

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



INFORME TÉCNICO ENFEN

AÑO 6 N° 1

ENERO 2019

Programa Presupuestal por Resultados N° 068:

“Reducción de vulnerabilidad y atención de emergencias por desastres”

Producto: Estudios Para la estimación del Riesgo de Desastres

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

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

Comisión Multisectorial ENFEN

Presidente:

Vice-Alm. (r) Javier Alfonso Gaviola Tejada

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

Vice-Presidente:

Calm. Jorge Manuel Paz Acosta

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

Dr. Hernando Jhonny Tavera Huarache

Presidente Ejecutivo, Instituto Geofísico del Perú (IGP)

Dr. Ken Takahashi Guevara

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

Ing. Walter Obando 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, Fernando Allasi.

SENAMHI: Grinia Ávalos, Nelson Quispe y Christian Febre.

IGP: Kobi Mosquera y Jorge Reupo

ANA: Litzia Cisneros y Jairo Chunga.

INDECI: Jackie 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° 01, enero de 2019, 51 p.

El Informe Técnico ENFEN de enero 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, Enero 2019



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,

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

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

Figuras:

3.1.1.1	Análisis de la convección tropical para el mes de enero de 2019. a) Anomalías del promedio del campo de Radiación de Onda Larga (OLR-W/m ²) segmentado en 10 días cada gráfica; matices en colores, los contornos de rojo/azul indican los valores más altos y bajos de anomalías, respectivamente. Fuente: CPC-NOAA.	25
3.1.1.2	Configuración atmosférica en niveles a) altos (300 – 200 hPa), y b) bajos (1000 – 850 hPa) para el mes de enero de 2019. Anomalías del campo de viento (m/s, vectores) y anomalías estandarizadas de la componente zonal del viento (matices de colores cada $\pm 0,5 \sigma$ y vectores gruesos representando $\sigma > 1$). Fuente: SPC/SENAMHI.	26
3.1.1.3	Análisis de la Circulación Atmosférica Ecuatorial (Walker) de este a oeste para el mes de enero 2019. (a), patrón promedio, (b) patrón climatológico y (c) patrón anómalo. Fuente: SPC/SENAMHI.	27
3.1.1.4	Diagrama longitud-tiempo de las anomalías de esfuerzo de viento zonal ecuatorial basado en datos del escaterómetro ASCAT, hasta el 16 de febrero de 2019, incluyendo los vectores de esfuerzo zonal. Elaboración: IGP.	27
3.1.1.5	Promedio mensual de las anomalías de la temperatura superficial del mar (°C) en el océano Pacífico tropical de enero 2019. Fuente Datos: OSTIA-Gráfico DHN.	28
3.1.1.6	Serie de tiempo de la anomalía diaria de la TSM en la región Niño 3.4 (arriba) y en la región Niño 1+2 (abajo). 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 los años de Niña costera 1985, 2007, 2010 y 1988. Elaboración: IGP.	28
3.1.1.7	Anomalía semanal de la temperatura superficial del mar por regiones Niño. Fuente: AVHRR NCEP/NOAA.	29
3.1.2.1	Anomalías de la temperatura sub-superficial del mar (°C) en el océano Pacífico ecuatorial entre los 2°N y 2°S promediadas cada cinco días, finalizando los días 5, 10, 15, 20, 25, 30 de enero de 2019. Fuente: TAO/TRITON, PMEL/NOAA.	29
3.1.2.2	Diagrama longitud-tiempo a) temperatura superficial del mar (°C) b) anomalía de la temperatura superficial del mar (°C) y c) anomalía de la profundidad de la isoterma de 20°C (m), desde setiembre 2018 a enero 2019. Fuente: Global Tropical Moored Buoy Array Program office, NOAA/PMEL.	30
3.1.2.3	a) Inclinación de la termoclina en el Pacífico ecuatorial basado en los datos de las boyas TAO entre 2°N y 2°S. b) Anomalía promedio de la profundidad de la isoterma en la región ecuatorial basada en datos de las boyas TAO entre 2°N y 2°S. Elaboración: IGP.	30
3.1.2.4	Anomalía del nivel medio del mar en el Pacífico ecuatorial desde marzo 2018 hasta 19 febrero 2019. Fuente: Datos DUACS, Elaboración IGP.	31
3.1.2.5	(a) Diagrama longitud-tiempo de las anomalías de esfuerzo de viento zonal ecuatorial basado en datos de WINSAT (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) 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.	31
3.2.1.1	a) Promedio del campo de presión reducida a nivel del mar (PRMSL, hPa) y vientos a 500 hPa, vectores gruesos representan velocidad estandarizadas, ($\sigma > 1$). b) Anomalías del campo de viento (m/s) y PRMSL (hPa), las matices en colores representan valores estandarizados de la PRMSL cada $\pm 1 \sigma$, vectores gruesos indican velocidades anómalas del viento total, $\sigma > 1$. Para el periodo del 01-31/01/2019 Fuente: SPC/SENAMHI.	32
3.2.1.2	Diagrama de Hovmöller de la a) magnitud (m/s) y dirección del viento (°) y b) anomalía de viento (m/s) desde noviembre de 2018 hasta primeros días de febrero de 2019. Datos: ASCAT, Gráfico: DIHIDRONAV.	32
3.2.1.3	Diagrama de Hovmöller del Índice de afloramiento costero (m ³ /s x 100m), calculado a partir del viento satelital ASCAT a 40 Km frente a la costa del Perú. Los contornos señalan la persistencia del afloramiento bajo condiciones de velocidad a 4 m/s durante 5 días o más. Fuente: Satélite ASCAT, Procesamiento: Laboratorio de Hidro-Física Marina, IMARPE. Actualizada hasta el 05/02/2019.	33
3.2.2.1	Anomalías de las temperaturas extremas del aire (°C) en la costa peruana desde enero 2018 a enero de 2019. a) Temperatura máxima y b) Temperatura mínima. Fuente: SENAMHI.	33

3.2.3.1	Mapa de anomalías de precipitación acumulada mensual (%) de enero 2019, registradas en las estaciones meteorológicas. Fuente SENAMHI.	34
3.2.4.1.	a) Anomalías de la temperatura superficial del mar del 05, 10, 15, 20, 25 y 29 de enero de 2019. b) Promedio de enero de 2019 de la temperatura y anomalía. Climatología 1981 – 2009 (Pathfinder V5). Fuente Datos OSTIA, Procesamiento y gráfico: DIHIDRONAV.	35
3.2.4.2.	Distribución espacial de salinidad superficial del mar (SSM), durante los días 05, 10, 15, 20, 25 y 31 de enero del 2019. Fuente: HYCOM, Procesamiento: DGIOCC-IMARPE.	35
3.2.4.3	a) Series temporales del promedio diario de las anomalías de la temperatura superficial del mar (°C) y b) Diagrama Hovmöller de las anomalías de la temperatura en el litoral de Perú de noviembre 2018 a enero de 2019. Fuente: DIHIDRONAV.	36
3.2.4.4	a) Diagrama Hovmöller de la anomalía del nivel medio del mar (cm), octubre 2018 – enero 2019, para la franja de 60 m.n. adyacente a la costa. Fuente: CMEMS, Procesamiento DHN. b) Diagrama Hovmöller de la anomalía del nivel medio del mar (cm) en el litoral de Perú de noviembre 2018 a enero 2019. Fuente: DIHIDRONAV.	37
3.2.4.5	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 enero de 2019. Fuente: IMARPE.	37
3.2.4.6	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 30 y 01 de febrero de 2019. Fuente: IMARPE.	38
3.2.5.1	Series de tiempo de la estructura térmica (°C) en las Estaciones Fijas de: a) Paíta, b) Chicama, c) Callao, d) Atico, e) Ilo de enero de 2018 a enero de 2019.	38
3.2.5.2	Series de tiempo de la anomalía térmica (°C) en las Estaciones Fijas de: a) Paíta, b) Chicama y c) Callao de enero de 2018 a enero de 2019.	39
3.2.5.3	Series de tiempo de la Salinidad del agua de mar (ups) en las Estaciones Fijas de a) Paíta, b) Chicama, c) Callao, d) Atico y e) Ilo de julio de 2017 a enero de 2019.	39
3.2.5.4	Series de tiempo de la concentración de oxígeno disuelto (mL.L-1) en las Estaciones Fijas para a) Paíta, b) Chicama, c) Callao, d) Atico y e) Ilo de enero de 2018 a enero de 2019.	40
3.2.6.1	Concentración de silicatos en $\mu\text{mol L}^{-1}$ en las Estaciones Fijas de a) Chicama, b) Callao y c) Ilo de IMARPE entre enero 2018 a enero 2019.	40
3.2.6.2	Concentración de nitratos en $\mu\text{mol L}^{-1}$ en las Estaciones Fijas de a) Chicama, b) Callao y c) Ilo de IMARPE entre enero 2018 a enero 2019.	41
3.2.6.3	Concentración de fosfatos en $\mu\text{mol L}^{-1}$ en las Estaciones Fijas de a) Chicama, b) Callao y c) Ilo de IMARPE entre enero 2018 a enero 2019.	41
3.2.6.4	a) Mapa de la concentración de clorofila-a; b) Mapa de anomalía de la concentración de clorofila-a satelital proveniente de MODIS-AQUA, VIIRS-SNPP durante enero de 2019; c) Número de días con nubes; d) Serie de tiempo 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 $\mu\text{g L}^{-1}$); e) Diagrama Hovmöller de las anomalías de clorofila-a respecto a la latitud.	42
3.2.7.1	a) Temperatura superficial del agua (°C) en el mar peruano. Fuente PODAAC/OSTIA, b) Distribución espacial de salinidad superficial del mar (SSM). Fuente: HYCOM y c) Puntos de pesca de anchoveta en el mar peruano. Enero 2019. Fuente: LBR/AFIRNP/DGIRP/IMARPE.	43
3.2.7.2	Distribución de peces incidentales en la pesca de jurel, caballa y otras especies durante enero 2019. Fuente: PBP/ADPERP/DGIRP/IMARPE.	43
3.2.7.3	a) Anomalía de la TSM (°C) de Chicama. Indicadores reproductivos, a) Índice Gonadosomático (IGS) y b) Fracción Desovante (FD) del stock norte – centro de anchoveta. Serie mensual: julio 2017 – enero 2019. Fuente: LBR/AFIRNP/DGIRP/IMARPE.	44
4.2.1	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, forzado con vientos de NCEP (Figuras a-c).	44
4.2.2	Índice Niño 3.4 mensual observado y pronosticado por los modelos de NMME con condición inicial el mes de enero 2019. Fuente: CPC/NCEP/NOAA.	45

4.2.3	Índice Costero El Niño (ICEN, negro con círculos llenos) y su valor temporal (ICENtmp, rojo con círculo lleno). Además, pronósticos numéricos del ICEN (media móvil de 3 meses de las anomalías pronosticadas de TSM en Niño 1+2) por diferentes modelos climáticos. Los pronósticos de los modelos CFSv2, CMC1, CMC2, GFDL, NASA, GFDL_FLOR y NCAR_CCSM4 tienen como condición inicial el mes de enero de 2019. Fuente: IGP, NOAA, proyecto NMME.	45
4.2.4	Pronóstico de vientos del modelo GFS en el Pacífico ecuatorial (2°N-2°S), hasta el 16 de febrero de 2019.	46
4.2.5	Pronósticos probabilísticos de temperatura superficial del mar para marzo-mayo de 2019 por modelos de NMME inicializados en enero 2019 (Fuente: NOAA).	46
4.2.6	Pronósticos probabilísticos de precipitación para febrero-marzo 2019 por modelo de NMME inicializados en enero 2019. Fuente: NOAA.	47
4.2.7	Probabilidades de ocurrencia del evento El Niño según porcentaje de modelos (IRI) y evaluación experta. Desde el trimestre DEF hasta ASO. Fuente IGP.	47

Tablas

Tabla 2.1.1	Principales variables y bases de datos utilizados en el presente informe.	12
Tabla 3.1.4.1	Valores del Oceanic Niño Index (ONI) y el Índice Oceánico El Niño (ICEN) de abril de 2018 a febrero de 2019. Además, el ONItmp e ICENtmp para enero y febrero de 2019. Fuente: IGP.	48
Tabla 3.2.4.2	Anomalías mensuales de la temperatura superficial del mar (°C) y nivel medio del mar (cm) del litoral de Perú desde octubre 2018 a enero 2019. Fuente: Estaciones costeras – DHN.	48
Tabla 4.2.1	Pronósticos del ICEN con diferentes modelos climáticos con condiciones iniciales de enero de 2019.	49
Tabla 4.2.2	Pronósticos del ONI con diferentes modelos climáticos con condiciones iniciales de enero de 2019.	49

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

RESUMEN	9
1. INTRODUCCIÓN.....	10
2. MATERIALES Y MÉTODOS	11
2.1 Variables.....	11
2.2 Índices.....	11
2.3 Modelos de Pronóstico.....	11
3. CONDICIONES OBSERVADAS EN ENERO	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	15
3.2.1 Circulación atmosférica en el Pacífico Sudoriental.....	15
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 en la Región Niño 1+2 y en la costa peruana	16
3.2.5 Condiciones oceanográficas subsuperficiales frente al litoral peruano.....	17
3.2.6 Nutrientes y Productividad en la costa peruana	19
3.2.7 Recursos pesqueros e indicadores biológicos	20
4 PRONÓSTICO	21
4.1 A Corto Plazo (Semanas).....	20
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	26
8 TABLAS	50

RESUMEN

La temperatura superficial del mar en el Pacífico ecuatorial se mantiene con anomalías positivas, pero con valores menores con relación al mes de diciembre 2018, del orden de +0,5 °C tanto en la región central como en el extremo oriental.

El Índice Costero El Niño (ICEN) determinado para el mes de diciembre y el ICEN temporal de enero indican condiciones cálidas débiles.

En el Pacífico ecuatorial, a diferencia de diciembre, se ha debilitado la influencia de las ondas ecuatoriales sobre la circulación atmosférica. Así mismo, se evidenció la presencia de flujos ascendentes alrededor del Pacífico ecuatorial occidental, no así, en el lado centro - oriental del Pacífico. Este patrón aún no corresponde al acoplamiento océano-atmósfera propio de El Niño en el Pacífico central.

Según los datos observados, la onda Kelvin fría esperada en su desplazamiento hacia Sudamérica habría alcanzado los 120°W según los datos actuales de ARGO. Así mismo, las anomalías de viento del oeste que se desarrollaron en el extremo occidental a fines de diciembre se extendieron hasta el Pacífico central, reforzando la nueva onda Kelvin cálida.

El Anticiclón del Pacífico Sur (APS) continuó con una proyección al sureste de su posición habitual. Los vientos costeros han sido, en promedio, débiles a lo largo de la costa peruana, a diferencia del mes de diciembre. Este debilitamiento contribuyó a la persistencia de las anomalías positivas de temperatura superficial del mar frente a la región centro-norte del litoral.

Las temperaturas extremas del aire (máxima y mínima), desde inicios del verano hasta los primeros días de febrero, mantuvieron una tendencia positiva en la mayor parte de la costa, con una anomalía máxima de +1,5 °C en la zona norte - centro.

Frente a la costa norte y centro de Perú el mar se mantiene en condiciones cálidas, pero en promedio con menores anomalías de temperatura respecto al mes de diciembre, siendo en toda el área de +1 °C a +2 °C y con núcleos de +3 °C frente a Chicama y Huarney. Por otro lado, el nivel del mar continuó disminuyendo, alcanzando niveles normales.

Dentro de las 80 millas, frente a la costa centro - norte, la temperatura del mar presentó anomalías positivas mayores a 1 °C en los primeros 100 metros de profundidad, con núcleos de +3 °C sobre los 50 metros, los cuales están asociados al acercamiento a la costa de aguas subtropicales superficiales de alta salinidad. Frente a Paita dentro de las 10 millas se registraron ligeras anomalías negativas a 100 metros de profundidad a principios de enero.

La concentración de la clorofila-a (indicador de la producción del fitoplancton) mostró un aumento frente al litoral, alcanzando anomalías positivas altas en la segunda semana de enero frente a la costa central y norte. Las condiciones del mar de Perú, restringieron la distribución de la anchoveta, principalmente dentro de las 20 millas de la costa, desde el sur de Chicama (07°S) hasta Ilo (17°S). En la región norte-centro se mantiene la fase de reposo de la anchoveta de acuerdo al patrón histórico.

En la costa norte, las condiciones térmicas cálidas fueron favorables para la instalación de almácigos y el trasplante del cultivo de arroz, así como la fructificación del mango para exportación, estimándose el inicio de cosechas en la tercera semana de enero en la región Lambayeque; entre tanto que, en la costa sur este régimen térmico favoreció la fructificación en las plantaciones del olivo.

Los modelos climáticos internacionales, actualizados hasta la fecha, continúan pronosticando para el Pacífico oriental (Niño 1+2) que incluye la costa norte de Perú, condiciones de cálidas débiles a neutras en lo que resta del verano, mientras que para el Pacífico central (Niño 3.4) en promedio, indican condiciones cálidas débiles hasta el mes de mayo.

Perspectiva:

Se espera que, hasta el mes de febrero continúe la disminución de las anomalías positivas de la temperatura del mar, del aire y nivel del mar en la costa norte del Perú, debido al arribo de una onda Kelvin fría. Sin embargo, estas anomalías podrían aumentar nuevamente entre fines de febrero y el mes de marzo debido a la llegada de una onda Kelvin cálida.

Así mismo, los modelos climáticos internacionales pronostican para el Pacífico oriental (Niño 1+2) que incluye la costa norte de Perú, condiciones de cálidas débiles a neutras en lo que resta del verano, mientras que para el Pacífico central (Niño 3.4) en promedio, indican condiciones cálidas débiles hasta el mes de mayo.

La Comisión multisectorial ENFEN mantiene activa el Estado de Alerta de El Niño, de magnitud débil, debido al arribo esperado de una onda Kelvin cálida y al debilitamiento anómalo del Anticiclón del Pacífico Sur APS en el mes de marzo, según los pronósticos.

Asimismo, para lo que resta del verano 2019, para la costa norte de Perú es más probable la ocurrencia de lluvias dentro del rango normal a superior, más no extraordinarias como en los años 1983, 1998 y 2017. Sin embargo, no se descarta la posibilidad de eventos puntuales con días lluviosos², particularmente en marzo. Frente a esto, las entidades competentes deberán considerar la vulnerabilidad para la estimación de riesgo y adoptar las medidas que correspondan.

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. MATERIALES Y METODOS

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								X	X	X										IMARPE
								X	X						X	X	X										IGP
	Nivel medio del Mar		X																	X							DHN
																				X		X					IMARPE
																				X							IGP
Salinidad							X															X			DHN		
Biogeoquímicas	Oxígeno y Nutrientes			X	X	X																				IMARPE	
				X	X	X																				IMARPE	
	Clorofila		X		X	X																		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															IMARPE	
VARIABLES HIDROLÓGICAS																											
	Caudal de ríos		X																							ANA/SENAMHI	
	Capacidad Hidráulica de reservorios		X																							ANA	

3. CONDICIONES OBSERVADAS EN ENERO

3.1. Condiciones a Macroescala

3.1.1. Circulación atmosférica y temperatura superficial en el Pacífico ecuatorial

La convección tropical persiste intensa alrededor de la línea de cambio de fecha, con una proyección zonal este de la Zona de Convergencia del Pacífico Sur (ZCPS) hacia el Pacífico Sureste, con mayor frecuencia de paso de frentes dinámicos en superficie. Mientras que, el ramal ascendente anómalo de Walker en la región occidental del Pacífico ecuatorial fue débil respecto a la característica espacial de la convección tropical en esta región, reforzada por la convergencia anómala de los vientos zonales del oeste (Figura 3.1.1.1).

Sobre el continente de Sudamérica, se evidenció un patrón convergente sobre la mayor parte de Brasil, donde la sequedad anómala fue característica. Asimismo, sobre Perú, el contenido de humedad anómalo, posiblemente asociado a topes de nubosidad convectiva, se observó en la región norte de la vertiente oriental de los Andes, donde, además es representado por valores anómalos de convergencia de vientos (Figura 3.1.1.1). Por otro lado, a nivel de 200hPa, sobre el Pacífico ecuatorial central predominaron vientos de componente zonal este; mientras que, sobre la región oriental predominaron vientos zonales anómalos del oeste. Ello, debido a la mayor contribución de la fase convergente activa de la Oscilación Madden y Julian (MJO) en el Pacífico y ondas estacionarias de baja frecuencia (Figura 3.1.1.2a).

Los flujos de vientos en el campo de niveles altos (300/200hPa) a lo largo del Ecuador mostraron una zona confluyente alrededor de 120°W, predominando una dorsal cuya región subsidente mantuvo intensa estabilidad atmosférica sobre las costas del norte de Sudamérica, incluyendo el noroeste de Perú. En particular, esta última región donde se observaron flujos anómalos de componente noroeste con velocidades significativamente superiores en comparación al mes anterior. Sobre la región occidental los flujos de vientos se mantuvieron alrededor de lo normal, con ligeras anomalías significativas de vientos del este. Por otro lado, en el campo de niveles bajos (1000/850hPa), los vientos alisios se mantuvieron alrededor de lo normal sobre la región central, no así, en el extremo oriental (occidental), donde se observó la inversión (intensificación) anómala con componente zonal del oeste (este) del flujo de viento (Figura 3.1.1.2 b).

Durante el mes de enero, en la región del Pacífico ecuatorial, el patrón de ascensos relacionado al ramal ascendente de la Circulación Atmosférica Ecuatorial (Walker) se mostró debilitado respecto a su patrón climatológico; no obstante, debido a la persistencia anómala de la piscina cálida y vientos zonales del oeste, la actividad convectiva de tropósfera media-alta continúa intensa y adyacente al oeste de la línea de cambio de fecha.

Asimismo, hacia el extremo oriental del Pacífico, se observaron descensos anómalos del ramal subsidente de Walker se observaron desde niveles hacia superficie; respuesta a la reducida actividad convectiva de esta región y vientos zonales más intensos en niveles altos (bajos) de la columna atmosférica (Figura 3.1.1.3).

Con relación al océano, en el Pacífico ecuatorial, en promedio, la temperatura superficial se mantuvo con anomalías positivas en toda la franja ecuatorial del orden de +1 °C a +2 °C, con mayor intensidad en la zona occidental y oriental (Figura 3.1.1.5). Por regiones Niño, las anomalías semanales y diarias de la temperatura mostraron una tendencia positiva en la región Niño 4 respecto al mes anterior, mientras que, en las regiones Niño 3.4 y 3 existe una tendencia negativa desde fines de noviembre. La región Niño 1+2 mantiene anomalías positivas de orden 0,5 °C y una tendencia cercana a 0 (Figura 3.1.1.6 y Figura 3.1.1.7).

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-occidental y oriental, con anomalías positivas de temperatura sobre los 200 m y 100 m de profundidad, respectivamente. Durante este mes las anomalías positivas de la región oriental fueron disminuyendo debido al aumento del núcleo de anomalías negativas que se desarrollaron durante diciembre de 2018, lo cual hizo que se atenúen y pasen de >+2 °C a 1 °C para fin de mes. Contrariamente, el otro núcleo se vio intensificado a pesar del aumento de anomalías negativas al oeste de este, pasando de +1 °C a >+3 °C (Figura 3.1.2.1).

Las boyas muestran a nivel superficial el incremento de la temperatura en la región occidental del océano Pacífico ecuatorial por encima de sus valores normales, presentando anomalías positivas, y la profundización de la isoterma de 20 °C en la región central de 20 m; mientras que, en la región oriental, la isoterma ascendió de estar 15 m por debajo de lo normal a su profundidad habitual (Figura 3.1.2.2 y Figura 3.1.2.3a). El contenido de calor alcanzó su mayor valor para el año 2019 durante el transcurso de enero, disminuyendo ligeramente a fines del mes (Figura 3.1.2.3 b).

En el Pacífico ecuatorial según los datos de ARGO, se puede apreciar que la presencia de la onda Kelvin fría está cerca de la costa americana mientras que la onda Kelvin cálida ya alcanzó los 140°W. La información de altimetría también muestra la presencia de la onda Kelvin cálida en esta región según el producto DUACS. Los pulsos de viento del oeste de fines de enero al oeste de la línea de cambio de fecha, al parecer, se proyectado en una onda Kelvin cálida, tal como lo muestran los modelos de ondas y datos observados (Figura 3.1.2.4 y Figura 3.1.2.5).

El índice ONI (Oceanic Niño Index en inglés) del Pacífico Central (Niño 3.4) de diciembre de 2018 es de 0,83 °C, correspondiente a condición cálida débil; en tanto que, el ONI estimado (ONItmp) de enero y febrero de 2019 indicarían condiciones cálidas débiles.

3.2. CONDICIONES A ESCALA REGIONAL

3.2.1. Circulación atmosférica en el Pacífico Suroriental

El análisis del campo de presión en el Pacífico ecuatorial evidenció condiciones próximas a lo habitual, con un campo débil de anomalías significativas positivas y negativas hacia el borde occidental y oriental del Pacífico sur respectivamente. Esto debido a la alternancia predominante de sistemas de alta y baja presión en latitudes subtropicales y medias. Esta alternancia del campo baroclínico de presión hacia el Pacífico Suroriental mantuvo al Anticiclón del Pacífico Sur (APS) al suroeste de su posición habitual. La influencia del APS sobre los vientos costeros frente al litoral de Perú fue débil, no obstante, este patrón sumado con anomalías atmosféricas de niveles medios incremento el viento oceánico frente al litoral centro y sur (Figura 3.2.1.1).

El viento frente al litoral peruano en una franja costera de 50 millas tuvo magnitudes velocidades de 1 m/s hasta 6 m/s, siendo valores ligeramente por debajo de lo normal; aunque, se registró un incremento anómalo positivo de hasta 2 m/s por debajo de los 07°S entre los días 10 y 19 de enero de 2019 (Figura 3.2.1.2 a, b).

El afloramiento costero frente a Talara y Paita siguió debilitándose respecto al mes anterior, disminuyendo de $400 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} 100\text{m}^{-1}$ a $150 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} 100\text{m}^{-1}$. A partir de la segunda quincena de enero, el índice de afloramiento por debajo de los 8°S disminuyó y se mantuvo en valores muy bajos que no superan los $100 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} 100\text{m}^{-1}$. Las condiciones se mantienen similares a enero de 2018 aunque con menores valores para la costa norte peruana (Figura 3.2.1.3).

En niveles bajos de la atmósfera (1000 hPa), la circulación de los vientos alisios del sureste se mostró significativamente intensa fuera de la costa sur y norte del Perú, debilitándose hacia el Ecuador, donde se observó anomalías de vientos oestes. La influencia del APS sobre los vientos costeros fue débil, mientras que, al oeste de 090°W predominaron los vientos alisios del sureste, reduciéndose hacia la región central del Pacífico ecuatorial (Figura 3.1.1.2 b).

En niveles altos de la atmósfera (200 hPa), en la región del Pacífico Suroriental, predominó la configuración de una dorsal subtropical dejando un collado frente a la región costera del Perú. Esta dorsal de bloqueo presentó su núcleo anómalo entre 05°N/05°S y al oeste de 090°W, inhibiendo la entrada ciclones de latitudes medias hacia el borde occidental de Sudamérica. Sobre continente, persistió un domo positivo de geopotencial, resaltando una corriente en chorro ecuatorial significativamente intenso hacia la región norte (Figura 3.1.1.2 a).

3.2.2. Temperatura del aire

Respecto a las temperaturas extremas del aire, el régimen de las temperaturas máximas y mínimas del aire se mantuvo por encima del promedio climático con magnitudes mayoritariamente superiores a 1 °C a lo largo de toda la costa peruana.

La predominancia de anomalías positivas se registró en la región norte y centro del país, y se caracterizó por presentar día y noches muy cálidas en la primera y última década del mes. Los departamentos que alcanzaron las anomalías más altas fueron Piura, Lambayeque, La Libertad, Ancash, Lima y Tacna (Figura 3.2.2.1 a, b).

3.2.3. Precipitaciones e hidrología en la vertiente del Pacífico

En enero, la ocurrencia de precipitaciones promedio supero sus valores climatológicos del mes, en todo el territorio nacional, exceptuando la región noroeste y el altiplano. La disposición de humedad se concentró en los Andes, con lluvias importantes en la vertiente suroccidental, incluyendo la costa sur (Tacna), donde se evidenció el incremento significativo de los niveles de caudales de ríos principales (Figura 3.2.3.1).

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 de la temperatura disminuyó en su cobertura e intensidad, debido al efecto al chorro del Golfo de Panamá, predominando en el área anomalías de +0,5 °C y +1 °C, con algunos núcleos de hasta de 3 °C, por fuera de las 20 millas, frente a la costa central las isotermas de 26 °C se acercaron hacia la costa generando anomalías positivas hasta de 3 °C. Por otro lado, cerca de la costa sur las condiciones presentaron una tendencia hacia su normalización, mientras que, por fuera de las 50 millas, aun predominan anomalías positivas alrededor de 0,5 °C. A finales del mes se observó la presencia de la isoterma de 26 °C frente a la costa norte. (Figura 3.2.4.1).

El modelo HYCOM (HYbrid Coordinate Ocean Model) mostró que aguas ecuatoriales superficiales (AES) permanecieron al norte de los 06 °S (Punta La Negra) durante todo el mes. Al finalizar el mes, las aguas de mezcla presentes al sur de Paita se extendieron dentro de las 100 m.n., hasta la zona de Salaverry (08°S), aguas subtropicales superficiales (ASS) se aproximaron las 50 m.n. de la costa peruana, reduciéndose áreas con salinidades menores a 35,1 ups, desde el Callao hasta Ilo, guardando relación con la presencia de aguas costeras frías (ACF) y a aguas de mezcla. Por otro lado, aguas tropicales superficiales (ATS) se desplazaron desde los 02°S hasta casi los 03°S, llegando a tocar las costas de Tumbes para los últimos días del mes (Figura 3.2.4.2).

La temperatura superficial del mar (TSM) promedio continuó incrementándose; frente a la costa centro-norte la isoterma de 22 °C que se ubicó dentro de las 100 m.n. fue reemplazada por la isoterma de 24 °C, haciendo notar el desplazamiento de aguas cálidas de la zona ecuatorial hacia la costa central (Figura 3.2.4.1 b).

Las anomalías de la TSM evidenciaron en zonas oceánicas el predominio de condiciones neutras y cálidas débiles (<+0,5 °C); en tanto que, dentro de las 100 m.n. de la costa centro-norte permanecieron celdas de anomalías mayores a +1 °C, y en la costa sur se presentaron eventualmente celdas con anomalía negativa de hasta -1 °C.

Durante la última semana de enero las anomalías positivas de la TSM aumentaron, expandiéndose desde la zona ecuatorial hacia la costa norte y centro de Perú. (Figura 3.2.4.3).

En la zona norte las anomalías positivas del nivel del mar ($>+10$ cm) se redujeron en extensión y se abrieron hacia zonas oceánicas frente a la costa norte, debido a la formación de una banda costera con anomalías de +5 cm, que avanzó progresivamente hacia el sur. Frente a Pisco se observaron vórtices de giro anticiclónico que llegaron a +15 cm. En tanto que, en el sur se dieron vórtices ciclónicos con valores menores a +5 cm y vórtices anticiclónicos, que se fueron intensificando hasta superar los +15 cm hacia finales de mes (Figura 3.2.4.4 a).

En la franja de 60 m.n. adyacente a la costa, las anomalías mayores de +10 cm que estuvieron expandidas a inicios de mes hasta la zona de Atíco (16°S) se disiparon hasta mediados de mes, alcanzando +5 cm en la zona norte hasta Salaverry (08°S) (Figura 16). La variación temporal de las anomalías del nivel del mar en la costa centro mostró una tendencia descendente de +13 cm a +7 cm.; en la costa sur, se mantuvo en +8 cm; y en la costa norte las anomalías disminuyeron de manera abrupta, hasta -2 cm frente a Galápagos (Figura 3.2.4.4 b).

3.2.5. Condiciones oceanográficas sub-superficiales frente al litoral peruano.

Paita – 05°S (27-28 de enero)

La temperatura superficial se encontró entre 21°C y 25°C en toda la sección, con la isoterma de 23°C a 30 m.n. de la costa, la cual se encontraba por fuera de las 100 m.n. a mediados de diciembre. Se estimaron anomalías de TSM con valores de hasta +1,0 $^{\circ}\text{C}$ en promedio en toda la sección (Figura 3.2.4.5 a, b). Sobre los 100 m de profundidad, las temperaturas variaron de 16°C a 25°C con una termoclina somera limitada por la isoterma de 18°C . La isoterma de 15°C se presentó entre los 110 y 150 m de profundidad, en promedio 20 m más superficial que en diciembre. Sobre los 200 m se registraron anomalías térmicas positivas de hasta +1,0 $^{\circ}\text{C}$, a excepción de un núcleo de -1,0 $^{\circ}\text{C}$ sobre los 30 m en la zona costera, y debajo de los 250 m predominaron anomalías negativas con un valor mínimo de -1,0 $^{\circ}\text{C}$ (Figura 3.2.4.5 b).

La salinidad en los primeros 40 m de profundidad, entre las 20 m.n. y 100 m.n., evidenció la presencia de aguas de mezcla entre las AES y ASS, con anomalías de $\pm 0,10$ ups. También se evidenció la presencia de las ACF en las primeras 20 m.n. sobre los 50 m; mientras que, por debajo de estas se evidenció la presencia de aguas de mezcla entre las AESS y las ACF hasta los 100 m de profundidad para luego por debajo y hasta los 250 m encontrarse solo las AESS (Figura 3.2.4.5 c, d).

La distribución del oxígeno disuelto (OD) mostró que la iso-oxígena de 1mL L^{-1} , asociada a la oxiclina, ascendió de 200 m a 120 m de profundidad en toda la zona costera, respecto a diciembre (Figuras 3.2.4.4 e).

El límite superior de la zona de mínima de oxígeno (ZMO; $OD < 0,5 \text{ mL L}^{-1}$), se detectó a 130 – 200 m de profundidad en toda la sección; la ZMO, su límite superior y la iso-oxígena de 1 mL L^{-1} ascendieron próximas al talud, lo que evidencia una ascensión de las aguas profundas (Figura 3.2.4.5 e).

Los flujos geostróficos identificaron tres núcleos hacia el sur, uno hasta las 20 m.n. y 30 m con una velocidad de hasta 40 cm/s, y luego otros dos de 20-40 m.n. entre 50-300 m y 60-80 m.n. hasta los 250 m con $< 10 \text{ cm/s}$ y 10 cm/s respectivamente. Asimismo, se calcularon flujos hacia el norte sobre los 350 m a 80-100 m.n. y sobre los 250 m a 35-55 m.n., ambos con una velocidad de hasta 20 cm/s (Figura 3.2.4.5 f).

Chicama (30 de enero – 01 de febrero)

La temperatura presentó una termoclina débil, donde la isoterma de 22°C se encontró a 10 m.n. de la costa, estando 50 m.n. más cerca de la costa en comparación con su posición en diciembre. La ATSM mostró valores de $+2,0^\circ\text{C}$ y $+3,0^\circ\text{C}$ por encima de los 50 m a lo largo de toda la sección, con presencia de un núcleo de $+3^\circ\text{C}$ entre 30 y 80 m.n. y hasta 30 m de profundidad. La isoterma de 15°C se presentó a 60-90 m de profundidad, en promedio 15 m más somera que en diciembre (Figura 3.2.4.6 a, b).

La salinidad en los primeros 50 m evidenció la presencia de las ASS desde las 20 m.n. hasta las 100 m.n. y las ACF replegadas en las primeras 20 m.n.; mientras que, sub superficialmente las ACF se profundizan por debajo de las ASS llegando a las 100 m.n. hasta 85 m de profundidad (Figura 3.2.4.6 c, d).

La distribución del 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^{-1} se presentó a unos 30 – 60 m de profundidad, siendo más somera conforme se está más cerca de la costa; y en promedio 55 m más superficial que en diciembre; el límite superior de la ZMO se encuentra muy superficial, estando a 65 m a lo largo de toda la sección (Figura 3.2.4.6 e).

Los flujos geostróficos mostraron solo un flujo con dirección sur, a 20-50 m.n. sobre los primeros 70 m, con una velocidad máxima de 20 cm/s, así como tres flujos con dirección norte, a 80-100 m.n. en los primeros 250 m, a 50-80 m.n. sobre los 50 m y dentro de las 20 m.n., con velocidades de hasta 10, 30 y 10 cm/s, respectivamente (Figura 3.2.4.6 f).

Estaciones fijas (07 m.n. - 10 m.n.)

El monitoreo de alta frecuencia de la columna de agua ($< 100 \text{ m}$) que se realiza en las estaciones fijas mostró que en el último mes para Paita la temperatura varió entre los 15°C y 20°C , en Chicama entre 15°C y 23°C , en Callao entre 16°C y 19°C , en Atico entre 15°C y 17°C y en Ilo entre 15°C y 19°C .

En Paita se detectó una profundización de las isotermas en la primera quincena del mes y un ascenso en la segunda quincena, en Chicama se evidenció un ascenso de las isotermas en la capa debajo de los 40 m, en Callao se detectó un ascenso de las isotermas durante el mes; sin embargo, en Atico e Ilo se detectó una profundización de las isotermas de 15 °C y 16 °C (Figura 3.2.5.1). En Paita se evidenció anomalías positivas con valores de hasta +1,0 °C y -1,0 °C en la primera y segunda quincena del mes, respectivamente, en Chicama se detectó anomalías de hasta +3,0 °C, mientras que en Callao se observó un cambio de anomalías positivas a cercanas a cero. (ENFEN, 2019; Figura 3.2.5.2.)

Los registros de la salinidad y temperatura evidenciaron la presencia de ACF en Paita, aunque se presenciaron aguas de mezcla (ASS-AES) durante la segunda semana del mes; de igual manera, se identificaron aguas de mezcla (ASS-ACF) y núcleos de ASS sobre los 40 m en Chicama; también el predominio de ACF en Callao, Atíco e Ilo (Figura 3.2.5.1 y Figura 3.2.5.3)

En cuanto al OD, se evidenció un ascenso de las iso-oxígenas de 1,0 y 2,0 mL L⁻¹ en Paita, y las de 1,0 y 0,5 mL L⁻¹ en Chicama y Callao, respectivamente. En Atíco se evidenció una profundización de la iso-oxígena de 1,0 mL L⁻¹. La iso-oxígena de 0,5 mL L⁻¹ se determinó a 78-100 m en Chicama, 10 – 40 m en Callao y a 52 – 78 m en Ilo, mientras que, en Paita y Atíco las concentraciones de OD ≤0,5 mL L⁻¹ no fueron registradas (Figura 3.2.5.4)

3.2.6. Nutrientes y Productividad en la costa peruana

En general los nutrientes no exhibieron un comportamiento homogéneo de sus concentraciones en las estaciones fijas costeras.

3.2.6.1. Silicatos

Los silicatos no mostraron un comportamiento homogéneo de sus concentraciones en las estaciones fijas durante enero. En Chicama, por encima de los 30 m se mantuvieron las concentraciones (5 μmol L⁻¹ – 10 μmol L⁻¹); mientras que, debajo de los 30 m, la isolínea de 25 μmol L⁻¹ se superficializó (90 m – 35 m) durante la primera quincena para luego volver a profundizarse (35 m – 40 m). En Callao, la isolínea de 20 μmol L⁻¹ se superficializó de 40 m a 15 m durante el mes. En Ilo, hubo un aumento en la concentración de silicatos en los primeros 40 m de profundidad; sin embargo, entre los 40 y 60 m hubo una disminución de la misma (Figura 3.2.6.1).

3.2.6.2. Nitratos

Los nitratos mostraron una ligera disminución de sus concentraciones en la columna de agua de las estaciones fijas durante enero. En Chicama e Ilo, la isolínea de 15 μmol L⁻¹ se profundizó de 20 m a 40 m y se observó un núcleo de 20 μmol L⁻¹ durante los últimos días del mes.

En Callao, se observó una disminución de las concentraciones de la columna de agua de $\sim 20 \mu\text{mol L}^{-1}$ a $\sim 15 \mu\text{mol L}^{-1}$ durante la última semana. En Ilo hubo una ligera disminución de la concentración entre los 10 y 40 m de profundidad (Figura 3.2.6.2).

3.2.6.3. Fosfatos

Los fosfatos aumentaron en las estaciones fijas a lo largo de costa. En Chicama, la isolínea de $1 \mu\text{mol L}^{-1}$ se hizo más superficial de 20 m a 5 m, y entre los 30 m–100 m las concentraciones fueron de $1,5 \mu\text{mol L}^{-1}$ a partir de la segunda quincena. En Callao se presentó un rápido aumento de concentración pasando de 1 y $1,5$ a 2 y $2,5$ en casi toda la columna de agua; sin embargo, en los últimos días se ha observado un descenso radical de las concentraciones ($1,5 \mu\text{mol L}^{-1}$ hasta los 100 m). En Ilo, la isolínea de $3 \mu\text{mol L}^{-1}$ se hizo más superficial de 100 m a 10 m entre la segunda y última semana del mes (Figura 3.2.6.3).

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 $\sim 1 \mu\text{g L}^{-1}$ y $3 \mu\text{g L}^{-1}$, observándose las mayores concentraciones ($>3 \mu\text{g L}^{-1}$) frente a Chicama, entre Huacho y Pisco, y en una franja más costera (20 m.n.) frente a Ilo. Hubo predominancia de anomalías negativas ($-1 \mu\text{g L}^{-1}$ a $-3 \mu\text{g L}^{-1}$) entre Paita y Huacho dentro de las 90 m.n.; mientras que, de Huacho a Callao (dentro de las 60 m.n.) y frente a Pisco (dentro de las 30 m.n.) predominaron anomalías positivas ($+1 \mu\text{g L}^{-1}$ a $+4 \mu\text{g L}^{-1}$) (Figura 3.2.6.4 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 semana predominaron valores de $>+2 \mu\text{g L}^{-1}$, y durante el resto del mes observaron anomalías negativas de $<-1,5 \mu\text{g L}^{-1}$, correspondientes principalmente al área entre los 6°S y 11°S (Figura 3.2.6.4 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 Huacho dentro de las 60 m.n., existió una cobertura nubosa de $\sim 50 \%$ días nublados y frente a Paita se presentó la menor cobertura de nubes ($\sim 25 \%$). Al sur del Callao en una franja dentro de las 30 m.n., la cual se extendió hasta las 90 m.n. al sur de San Juan, se observó la presencia de días nublados en el mes ($\sim 70 \%$) (Figura 3.2.6.4 c). Las concentraciones de los nutrientes en las estaciones concuerdan con la alta productividad frente a Callao y la pobre en la zona sur.

3.2.7. Recursos Pesqueros e indicadores biológicos

Distribución, capturas y tallas de la anchoveta

El 15 de noviembre 2018 se inició la segunda temporada de pesca de anchoveta 2018 en la región norte – centro. Al 31 de enero la flota industrial de cerco desembarcó 2 086 953 t correspondiente al 99,4 % de la cuota otorgada (2 100 000 t).

Con un menor esfuerzo pesquero, las agregaciones de anchoveta registradas se encontraron limitadas al sur de Chicama (07°S) debido al ingreso de AES y restringidas dentro de las 20 m.n. por la entrada de ASS. En la región Norte – Centro se observó dos (02) núcleos de pesca Chicama – Chimbote (09°S) y Punta Bermejo (10°30'S) – Callao (12°S). Presentó una estructura de tallas principalmente adulta, con modas entre 13 cm y 14 cm de longitud total (LT) (Figura 3.2.7.1).

En la pesca dirigida a la anchoveta se registraron especies indicadoras de masas de aguas cálidas oceánicas y frías costeras como el transzonal *Trachurus murphyi* “jurel” y la especie indicadora de aguas frías *Pleurocondes monodon* “múnida” dentro de las 20 m.n. (Figura 3.2.7.2).

Indicadores reproductivos y somáticos de la anchoveta

Los indicadores reproductivos de la anchoveta del stock Norte - Centro, índice gonadosomático (IGS) y Fracción desovante (FD) muestran que el desove principal ha concluido, (Figura 3.2.7.3).

4. PRONÓSTICO

4.1 A corto plazo (semanas)

La información de altimetría (Figura 3.1.2.4) y los modelos numéricos (Figura 3.1.2.5 c y d) indican que la onda Kelvin cálida, formada por pulsos de viento del oeste en el extremo occidental debe arribar a fines de febrero e inicios de marzo. Así mismo, se espera que otra onda Kelvin cálida, formada por un pulso de viento del oeste en la zona occidental entre 150°E y 180°, llegue a las costas americanas entre fines de marzo e inicios de abril. Ambas ondas podrían contribuir a mantener las anomalías de TSM por encima de su normal, al menos, hasta el inicio de otoño.

Para el Pacífico central (región Niño 3.4), los valores estimados del ONI (ONItmp), combinando observaciones y pronósticos, indican condiciones cálidas débiles hasta agosto y condiciones cálidas moderadas para el periodo de mayo a julio de 2019 en solo un modelo de siete, considerando los datos hasta enero de la fuente ERSSTv5, así como las salidas de ensamble de modelos NMME para febrero 2019 (Tablas 3.1.4.1 y 4.2.2).

Para el Pacífico oriental (región Niño 1+2), el valor estimado del ICEN (ICENtmp), basado en los datos hasta febrero de la fuente OISST.v2, así como las salidas del ensamble de modelos NMME, para enero y febrero es de -0,87 °C y -0,70 °C respectivamente, indicando condiciones cálidas débiles para ambos meses (Tablas 3.1.4.1 y 4.1.2).

4.2. A mediano plazo (hasta 3 meses)

Para los próximos tres meses (febrero - abril), se esperan condiciones cálidas a nivel nacional, con excepción de la costa sur donde se prevé que las temperaturas diurnas se presenten por debajo de su patrón normal.

En cuanto a las precipitaciones, existe una probabilidad de ocurrencia de lluvia de normal a superior en la sierra central y vertiente oriental sur (incluyendo el altiplano), así como, la región norte de la costa peruana. Por el contrario, el escenario de probabilidades por debajo de lo normal se presentaría en la vertiente occidental y oriental de la cordillera sur y norte de los Andes respectivamente.

Según la simulación del modelo de propagación de ondas aplicado en el IMARPE (Illig *et al.*, 2004; Dewitte *et al.*, 2002), en la costa norte de Perú se espera la llegada de dos ondas Kelvin cálidas de modo 1 y modo 2 para inicios de febrero y segunda quincena de marzo respectivamente. Además, una onda Kelvin fría de modo 2 generada a inicios de diciembre 2018, se espera que arribe a mediados de febrero 2019 a la costa peruana. Las ondas cálidas contribuirían a que se mantengan los valores positivos de las anomalías de la temperatura y del nivel del mar, mientras que la onda Kelvin fría podría contrarrestar su efecto (Figura 4.2.1 y Figura 4.2.3).

Para el Pacífico oriental (región Niño 1+2), según las agencias internacionales (NMME, marzo 2019), la mayoría de los modelos dinámicos y estadísticos de predicción de ICEN pronostican que las anomalías de la TSM hasta agosto, indicarían una condición cálida débil (Figura 4.2.5). Por otro lado, para el Pacífico central (región Niño 3.4), según los modelos NMME el ONItmp podría alcanzar condiciones cálidas débiles hasta julio (Figura 4.2.1).

4.3. A largo plazo (más de 3 meses)

En general, los pronósticos de los modelos han disminuido sustancialmente la probabilidad de condiciones El Niño en el Pacífico Central de 90 % (condiciones iniciales de enero) a 82 % (condiciones. Iniciales de febrero), por lo que para el mes de marzo se tendría una probabilidad de ocurrencia de El Niño de 74 % y 26 % de que serán condiciones normales. El patrón espacial proyectado de la TSM (Figura 4.2.7) pronosticado típico de un Niño, con calentamiento en el Pacífico central (región Niño 3.4) y en la costa de Perú con anomalías entre 0,5 °C y 1 °C. Asimismo, se prevé lluvias sobre lo normal en el océano Pacífico ecuatorial, mientras que en la costa de Perú condiciones normales (Figura 4.2.6).

5. CONCLUSIONES

Durante el mes de enero, en el Pacífico oriental (región Niño 1+2) y frente a la costa del Perú, los valores de anomalías positivas de la TSM se incrementaron ligeramente respecto al mes anterior. El arribo de las ondas Kelvin cálidas y el debilitamiento de los vientos del sur frente a la costa mantuvieron las condiciones cálidas.

El Anticiclón del Pacífico Sur (APS), en promedio, se mantuvo intenso y replegado al suroeste de su posición habitual, el cual continuó sin mostrar una contribución directa sobre el incremento de los vientos costeros durante enero. No obstante, el APS, sumado al efecto subsidente de una dorsal en el Pacífico oriental, permitieron mantener la componente meridional del viento intensa frente a la costa central y sur, presentándose episodios de vientos intensos hacia la quincena del mes.

En el Pacífico ecuatorial las anomalías positivas de TSM volvieron a aumentar en la región Niño 4 y continuaron mostrando una tendencia descendente en las regiones Niño 3.4 y Niño 3, mientras que en la región Niño 1+2 las anomalías menores a +1 °C, variaron sin definir una clara tendencia. El núcleo del Anticiclón del Pacífico Sur (APS) se presentó más al suroeste de su posición normal con una intensidad mayor a su valor climatológico en 3 hPa. El campo de presión a nivel del mar frente a la costa peruana se presentó en un rango normal.

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

El viento costero continuó mostrando su patrón normal de dirección al sur de Paita, mientras que al norte de esta las anomalías de viento fueron del noroeste. La velocidad del viento a lo largo de la mayor parte de la costa presentó anomalías negativas a partir de la segunda quincena del mes. El afloramiento costero se debilitó frente a la costa norte (Talara y Paita), en comparación al mes anterior (inferior a $250 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} \text{ 100m}^{-1}$), tendiendo a desaparecer a partir de la última semana del mes.

Respecto a enero, las estaciones fijas costeras monitoreadas (100 m) mostraron el ascenso de las isotermas e iso-oxígenas profundas en Paita, Chicama y Callao, mientras que en Atico e Ilo mostraron una profundización. Se observó una disminución de las anomalías térmicas positivas respecto a diciembre en Paita, Chicama y Callao, alcanzando valores alrededor de cero en Paita y Callao a finales de enero. Se destacó frente a Chicama la presencia de ASS, mientras que en Callao y Atico predominaron las ACF).

Las agregaciones de anchoveta se encontraron dispersas y limitadas al sur de Chicama debido a las AES y restringidas dentro de las 20 m.n. por la entrada de ASS. Los indicadores reproductivos de la anchoveta peruana del stock norte-centro indican que el recurso presentó una baja actividad desovante.

Para los próximos meses se espera la llegada de dos ondas Kelvin cálidas, a inicios de febrero (modo1) y en la segunda quincena de marzo (modo 2). Además, también se espera el arribo una onda Kelvin fría a mediados de febrero, la cual podría reducir o contrarrestar el calentamiento provocado por las ondas cálidas.

6. REFERENCIAS

Bentamy, Abderrahim and Croize-Fillon, Denis (2012). Gridded surface wind fields from Metop/ASCAT measurements. *International Journal of Remote Sensing*, 33(6), 1729-1754. doi:10.1080/01431161.2011.600348.

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

Dewitte B., D. Gushchina, Y. duPenhoat and S. Lakeev, 2002: *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.

Illig S., B. Dewitte, N. Ayoub, Y. du Penhoat, G. Reverdin, P. De Mey, F. Bonjean and G.S. E. Lagerloef, 2004: *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, Tippet 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

Lindzen, R. S., and Nigam, S., 1987: On the role of sea surface temperature gradients in forcing low-level winds and convergence in the tropics, *J. Atmos. Sci.*, 44, 17, 2418-2436.

Mantua, N.J. and S.R. Hare, Y. Zhang, J.M. Wallace, and R.C. Francis 1997: A Pacific interdecadal climate oscillation with impacts on salmon production. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 78, 1069-1079.

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.*

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.

7. FIGURAS

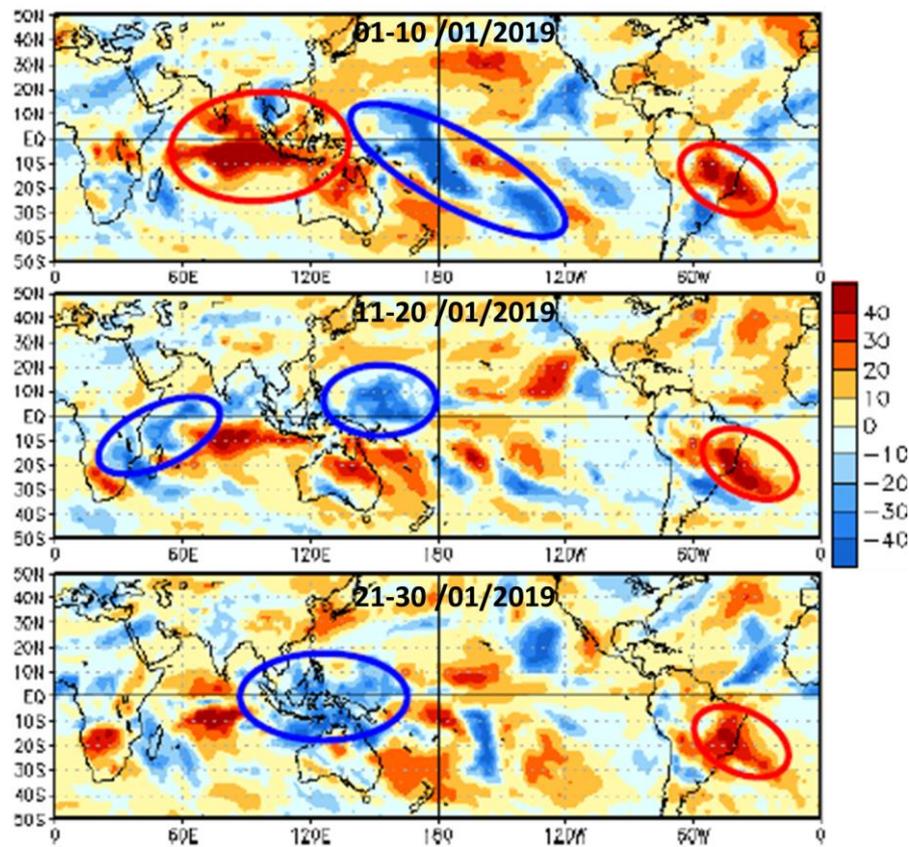
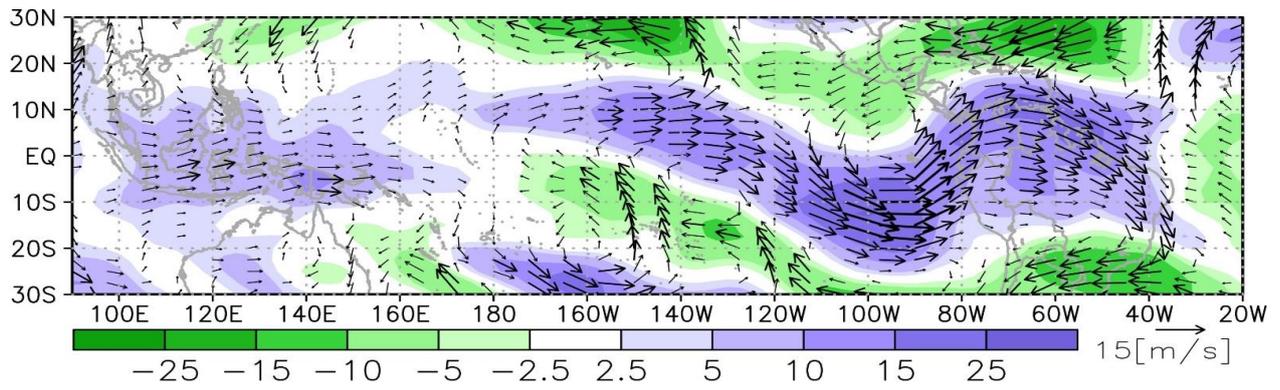
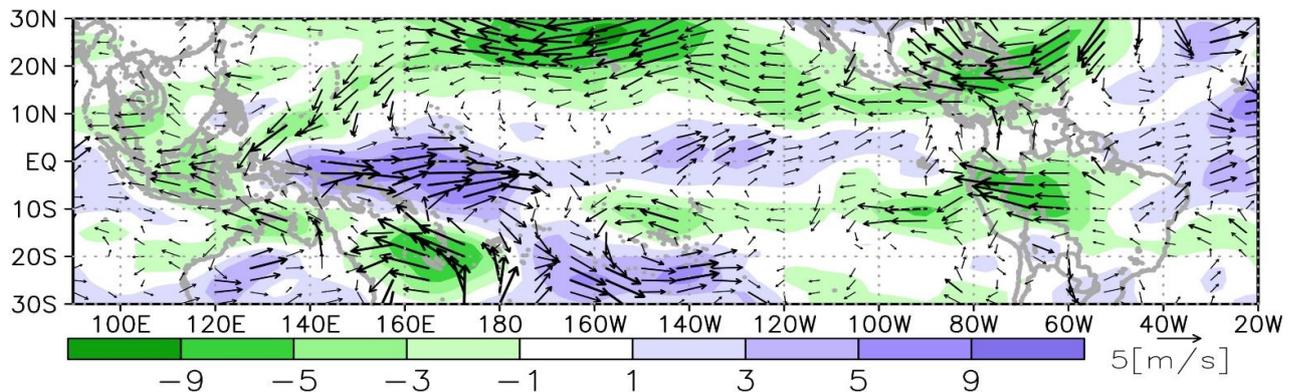


Figura 3.1.1.1. Análisis de la convección tropical para el mes de enero de 2019. a) Anomalías del promedio del campo de Radiación de Onda Larga (OLR-W/m²) segmentado en 10 días cada gráfica; matices en colores, los contornos de rojo/azul indican los valores más altos y bajos de anomalías, respectivamente. Fuente: CPC-NOAA.



a)



b)

Figura 3.1.1.2. Configuración atmosférica en niveles a) altos (300 - 200hPa), y b) bajos (1000 - 850hPa) para el mes de enero de 2019. Anomalías del campo de viento (m/seg, vectores) y anomalías estandarizadas de la componente zonal del viento (matices de colores cada $\pm 0.5 \sigma$ y vectores gruesos representando $\sigma > 1$). Fuente: SPC/SENAMHI.

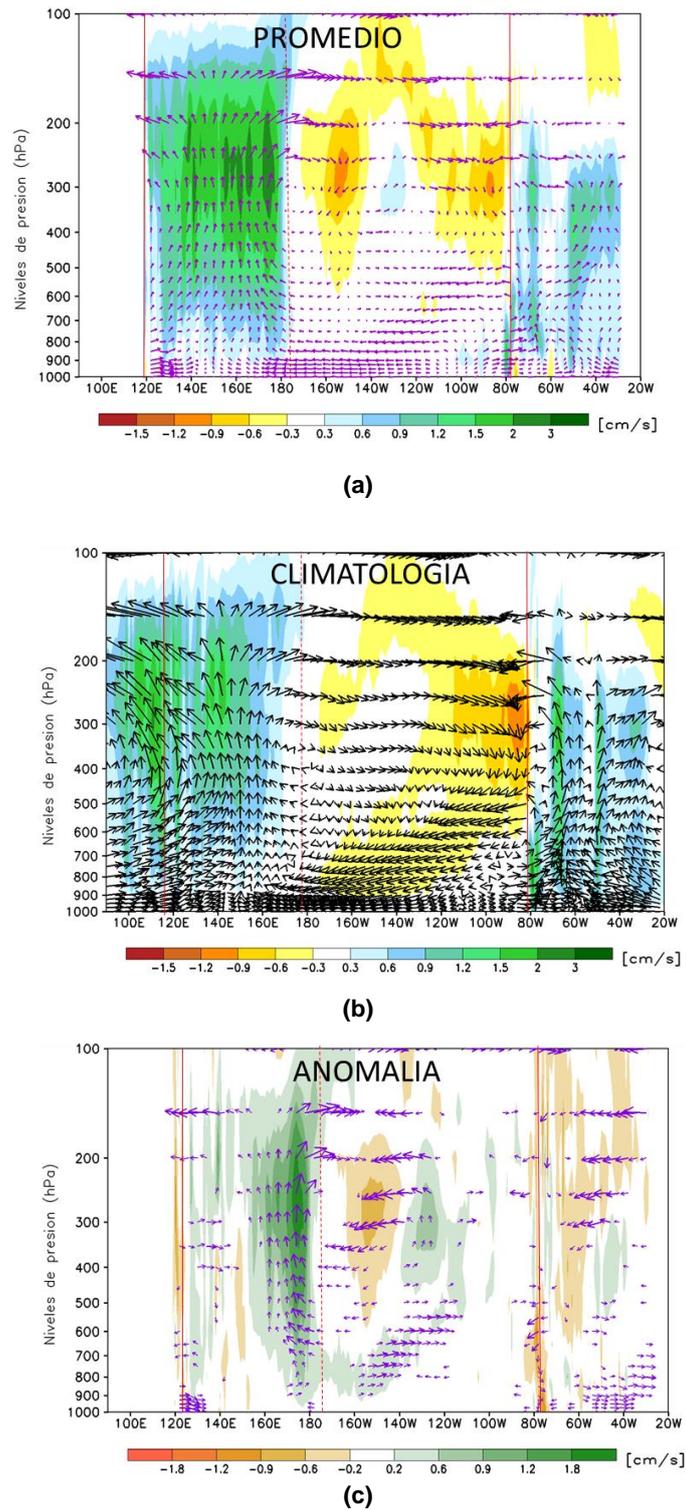


Figura 3.1.1.3. Análisis de la Circulación Atmosférica Ecuatorial (Walker) de este a oeste para el mes de enero 2019. (a), patrón promedio, (b) patrón climatológico y (c) patrón anómalo. Fuente: SPC/SENAMHI.

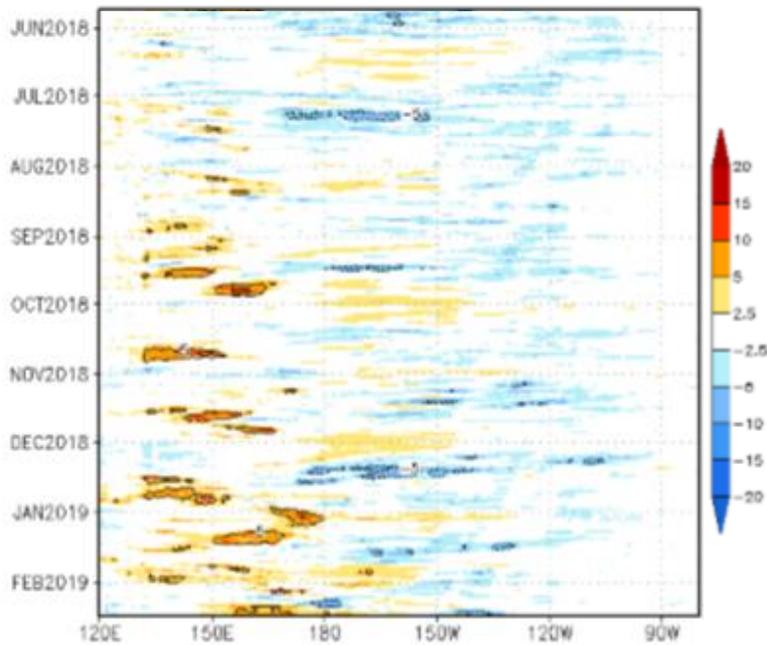


Figura 3.1.1.4. Diagrama longitud-tiempo de las anomalías de esfuerzo de viento zonal ecuatorial basado en datos del escaterómetro ASCAT, hasta el 16 de febrero de 2019, incluyendo los vectores de esfuerzo zonal. Elaboración: IGP.

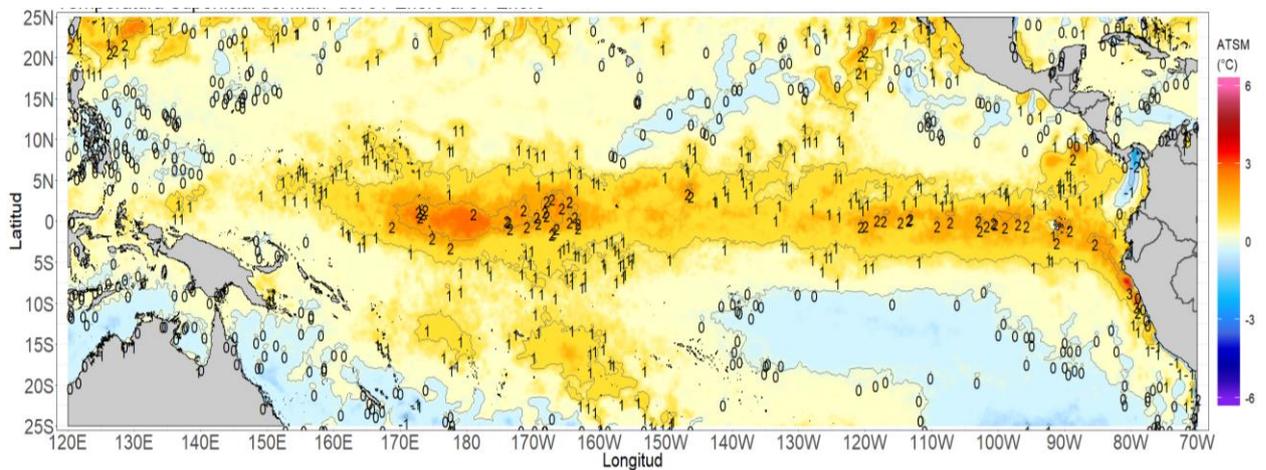


Figura 3.1.1.5. Promedio mensual de las anomalías de la temperatura superficial del mar (°C) en el océano Pacífico tropical de enero 2019. Fuente Datos: OSTIA-Gráfico DHN.

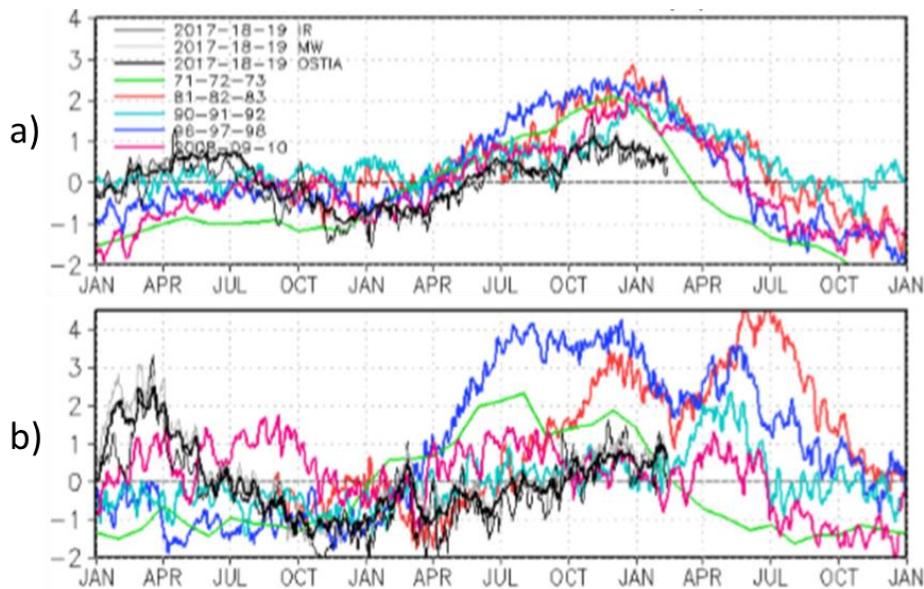


Figura 3.1.1.6. Series de tiempo de la anomalía diaria de la TSM en la región Niño 3.4 (arriba) y en la región Niño 1+2 (abajo). Las líneas en color negro (gruesa), gris y negro (fina) indican la evolución de la anomalía de la TSM en el presente año usando información infrarroja (IR), microondas (MW) y del producto OSTIA, respectivamente. Las líneas de color rojo, azul, celeste y verde, indican la evolución de la anomalía de la TSM para los años de Niña costera 1985, 2007, 2010 y 1988. Elaboración: IGP.

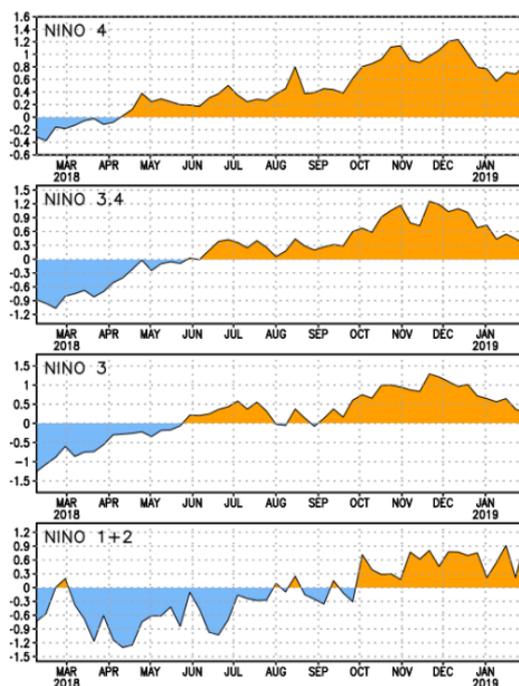


Figura 3.1.1.7. Anomalía semanal de la temperatura superficial del mar por regiones Niño. Fuente: AVHRR NCEP/NOAA.

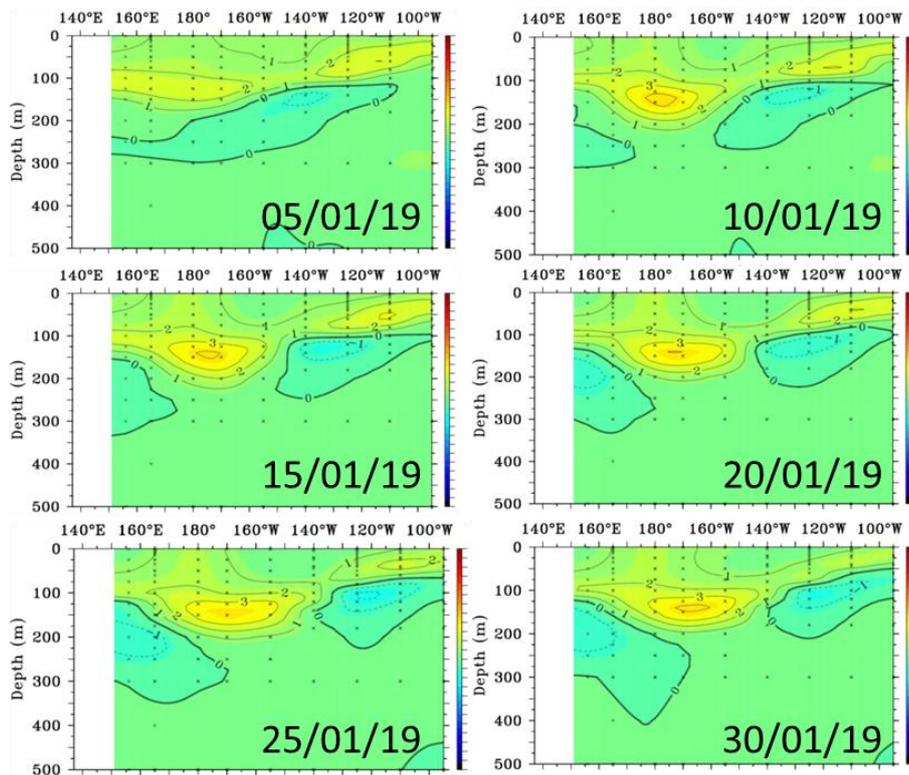


Figura 3.1.2.1. Anomalías de la temperatura sub-superficial del mar (°C) en el océano Pacífico ecuatorial entre los 2°N y 2°S promediadas cada cinco días, finalizando los días 5, 10, 15, 20, 25, 30 de enero de 2019. Fuente: TAO/TRITON, PMEL/NOAA.

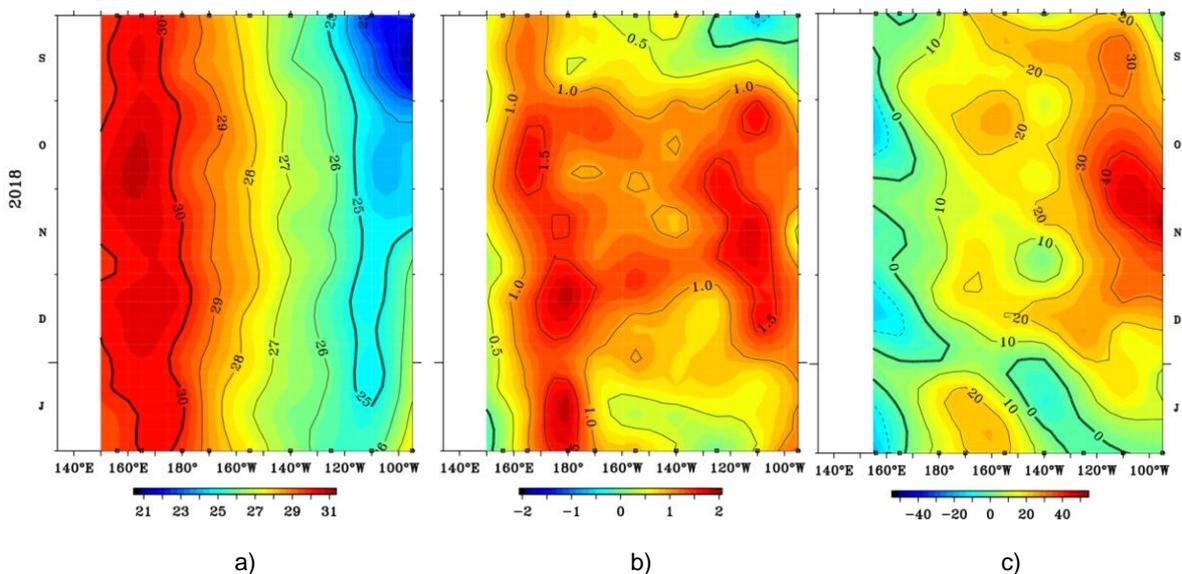


Figura 3.1.2.2. Diagrama longitud-tiempo a) temperatura superficial del mar (°C) b) anomalía de la temperatura superficial del mar (°C) y c) anomalía de la profundidad de la isoterma de 20 °C (m), desde setiembre 2018 a enero 2019. Fuente: Global Tropical Moored Buoy Array Program office, NOAA/PMEL.

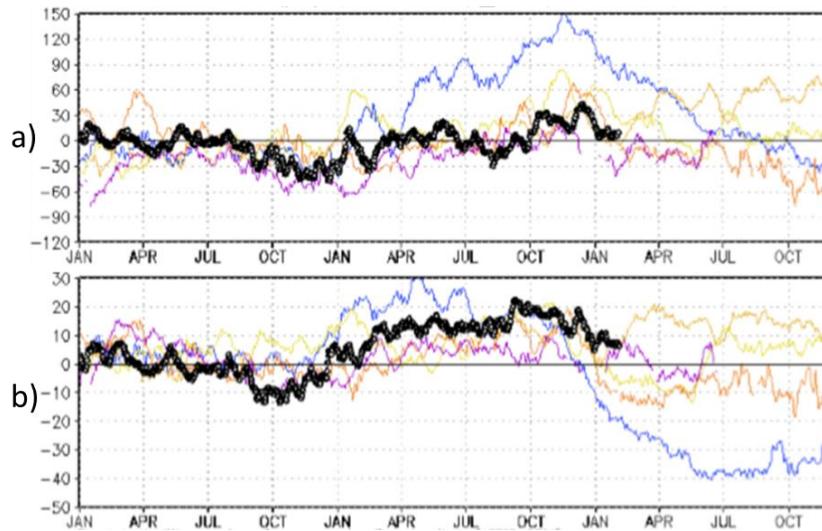


Figura 3.1.2.3. a) Inclinación de la termoclina en el Pacífico ecuatorial basado en los datos de las boyas TAO entre 2°N y 2°S. b) Anomalia promedio de la profundidad de la isoterma en la región ecuatorial basado en los datos de las boyas TAO entre 2°N y 2°S. Elaboración: IGP.

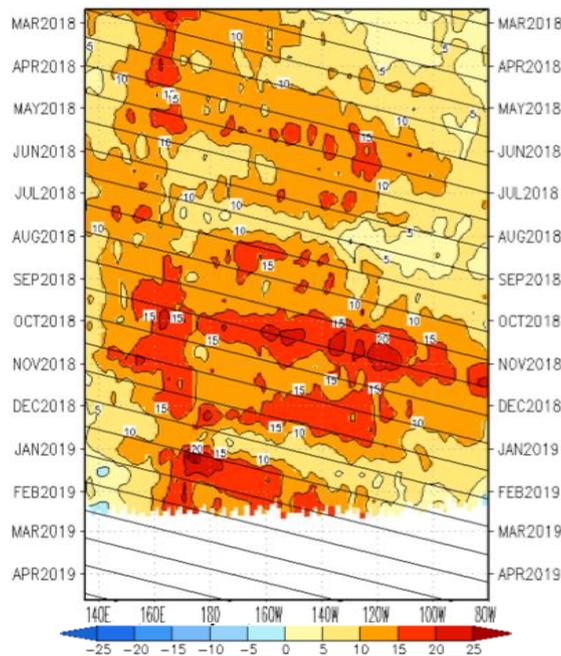


Figura 3.1.2.4. Anomalia del Nivel medio del mar en el Pacífico ecuatorial desde marzo 2018 hasta 19 febrero 2019. Fuente: Datos DUACS, Elaboración IGP.

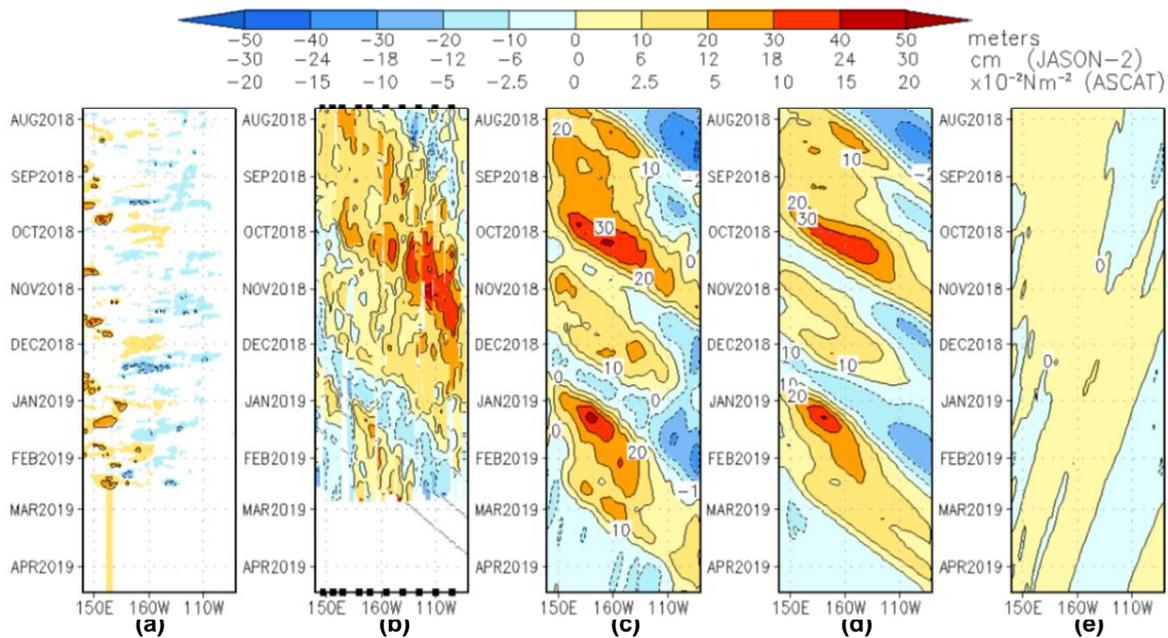


Figura 3.1.2.5. (a) Diagrama longitud-tiempo de las anomalías de esfuerzo de viento zonal ecuatorial basado en datos de WINSAT (b), anomalía de la profundidad de la isoterma de 20 °C datos de TAO y los derivados de ARGO (c), diagrama de la onda Kelvin y Rossby (d), diagrama de la onda Kelvin (e) y finalmente 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.

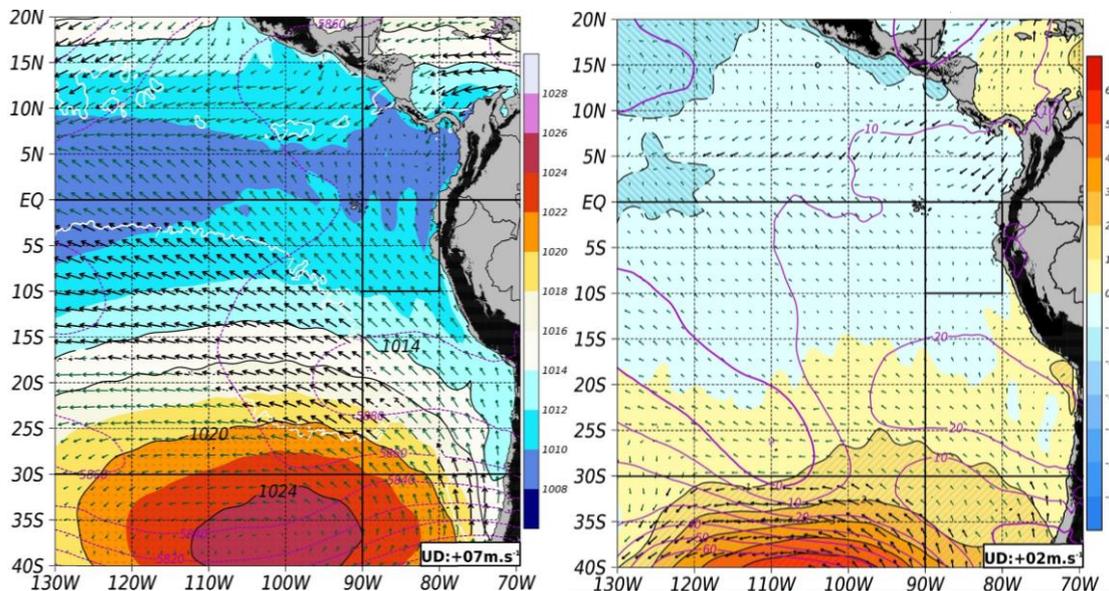
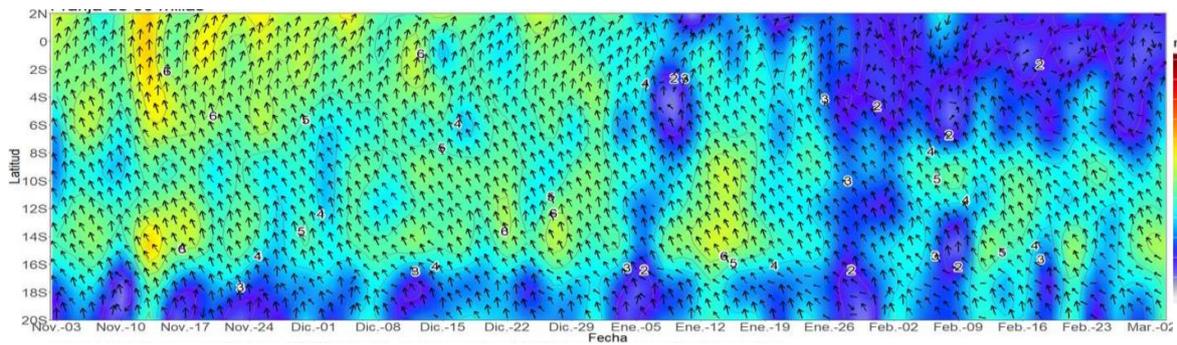
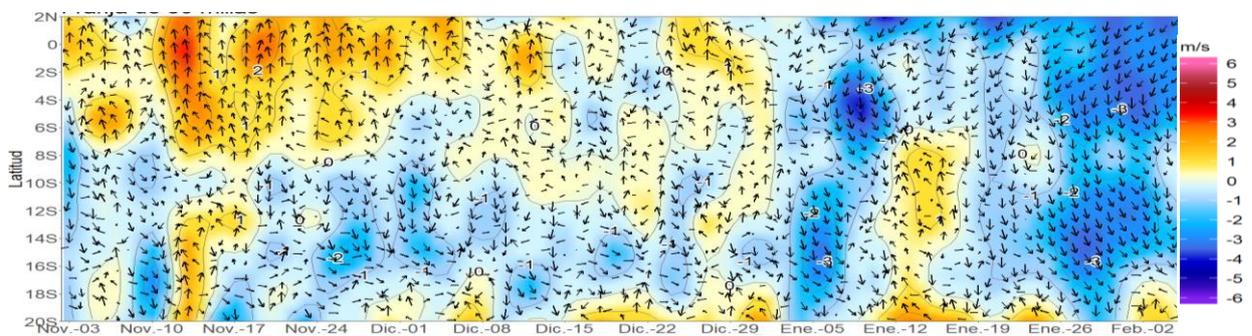


Figura 3.2.1.1. a) Promedio del campo de presión reducida a nivel del mar (PRMSL, hPa) y vientos a 500 hPa, vectores gruesos representan velocidad estandarizadas, ($\sigma > 1$). b) Anomalías del campo de viento (m/s) y PRMSL (hPa), las matices en colores representan valores estandarizados de la PRMSL cada ± 1 , vectores gruesos indican velocidades anómalas del viento total, $\sigma > 1$. Para el periodo del 01-31/01/19 Fuente: SPC/SENAMHI.



(a)



(b)

Figura 3.2.1.2. Diagrama de Hovmöller de la a) magnitud (m/s) y dirección del viento (°) y b) anomalía de viento (m/s) desde noviembre de 2018 hasta primeros días de febrero de 2019. Datos: ASCAT, Gráfico: DIHIDRONAV.

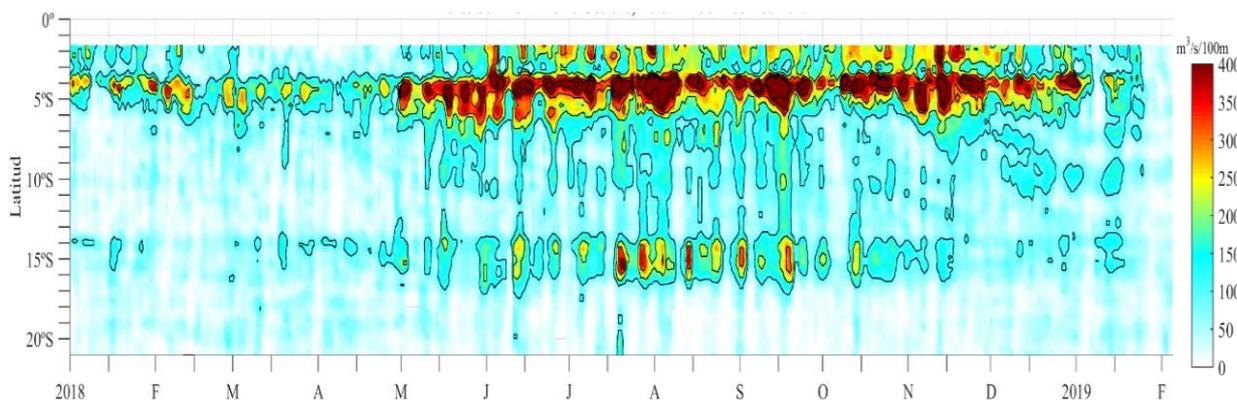


Figura 3.2.1.3. Diagrama de Hovmöller del Índice de afloramiento costero ($m^3/s \times 100m$), calculado a partir del viento satelital ASCAT a 40 Km frente a la costa del Perú. Los contornos señalan la persistencia del afloramiento bajo condiciones de velocidad mayor a 4 m/s durante 5 días o más. Fuente: Satélite ASCAT, Procesamiento: Laboratorio de Hidro-Física Marina, IMARPE. Actualizada hasta el 05/02/2019.

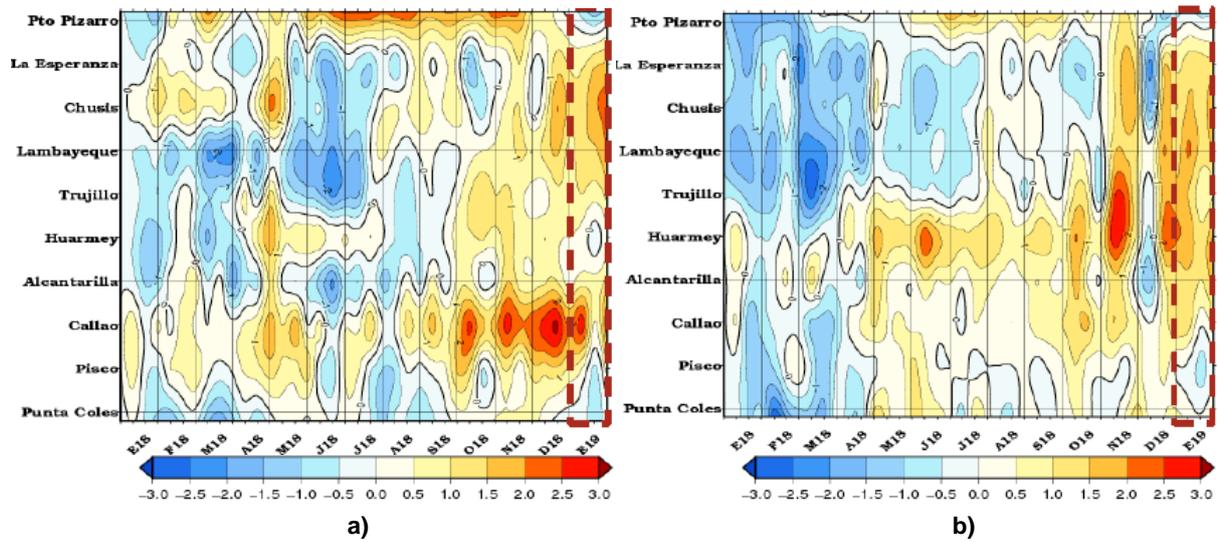


Figura 3.2.2.1. Anomalías de las temperaturas extremas del aire (°C) en la costa peruana desde enero 2018 a enero de 2019. a) Temperatura máxima y b) Temperatura mínima. Fuente: SENAMHI.

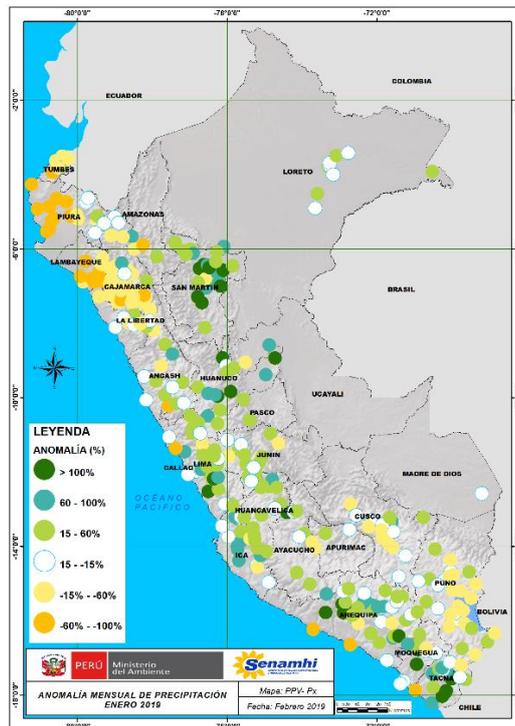
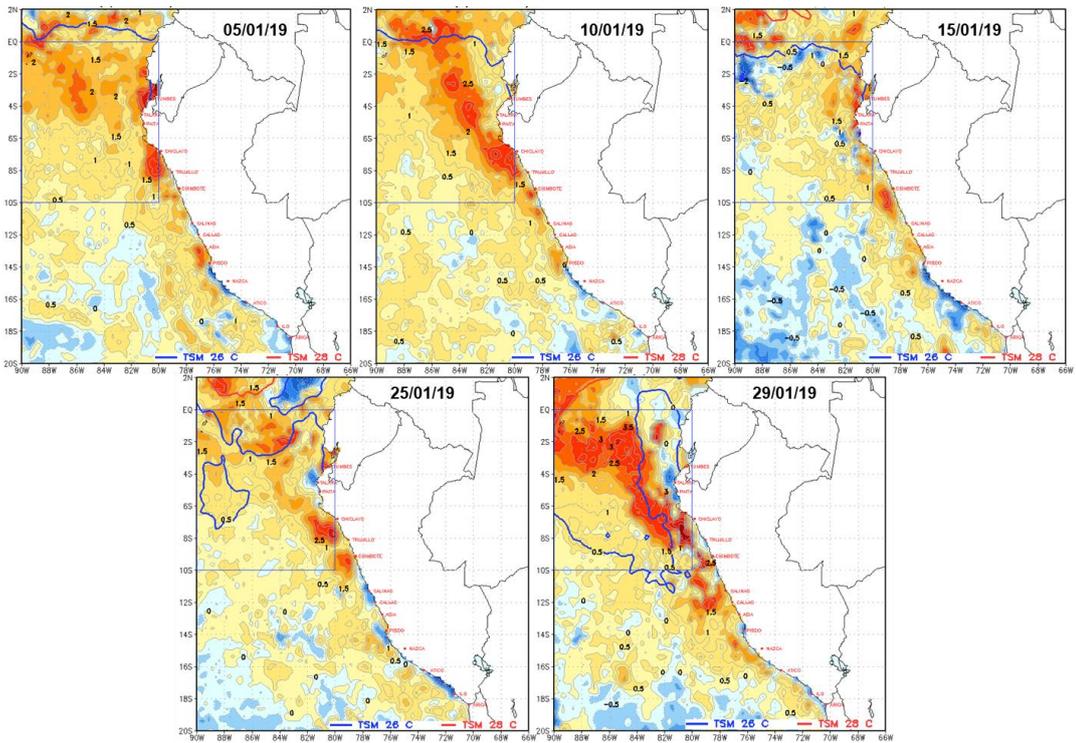
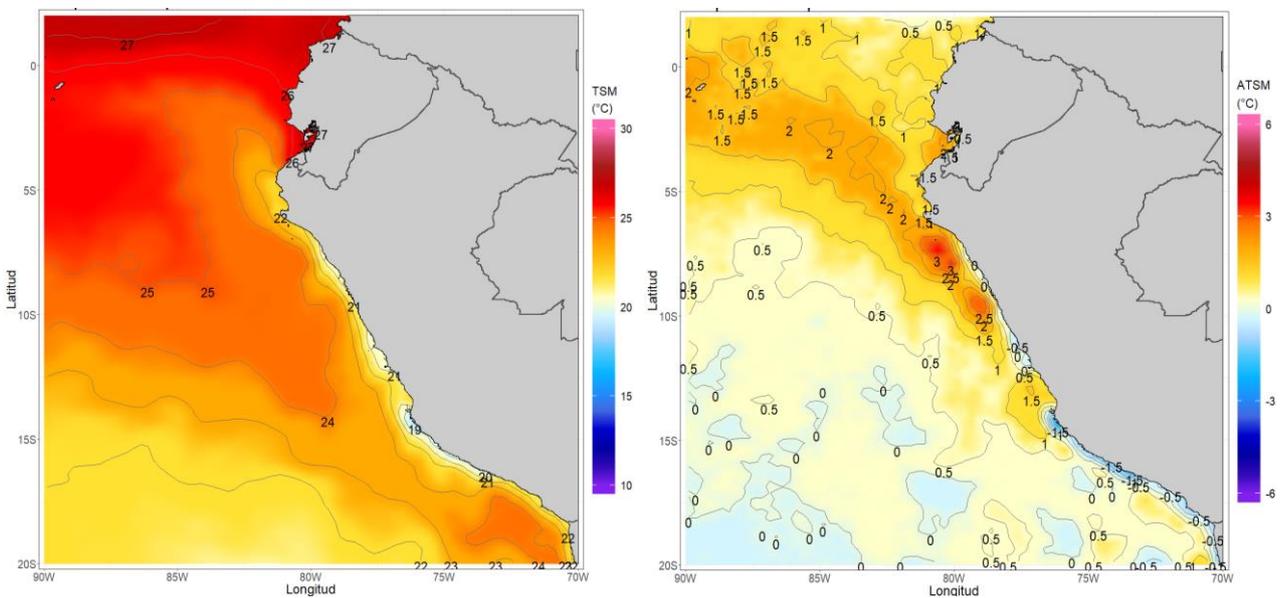


Figura 3.2.3.1. Mapa de anomalías de precipitación acumulada mensual (%) de enero 2019, registradas en las estaciones meteorológicas. Fuente SENAMHI.



a)



b)

Figura 3.2.4.1. a) Anomalías de la temperatura superficial del mar del 05, 10, 15, 20, 25 y 29 de enero de 2019. b) Promedio de enero de 2019 de la temperatura y anomalía. Climatología 1981 – 2009 (Pathfinder V5). Fuente Datos OSTIA, Procesamiento y gráfico: DIHIDRONAV.

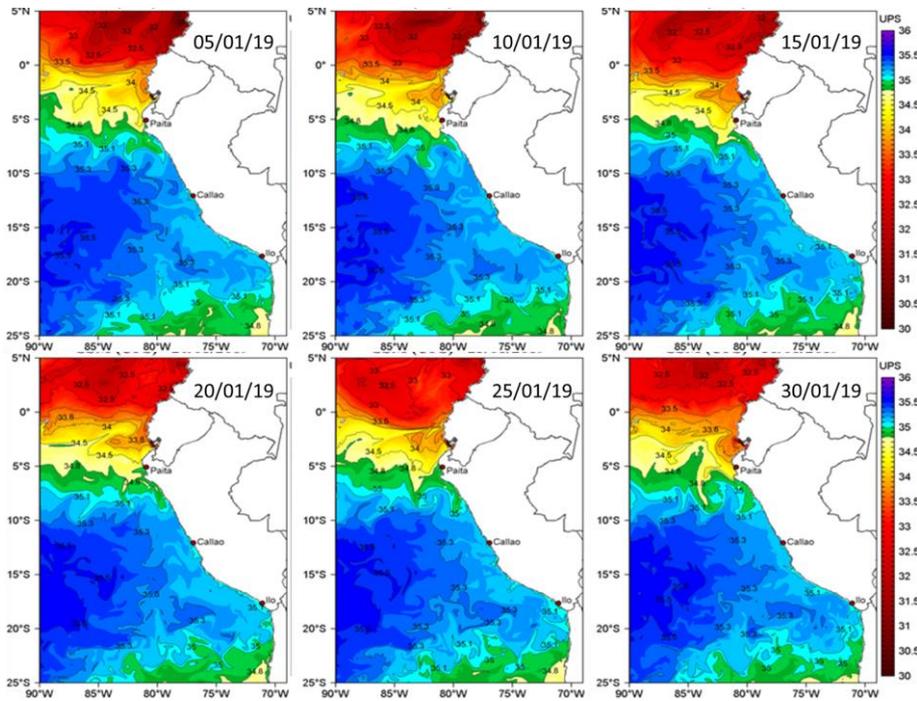
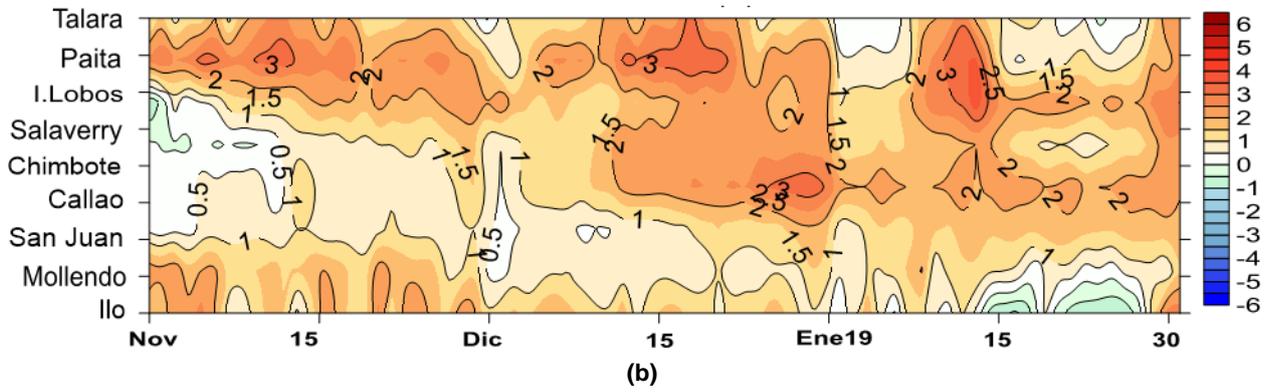


Figura 3.2.4.2. Distribución espacial de salinidad superficial del mar (SSM), durante los días 05, 10, 15, 20, 25 y 31 de enero del 2019. Fuente: HYCOM, Procesamiento: DGIOCC-IMARPE.

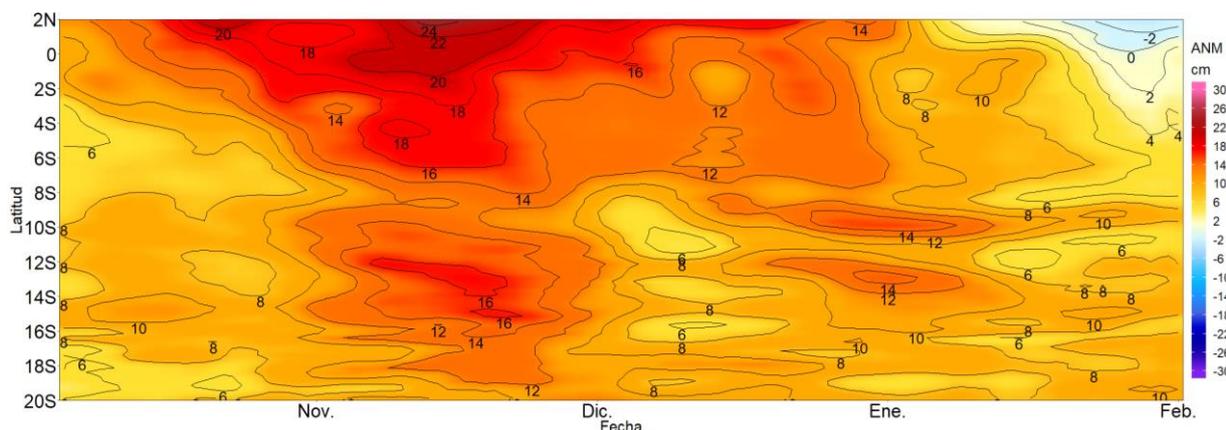


(a)

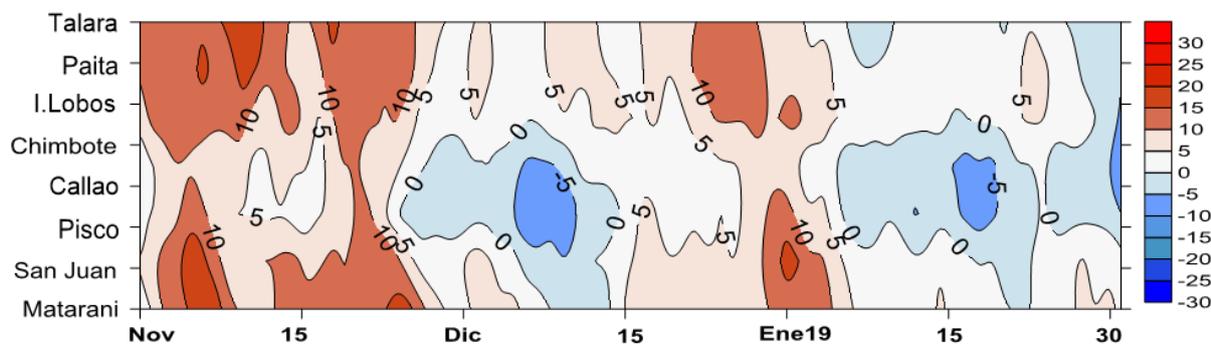


(b)

Figura 3.2.4.3. a) Series temporales del promedio diario de las anomalías de la temperatura superficial del mar (°C) y b) Diagrama Hovmöller de las anomalías de la temperatura en el litoral de Perú de noviembre 2018 a enero de 2019. Fuente: DIHIDRONAV.



(a)



(b)

Figura 3.2.4.4. a) Diagrama Hovmöller de la anomalía del nivel medio del mar (cm), octubre 2018 – enero 2019, para la franja de 60mn adyacente a la costa. Fuente: CMEMS, Procesamiento DHN. b) Diagrama Hovmöller de la anomalía del nivel medio del mar (cm) en el litoral de Perú de noviembre 2018 a enero 2019. Fuente: DIHIDRONAV.

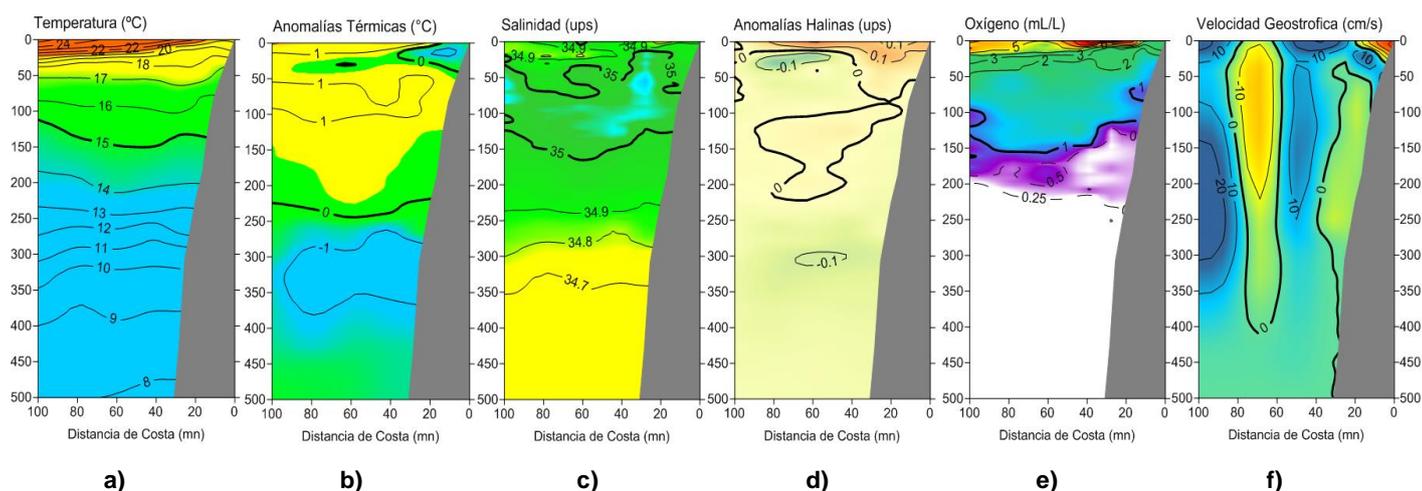


Figura 3.2.4.5. Distribución vertical de: a) temperatura (°C), b) anomalía de temperatura (°C), c) salinidad (ups), d) anomalía de salinidad (ups), e) oxígeno (mL.L-1) y f) velocidad geostrofica (cm/s) frente a Paíta, realizada durante el 27 y 28 de enero de 2019. Fuente: IMARPE.

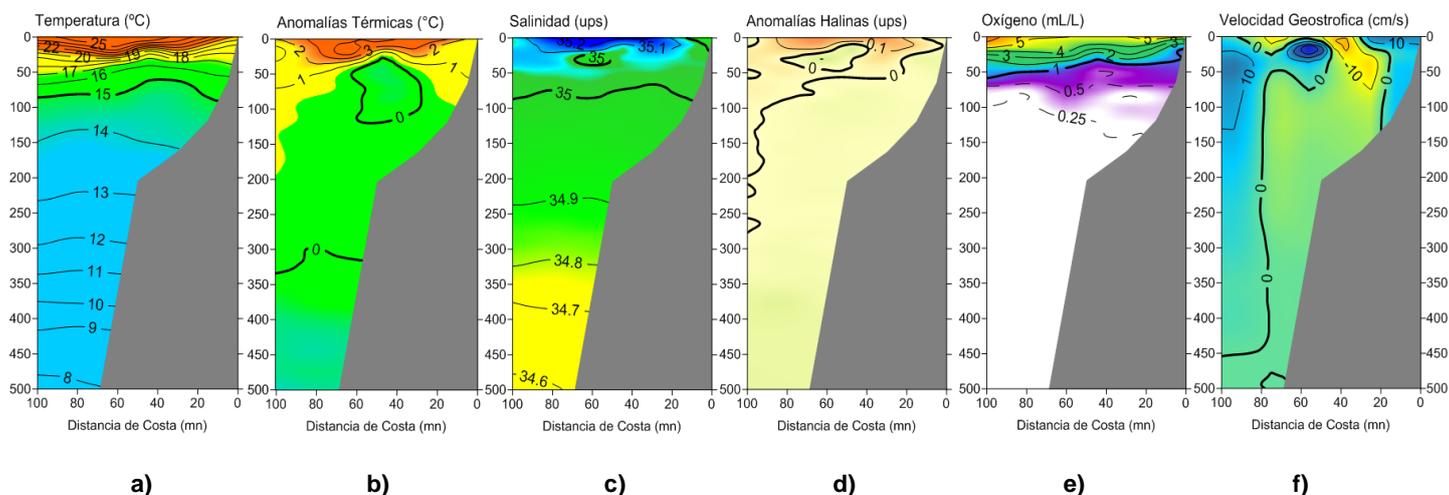


Figura 3.2.4.6. Distribución vertical de: a) Temperatura superficial del mar (°C), b) Anomalía de temperatura superficial del mar (°C), c) Salinidad superficial del mar (ups), d) Anomalía de salinidad superficial del mar (ups), e) Oxígeno (mL.L-1) y f) Velocidad geostrofica (cm/s) frente a Chicama, realizada durante el 30 y 01 de febrero de 2019. Fuente: IMARPE.

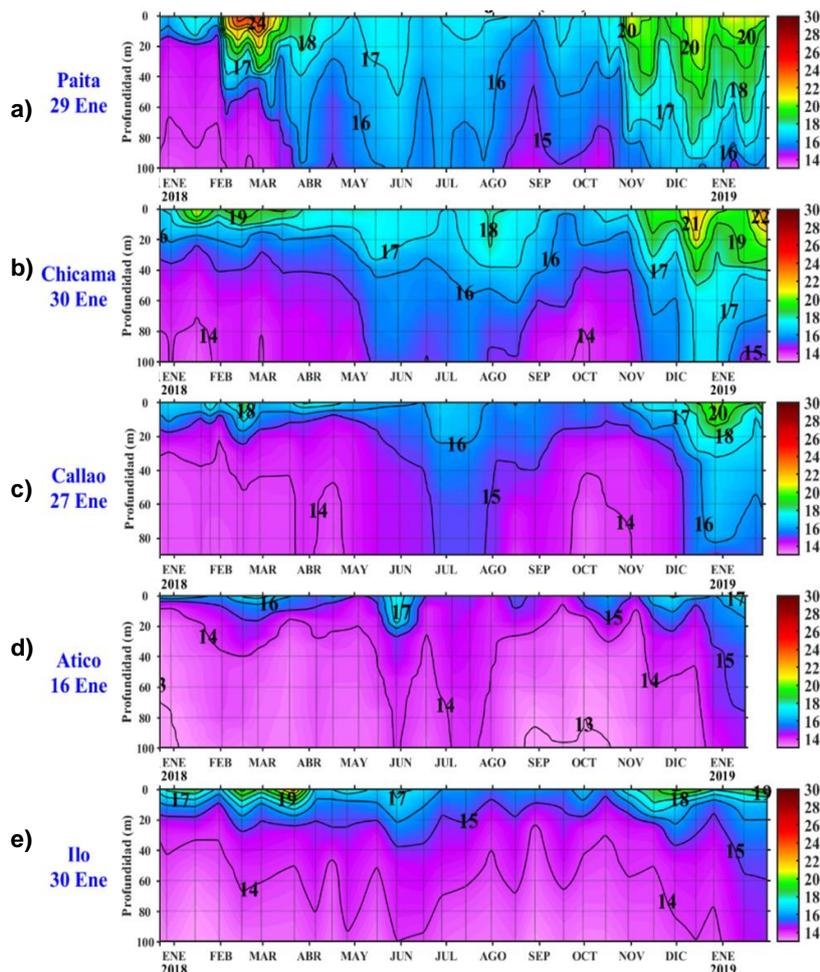


Figura 3.2.5.1. Series de tiempo de la estructura térmica (°C) en las Estaciones Fijas de: a) Paita, b) Chicama, c) Callao, d) Atico, e) Ilo de enero de 2018 a enero de 2019.

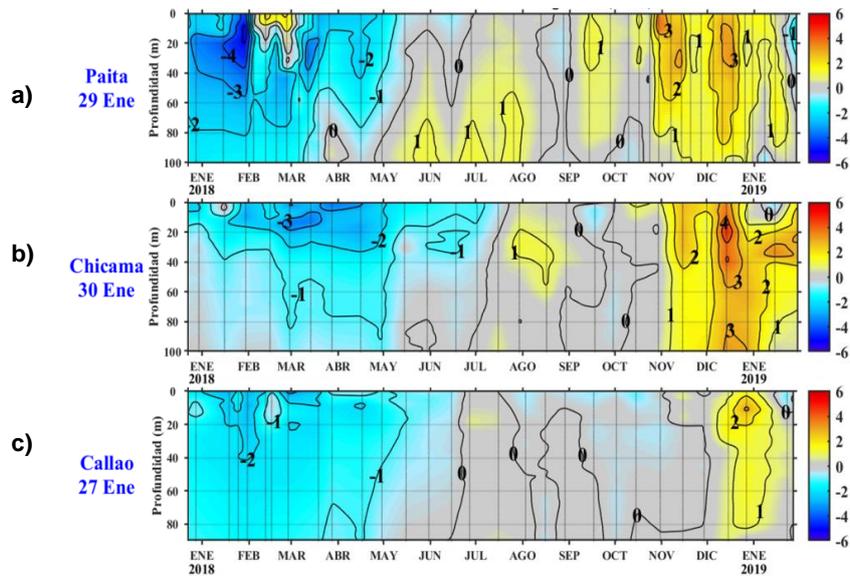


Figura 3.2.5.2. Series de tiempo de la anomalía térmica (°C) en las Estaciones Fijas de: a) Paita, b) Chicama y c) Callao de enero de 2018 a enero de 2019.

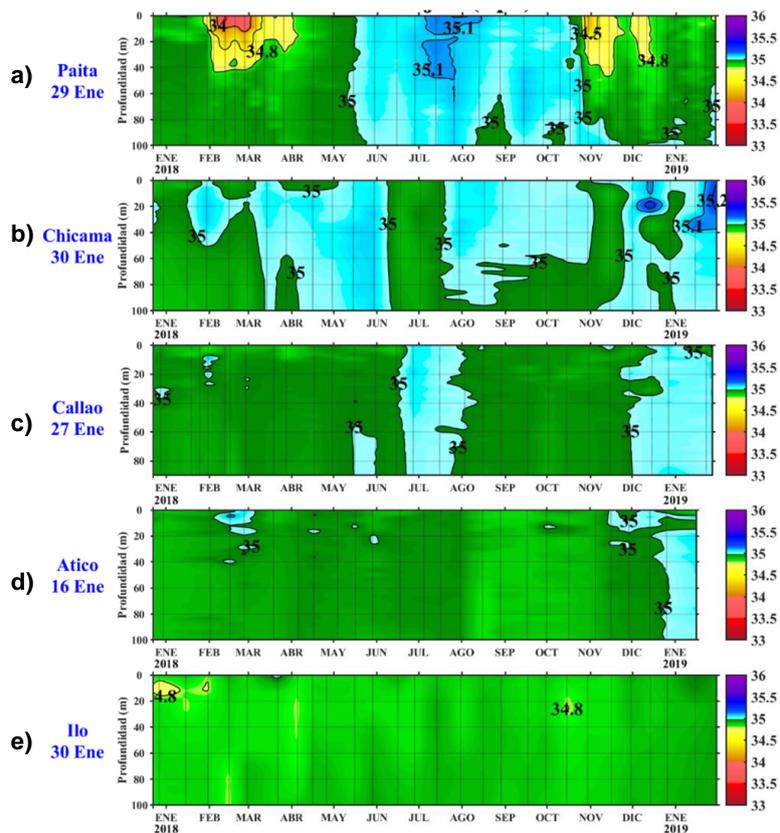


Figura 3.2.5.3. Series de tiempo de la Salinidad del agua de mar (ups) en las Estaciones Fijas de a) Paita, b) Chicama, c) Callao, d) Atico y e) Ilo de julio de 2017 a enero de 2019.

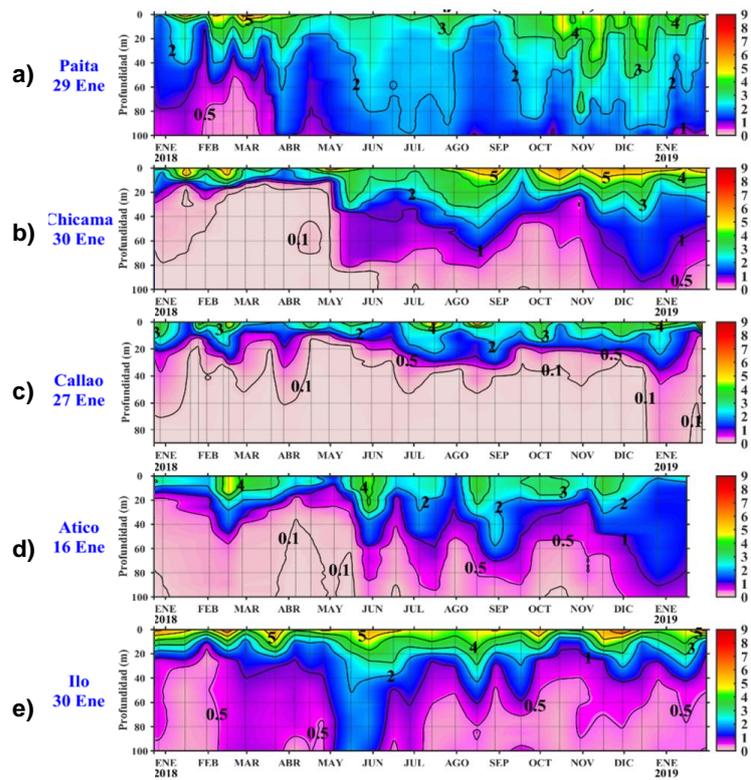


Figura 3.2.5.4. Series de tiempo de la concentración de oxígeno disuelto (mL.L^{-1}) en las Estaciones Fijas para a) Paíta, b) Chicama, c) Callao, d) Atico y e) Ilo de enero de 2018 a enero de 2019.

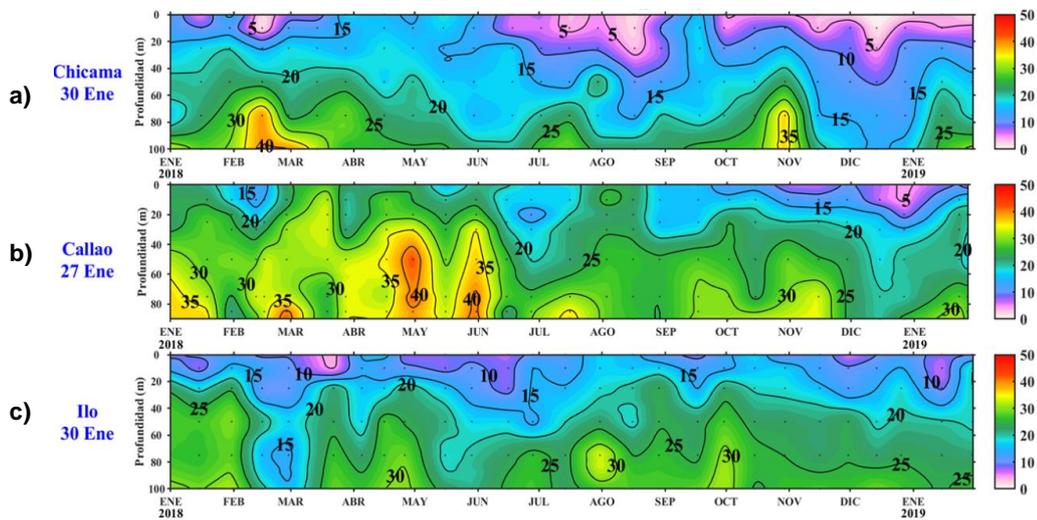


Figura 3.2.6.1. Concentración de silicatos en $\mu\text{mol L}^{-1}$ en las Estaciones Fijas de a) Chicama, b) Callao y c) Ilo de IMARPE entre enero 2018 a enero 2019.

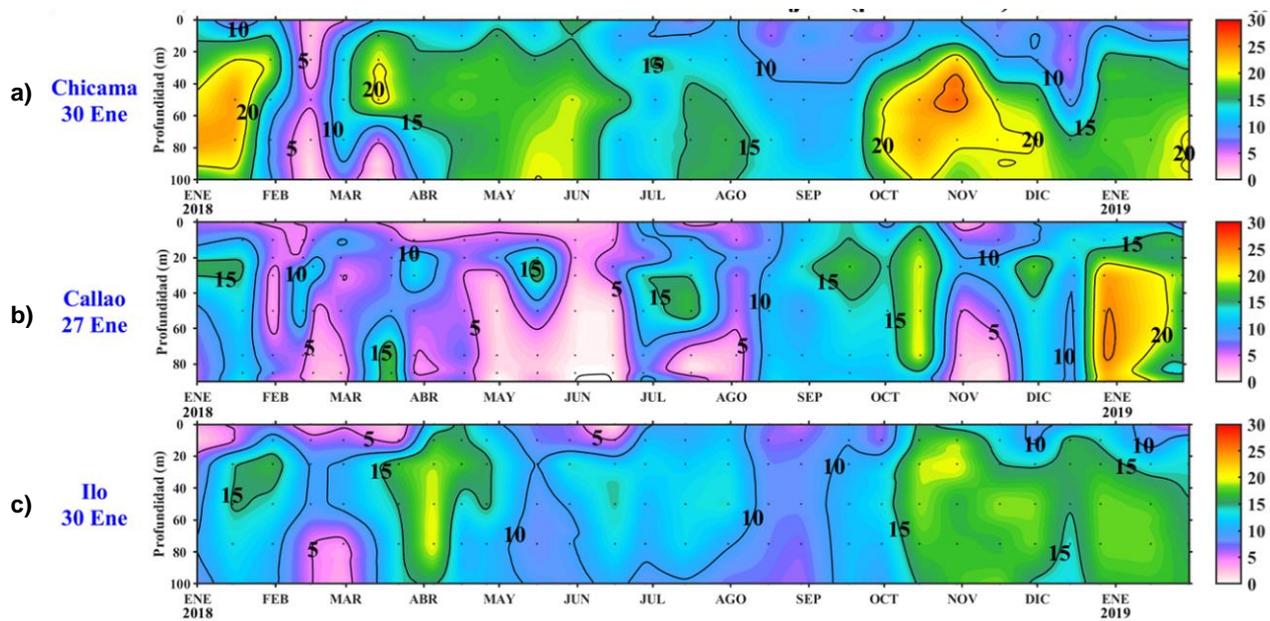


Figura 3.2.6.2. Concentración de nitratos en $\mu\text{mol L}^{-1}$ en las Estaciones Fijas de a) Chicama, b) Callao y c) Ilo de IMARPE entre enero 2018 a enero 2019.

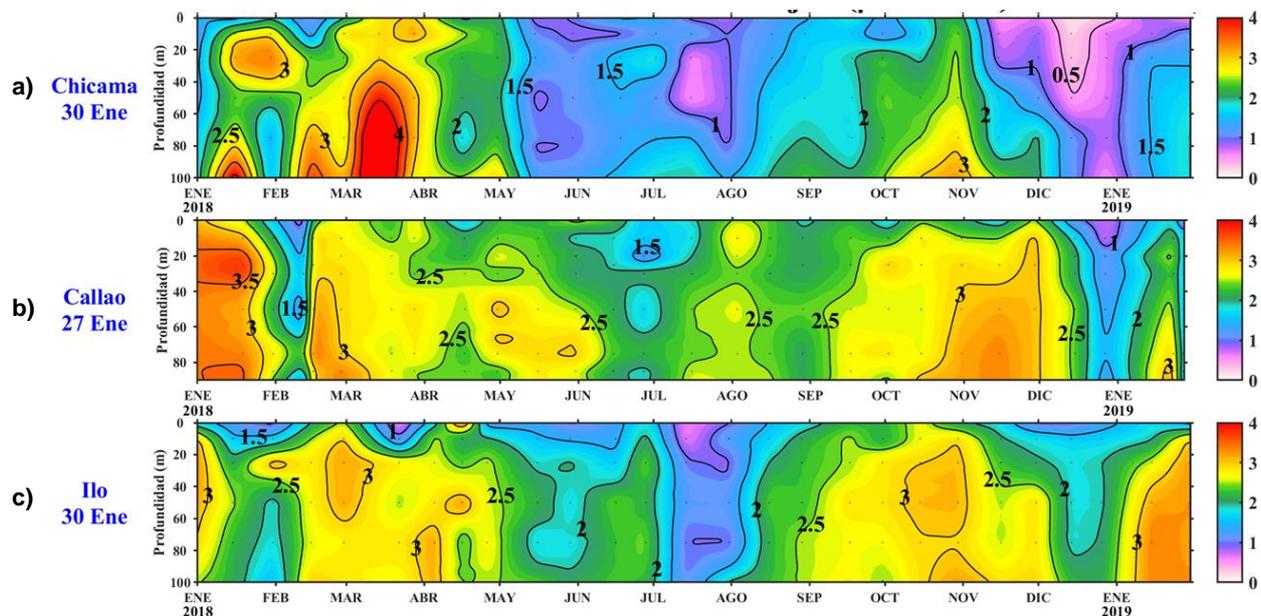


Figura 3.2.6.3 Concentración de fosfatos en $\mu\text{mol L}^{-1}$ en las Estaciones Fijas de a) Chicama, b) Callao y c) Ilo de IMARPE entre enero 2018 a enero 2019.

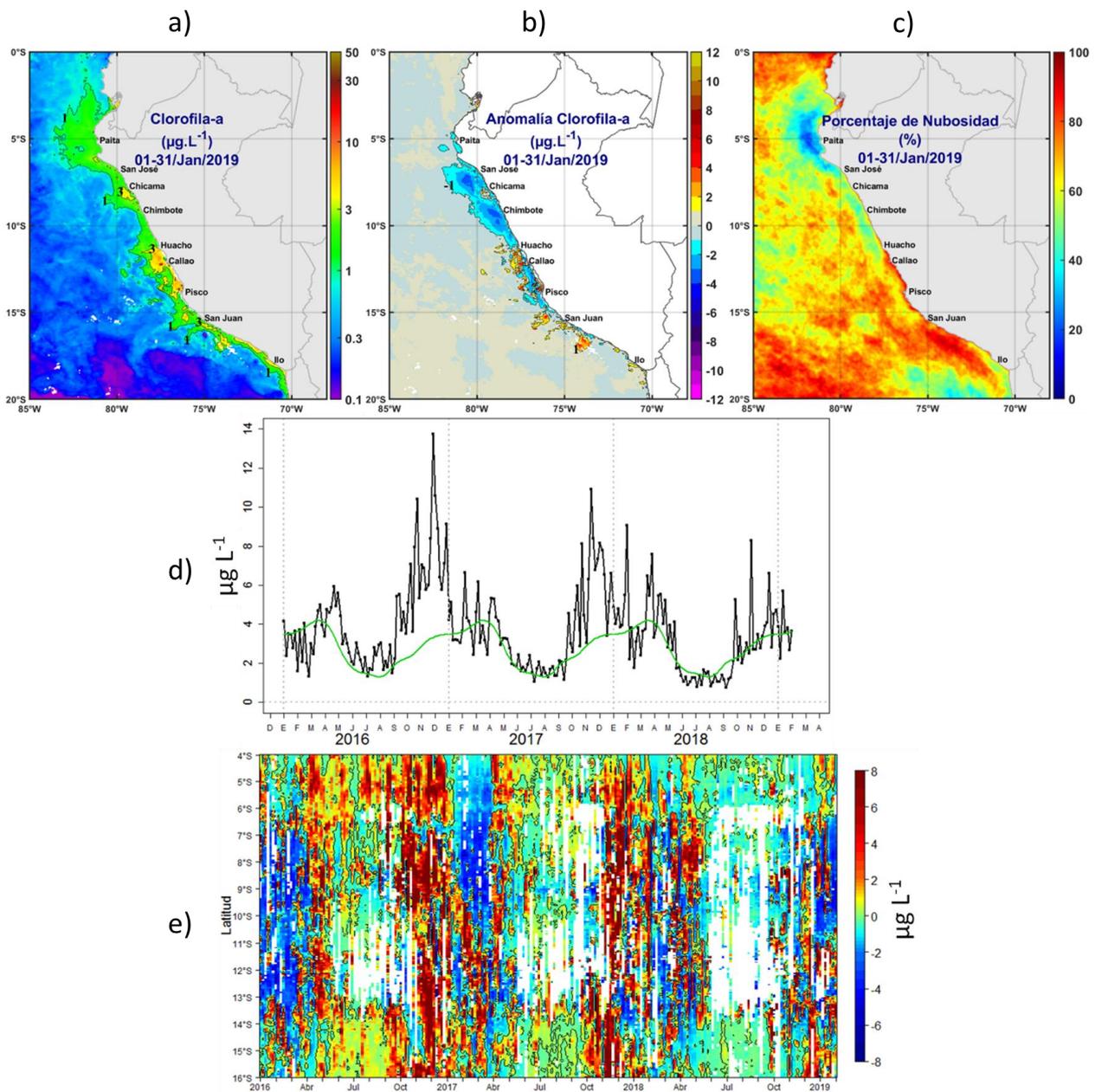


Figura 3.2.6.4. a) Mapa de la concentración de clorofila-a; b) Mapa de anomalía de la concentración de clorofila-a satelital proveniente de MODIS-AQUA, VIIRS-SNPP durante enero de 2019; c) Número de días con nubes; d) Serie de tiempo para 4°S-16°S y dentro de los 100 km de la costa, de las concentraciones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

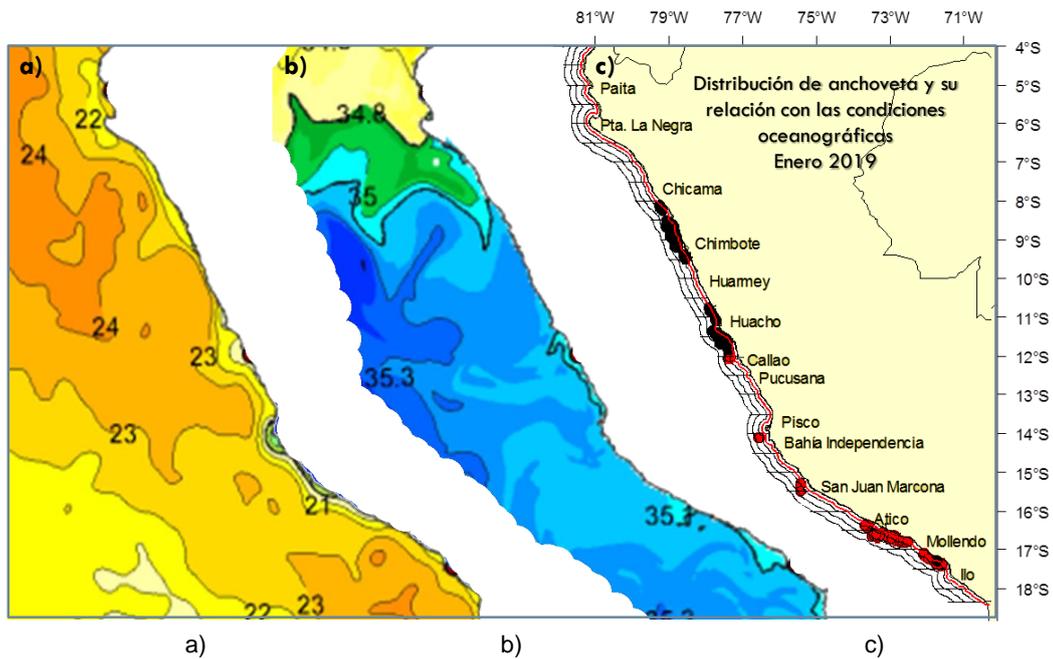


Figura 3.2.7.1. a) Temperatura superficial del agua (°C) en el mar peruano. Fuente PODAAC/OSTIA, b) Distribución espacial de salinidad superficial del mar (SSM). Fuente: HYCOM y c) Puntos de pesca de anchoveta en el mar peruano. Enero 2019. Fuente: LBR/AFIRNP/DGIRP/IMARPE.

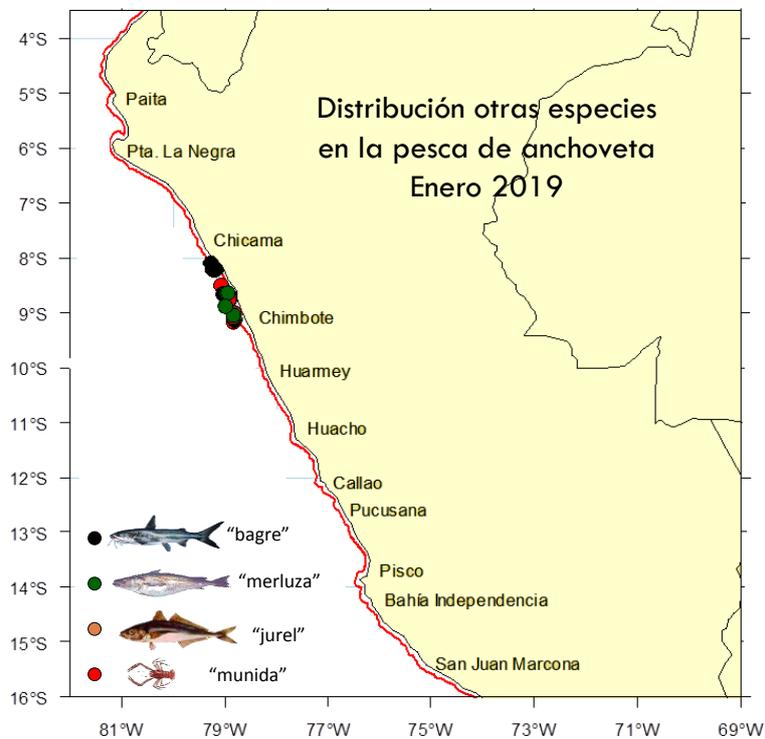


Figura 3.2.7.2. Distribución de peces incidentales en la pesca de jurel, caballa y otras especies durante enero 2019. Fuente: PBP/ADPERP/DGIRP/IMARPE.

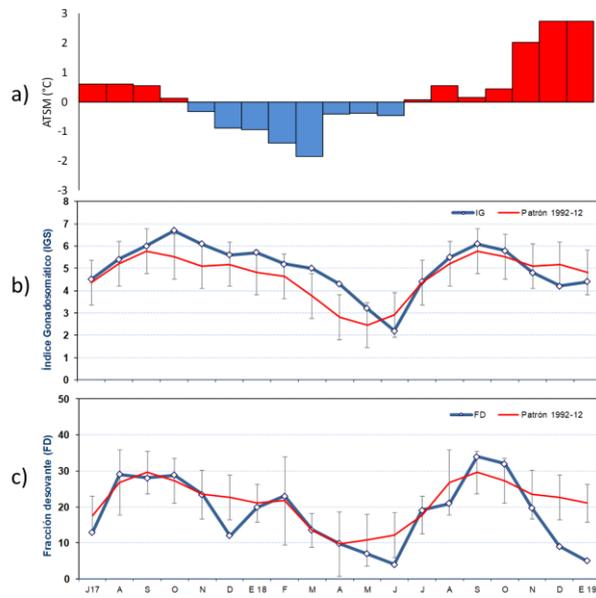


Figura 3.2.7.3. a) Anomalia de la TSM (°C) de Chicama. Indicadores reproductivos, a) Índice Gonadosomático (IGS) y b) Fracción Desovante (FD) del stock norte – centro de anchoveta. Serie mensual: julio 2017 – enero 2019. Fuente: LBR/AFIRNP/DGIRP/IMARPE.

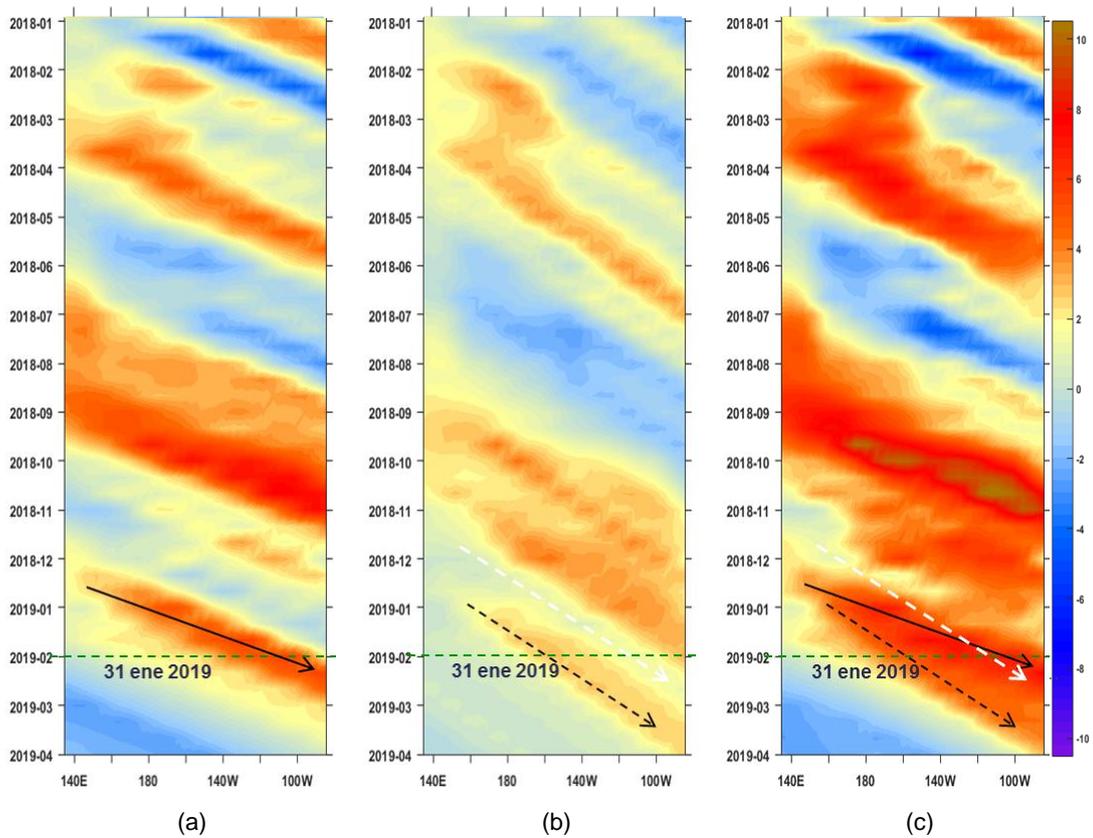


Figura 4.2.1. Diagrama Hovmöller longitud-tiempo de las ondas Kelvin en el océano Pacífico ecuatorial (0°N): (a) Modo 1, (b) Modo 2, (c) Modos 1+2. La línea discontinua horizontal, en verde, indica el inicio del pronóstico sin el forzante de vientos. Fuente: IMARPE, forzado con vientos de NCEP (Figuras a-c).

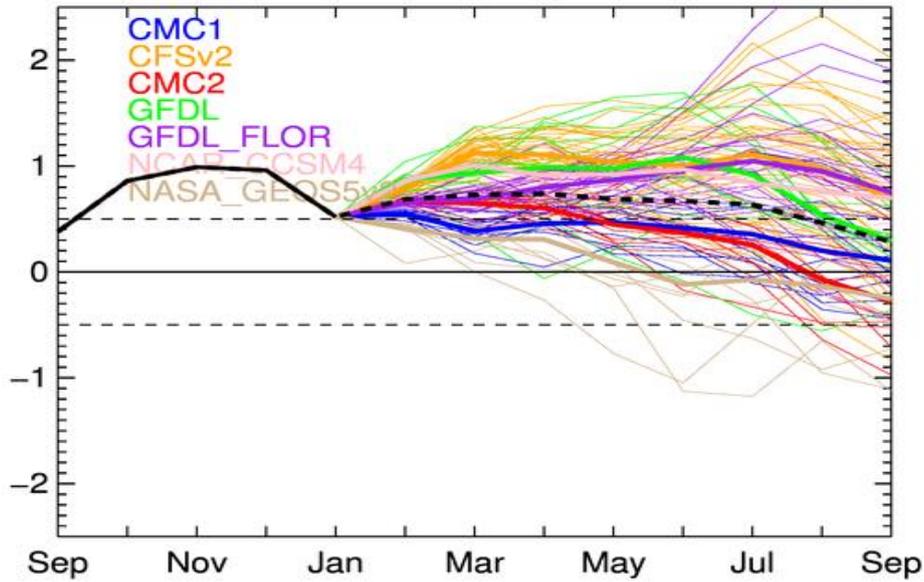


Figura 4.2.2. Índice Niño 3.4 mensual observado y pronosticado por los modelos de NMME con condición inicial el mes de enero 2019. Fuente: CPC/NCEP/NOAA.

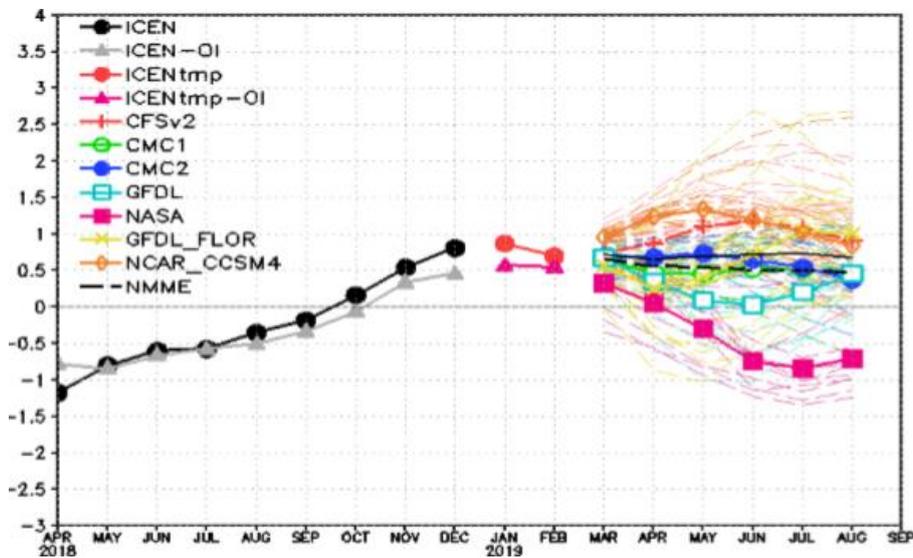


Figura 4.2.3. Índice Costero El Niño (ICEN, negro con círculos llenos) y su valor temporal (ICENtmp, rojo con círculo lleno). Además, pronósticos numéricos del ICEN (media móvil de 3 meses de las anomalías pronosticadas de TSM en Niño 1+2) por diferentes modelos climáticos. Los pronósticos de los modelos CFSv2, CMC1, CMC2, GFDL, NASA, GFDL_FLOR y NCAR_CCISM4 tienen como condición inicial el mes de enero de 2019. Fuente: IGP, NOAA, proyecto NMME.

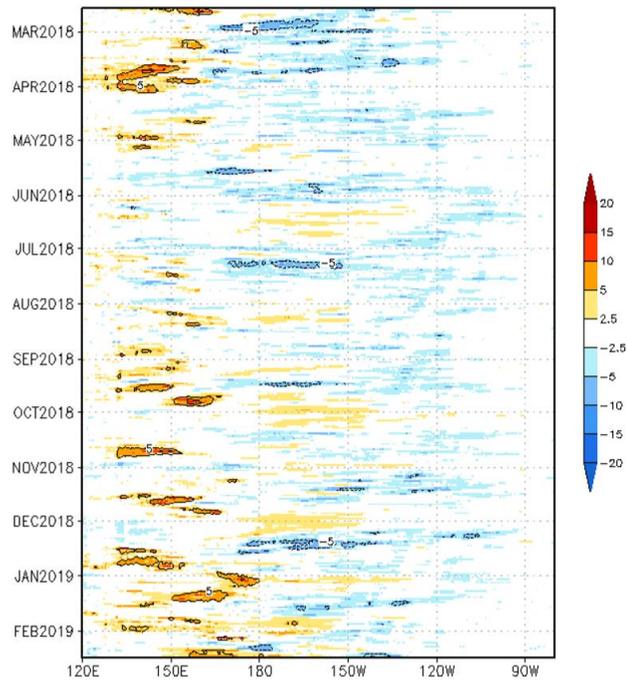


Figura 4.2.4. Pronóstico de vientos del modelo GFS en el Pacífico ecuatorial (2°N-2°S), hasta el 16 de febrero de 2019.

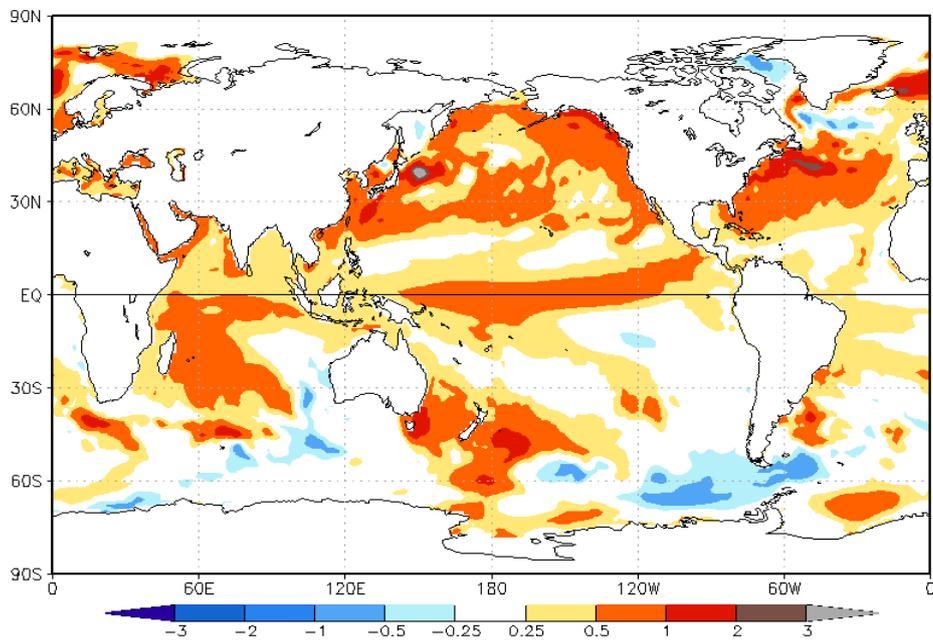


Figura 4.2.5. Pronósticos probabilísticos de temperatura superficial del mar para marzo-mayo de 2019 por modelos de NMME inicializados en enero 2019 (Fuente: NOAA).

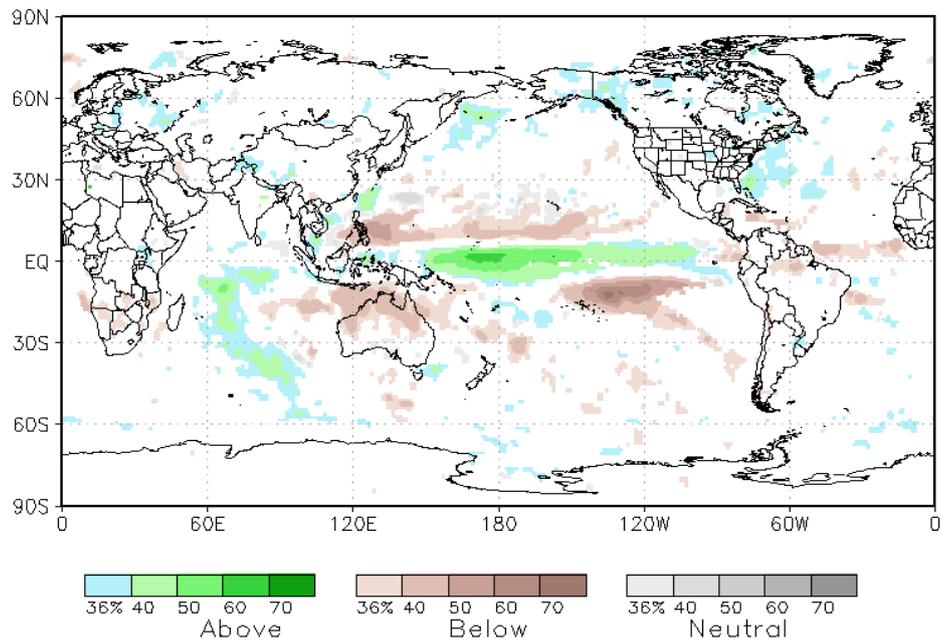


Figura 4.2.6. Pronósticos probabilísticos de precipitación para febrero-marzo 2019 por modelo de NMME inicializados en enero 2019. Fuente: NOAA.

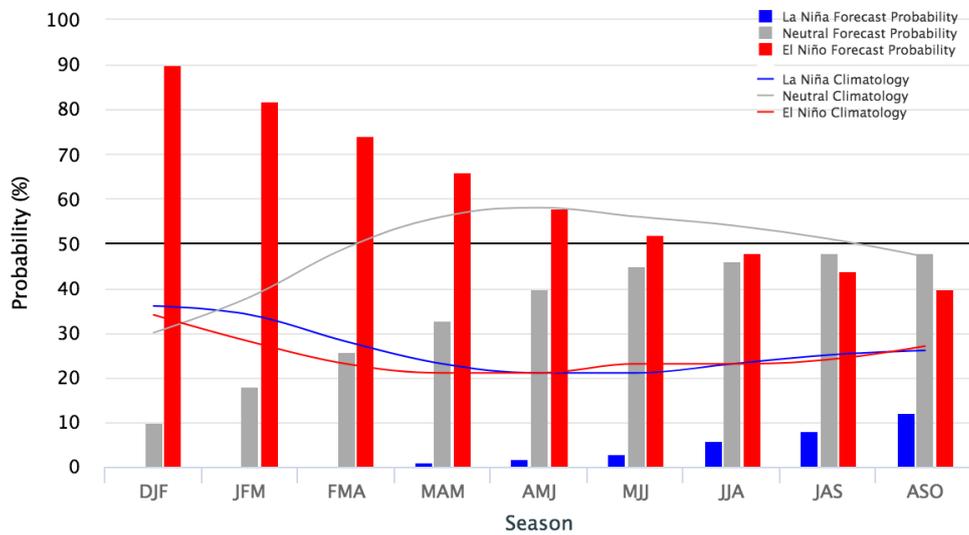


Figura 4.2.7. Probabilidades de ocurrencia del evento El Niño según porcentaje de modelos (IRI) y evaluación experta. Desde el trimestre DEF hasta ASO. Fuente IGP.

8. TABLAS

Valores del Índice Costero El Niño							ONI	
Mes	ICEN v3	Categoría	ICENOI	Categoría	ICEN v5	Categoría	ONI	Categoría
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
12/2018	0.81	C. Débil	0.46	C. Débil	0.89	C. Débil	0.83	C. Débil

Mes	ICENtmp	Categoría	ICENtmp	Categoría	ICENtmp	Categoría	ONItmp	Categoría
01/2019	0.87	C. Débil	0.57	C. Débil	0.90	C. Débil	0.78	C. Débil
02/2019	0.70	C. Débil	0.55	C. Débil	0.76	C. Débil	0.76	C. Débil

Tabla 3.1.4.1. Valores del Oceanic Niño Index (ONI) y el Índice Oceánico El Niño (ICEN) de abril de 2018 a febrero de 2019. Además, el ONItmp e ICENtmp para enero y febrero de 2019. Fuente: IGP.

Estación	ATSM				ANMM			
	2018			2019	2018			2019
	Oct	Nov	Dic	Ene	Oct	Nov	Dic	Ene
Talara	-0.2	1.6	1.4	1	5	13	7	1
Paita	1.5	2.9	2.6	1.2	5	12	7	2
Isla Lobos de Afuera	0.1	1.4	1.5	2.4	5	15	7	5
Salaverry	0.4	1.2	2.3	1.6	-	-	-	-
Chimbote	0.4	0	1.3	1.4	4	9	2	-2
Callao	1.1	1.3	2.6	2.6	1	4	0	-2
San Juan	0.8	0.5	0.2	1.1	7	11	0	4
Mollendo	1.3	2	1	0.9	6	12	4	4
Ilo	1.4	1.6	1.4	0.2	-	-	-	-

Tabla 3.2.4.2. Anomalías mensuales de la temperatura superficial del mar (°C) y nivel medio del mar (cm) del litoral de Perú desde octubre 2018 a enero 2019. Fuente: Estaciones costeras – DHN.

Modelo	DEF	EFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS
CFS2		0.73	0.75	0.86	1.11	1.18	1.07	0.91
CMC1		0.78	0.64	0.47	0.46	0.53	0.51	0.46
CMC2		0.72	0.70	0.68	0.73	0.65	0.54	0.38
GFDL		0.77	0.68	0.35	0.09	0.03	0.20	0.46
NASA		0.44	0.33	0.06	-0.30	-0.74	-0.84	-0.71
GFDL_FLOR		0.73	0.57	0.25	0.40	0.72	1.05	1.00
NCAR_CCSM4		0.75	0.96	1.24	1.34	1.21	1.02	0.85
NMME		0.70	0.66	0.56	0.55	0.51	0.51	0.48
ICENtmp	0.87							

Tabla 4.2.1 Pronósticos del ICEN con diferentes modelos climáticos con condiciones iniciales de enero de 2019.

	DEF	EFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS
CFS2		0.95	1.10	1.20	1.15	1.14	1.10	0.98
CMC1		0.58	0.47	0.45	0.46	0.42	0.33	0.22
CMC2		0.72	0.66	0.59	0.50	0.37	0.19	-0.04
GFDL		0.88	0.96	1.00	1.05	1.03	0.87	0.60
NASA		0.50	0.33	0.22	0.07	-0.06	-0.12	-0.15
GFDL_FLOR		0.73	0.73	0.81	0.91	1.00	1.02	0.93
NCAR_CCSM4		0.92	0.97	0.99	0.97	0.94	0.88	0.78
NMME		0.75	0.75	0.75	0.73	0.69	0.61	0.47
ONItmp	0.78							

Tabla 4.2.2 Pronósticos del ONI con diferentes modelos climáticos con condiciones iniciales de enero de 2019.