog. IMARPE. 2:7-11.

Quispe, J. y L. Vásquez, 2016. Índice “LABCOS” para la caracterización de evento El Niño y La Niña frente a la costa del Perú, 1976-2015. En: Boletín Trimestral Oceanográfico, Volumen 1, Números 1-4, pp.: 14-18.

7. FIGURAS

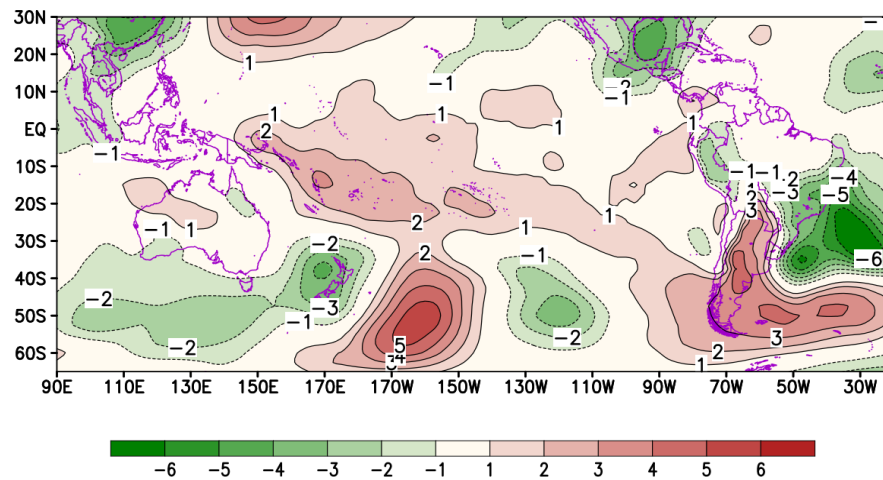


Figura 3.1.1.1. Análisis de las anomalías estandarizadas del campo de presión reducida a nivel del mar (PRMSL, hPa) en el Pacífico para el mes de diciembre de 2018. Fuente: SPC/DMA.

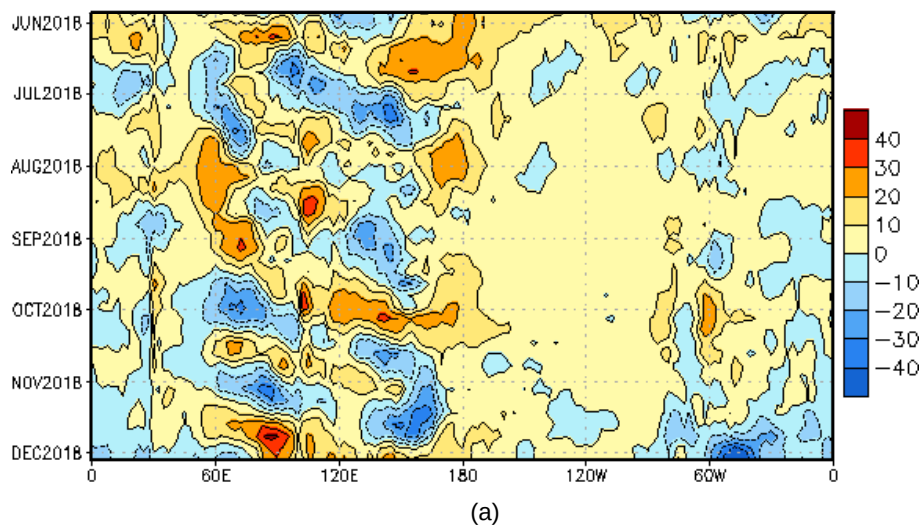
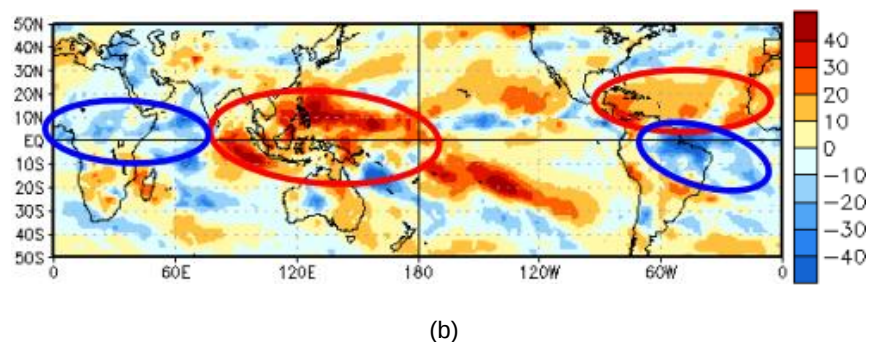


Figura 3.1.1.2. Análisis de la convección tropical para mes de diciembre de 2018. a) promedio de anomalías del campo de Radiación de Onda Larga (OLR-W/m²) entre los 5°N y 5°S en una sección temporal desde junio hasta el 4 de diciembre de 2018. b) Anomalías promedio de OLR (W/m², matices de colores) del 27 de noviembre al 6 de diciembre. Fuente: CPC/NOAA.

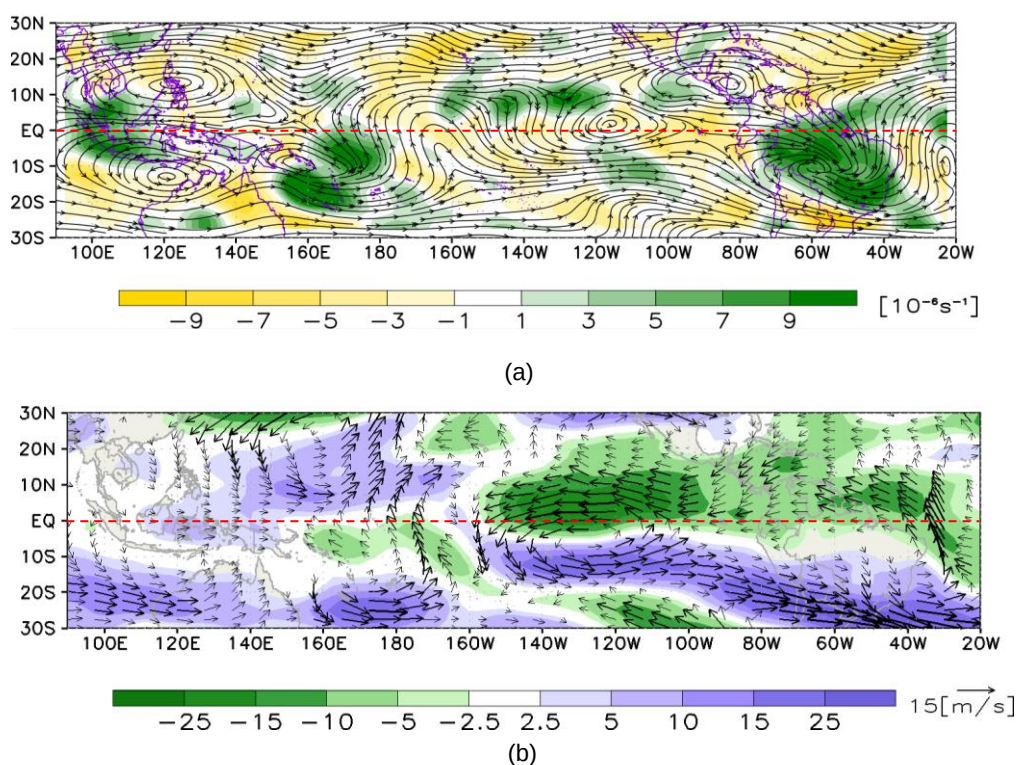


Figura 3.1.1.3. Configuración atmosférica a niveles altos (200 hPa) para el mes de diciembre de 2018. a) campo de viento promedio. b) Anomalía de campo de viento (m/s, vectores). Fuente: SPC/DMA.

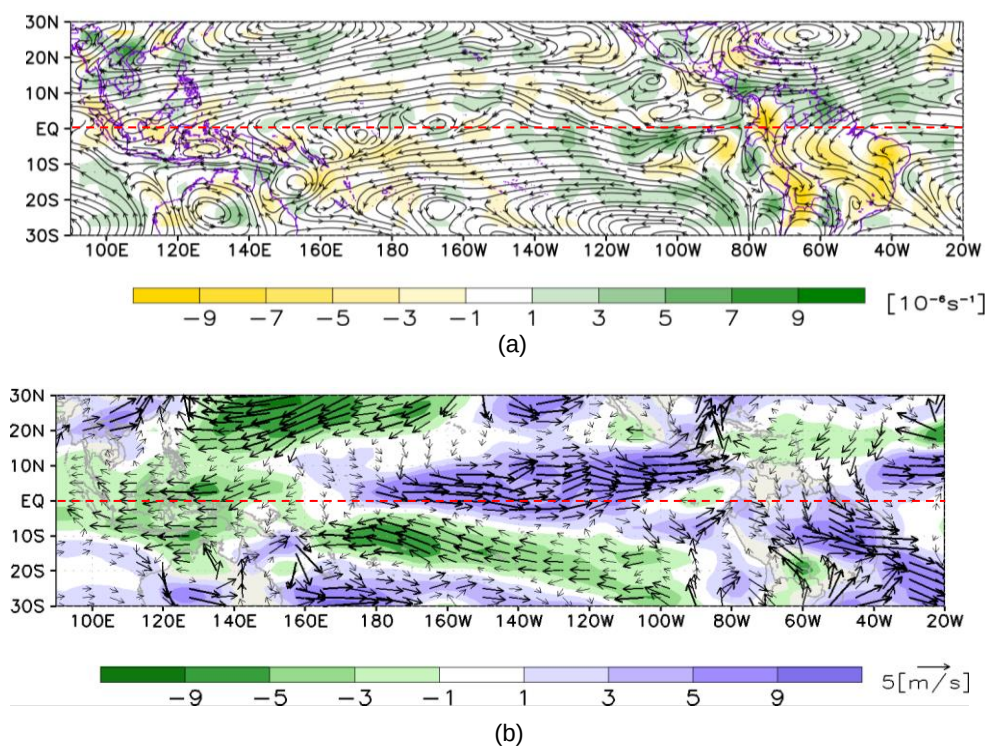


Figura 3.1.1.4. Configuración atmosférica a niveles bajos (1000/850 hPa) para el mes de diciembre de 2018. a) campo de viento promedio. b) Anomalía de campo de viento (m/s, vectores). Fuente: SPC/DMA.

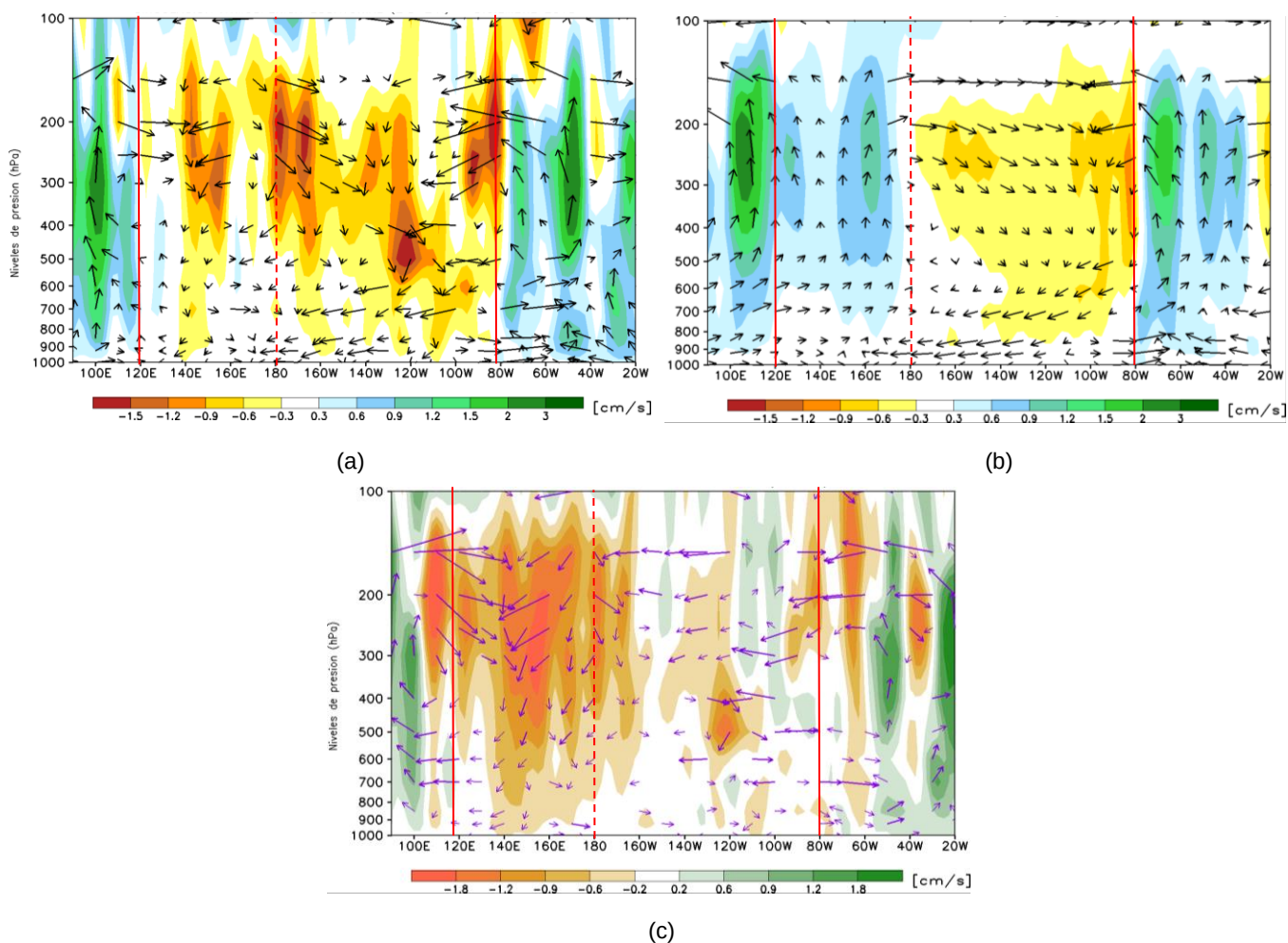


Figura 3.1.1.5. Análisis de la circulación atmosférica ecuatorial (Walker) de este a oeste para el mes de diciembre de 2018. (a) patrón promedio de diciembre 2018, (b) patrón climatológico y (c) patrón anómalo. Fuente: ENFEN.

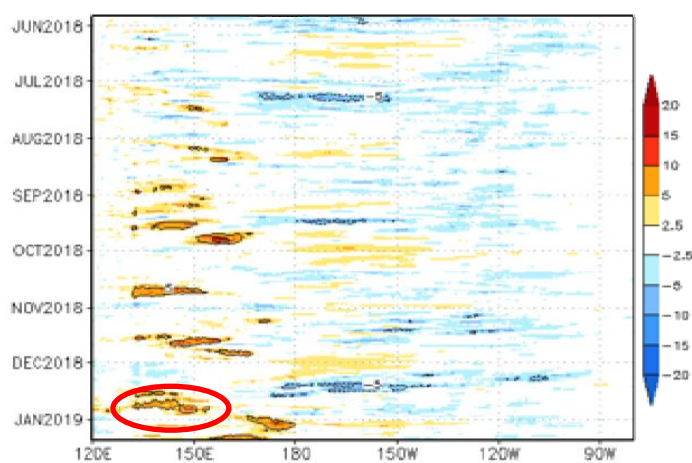


Figura 3.1.1.6. Diagrama longitud-tiempo de las anomalías de esfuerzo de viento zonal ecuatorial basado en datos del escaterómetro ASCAT, hasta el 12 de enero de 2019, incluyendo los vectores de esfuerzo zonal. Elaboración: IGP.

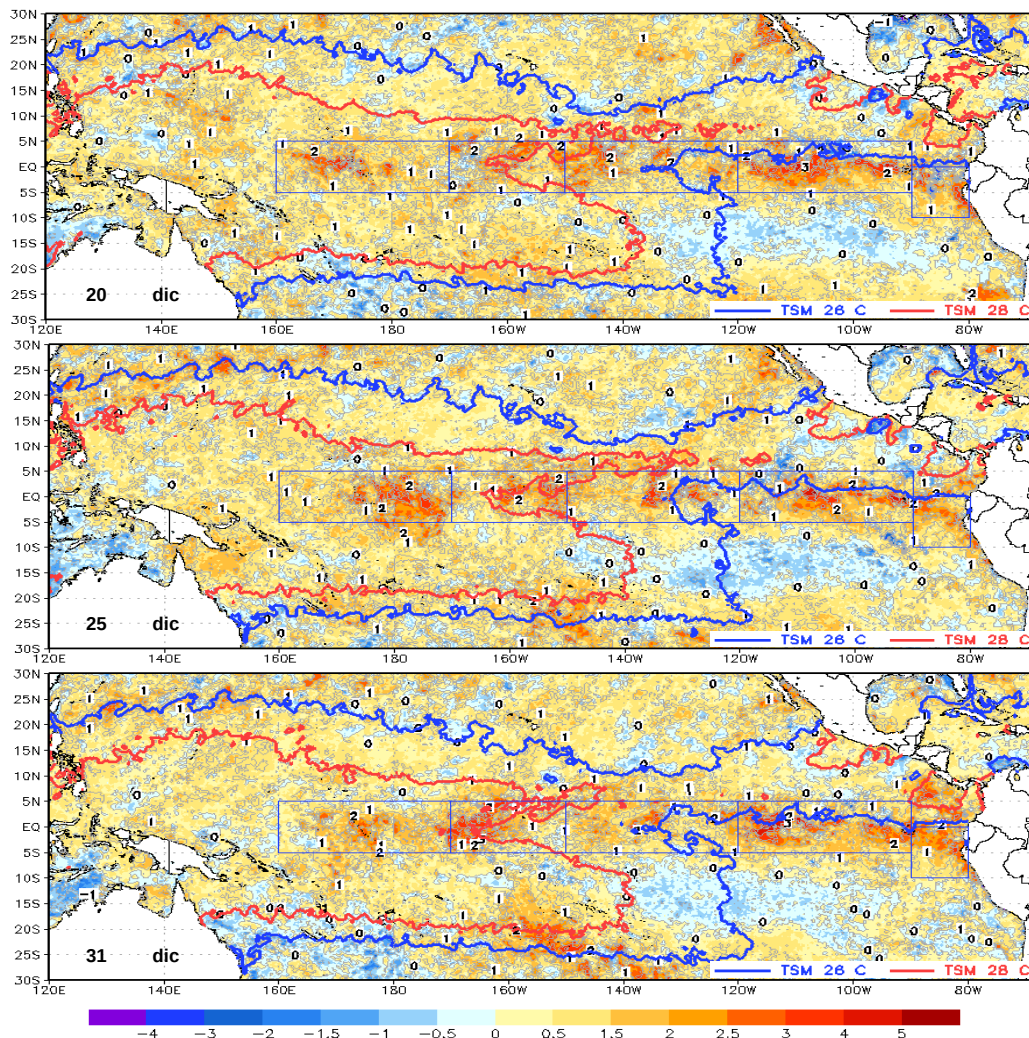


Figura 3.1.1.7. Diagrama de anomalías promedio de la TSM en el Pacífico ecuatorial entre los 120°E – 60°W y 30°N – 30°S OSTIA. Fuente: MARINE.COPERNICUS – Unión Europea.

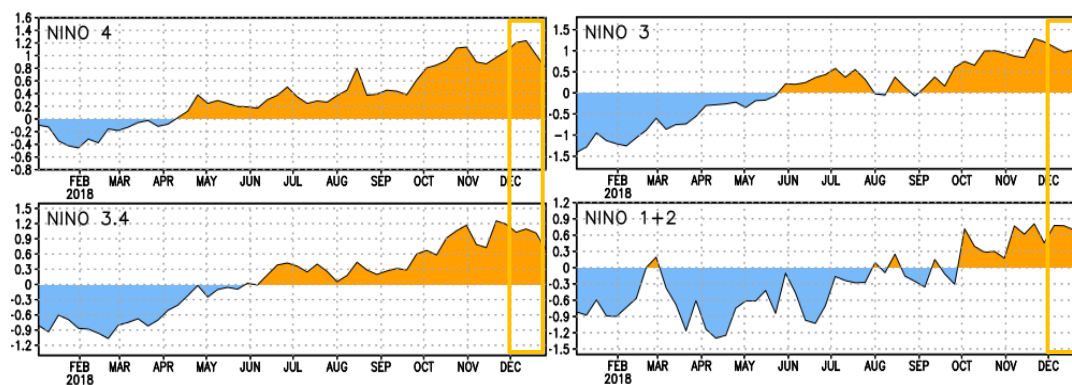


Figura 3.1.1.8. Anomalía de la TSM para el mes de diciembre de 2018. a) Promedio semanal en regiones Niño, climatología 1981-2010. Fuente: AVHRR NCEP/NOAA.

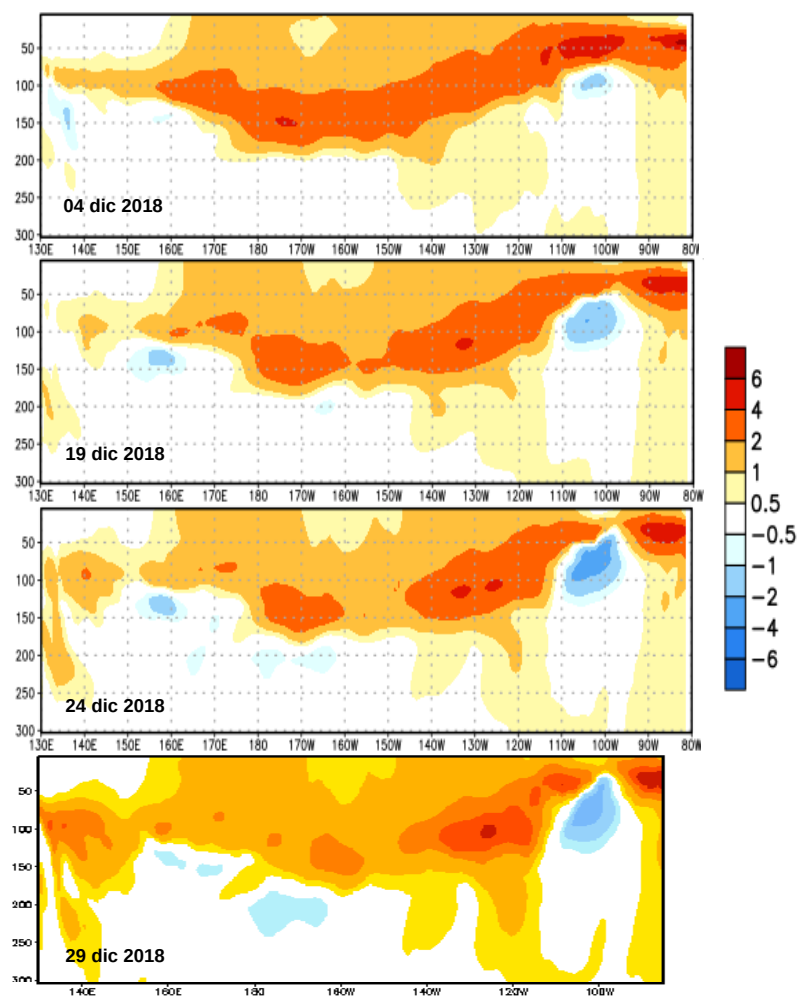


Figura 3.1.2.1. Anomalías de la temperatura subsuperficial del mar (°C) en el océano Pacífico ecuatorial entre los 2°N y 2°S promediadas cada cinco días, para el mes de diciembre de 2018. Fuente: TAO/TRITON, PMEL/NOAA.

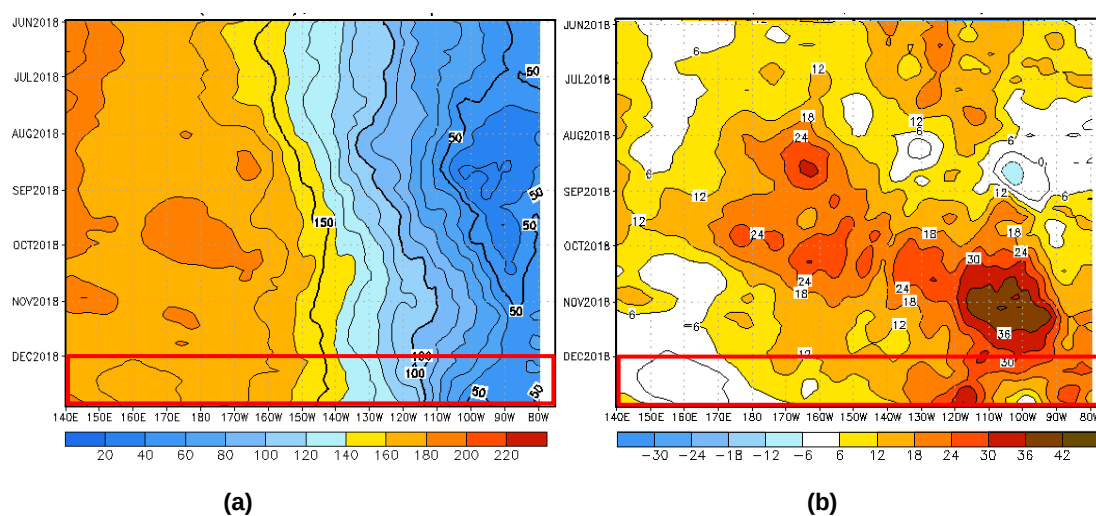


Figura 3.1.2.2. Diagrama del Pacífico ecuatorial: a) Profundidad de la isoterma de 20°C (m). b) Anomalia de la profundidad de la isoterma de 20 °C, para diciembre de 2018, valores promediados entre los 02°N y 02°S. Fuente: Global Tropical Moored Buoy Array Program office, NOAA/PMEL.

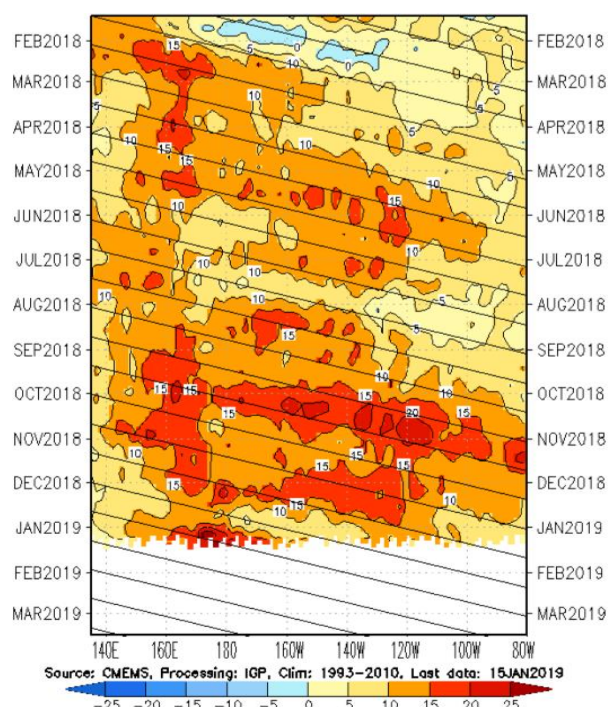


Figura 3.1.2.3. Anomalía de la altura del nivel del mar en el Pacífico ecuatorial. Considerando una climatología de 1993-2010 Producto DUACS. Elaboración IGP.

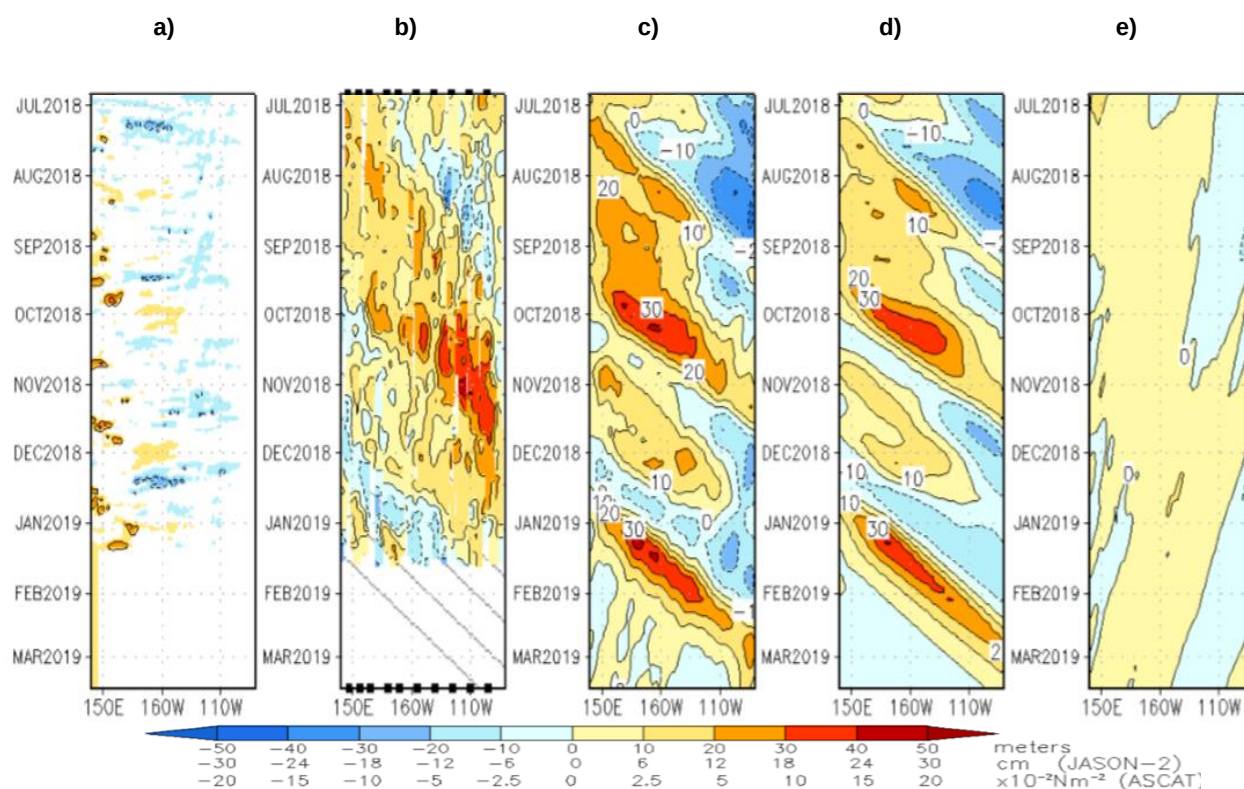


Figura 3.1.2.4. a) Diagrama longitud-tiempo de las anomalías de esfuerzo de viento zonal ecuatorial basado en datos de WINDSAT, b) anomalía de la profundidad de la isoterma de 20 °C datos de TAO y los derivados de ARGO, c) diagrama de la onda Kelvin y Rossby, d) diagrama de la onda Kelvin, e) diagrama de la onda Rossby, calculada con el modelo LOM-IGP (forzado por WINDSAT, y $\tau=0$ para el pronóstico). Elaboración: IGP.

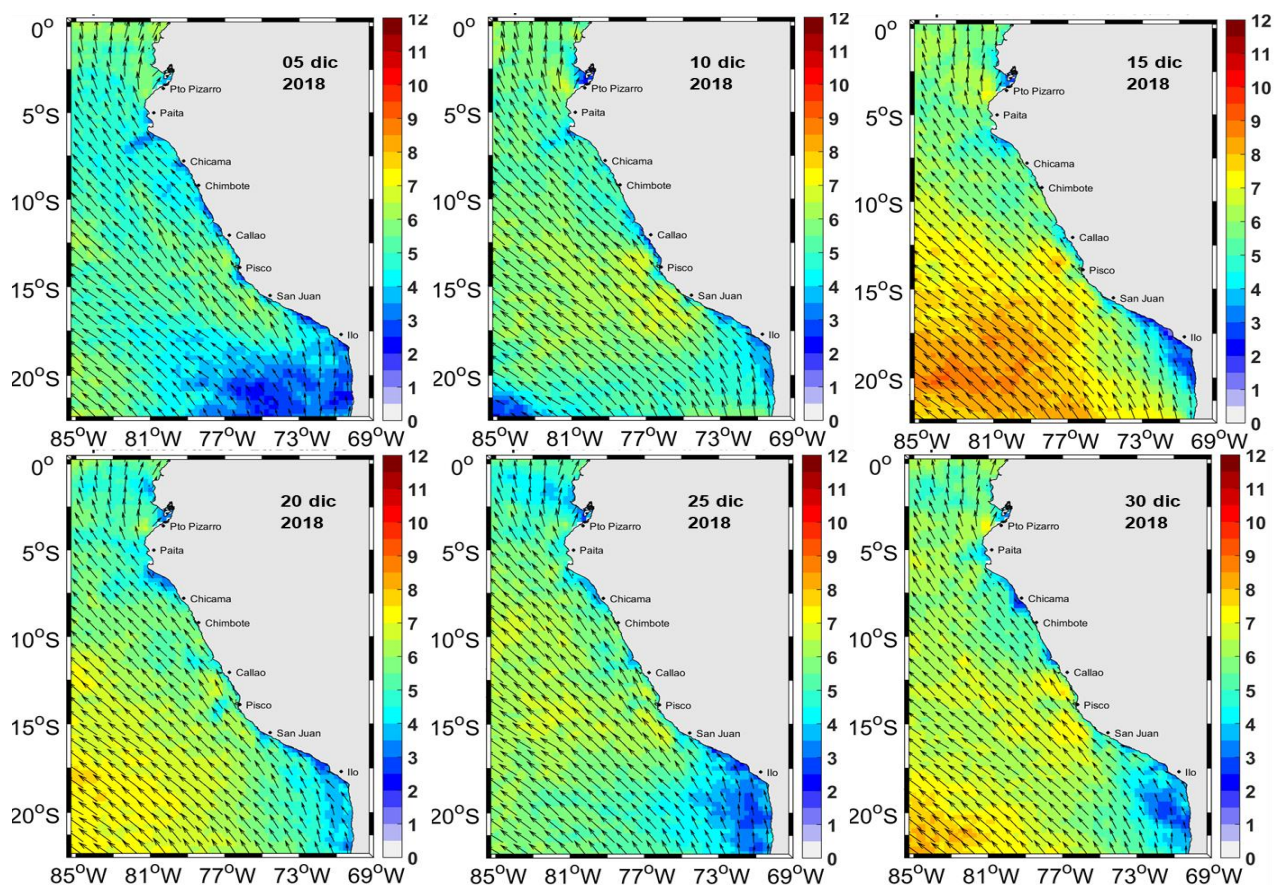


Figura 3.2.1.1. Mapas de la velocidad del viento frente a la costa peruana, durante el mes de diciembre del 2018 (Fuente: Satélite ASCAT, Procesamiento: Laboratorio de Hidro-Física Marina, IMARPE). Actualizada hasta el 30/12/2018.

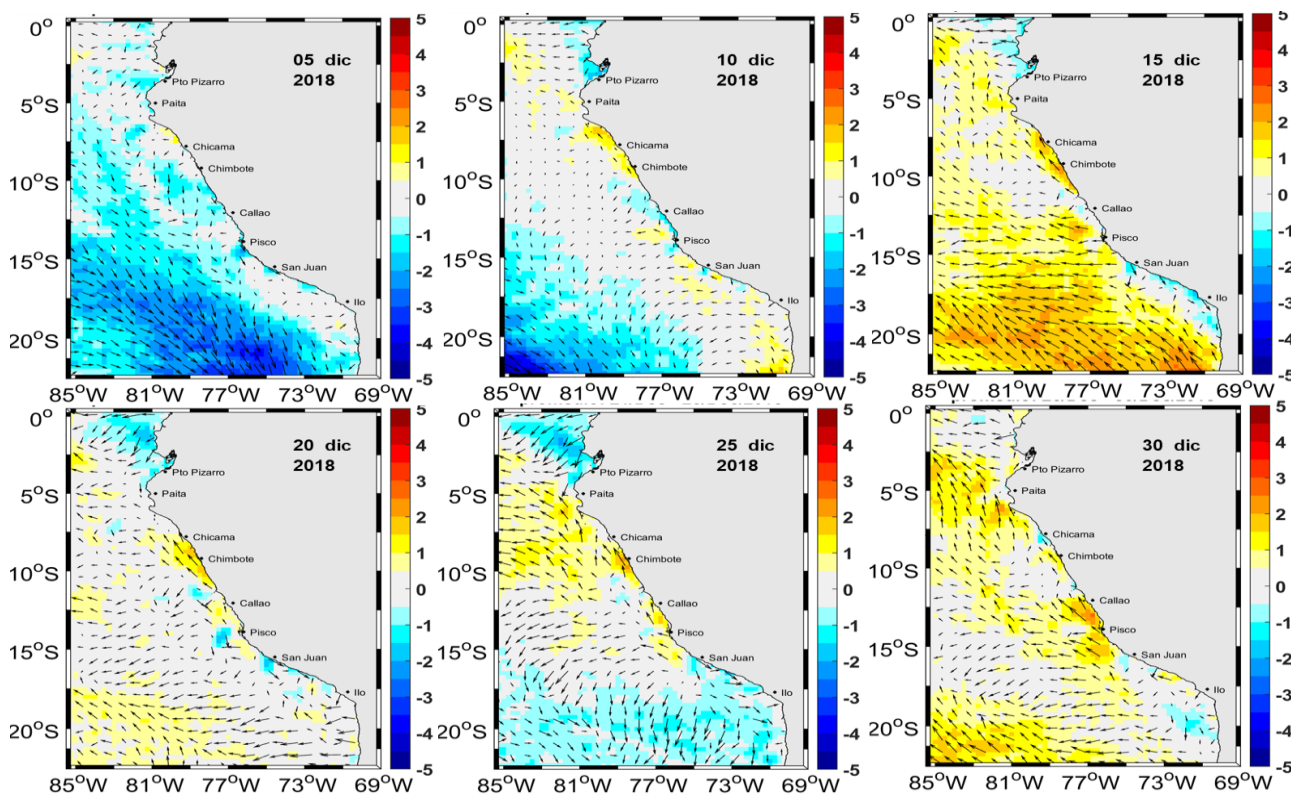


Figura 3.2.1.2. Mapas de anomalía de la velocidad del viento frente a la costa peruana, durante el mes de diciembre del 2018 (Fuente: Satélite ASCAT, Procesamiento: Laboratorio de Hidro-Física Marina, IMARPE). Actualizada hasta el 30/12/2018.

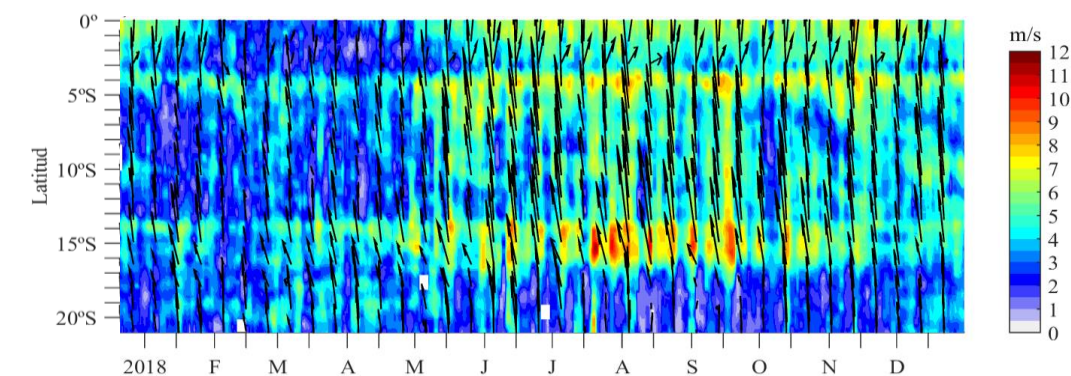


Figura 3.2.1.3. Diagrama Hovmöller de la velocidad del viento a lo largo de la costa peruana (Fuente: Satélite ASCAT, Procesamiento: Laboratorio de Hidro-Física Marina, IMARPE). Actualizada hasta el 31/12/2018.

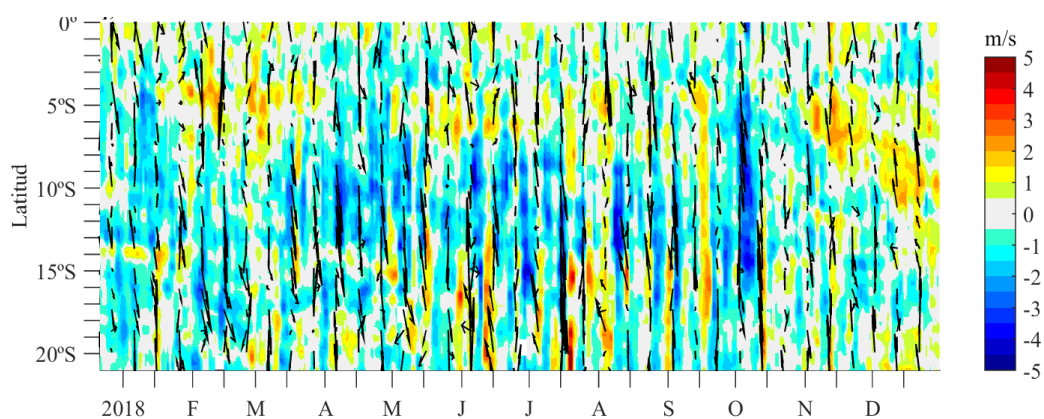


Figura 3.2.1.4. Diagrama Hovmöller de la anomalía del viento a lo largo de la costa peruana (Fuente: Satélite ASCAT, Procesamiento: Laboratorio de Hidro-Física Marina, IMARPE). Actualizada hasta el 31/12/2018.

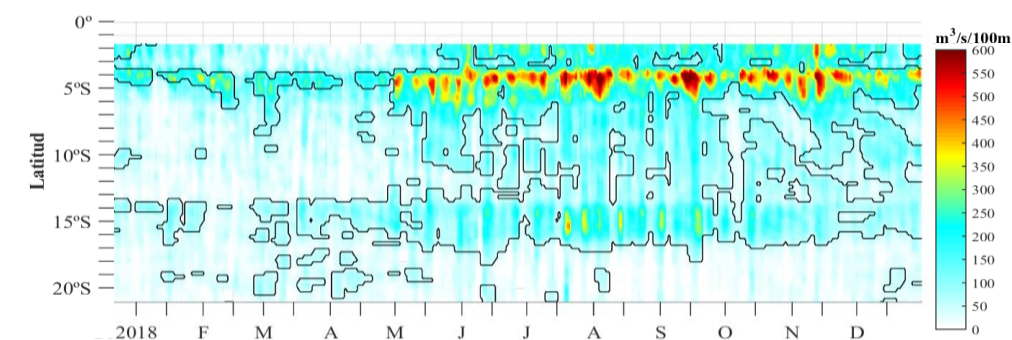
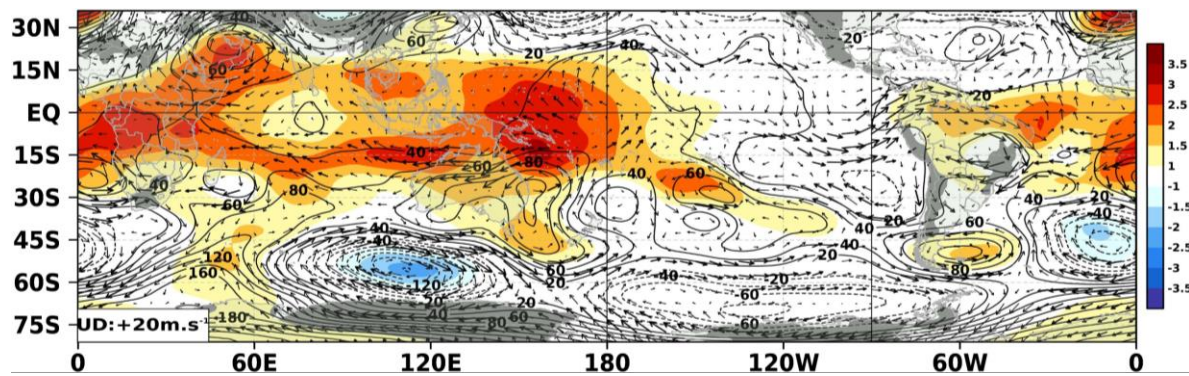
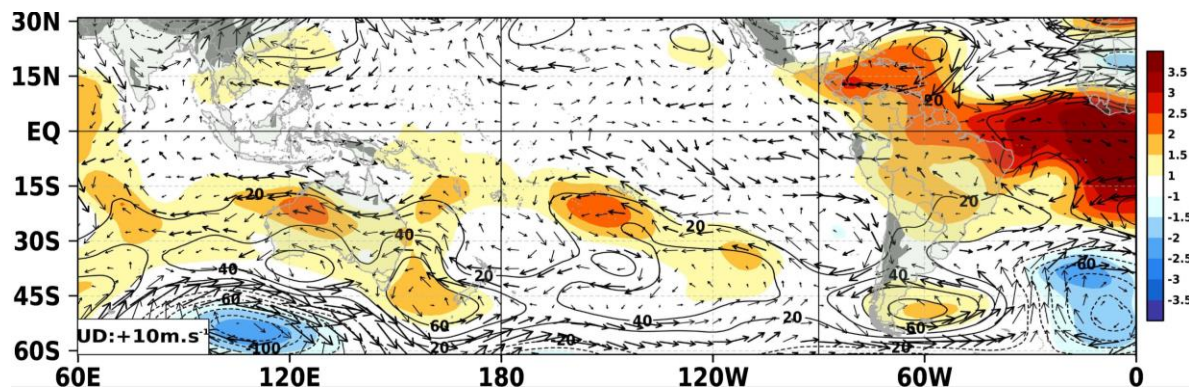


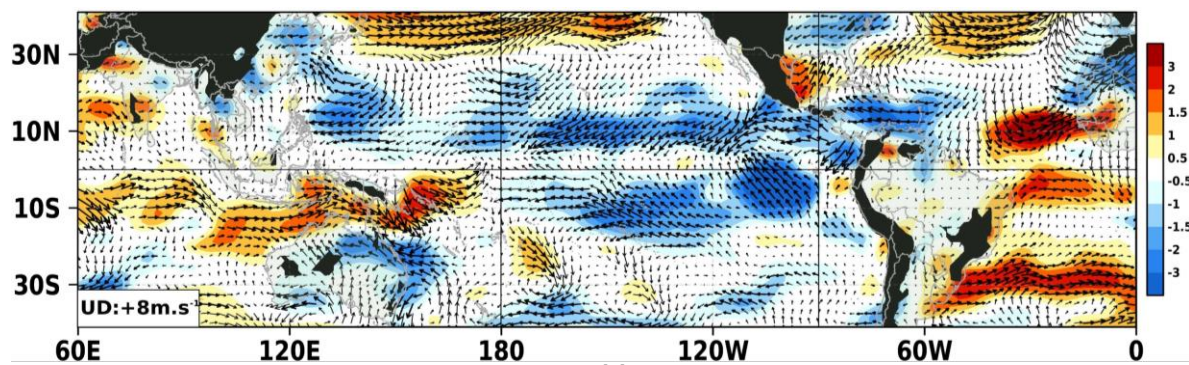
Figura 3.2.1.5. Diagrama de Hovmöller del Índice de Afloramiento Costero ($\text{m}^3 \text{s}^{-1} 100\text{m}^{-1}$), calculado a partir del viento satelital ASCAT a 40 Km frente a la costa del Perú. Los contornos señalan la persistencia del afloramiento bajo condiciones de velocidad mayor a 4 m/s durante 5 días o más. Fuente: Satélite ASCAT, Procesamiento: Laboratorio de Hidro-Física Marina, IMARPE. Actualizada hasta el 08/12/2018.



(a)



(b)



(c)

Figura 3.2.1.6. Configuración atmosférica a diferentes niveles: a) altos (200 hPa), b) medios (500 hPa), y c) bajos (1000 - 850 hPa) para el mes de diciembre de 2018. Anomalías del campo de viento (m/s, vectores) y anomalías estandarizadas del viento (matices de colores cada $\pm 0,5 \sigma$ y vectores gruesos representando $\sigma > 1$). Fuente: SPC/SENAMHI.

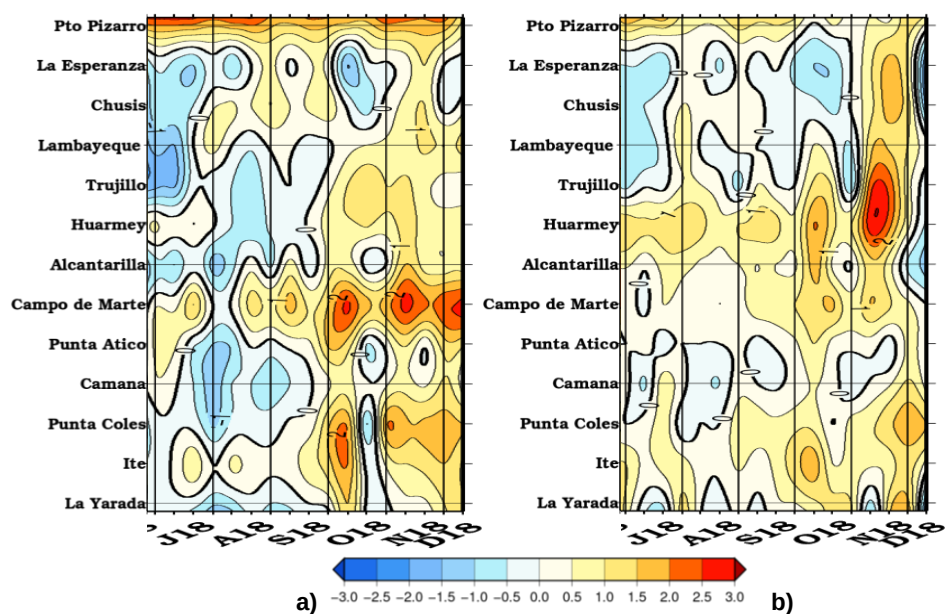


Figura 3.2.2.1. a) Anomalías de la temperatura máxima en las distintas estaciones de la costa peruana. b) Anomalías de la temperatura mínima en las distintas estaciones de la costa peruana Fuente SENAMHI.

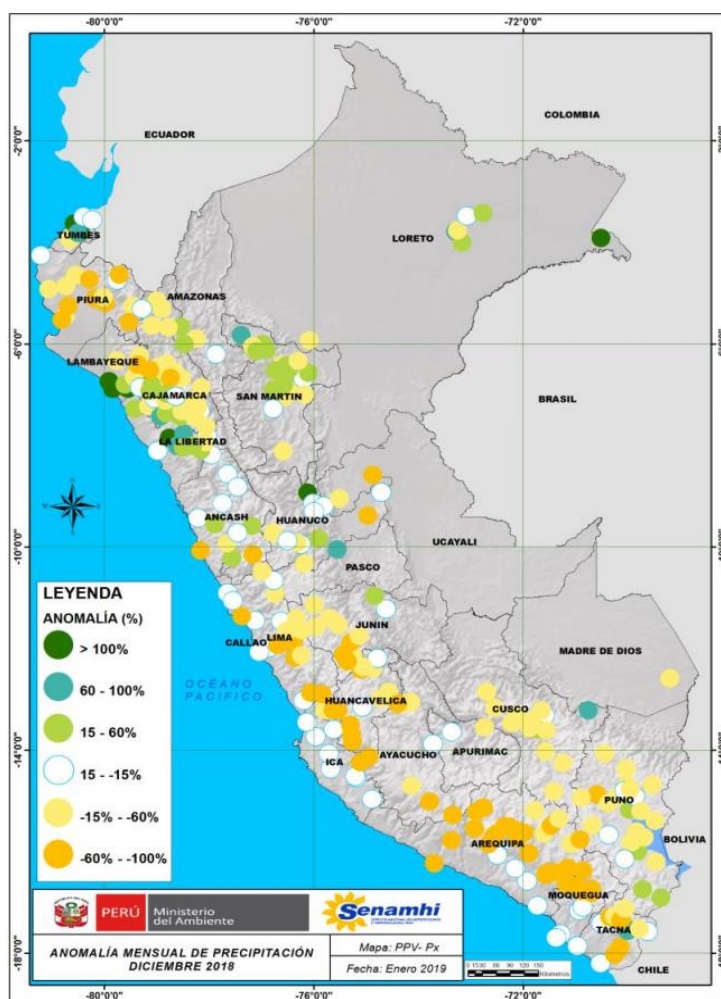


Figura 3.2.3.1. Mapa de anomalías de precipitación acumulada mensual (%) para diciembre 2018, registradas en estaciones meteorológicas. Fuente SENAMHI.

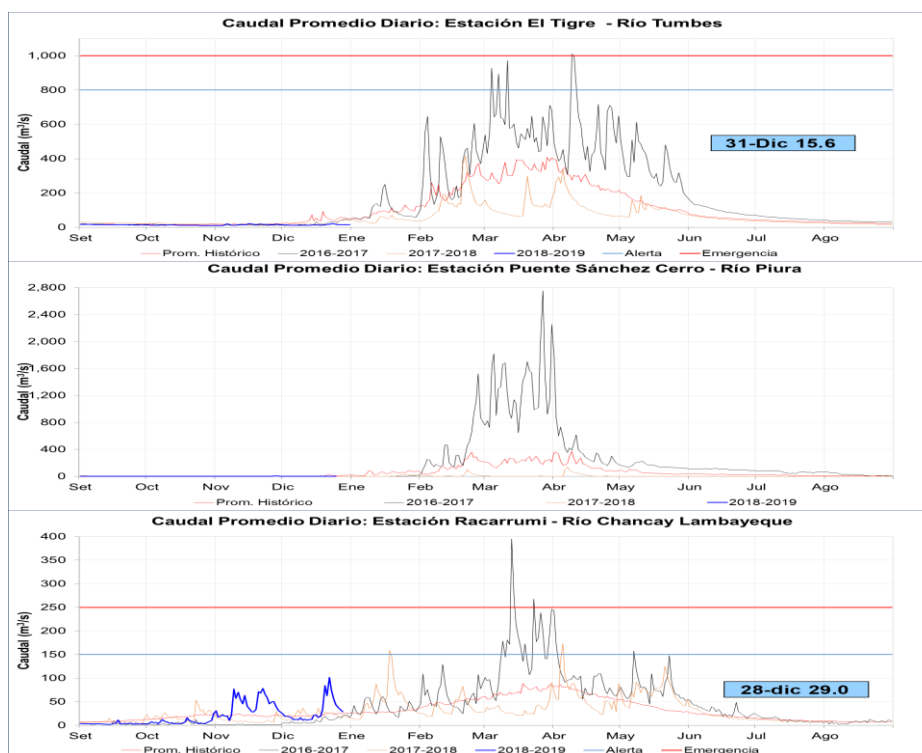


Figura 3.2.3.2. Caudales diarios (m^3/s) de principales ríos del norte de Perú, Tumbes, Piura y Lambayeque, hasta diciembre 2018. Líneas azules: caudales de años 2018-2019, rojas: Promedio histórico; celestes: promedio de años húmedos y líneas grises: promedio de años secos. Fuente datos: SENAMHI/ Procesamiento: ANA.

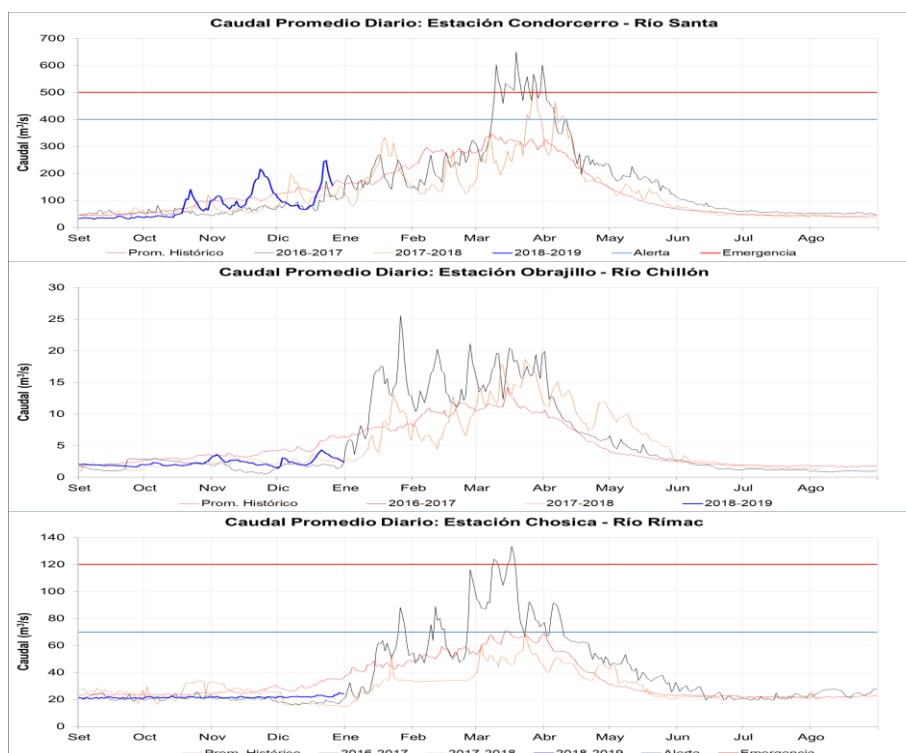


Figura 3.2.3.3. Caudales diarios (m^3/s) de principales ríos del centro de Perú, Santa, Chillón y Rímac, hasta diciembre 2018. Líneas azules: caudales de años 2018-2019, rojas: Promedio histórico; celestes: promedio de años húmedos y líneas grises: promedio de años secos. Fuente datos: SENAMHI/ Procesamiento: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

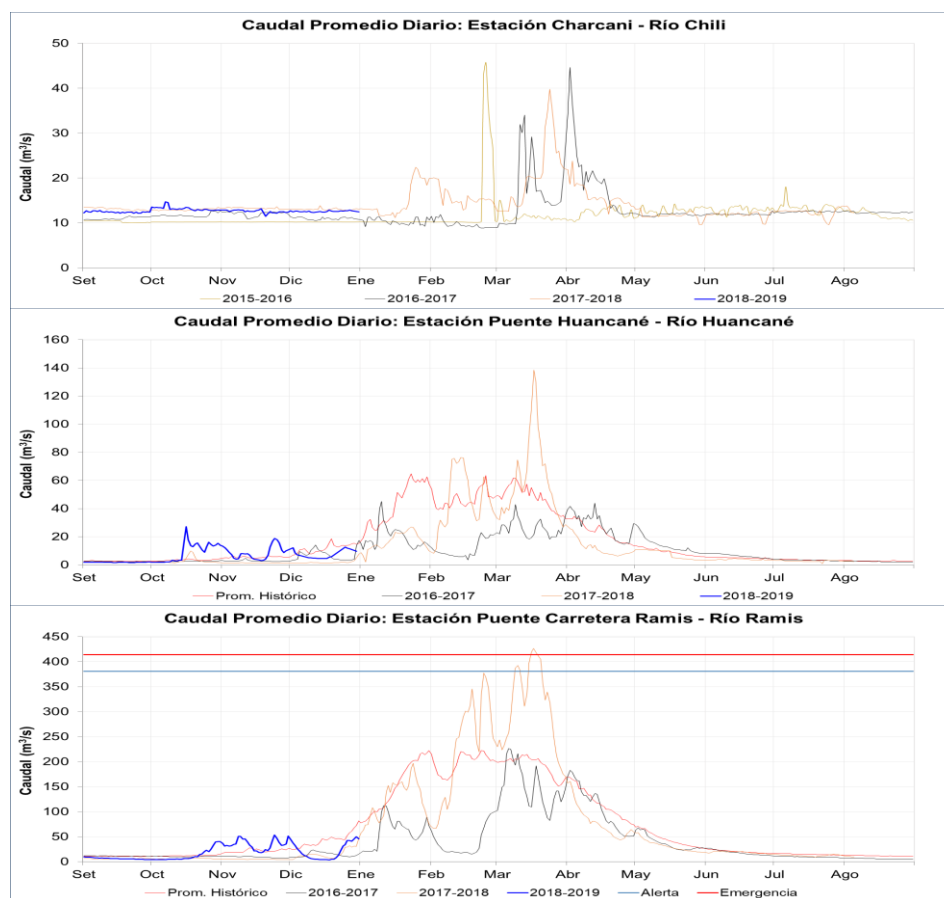
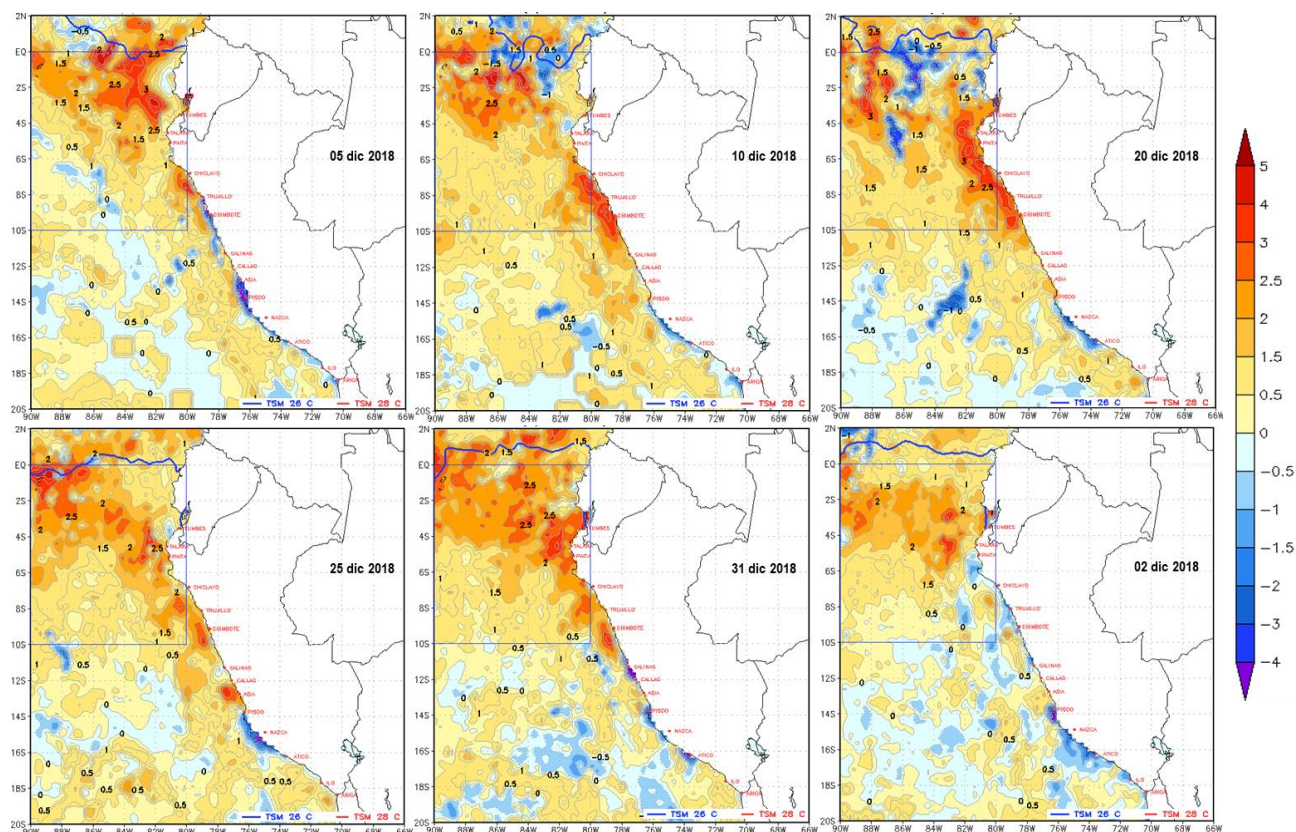
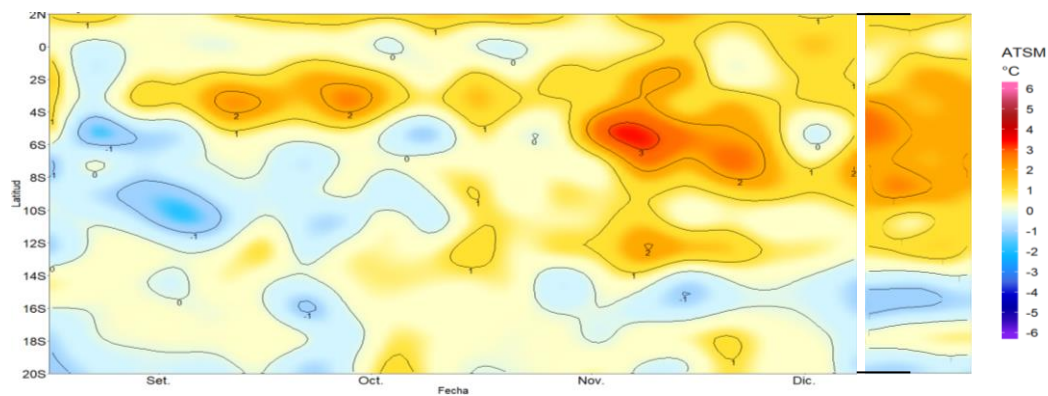


Figura 3.2.3.4. Caudales diarios (m^3/s) de principales ríos del sur de Perú, Chili, Huancané y Ramis, hasta diciembre 2018. Líneas azules: caudales de años 2018-2019, rojas: Promedio histórico; celestes: promedio de años húmedos y líneas grises: promedio de años secos. Fuente datos: SENAMHI/ Procesamiento: ANA.



(a)



(b)

Figura 3.2.4.1. a) Temperatura superficial del agua ($^{\circ}\text{C}$) en el mar peruano, cada cinco días durante diciembre del 2018. Fuente PODAAC/OSTIA, Procesamiento: IMARPE. b) Evolución de las anomalías de temperatura superficial del mar (ATSM), dentro de las 50 m.n. de la costa, desde el 13 de agosto de 2018 hasta el 1 de enero de 2019. Climatología: pathfinder v5 1985-2009. Fuente: OSTIA/CMEMS v3.0, Elaboración DHN.

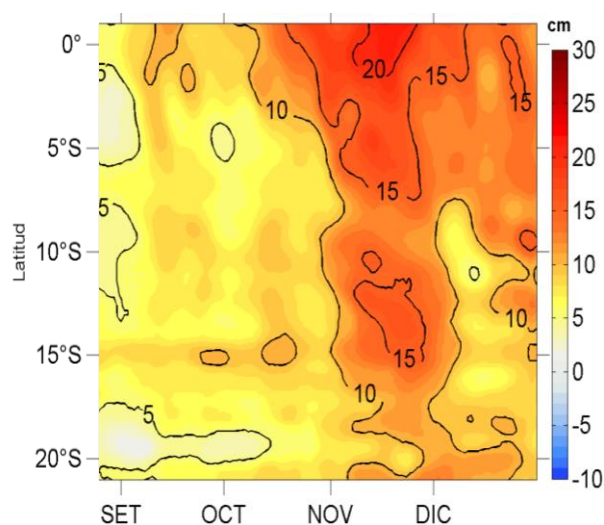


Figura 3.2.4.2. Diagrama Hovmöller de las anomalías del nivel medio del mar (cm), durante un año hasta el 31 de diciembre del 2018, para la franja de 60 m.n. adyacente a la costa. Fuente: CMEMS, Procesamiento IMARPE.

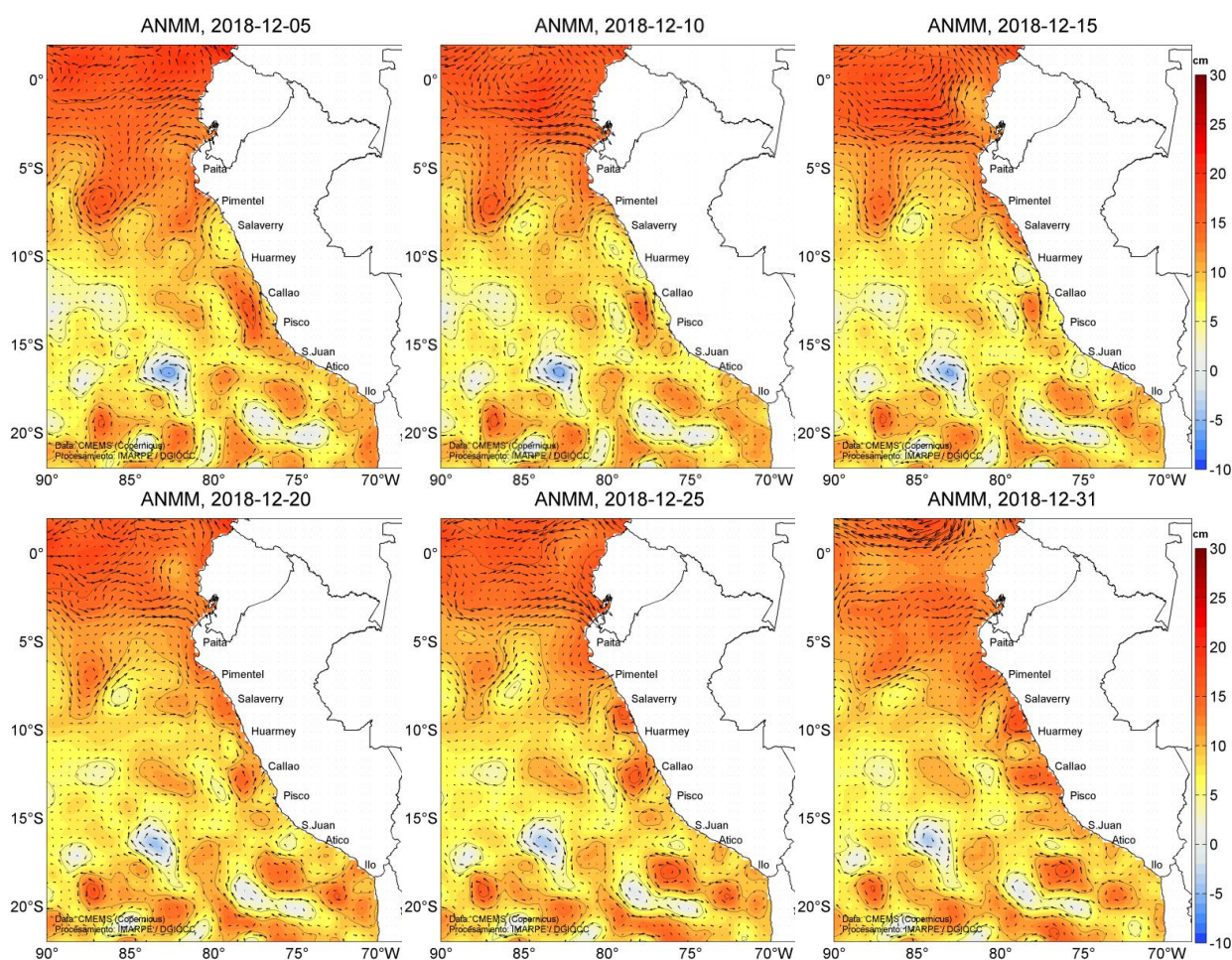


Figura 3.2.4.4. Anomalia de altura del nivel medio del mar (cm) y corrientes geostroficas, cada cinco días para el mes de diciembre de 2018. Fuente: CMEMS, Procesamiento: IMARPE.

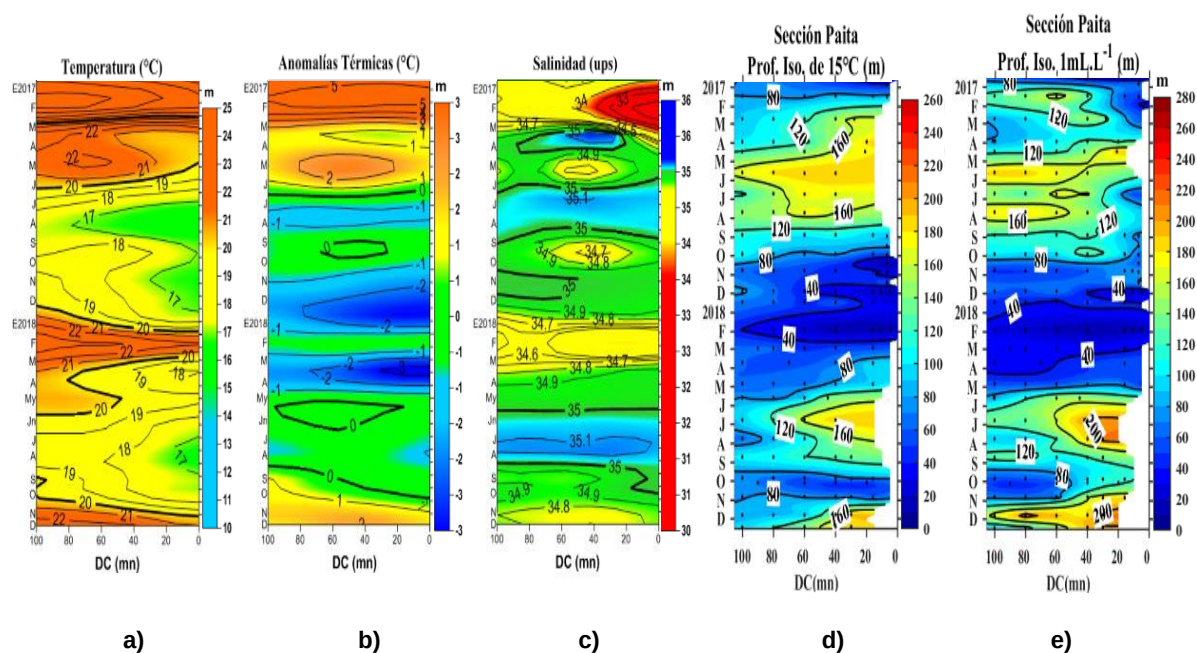


Figura 3.2.5.1. Diagrama Hovmöller de las secciones horizontales frente a Paita registradas desde enero del 2017 hasta diciembre 2018. a) Temperatura superficial del mar, b) Anomalia de la temperatura superficial del mar, c) Salinidad superficial del mar, d) Profundidad de la isoterma de 15 °C (m) y e) Profundidad de la iso-oxigena de 1 mL L⁻¹ (m).

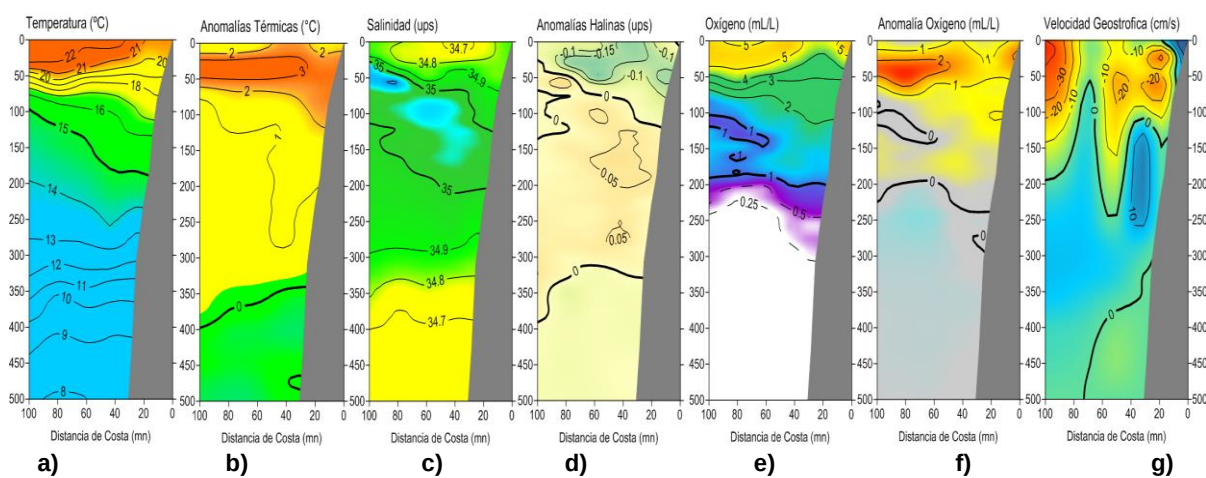


Figura 3.2.5.2. Secciones verticales frente a Paita para el 14 y 15 de diciembre de 2018. a) temperatura sub-superficial del mar (°C), b) Anomalia de la temperatura sub-superficial (°C), c) Salinidad (ups), d) Anomalia de la salinidad (ups), e) Oxígeno (mL L⁻¹), f) Anomalia del oxígeno (mL L⁻¹) y g) Velocidad geostrófica (cm/s). Fuente: IMARPE.

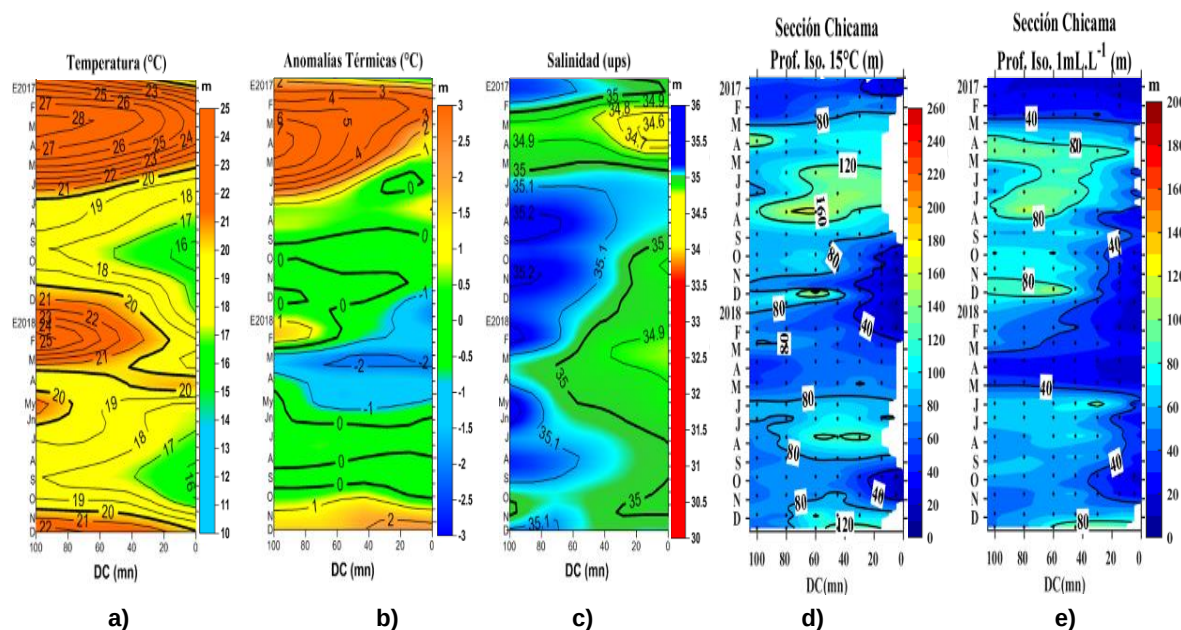


Figura 3.2.5.3. Diagrama Hovmöller de las secciones horizontales frente a Chicama registradas desde enero del 2017 hasta diciembre 2018. a) Temperatura superficial del mar, b) Anomalia de la temperatura superficial del mar, c) Salinidad superficial del mar, d) Profundidad de la isoterma de 15 °C (m) y e) Profundidad de la iso-oxigena de 1 mL L⁻¹ (m).

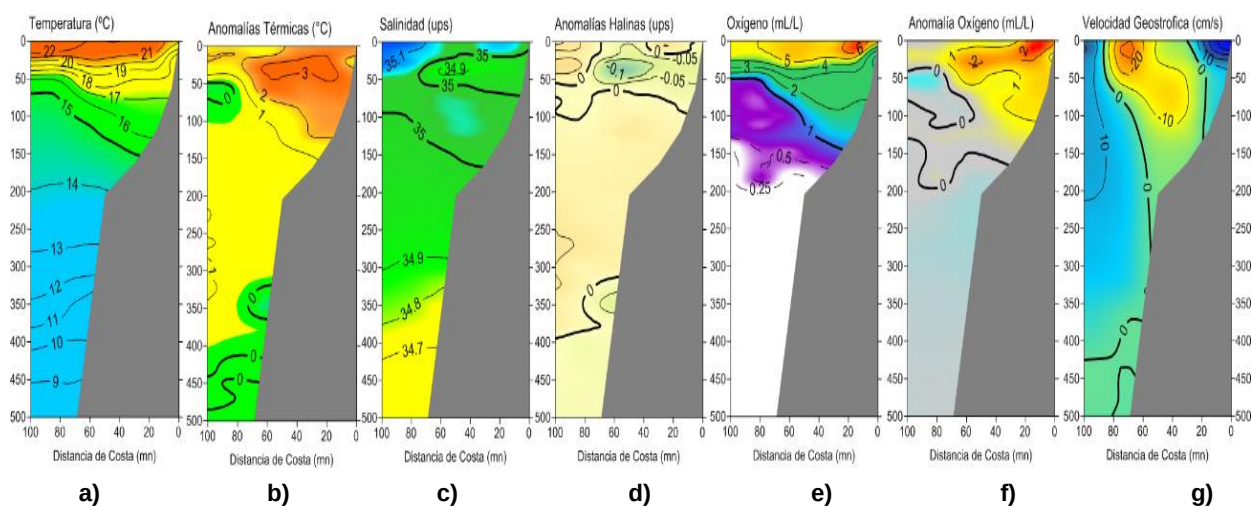


Figura 3.2.5.4. Secciones verticales frente a Chicama para el 17 y 18 de diciembre de 2018. a) temperatura sub-superficial del mar (°C), b) Anomalia de la temperatura sub-superficial (°C), c) Salinidad (ups), d) Anomalia de la salinidad (ups), e) Oxígeno (mL L⁻¹), f) Anomalia del oxígeno (mL L⁻¹) y g) Velocidad geostrófica (cm/s). Fuente: IMARPE.

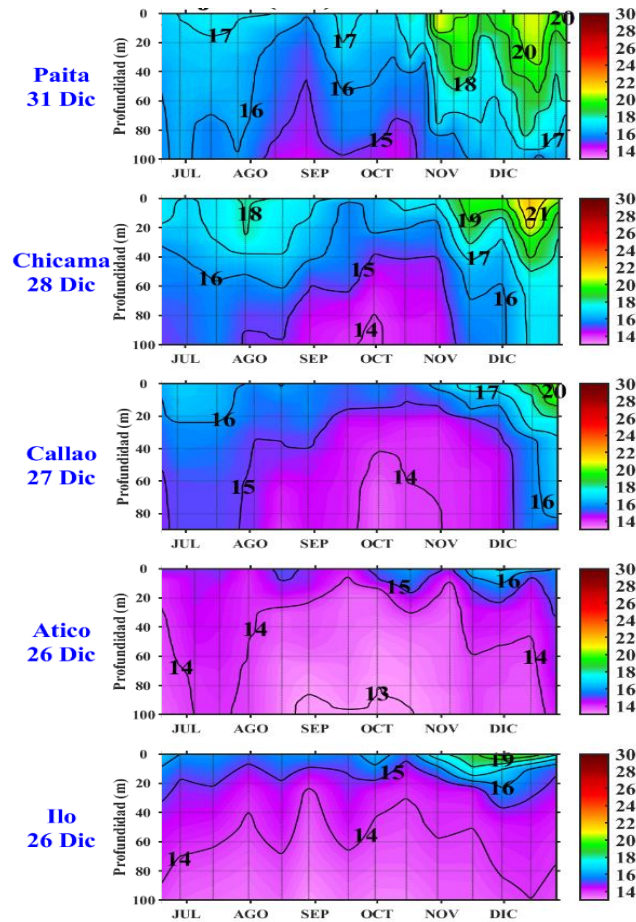


Figura 3.2.5.5. Estaciones Fijas. Secciones de temperatura (°C) de: a) Paíta, b) Chicama, c) Callao, d) Atico, e) Ilo. Desde julio 2018 hasta diciembre 2018. Fuente: IMARPE.

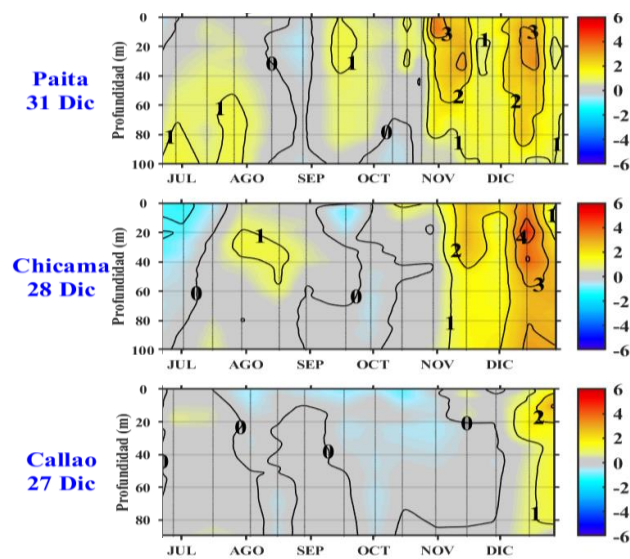


Figura 3.2.5.6. Estaciones Fijas. Secciones de anomalía de la temperatura (°C) de: a) Paíta, b) Chicama, c) Callao. Desde julio 2018 hasta diciembre 2018. Fuente: IMARPE.

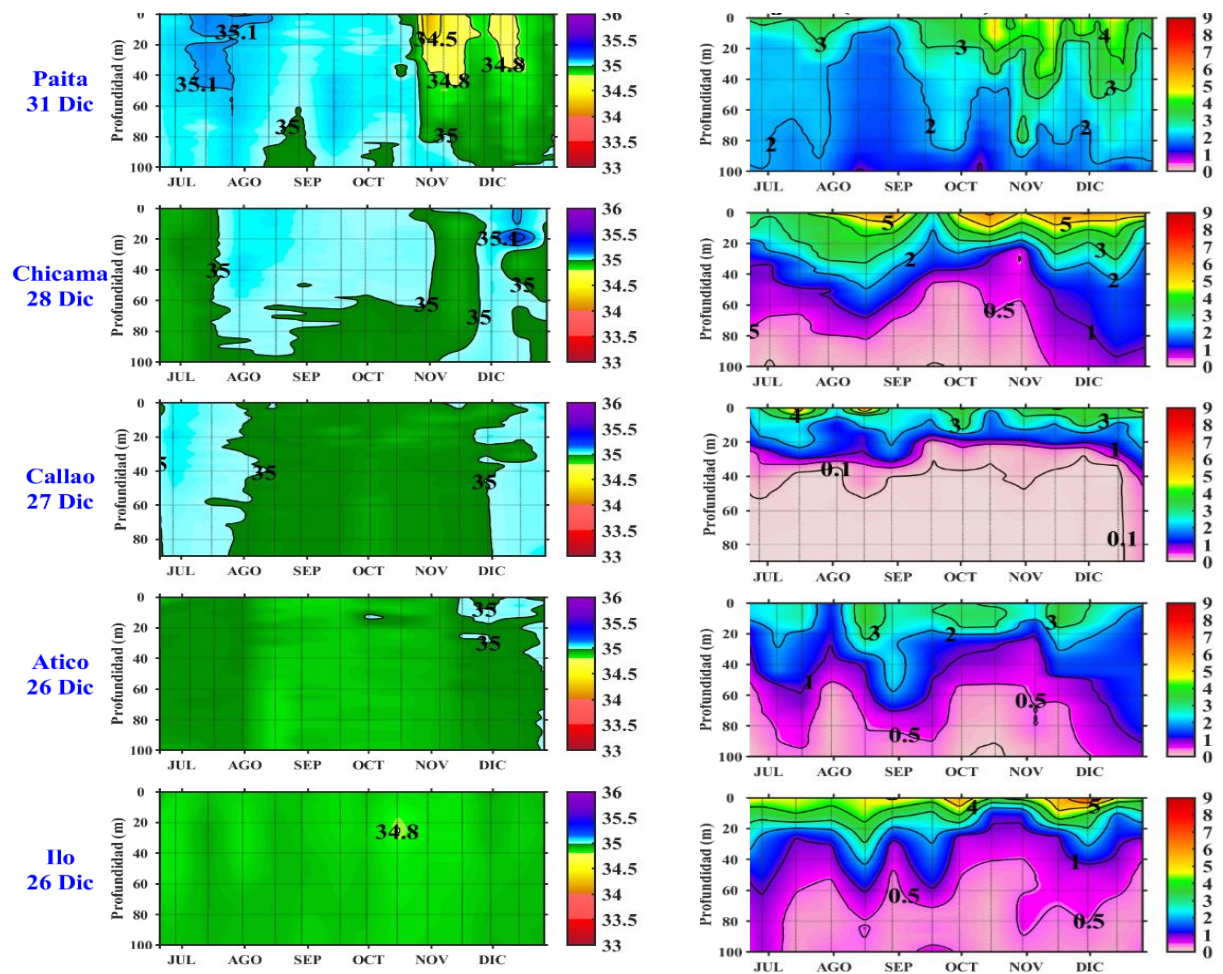


Figura 3.2.5.7. Series de tiempo de: a) salinidad (ups) en las Estaciones Fijas de: Paita, Chicama, Callao, Atico, Ilo. b) oxígeno disuelto (mL/L) en las estaciones fijas de Paita, Chicama, Callao, Atico e Ilo. Del periodo julio 2018 - diciembre 2018. Fuente: IMARPE.

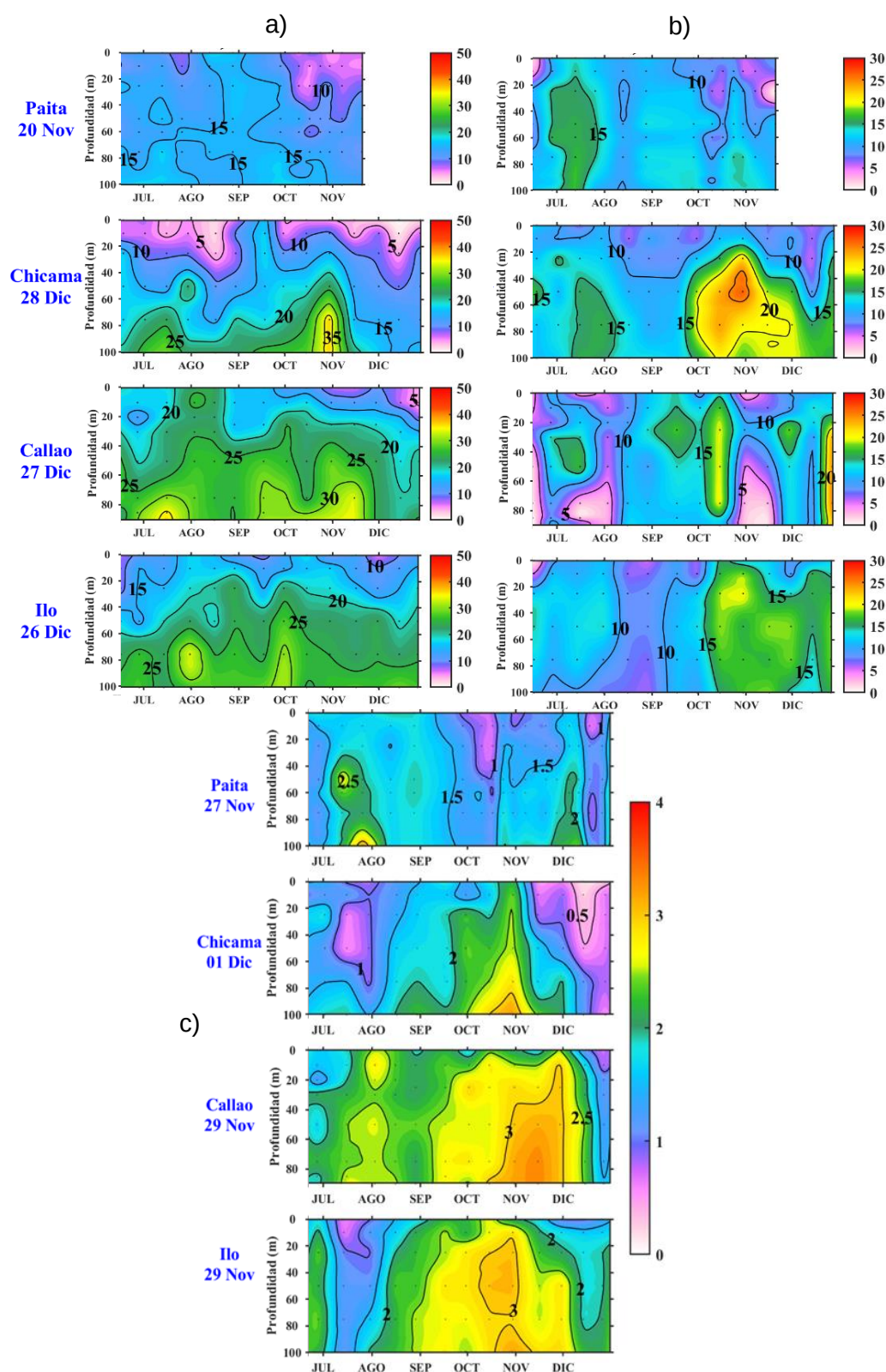


Figura 3.2.6.1. a) Series de tiempo de la concentración de silicatos en $\mu\text{mol L}^{-1}$ en las Estaciones Fijas de: Paita, Chicama, Callao e Ilo. b) Series de tiempo de la concentración de nitratos en $\mu\text{mol L}^{-1}$ en las estaciones fijas de: Paita, Chicama, Callao e Ilo. c) Series de tiempo de la concentración de fosfatos en $\mu\text{mol L}^{-1}$ en las estaciones fijas de: Paita, Chicama, Callao e Ilo. Del periodo Julio 2018 - diciembre 2018. Fuente: IMARPE.

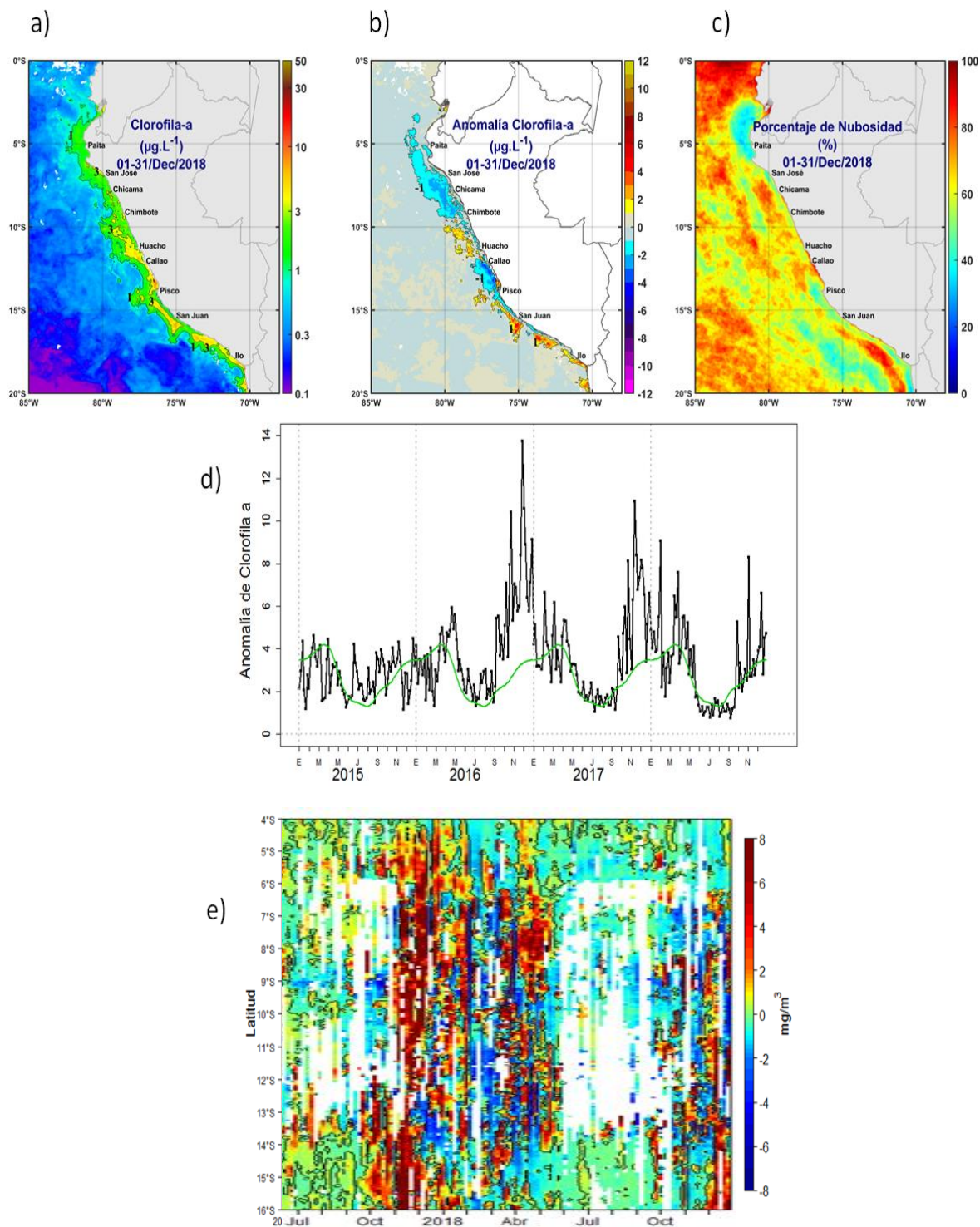


Figura 3.2.6.2. a) Mapa de concentración de Clorofila-a, b) anomalía de clorofila-a satelital proveniente de MODIS-AQUA, VIIRS-SNPP, c) Porcentaje del número de días con nubes, d) Serie de tiempo para las concentraciones de clorofila-a satelital (Línea negra) y climatología (Línea verde) proveniente de MODIS ($\mu\text{g L}^{-1}$), e) Diagrama Hovmöller de anomalías de clorofila-a latitudinales. Fuente: Imágenes satelitales MODIS-AQUA, VIIRS-SNPP durante diciembre de 2018. Procesamiento: IMARPE.

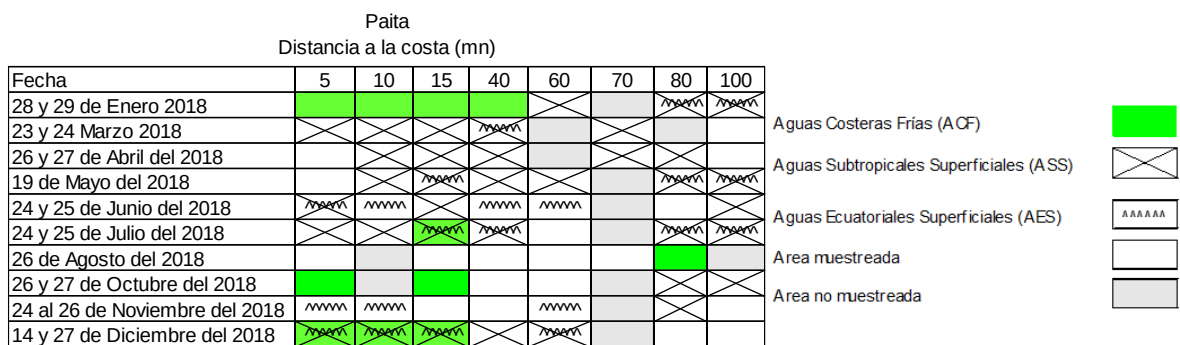


Figura 3.2.7.1. Distribución de indicadores biológicos de zooplancton en la sección Paita. Diciembre 2019.
Fuente: IMARPE.

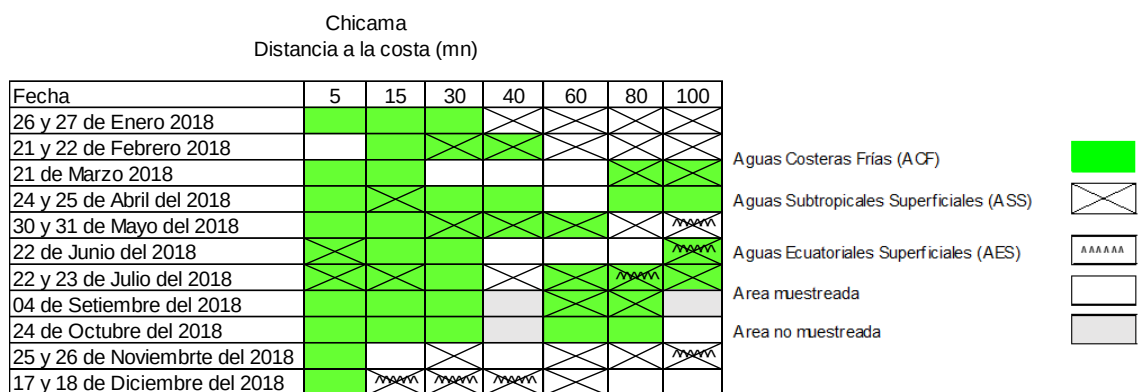


Figura 3.2.7.2. Distribución de indicadores biológicos de zooplancton en la sección Chicama. Diciembre 2019.
Fuente: IMARPE.

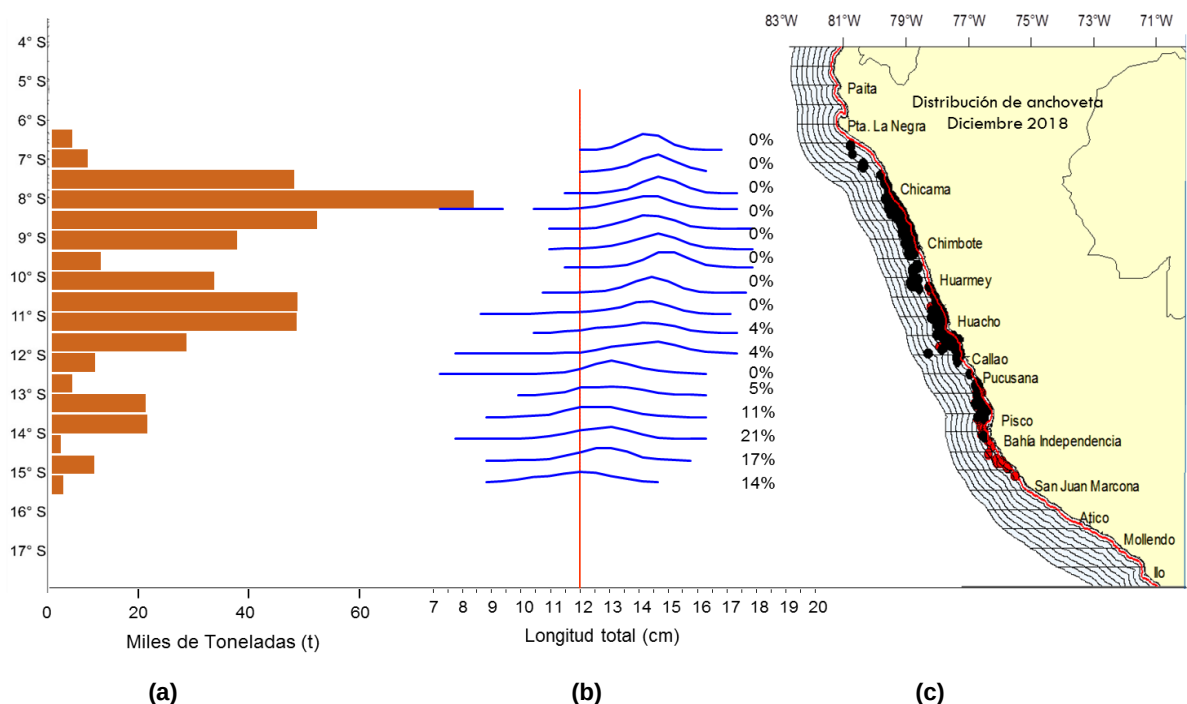


Figura 3.2.7.3. a) Desembarque de anchoveta por latitudes en miles de toneladas, b) Longitudes y cantidad de juveniles en porcentaje por latitudes. puntos de pesca de anchoveta en el mar peruano. Diciembre 2018.
Fuente: LBR/AFIRNP/DGIRP/IMARPE.

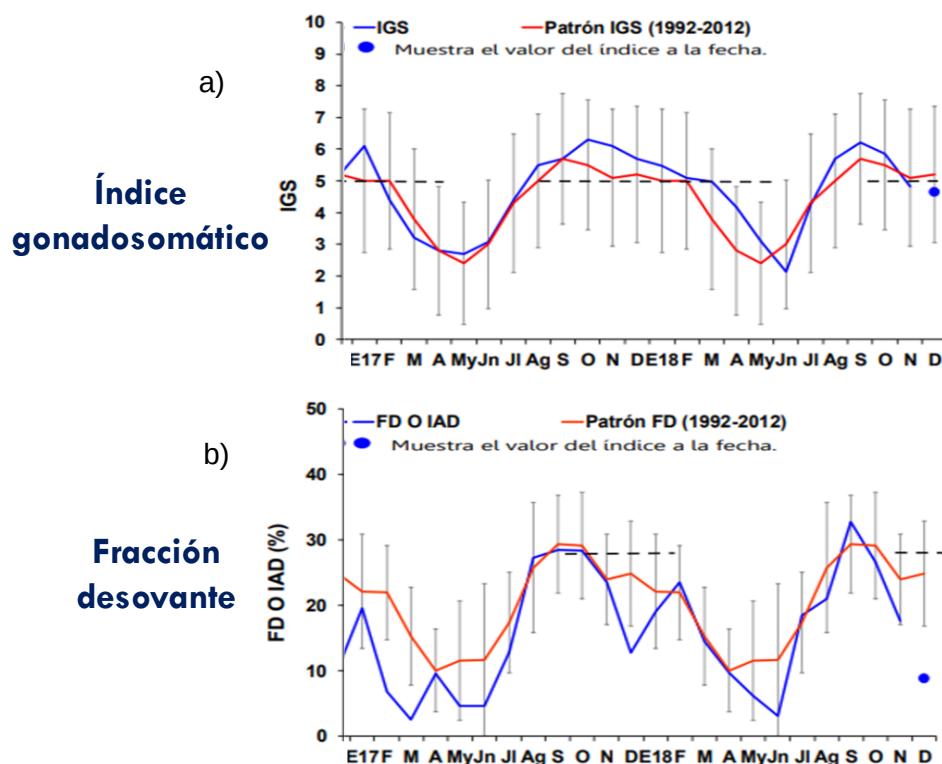


Figura 3.2.7.4. a) Índice Gonadosomático (IGS), b) Fracción Desovante (FD). Del stock norte – centro de anchoveta. Enero 2017 – diciembre 2018. Fuente: LBR/AFIRNP/DGIRP/IMARPE.



Figura 3.2.7.5. Distribución de peces incidentales en la pesca de jurel, caballa y otras especies durante diciembre de 2018. Fuente: BBP/ADPERP/DGIRP/IMARPE.

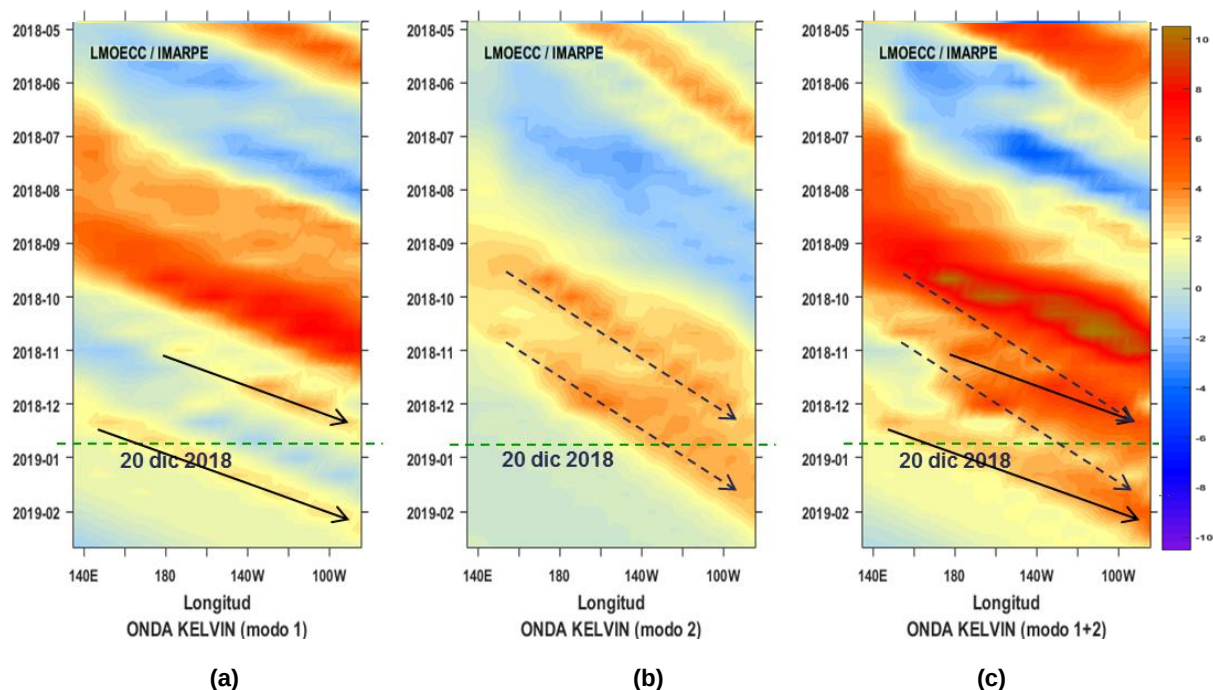


Figura 4.1.1. Diagrama Hovmöller longitud-tiempo de las ondas Kelvin en el océano Pacífico ecuatorial (0°N): (a) Modo 1, (b) Modo 2, (c) Modos 1+2. La línea discontinua horizontal, en verde, indica el inicio del pronóstico sin el forzante de vientos. Fuente: IMARPE.

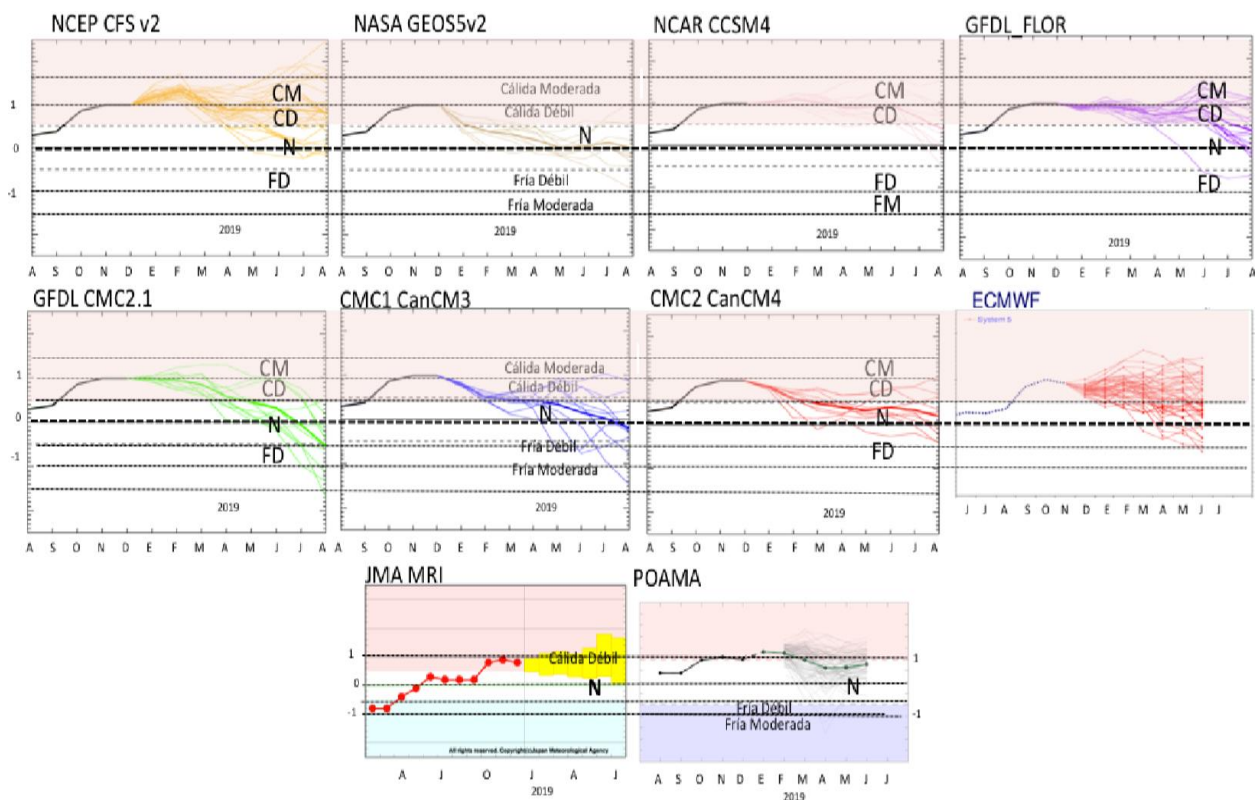


Figura 4.1.2. Índice Niño 3.4 mensual observado y pronosticado por los modelos de NMME y otros para enero 2019. Fuente: CPC/NCEP/NOAA.

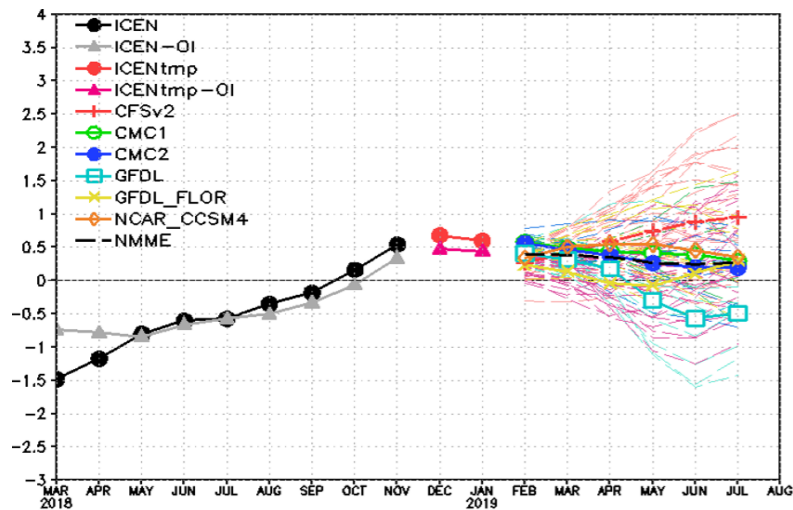
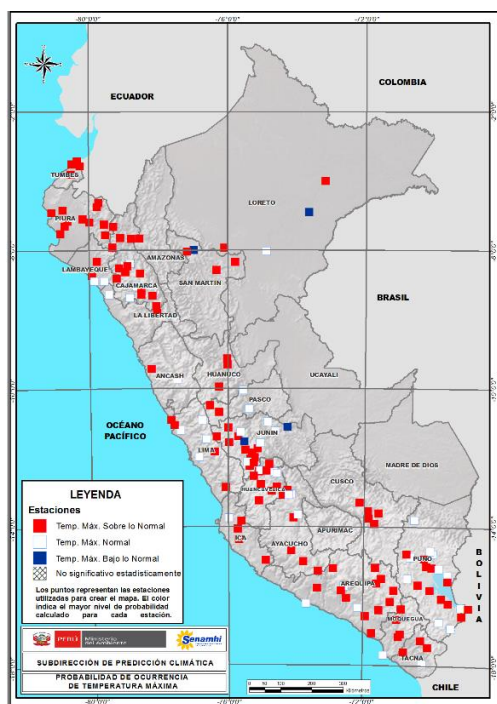
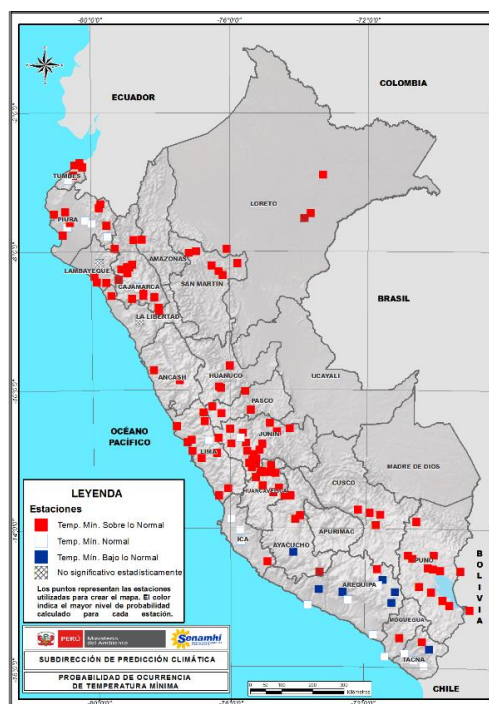


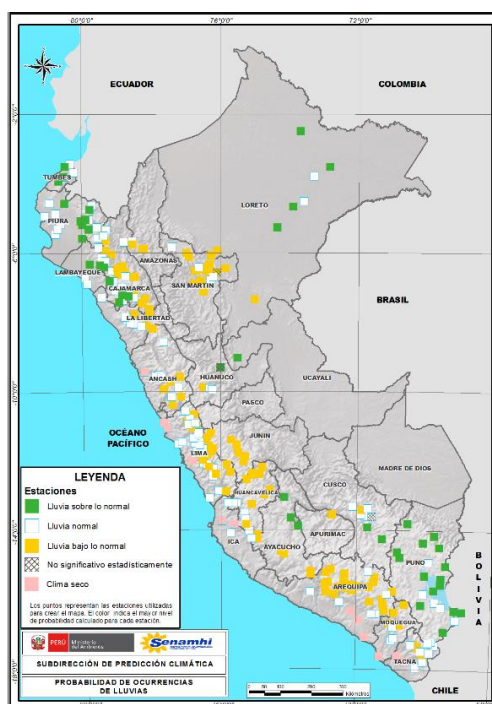
Figura 4.1.3. Índice Costero El Niño (ICEN) círculos negros, valor temporal del ICEN círculo rojo. Pronósticos numéricos del ICEN, por diferentes modelos climáticos. CFSv2, CMC1, CMC2, GFDL, NASA_GEOS5v2 GFDL_FLOR y NCAR_CCSM4, tienen como condición inicial el mes de enero de 2019. (Fuente: IGP, NOAA, proyecto NMME).



(a)



(b)



(c)

Figura 4.2.1. a) Probabilidad de ocurrencia de temperaturas máximas. b) Probabilidad de ocurrencia de temperaturas mínimas. c) Probabilidad de ocurrencia de lluvias. Graficas porcentuales para el periodo de enero a febrero del 2019. Fuente: SENAMHI.

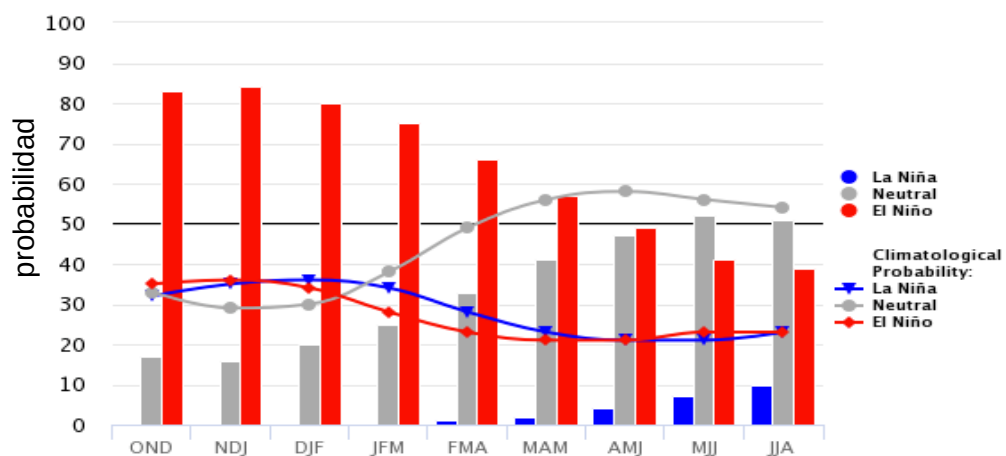


Figura 4.2.2. Probabilidades de ocurrencia del evento El Niño según porcentaje de modelos (IRI) y evaluación experta. Desde el trimestre OND hasta JJA. Fuente IGP.

8. TABLAS

Tabla 3.1.2.1. Valores del Oceanic Niño Index (ONI) y el Índice Costero El Niño (ICEN) de marzo de 2018 a noviembre de 2018. Además, el ONItmp e ICENtmp para diciembre de 2018 y enero de 2019. Fuente: IGP.

Valores del Índice Costero El Niño							ONI	
Mes	ICEN v3	Categoría	ICENOI	Categoría	ICEN v5	Categoría	ONI	Categoría
03/2018	-1.48	Fría Fuerte	-0.74	Neutro	-1.08	Fría Débil	-0.62	Fría Débil
04/2018	-1.17	Fría Débil	-0.78	Neutro	-0.97	Neutro	-0.42	Neutro
05/2018	-0.80	Neutro	-0.84	Neutro	-0.73	Neutro	-0.14	Neutro
06/2018	-0.60	Neutro	-0.66	Neutro	-0.54	Neutro	0.06	Neutro
07/2018	-0.57	Neutro	-0.57	Neutro	-0.44	Neutro	0.11	Neutro
08/2018	-0.35	Neutro	-0.50	Neutro	-0.28	Neutro	0.14	Neutro
09/2018	-0.18	Neutro	-0.33	Neutro	-0.11	Neutro	0.50	Neutro
10/2018	0.16	Neutro	-0.06	Neutro	0.23	Neutro	0.72	C. Débil
11/2018	0.54	C. Débil	0.34	Neutro	0.57	C. Débil	0.87	C. Débil
Mes	ICENtmp	Categoría	ICENtmp	Categoría	ICENtmp	Categoría	ONItmp	Categoría
12/2018	0.68	C. Débil	0.48	C. Débil	0.66	C. Débil	0.89	C. Débil
01/2019	0.60	C. Débil	0.44	C. Débil	0.53	C. Débil	0.82	C. Débil

Tabla 4.1.1. Pronósticos del ONI con diferentes modelos climáticos con condiciones iniciales de enero de 2019.

Modelo	NDE	DEF	EFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA
CFS2		0.92	0.93	1.00	1.01	0.99	0.97	0.96
CMC1		0.71	0.52	0.39	0.31	0.21	0.10	-0.03
CMC2		0.83	0.75	0.70	0.61	0.53	0.45	0.37
GFDL		0.96	0.98	0.93	0.81	0.63	0.33	-0.10
NASA		0.67	0.51	0.42	0.26	0.12	0.07	0.08
GFDL_FLOR		0.95	0.95	0.95	0.89	0.83	0.75	0.65
NCAR_CCSM4		0.93	0.93	0.92	0.86	0.79	0.71	0.56
NMME		0.85	0.80	0.76	0.68	0.59	0.48	0.36
ONItmp	0.89							

Tabla 4.1.2. Pronósticos del ICEN con diferentes modelos climáticos con condiciones iniciales de enero de 2019.

Modelo	NDE	DEF	EFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA
CFS2		0.32	0.27	0.41	0.59	0.74	0.88	0.95
CMC1		0.59	0.58	0.49	0.44	0.41	0.39	0.29
CMC2		0.60	0.56	0.46	0.38	0.26	0.20	0.20
GFDL		0.43	0.41	0.32	0.18	-0.30	-0.57	-0.49
NASA		0.39	0.17	-0.12	-0.30	-0.43	-0.47	-0.50
GFDL_FLOR		0.38	0.24	0.13	-0.04	-0.07	0.11	0.30
NCAR_CCSM4		0.37	0.34	0.51	0.55	0.55	0.45	0.35
NMME		0.44	0.37	0.31	0.26	0.17	0.14	0.16
ICENtmp	0.48							