

**COMITÉ MULTISECTORIAL ENCARGADO DEL
ESTUDIO NACIONAL DEL FENÓMENO EL NIÑO**



INFORME TÉCNICO ENFEN

Año 3 N°02

Febrero de 2017

Programa Presupuestal por Resultados N° 068:

“Reducción de vulnerabilidad y atención de emergencias por desastres”

Producto: Entidades informadas en forma permanente y con pronósticos frente al Fenómeno El Niño

Autor: Comité Multisectorial encargado del Estudio Nacional del Fenómeno El Niño (Enfen)

Comité Multisectorial Enfen

Presidente:

Vice-Alm. (r) Javier Alfonso Gaviola Tejada

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

Vice-Presidente:

Calm. David Portilla Linares

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

Dr. Hernando Tavera Huarache

Presidente Ejecutivo, Instituto Geofísico del Perú (IGP)

Ing. Amelia Díaz Pabló

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

Ing. Abelardo de la Torre Villanueva

Jefe, Autoridad Nacional del Agua (ANA)

Vicealmirante Alberto Lozada Frías

Jefe, Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI)

Comité Técnico Enfen

Coordinador: Dimitri Alexey Gutiérrez Aguilar

IMARPE: Marilú Bouchón, Luis Vásquez, Carlos Quispe, Cecilia Peña, Octavio Morón,

DHN: Gustavo Laos, Rina Gabriel, Roberto Chauca.

SENAMHI: Grinia Avalos, Christian Barreto, Nelson Quispe.

IGP: Ken Takahashi, Kobi Mosquera.

ANA: Gustavo Galindo, Carlos Verano

INDECI: Hernán Iván Vásquez Rivasplata, Sheyla Yauri Condo

Año: 2

Redacción del informe: Comité Técnico Enfen

Edición y Producción: L. 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:

Comité Multisectorial Encargado del Estudio Nacional del Fenómeno El Niño (Enfen). 2017.

Informe Técnico Enfen. Año 3, N° 02, febrero de 2017, **64 p.**

El Informe Técnico Enfen de febrero 2017 y los informes previos están disponibles en la World Wide Web en las páginas electrónicas de las instituciones que conforman el Comité. De tener inconvenientes 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, febrero 2017

Resumen mensual de los impactos de El Niño-Oscilación del Sur en las condiciones meteorológicas, oceánicas, agroclimático-pesqueras e hidrológicas del mes de noviembre del 2016 en el Perú y las perspectivas para el mes de febrero de 2017.



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, con 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 Instituto del Mar del Perú (Imarpe), institución que preside el Comité.

Las capacidades observacionales (meteorológica, oceanográfica, biológico-pesquera e hidrológica), de infraestructura, analíticas y de gestión se vienen fortaleciendo ahora con la participación de algunas instituciones del Comité Enfen en el Programa Presupuestal por Resultados N° 068 “Reducción de vulnerabilidad y atención de emergencias por desastres”. Su producto denominado “Entidades informadas en forma permanente y con pronósticos frente al Fenómeno El Niño” comprende una versión resumida “Comunicado Oficial” que se publica quincenalmente en períodos de contingencia como el actual y en forma mensual en periodos normales, así como una versión extendida “Informe Técnico” de carácter mensual. Este último documento incorpora ahora nuevos 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 dark ink, appearing to read 'JAGT', written over a horizontal line.

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

Figuras:

3.1.1.1.	Anomalías de la temperatura superficial del mar (°C) en el océano Pacífico oriental para los días a) 31 de enero, b) 11 de febrero, c) 20 de febrero, y e) 26 de febrero de 2017. La línea sólida en color azul indica el límite la región Niño 1+2 y Niño 3+4. Datos: NCDC/NCEP/NOAA. Procesamiento: DHN.	27
3.1.1.2.	Anomalías de la temperatura superficial del mar (°C) en las regiones Niño de Marzo del 2016 a febrero del 2017. Fuente: NCEP/NOAA.	28
3.1.1.3.	a) TSM absoluta (°C) y b) anomalía de la TSM (°C) desde marzo del 2016 hasta febrero del 2017, climatología (línea discontinua), datos infrarrojos (línea gris), microondas (línea roja) y OSTIA (línea negra), en la región 1+2. Procesamiento: IGP.	29
3.1.1.4.	Evolución del Índice de Oscilación Sur (IOS), considerando la media móvil de 30 días. Fuente: Bureau of Meteorology, Australia.	29
3.1.1.5.	Hovmöller de anomalías de a) Radiación de Onda Larga - OLR (W/m ²) desde el mes de febrero de 2106 hasta febrero de 2017. Datos: NCEP b) Precipitaciones en el mes de febrero de 2016. Datos: TRMM. Procesamiento: IGP/SENAMHI.	30
3.1.1.6.	Radiación de Onda Larga - OLR (W/m ²) en el Pacífico central-oriental (170°W-140°W, 5°S-5°N) desde el mes de enero hasta el mes de febrero. Datos: ESRL/NOAA, Procesamiento: IGP.	31
3.1.1.7.	Diagrama longitud-tiempo de las anomalías del viento zonal ecuatorial, temperatura superficial del mar y profundidad de la isoterma de 20°C entre 2°N-2°S, en base a datos de TAO/TRITON, actualizados a fines de febrero.	32
3.1.1.8.	Diagrama longitud-tiempo de las anomalías de esfuerzo de viento zonal ecuatorial basado en datos del escaterómetro ASCAT (a) y anomalía de la profundidad de la isoterma de 20°C con datos de los derivadores de ARGO y de las boyas TAO/TRITON (b). Las líneas diagonales plomas representan una propagación hacia el este con velocidad de 2,7 m/s para la Onda de nivel del mar. Procesamiento: IGP	33
3.1.1.9.	Análisis de anomalías del viento (m/s) en a) 850 hPa y b) 200 hPa para el mes de febrero del 2017. Datos: NCEP/NOAA. Procesamiento: SENAMHI-DCL	34
3.1.10.	Circulación atmosférica ecuatorial promedio mensual (derecha) y su anomalía (izquierda) para el mes de diciembre (a y b); enero (c y d); y febrero (e y f) del 2017, respectivamente. Fuente: SENAMHI con datos de la NCEP-NOAA.	35
3.1.2.1.	Anomalías del Nivel Medio del Mar, actualizados a febrero del 2017, a) 23 de enero b) 07 de febrero, c) 17 de febrero y d) 22 de febrero; Fuente AVISO – DHN.	36
3.1.2.2.	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: a) 6 de febrero, b) 11 de febrero, c) 16 de febrero, d) 21 de febrero y e) 26 de febrero de 2017. Fuente: TAO/TRITON, PMEL/NOAA.	36
3.1.2.3.	a) Inclinación de la termoclina, diferencia de la profundidad zonal del ajuste de la regresión lineal para la longitud (137°E – 95°W). Climatología 1993-2012 (punteado). b) Contenido de calor en la región ecuatorial entre 2°N y 2°S). Data: TAO/TRITON. Procesamiento: IGP.	37
3.2.1.1.	Presión atmosférica (hPa) a nivel medio del mar para febrero del 2017. a) Promedio de la Presión atmosférica (hPa) a nivel del mar, b) Anomalía de la Presión atmosférica (hPa) a nivel del mar. Datos: NCEP/NOAA. Procesamiento: SENAMHI.	38
3.2.1.2.	Condiciones promedio de precipitación, temperatura superficial del mar (TSM) y esfuerzo de viento, correspondientes a enero, (a) valores absolutos de precipitación, (b) anomalía de precipitación, (c) valores absolutos de TSM asociados al esfuerzo de vientos, (d) anomalías de TSM, asociados al esfuerzo de vientos. Fuente TRMM, AVHRR-NCDC-NOAA, ASCAT-IFREMER. Procesamiento: IGP.	39
3.2.1.3.	a) Velocidad del viento (m/s) y b) Anomalía del viento (m/s), desde los 0° hasta 20°S en el periodo de agosto del 2016 al 25 de febrero del 2017. Los vectores representan la dirección del viento y anomalía de la dirección del viento, respectivamente. Datos: ASCAT. Procesamiento: IMARPE.	40
3.2.1.4.	a) Dirección del Viento; b) Índice de Afloramiento Costero (a partir del viento diario satelital a 40 Km frente a la costa del Perú). Las líneas encierran los períodos en los cuales persistió viento con componente sur (VV>4 m/s) al menos 05 días consecutivos. Datos: ASCAT, Procesamiento: IMARPE	40
3.2.2.1.	Anomalías de las temperaturas extremas del aire (°C) en la costa peruana desde enero 2016 a febrero del 2017. a) Temperatura máxima y b) Temperatura mínima. Fuente: SENAMHI.	41
3.2.3.1.	Variaciones de la zona de convergencia intertropical (ZCIT), precipitación y temperatura superficial del mar (TSM), en el Pacífico Ecuatorial cerca a Sudamérica. a) Evolución de la ZCIT entre los 84 a 86°W, evidenciada a partir de la convergencia de humedad relativa. Contornos azules: ascensos verticales (Pa/seg) promedio entre 500 y 850 hPa. Matices de colores: convergencia de humedad (10*s-1); vectores: flujos de relación de mezcla en 1000 hPa. Fuente: SENAMHI. b) Diagrama Hovmöller de isotermas de 26°C y 27°C (líneas negras) entre costa y los 330 km, asociados a la precipitación desde la costa hasta los 1000 m de altitud (gradientes de color). Fuente: TRMM; procesamiento: IGP.	42

3.2.3.2	Mapa de anomalías de precipitación acumulada (%), durante la (a) primera, (b) segunda y (c) tercera decadiaria de febrero del 2017, registradas en las estaciones meteorológicas del SENAMHI.	43
3.2.3.3.	Serie de tiempo actualizados a fines de febrero, de los caudales diarios (m3 /s) de los principales ríos del Perú, entre los meses de setiembre a agosto: a) Tumbes, b) Chira, c) Piura, d) Chancay Lambayeque, e) Santa, f) Chancay Huaral, g) Rímac, h) Majes, de la vertiente del pacífico; i) Huancané y j) Ramis, de la cuenca del Titicaca. Líneas azules: caudales de años 2016-2017, negras: Promedio histórico, amarillas: nivel de alerta, y rojas: nivel de emergencia. Fuente: ANA.	44
3.2.4.1.	Comparación de los datos satelitales de ERSST y OI-SST respecto a los datos observados de las boyas ARGO durante los meses de enero y febrero 2017.	45
3.2.4.2.	Índice Costero El Niño para los años 1972-1974 (verde), 1982-1984 (rojo), 1997-1999 (azul) y 2015-2017 (negro). Se agregan datos OI SST para enero a marzo del 2017. Fuente IGP.	46
3.2.4.3.	Condiciones térmicas del océano frente a Perú, a) Temperatura Superficial del Mar (TSM) y b) Anomalías de la TSM (°C), durante los días 07, 14, 21 y 28 de febrero del 2017. El cuadrante indica el límite de la región Niño 1+2. Fuente: OSTIA. Procesamiento: IMARPE.	47
3.2.4.4	a) Variación del índice LABCOS y su valor mensual (línea punteada con símbolos), basado en las anomalías de la TSM registradas en estaciones del litoral ubicadas de Paita a Ilo (Quispe & Vásquez, 2015); b) Diagrama Hovmöller de la anomalía de la TSM a lo largo del litoral durante el último trimestre, en estaciones de la DHN e IMARPE (Chicama).	48
3.2.4.5.	Anomalías del Nivel Medio del Mar, actualizados a febrero del 2016, a) Series diarias y b) Hovmöller durante el último bimestre en estaciones costeras de la DHN, c) Hovmöller en franja costera de 0-100 km, entre 2015-2016; Fuente AVISO – IMARPE.	49
3.2.5.1	Distribución vertical de: a) temperatura (°C), b) anomalía de temperatura (°C), c) salinidad (ups) y d) anomalía de salinidad (ups) frente a Paita, realizada durante el 21 y 22 de febrero de 2017. Fuente: IMARPE.	49
3.2.5.2	Distribución vertical de: a) temperatura (°C), b) anomalía de temperatura (°C), c) salinidad (ups) y d) anomalía de salinidad (ups) frente a Chicama, realizada durante el 18 y 19 de febrero de 2017. Fuente: IMARPE.	50
3.2.5.3	Serie de tiempo para la estación oceanográfica fija frente a Paita (punto fijo Paita) de: a) temperatura (°C), b) anomalía de la temperatura (°C), c) Salinidad (ups), c) Oxígeno (mL/L), d) Silicatos (µM) y e) Clorofila (µg/L), para el periodo del 01 de enero de 2016 al 27 de febrero de 2017. Climatología: 1994-2010. Fuente: IMARPE.	51
3.2.5.4	Serie de tiempo para la estación oceanográfica fija frente a Chicama (punto fijo Chicama) de: a) Temperatura (°C), b) Salinidad (ups) y c) Oxígeno (mL/L), para el periodo del 01 de enero de 2016 al 27 de febrero de 2017. Fuente: IMARPE.	52
3.2.5.5	Serie de tiempo para la estación oceanográfica fija frente a Callao (punto fijo Callao) de: a) temperatura (°C), b) anomalía de la temperatura (°C), c) Salinidad (ups), d) oxígeno (mL/L), e) Silicatos (µM) y f) Clorofila (µg/L), para el periodo del 01 de enero de 2016 al 28 de febrero de 2017. Climatología: 1994-2010. Fuente: IMARPE.	53
3.2.6.1.	Clorofila satelital promedio para el mes de (a) enero y (b) febrero del satélite MODIS frente a Perú. (c) Mapa de anomalía promedio mensual de clorofila-a satelital y (d) número de datos por pixel proveniente del satélite MODIS. Además, (e) Hovmöller latitud vs. tiempo y (f) serie de tiempo de anomalías de clorofila superficial satelital promedio provenientes del satélite MODIS entre enero del 2014 a febrero del 2016. En (e) se tomó un promedio entre los 0-100km de la costa y en (f) entre los 4°S-16°S y 0-100km de la costa.	54
3.2.7.1.	(a) Distribución espacial de las capturas de anchoveta y (b) la estructura de tallas por puerto durante febrero 2017, ambas correspondientes a la flota artesanal. Fuente: LBR/IMARPE	55
3.2.7.2	(a) Distribución espacial de los valores eointegrados de anchoveta y (b) la estructura de tallas por latitud de la EUREKA LXIX entre el 21 y 23 de febrero del 2017. Fuente: LBR/IMARPE	55
3.2.7.3	Indicadores reproductivos, a) Índice Gonadosomático (IGS), b) Fracción Desovante (FD), y c) Índice de atresia del stock norte – centro de anchoveta. Serie mensual: enero 2015 – febrero 2017. Fuente: LBR/IMARPE	56
4.2.1	Diagrama Hovmöller longitud-tiempo mostrando las simulaciones de las ondas Kelvin en el Océano Pacífico ecuatorial. Modelo oceánico lineal (LOM-IGP, suma de componentes Kelvin y Rossby) con (a) termoclina constante y (b) termoclina variable. FUENTE: IGP.	57
4.2.2	Diagramas Hovmöller longitud-tiempo mostrando las simulaciones de las ondas Kelvin en el Océano Pacífico ecuatorial. Modelo oceánico de complejidad intermedia: Modo 1 (a), Modo 2 (b), Modos 1+2 (c) de la isoterma de 20°C, en metros. La línea discontinua horizontal indica el inicio del pronóstico.	58
4.2.3	Índice Niño 3.4 mensual observado y pronosticado por los modelos de NMME. Fuente: CPC/NCEP/NOAA.	59

4.2.4	Índice Costero El Niño (ICEN, círculos llenos en color negro; ICEN-OI triángulos llenos en color negro) y sus valor temporal (ICENtmp, círculo lleno en color rojo, e INCEN-Oltmp triángulo lleno en color rojo). Además, pronósticos numéricos del ICEN (media móvil de 3 meses de las anomalías pronosticadas de TSM en la región Niño1+2) por diferentes modelos climáticos. Las líneas entrecortadas corresponden a los miembros de los "ensembles". Los pronósticos de los modelos CFSv2, CMC1, CMC2, GFDL, NASA, NCAR. Fuente: IGP, NOAA, proyecto NMME.	60
-------	--	----

Tablas

Tabla 2.1.1.	Principales variables y bases de datos utilizados en el presente informe	13
Tabla 3.2.3.1	Volumen de agua almacenado en los reservorios principales para el mes de febrero. Fuente ANA.	61
Tabla 3.1.1.1.	Valores del Oceanic Niño Index (ONI) de mayo 2016 a enero del 2017. Además se presentan los valores estimados del ONI (ONItmp) para febrero y marzo del 2017 (Procesamiento: IGP).	62
Tabla 3.2.4.1.	Valores del Índice Costero El Niño (ICEN) de mayo de 2016 a enero de 2017, basado en datos de infrarrojo con interpolación óptima y datos in situ (OISST). Además se presentan los valores estimados del ICEN usando la misma fuente para febrero y marzo del 2017 (Procesamiento: IGP).	63
Tabla 3.2.4.2.	Anomalías mensuales de la temperatura superficial del mar (°C) y nivel medio del mar (cm) en el semestre setiembre – febrero de 2017. Fuente: Estaciones costeras – DHN.	64
Tabla 4.2.1	Pronósticos de ONI por modelos de NMME (promedios trimestrales de los pronósticos de las anomalías en Niño 3.4). Para los trimestres EFM los meses de enero y febrero son datos observados.	64
Tabla 4.2.2	Pronósticos de ICEN por modelos de NMME (promedios trimestrales de los pronósticos de las anomalías en Niño 1+2). Para los trimestres EFM los meses de enero y febrero son datos observados.	64

Diagnóstico Climático y Previsión de El Niño-Oscilación del Sur en el Perú, febrero 2017

ÍNDICE

RESUMEN	9
1. INTRODUCCIÓN.....	12
2. MATERIALES Y MÉTODOS	13
2.1. VARIABLES	13
2.2. ÍNDICES	13
2.3. MODELOS DE PRONÓSTICO	13
3. CONDICIONES OBSERVADAS EN DICIEMBRE	15
3.1. CONDICIONES A MACROESCALA	15
3.1.1. Circulación atmosférica y temperatura superficial en el Pacífico Ecuatorial	15
3.1.2. Dinámica oceánica en el Pacífico Ecuatorial	16
3.2. CONDICIONES A ESCALA REGIONAL	16
3.2.1. Circulación atmosférica en el Pacífico Sudoriental	16
3.2.2. Temperatura del aire.....	17
3.2.3. Precipitaciones e hidrología en la vertiente del Pacífico	17
3.2.4. Temperatura superficial del mar y nivel medio del mar en la Región Niño 1+2 y en la costa peruana	18
3.2.5. Condiciones oceanográficas sub-superficiales frente al litoral peruano.....	19
3.2.6. Nutrientes y Productividad en la costa peruana	20
3.2.7. Recursos pesqueros e indicadores biológicos	21
4. PRONÓSTICO	22
4.1. A CORTO PLAZO (SEMANAS).....	22
4.2. A MEDIANO PLAZO (HASTA 3 MESES).....	23
4.3. A LARGO PLAZO (MÁS DE 3 MESES)	24
5. CONCLUSIONES	24
6. REFERENCIAS	25
7. FIGURAS	27
8. TABLAS	61

RESUMEN

El Comité encargado del Estudio Nacional del Fenómeno El Niño (ENFEN) se reunió para analizar y actualizar la información de las condiciones meteorológicas, oceanográficas, biológico-pesqueras e hidrológicas correspondiente al mes febrero de 2017.

En la región del Pacífico Central (región Niño 3.4), la anomalía de la temperatura superficial del mar (TSM) mostró un cambio de valores negativos a positivos a mediados de mes y luego continuó en sentido ascendente hasta $+0,3^{\circ}\text{C}$ en la última semana. En la primera semana de febrero se observó un pulso de anomalías de vientos del este en esta región, entre 170°E y 160°W . Asimismo, en la segunda quincena del mes se observó que las anomalías de vientos del oeste (que se han observado desde enero 2017) se extendieron desde la región del Pacífico Oriental hasta el Pacífico Central. En la región Niño 1+2 la anomalía de la TSM, alcanzó valores de $+2^{\circ}\text{C}$ en la primera semana del mes y de $+2,3^{\circ}\text{C}$ en la última semana del mes.

El valor del Índice Costero El Niño (ICEN) para el mes de enero, usando los datos de la fuente NCEP OI SST v2 para diciembre 2016 a febrero 2017, es $+1,03^{\circ}\text{C}$. Este valor corresponde a condiciones cálidas moderadas, lo cual es consistente con otros datos observados y analizados. Asimismo, utilizando esta misma fuente, los valores estimados del Índice Costero El Niño (ICEN_{tmp}) de febrero y marzo también corresponderían a condiciones cálidas moderadas. En los últimos días de febrero, las aguas superficiales superaron los 28°C en la mayor parte de la región Niño 1+2; frente a Piura la TSM alcanzó valores hasta 29°C a 100 millas de la costa.

En el litoral, las anomalías diarias de la TSM variaron entre $+4^{\circ}\text{C}$ y $+5^{\circ}\text{C}$ entre Chimbote y Talara durante todo el mes. En las costas de Lambayeque y La Libertad se detectó un rápido incremento de la TSM en unos 2°C en los últimos días del mes, debido a la aproximación de las aguas más cálidas a la costa. En la zona del Callao las anomalías durante la primera quincena variaron entre $+0,5^{\circ}\text{C}$ y $+1^{\circ}\text{C}$, alcanzando $+5,5^{\circ}\text{C}$ en la tercera semana, para luego descender a $+3^{\circ}\text{C}$ en la última semana. En cambio, de San Juan al sur se registraron anomalías positivas de $+1^{\circ}\text{C}$ en los primeros días del mes, pasando a anomalías negativas de hasta $-1,5^{\circ}\text{C}$ en promedio hacia la quincena. En la última semana del mes estas anomalías negativas tendieron a disiparse.

Por otro lado, luego de un pulso positivo en las anomalías diarias del nivel medio del mar (NMM) que se propagó de norte ($+14\text{ cm}$) a sur ($+8\text{ cm}$) en la primera semana del mes, las anomalías del NMM disminuyeron hasta la cuarta semana a valores cercanos a cero en la costa central y sur, para luego incrementarse nuevamente a fines de mes.

Las temperaturas del aire en la costa norte registraron anomalías de $+1,2^{\circ}\text{C}$ en la temperatura máxima y $+1,1^{\circ}\text{C}$ en la temperatura mínima. En la costa central, las anomalías fueron de $+1,9^{\circ}\text{C}$ en la temperatura máxima y $+2,0^{\circ}\text{C}$ en la temperatura mínima; y en la costa sur las anomalías fueron de $+1,1^{\circ}\text{C}$ y $+0,8^{\circ}\text{C}$, respectivamente.

Los vientos alisios y los vientos costeros del sur estuvieron debilitados la mayor parte del mes frente al litoral, debido al relajamiento persistente del Anticiclón del Pacífico Sur, aunque entre la primera y segunda semana se detectó una reactivación temporal de los vientos y el afloramiento costero. La banda secundaria de la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT) se desplazó hacia el sur de su posición normal a inicios del mes, alcanzando los 9°S a 200 millas de la costa, al tiempo de la incursión de vientos del norte costeros en niveles bajos de la atmósfera hasta Lambayeque. Luego de un repliegue parcial hasta los 5°S, la banda secundaria de la ZCIT volvió a desplazarse hacia el sur hasta los 8°S en promedio, en la segunda quincena. Estas condiciones retroalimentaron el calentamiento superficial del mar detectado desde la segunda quincena de enero, en particular frente a la costa central y norte. Además, la proyección detectada hacia el sur de Aguas Ecuatoriales Superficiales (AES) de baja salinidad hasta Chimbote, la aproximación de las Aguas Subtropicales Superficiales (ASS) a la costa de Callao y el paso de una nueva onda Kelvin cálida también contribuyeron al calentamiento superficial de las aguas costeras.

En la última semana, las estaciones fijas de Paita, Chicama y Callao mostraron profundización de las isotermas, asociada al arribo de la onda Kelvin cálida. El calentamiento registró en la segunda quincena una anomalía de hasta +5°C hasta los 30 metros superficiales de las estaciones fijas de Paita y Chicama, así como hasta +4°C en Chimbote y +2°C en Callao, hasta los 20 metros superficiales. En la costa central, la fuerte estratificación térmica continuó siendo acompañada por una fuerte deficiencia de oxígeno en la capa subyacente.

Durante el mes, continuaron presentándose lluvias focalizadas de magnitud muy fuerte en las zonas bajas y medias de Tumbes, Piura y Lambayeque, por efecto de las altas temperaturas del mar y condiciones atmosféricas favorables al transporte de humedad del mar al continente y la convección costera. En Morropón, Piura, el día 22 ocurrió la precipitación más alta de todo su registro histórico, que data desde 1963 (150 mm).

Desde inicios del mes de febrero, los ríos de la vertiente occidental del Perú mostraron en su mayoría hidrogramas de tipo ascendente con caudales diarios por encima de sus promedios. En la costa norte, los caudales llegaron a superar sus valores máximos históricos; el río Piura superó su nivel de emergencia (1,000 m³/s). Las reservas hídricas en la costa norte promediaron en el mes 46% respecto a la capacidad hidráulica de los principales embalses. En la costa sur los embalses mostraron una tendencia ascendente en su mayoría, operando en promedio al 59% de su capacidad hidráulica útil.

La clorofila-a, indicador de la producción del fitoplancton, que es base de la cadena alimenticia en el mar, continuó exhibiendo anomalías negativas frente a la costa desde Talara hasta Chimbote; no obstante presentó anomalías positivas en la zona centro-sur, las cuales se desarrollaron desde la segunda semana del mes.

Los indicadores reproductivos de la anchoveta en la región norte-centro presentaron una disminución en la actividad desovante y también del contenido graso con respecto al mes de enero.

Durante la Operación EUREKA LXIX (21-23 de febrero) se observó que la anchoveta se encontró restringida al sur de Huarney (10°S) y dentro de las 30 millas, debido a la proyección de las AES hasta Chimbote y el acercamiento de las ASS a la costa. Asimismo, la distribución vertical de los cardúmenes estuvo por encima del patrón promedio, asociada a la posición somera de la capa mínima de oxígeno en esta región. La disminución del contenido graso, estaría relacionada a cambios en la composición de la dieta, que no proporciona la misma energía, así como al mayor costo energético ocasionado por el calentamiento. Por otro lado, en las primeras dos semanas del mes se registraron varios eventos de 'mareas rojas' (floraciones de fitoplancton nocivas) y varazones de peces e invertebrados, entre Sechura y Pisco, posiblemente ocasionados por el calentamiento superficial del mar y el aumento de la deficiencia de oxígeno en la capa sub-superficial. Por otro lado, se registró presencia de caballa entre Salaverry y Casma, de 30 a 70 millas de la costa y persistió la presencia de especies oceánicas, indicadoras de aguas cálidas, como agujilla, bonito y barrilete, cerca de la costa y principalmente en el norte. La múnida, indicadora de aguas frías, se detectó en la región central y sur cerca de la costa.

En base a estas observaciones y el conocimiento experto, el ENFEN prevé que durante marzo la TSM frente a la costa norte continúe presentando valores de 28°C y de hasta 29°C, contribuyendo a la alta probabilidad de lluvias muy fuertes en las zonas medias y bajas principalmente en Tumbes, Piura y Lambayeque, aunque su ocurrencia dependerá de las condiciones atmosféricas locales.

Este pronóstico está asociado a la tendencia del calentamiento observado, a la influencia acumulativa de las ondas Kelvin cálidas, de las cuales la más reciente ya está impactando la costa central y norte, a la persistencia de la banda secundaria de la ZCIT observada frente a la costa norte, a las anomalías de vientos del norte y del oeste, y a los procesos de retroalimentación océano-atmósfera en el Pacífico Oriental. En conjunto, estas condiciones aumentan la probabilidad de que El Niño costero alcance una magnitud moderada con una duración hasta abril inclusive.

De acuerdo con los modelos climáticos de las agencias internacionales, en la región Niño 1+2 continuarían las condiciones cálidas al menos hasta otoño, mientras que para la región Niño 3.4 continuarían las condiciones neutras hasta el mes de mayo, para luego evolucionar a condiciones cálidas. Cabe indicar que los pronósticos para otoño en adelante no son tan confiables debido a la barrera de predictibilidad.

1. INTRODUCCIÓN

El Niño Oscilación Sur (ENOS), es el proceso más importante que influye en la variación de las condiciones climatológicas interanuales en la cuenca del Océano Pacífico, manifestándose en sus fases ‘cálida’ y ‘fría’, conocidas comúnmente como El Niño y La Niña respectivamente. Por otro lado, en ciertas condiciones las condiciones cálidas de la temperatura del mar en el Pacífico Oriental propician precipitaciones intensas en la costa norte del Perú, dando lugar al denominado Fenómeno El Niño. Debido a los diversos efectos de estos procesos en los ecosistemas, que a su vez repercuten en los sistemas socioeconómicos, cada vez hay un mayor interés en mejorar el entendimiento de los factores que intervienen en su desarrollo, como en optimizar la anticipación al desenlace de posibles impactos extremos, constituyéndose en un principal propósito el poder generar alertas tempranas para mitigar daños.

En este contexto, el Comité Multisectorial para el Estudio del Fenómeno de El Niño (ENFEN), reporta 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, poniendo mayor atención en la zona costera de Perú. Asimismo se reportan los impactos hidrológicos, asociados a precipitaciones e incrementos súbitos del caudal de los principales ríos del territorio peruano. 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. Finalmente, se formula la previsión futura de los principales indicadores asociados al ENOS y al Fenómeno El Niño, a corto, mediano y largo plazo.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. VARIABLES

Las principales variables utilizadas para el monitoreo de las condiciones ambientales, oceanográficas y continentales se resumen en la tabla 2.1.1.

2.2. ÍNDICES

Índice Costero El Niño (ICEN): Consiste en la media corrida de tres meses de las anomalías mensuales de la temperatura superficial del mar (TSM) en la región Niño 1+2. Estas anomalías se calculan usando la climatología mensual para el periodo base 1981-2010. La fuente de datos para este índice son las TSM absolutas del producto ERSST v3b de la NOAA (EEUU) para la región Niño 1+2. Para el cálculo y uso en tiempo real, se utiliza temporalmente el valor aproximado ICENtmp, que se calcula igual que el ICEN, pero reemplazando, en general, los datos mensuales faltantes con datos de pronósticos mensuales provenientes de North American Multi-Model Ensemble (NMME). Se pueden ver más detalles en ENFEN (2012) y Takahashi, et al. (2014).

2.3. MODELOS DE PRONÓSTICO

Modelo Oceánico Lineal (LOM-IGP): Es un modelo oceánico lineal, que asume que toda la dinámica superior del océano se puede representar con un modelo de una capa de profundidad H , cuyo límite inferior es la profundidad de la termoclina. Posee una línea de costa realista y su resolución horizontal es de 1° y $0,5^\circ$ para el eje X e Y , respectivamente. El modelo es forzado principalmente con información del producto L3 del “escaterómetro” ASCAT (Bentamy y Croize-Fillon, 2012) obtenido del IFREMER (<ftp.ifremer.fr>). Para calcular la contribución de las ondas Kelvin y Rossby sobre el nivel del mar y las corrientes zonales se usa la metodología de Boulanger y Menkes (1995). El lector es referido a Mosquera (2009), Mosquera et al. (2011) y Mosquera (2014) para mayores detalles sobre este modelo oceánico. Para realizar el pronóstico de la propagación de las ondas Kelvin, se asumen, en general, dos escenarios del esfuerzo de viento para los siguientes tres meses: 1) que no existen anomalías, es decir que el comportamiento de los vientos es climatológico y 2) que persistirá la anomalía de baja frecuencia.

Modelo Oceánico de Complejidad Intermedia: Con el fin de detectar la propagación de las Ondas Kelvin Ecuatoriales (OKE), se ejecuta un modelo oceánico de complejidad intermedia con 3 modos baroclínicos, forzado con vientos del NCEP (Kalnay et al. 1996), siguiendo la metodología de Illig et al. (2004) y Dewitte et al. (2002). La señal de la OKE puede ser descompuesta en modos normales de oscilación que se propagan a diferentes velocidades. Los primeros dos modos (modo 1, modo 2) sumados proporcionan la mayor contribución a la anomalía del nivel del mar.

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

VARIABLE		FUENTE																				PROCESAMIENTO	
		Observación											Satélite (*)								Modelos		
		Estaciones costeras SENAMHI	Estaciones costeras DHN	Estaciones costeras IMARPE	Estaciones fijas ANA	Secciones verticales IMARPE	Cruceros	Boyas TAO/TRITON	ARGO	Programa Bitácoras de Pesca	Seguimiento de Pesquerías	Muestras de puertos	TRMM-3B42	ESRL/NOAA	Reanálisis NCEP/NOAA	ASCAT	AVHRR (Daily OI SSTv2-NOAA)	OSTIA	JASON-2	AVISO	MODIS		HYCOM
VARIABLES ATMOSFÉRICAS																							
	Temperatura Ambiental	X																					SENAMHI
	Precipitación											X											IGP. Climatología 2001-2014
	Radiación de Onda Larga												X										IGP
	Presión Atmosférica													X									SENAMHI
	Vientos													X	X								IMARPE
														X									
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
	Salinidad								X										X				X
Biogeoquímicas	Oxígeno y Nutrientes			X		X	X																IMARPE
				X		X	X																IMARPE
	Clorofila			X		X	X																IMARPE
																					X		
Pesqueras	Desembarques								X	X													IMARPE
											X												IMARPE
	Índices reproductivos										X												IMARPE
												X											
	Indicadores de masas de agua del plancton								X	X	X												IMARPE
	Distribución de especies incidentales								X	X	X												IMARPE
VARIABLES HIDROLÓGICAS																							
	Caudal de ríos				X																		ANA
	Capacidad Hidráulica de reservorios				X																		ANA

3. CONDICIONES OBSERVADAS EN FEBRERO

3.1 CONDICIONES A MACROESCALA

3.1.1 Circulación atmosférica y temperatura superficial en el Pacífico Ecuatorial

El índice ONI (Oceanic Niño Index, por sus siglas en inglés) calculado en base a la anomalía de la TSM en la región El Niño 3.4, fue $-0,41^{\circ}\text{C}$ para el mes de enero, que corresponde a una condición Neutra en el Pacífico Central (Tabla 3.1.1.1), lo cual confirma que La Niña finalizó en diciembre en esa región.

Durante febrero, las anomalías de la TSM en el Pacífico Ecuatorial Central mostraron un cambio de valores negativos a positivos a partir de la tercera semana, continuando en ascenso hasta los últimos días registrados del mes (Figuras 3.1.1.1, 3.1.1.2).

Por su parte, en el Pacífico Ecuatorial Oriental (Región Niño 1+2), las anomalías positivas de TSM mantuvieron sus valores durante la primera quincena del mes, retomando su ascenso en la segunda quincena, alcanzando valores de $+2,3^{\circ}\text{C}$ en la última semana del mes (Figuras 3.1.1.2 y 3.1.1.3).

El Índice de Oscilación del Sur calculado para el mes de enero fue $-1,2$ (Figura 3.1.1.4). Este valor se encuentra dentro del rango asociado a condiciones neutras (± 7). Respecto a la actividad convectiva en el Pacífico Ecuatorial, un indicador clave del acoplamiento océano-atmósfera, la Radiación de Onda Larga (ROL) continuó mostrando anomalías positivas en el Pacífico Central, indicando una actividad convectiva anómalamente reducida (Figura 3.1.1.5). Para la región del Pacífico Central ($170^{\circ}\text{E} - 140^{\circ}\text{W}$ y $5^{\circ}\text{S} - 5^{\circ}\text{N}$) los valores de ROL incrementaron hasta alcanzar valores de 270 Wm^2 muy próximos a los alcanzados durante el año 1984 y 2011 (Figuras 3.1.1.6).

En el Pacífico Central-Occidental ($170^{\circ}\text{E} - 160^{\circ}\text{W}$), el viento en niveles bajos de la tropósfera (850 hPa) y el esfuerzo de viento zonal mostraron pulsos de anomalías del este durante la primera semana del mes. Asimismo, en la segunda quincena del mes se observó anomalías de viento del oeste extendiéndose desde la región del Pacífico Oriental ($140^{\circ}\text{W} - 80^{\circ}\text{W}$) hasta el Pacífico Central (Figuras 3.1.1.7.a, 3.1.1.8 y 3.1.1.9.a), manteniéndose esta condición hasta fines del mes.

En niveles altos (200 hPa), sobre la región próxima al continente ($100^{\circ}\text{W} - 80^{\circ}\text{W}$) se observaron anomalías del este en promedio en el mes (Figura 3.1.1.9.b).

Las secciones verticales a lo largo de la franja ecuatorial también evidenciaron la subsidencia sobre la región del Pacífico Central-Occidental en este mes ($160^{\circ}\text{E} - 160^{\circ}\text{W}$), principalmente entre los niveles medios y altos (500 a 200 hPa). Cabe señalar que, en los últimos meses, existe una tendencia a la disminución de esta configuración. Sobre el Pacífico Oriental (entre 100°W y 80°W), se presentó un ligero incremento de los movimientos ascendentes en comparación a los dos meses anteriores, principalmente en los niveles medios y bajos (Figura 3.1.1.10).

3.1.2 Dinámica oceánica en el Pacífico Ecuatorial

En el Pacífico Ecuatorial Oriental las Anomalías del Nivel Medio del Mar (ANMM) muestran valores positivos en Galápagos (90°W y 0°) a inicios de febrero, el cual se expandió y propagó frente a la costa peruana a finales del mes (Figuras 3.1.2.1)

Durante el mes los datos in situ de las boyas TAO/TRITON y ARGO mostraron una ligera profundización de la isoterma de 20°C (reflejada en anomalías positivas de su profundidad) hasta unos 30 y 20 m por debajo de su posición climatológica en la región que va de 150°E a 170°W y de 110°W a 90°W, respectivamente, asociada a la presencia de pulsos del oeste alrededor de los 160°W en la franja ecuatorial (Figuras 3.1.1.7 c y 3.1.1.8).

En cuanto a la temperatura sub-superficial en el Pacífico Ecuatorial, durante el mes se presentó un núcleo de hasta +2°C a 100 – 200 m de profundidad entre los 170°E y 165°W. Por otra parte, también se observó un núcleo de hasta -2°C a 50 – 150 m de profundidad entre los 150°W y 110°W, esta anomalía negativa se expandió y propagó hasta los 95°W a finales del mes (Figura 3.1.2.2).

La inclinación zonal de la termoclina ecuatorial se presentó de acuerdo a su configuración normal en el mes. El contenido de calor oceánico ecuatorial se presentó con valores ligeramente positivos (Figura 3.1.2.3).

3.2 CONDICIONES A ESCALA REGIONAL

3.2.1 Circulación atmosférica en el Pacífico Sudoriental

El Anticiclón del Pacífico Sur (APS) presentó una configuración similar a su climatología, sin embargo, su núcleo se mantuvo al oeste de su posición habitual, lo cual indica un menor gradiente de presión entre el núcleo del APS y el continente. Así también, el campo de presiones frente al litoral peruano, presentó en promedio ligeras anomalías negativas sobre la región centro y sur (Figura 3.2.1.1).

Frente al litoral peruano, en promedio, el esfuerzo de viento presentó anomalías del noroeste al norte de los 09°S, especialmente fuera de la costa, asociadas a la segunda banda de la Zona de Convergencia Intertropical, bien establecida (Figura 3.2.1.2). Asimismo, de acuerdo a los datos de satélite ASCAT, el viento de la franja costera (40 km) a lo largo del litoral se mantuvo débil durante casi todo el mes con valores entre 1 y 5 m/s, aunque a fines de la primera semana hubo un incremento de su velocidad hasta 8 m/s frente a Chicama (Figura 3.2.1.3 a). La anomalía de la velocidad del viento costero, salvo entre la primera y segunda semanas, exhibió la predominancia de valores negativos de hasta -2 m/s (Figura 3.2.1.3 b). En el caso de la dirección del viento, a inicios del mes se continuó registrando anomalías de viento del noroeste en el norte hasta Lambayeque. Sin embargo, a partir de la segunda semana del mes los vientos al sur de los 5°S predominantes fueron los vientos del SE y SSE (Figura 3.2.1.4.a). Debido al incremento del viento con componente sur, el afloramiento costero se reactivó frente al litoral durante la entre la primera y segunda semanas, entre los 5°S-10°S (Figura 3.2.1.4 b).

3.2.2. Temperatura del aire.

Durante el mes de febrero, a lo largo del litoral, se presentaron anomalías promedio de $+1,4^{\circ}\text{C}$ para la temperatura máxima, alcanzando valores de hasta $+3,1^{\circ}\text{C}$ en la estación Campo de Marte (Lima), $+2,8^{\circ}\text{C}$ en la estación Trujillo (La Libertad), $+2,1^{\circ}\text{C}$ en la estación Fonagro (Ica) y $+2,0^{\circ}\text{C}$ en la estación Ite (Tacna). Asimismo, la temperatura mínima frente a la costa centro y norte registró en promedio anomalías de $+1,5^{\circ}\text{C}$, con un máximo valor de $+2,7^{\circ}\text{C}$ en la estación Haurmey (Ancash), $+2,6^{\circ}\text{C}$ en la estación Trujillo (La Libertad) y $+2,1^{\circ}$ en la estación Fonagro (Figura 3.2.2.1).

3.2.3. Precipitaciones e hidrología en la vertiente del Pacífico

En febrero, la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT) se presentó entre los 5°N y 10°N en el Pacífico Ecuatorial Central y Occidental; hacia el lado oriental la banda norte de la ZCIT se presentó muy debilitada, siendo la banda sur la más predominante, con una posición anómalamente al sur de lo habitual, en promedio entre 2°S y 7°S en la zona próxima a la costa (Figuras 3.2.1.2 y 3.2.3.1 a). La formación de esta segunda banda también se vio reflejada en términos de anomalía de precipitación con valores por encima de lo normal, tanto en la zona oceánica como en la zona costera del norte de Perú (Figura 3.2.1.2.d y 3.2.3.1 b). Al evaluar la variabilidad de la ZCIT al este de Galápagos y a unas 300 mn de la costa, se apreció un desplazamiento desde los 09°S a inicios de mes, hasta los 5°S a mediados de mes, para luego, en la segunda quincena de febrero, desplazarse nuevamente al sur hasta los 8°S en promedio (Figura 3.2.1.3 a).

Sobre el territorio nacional, se registraron intensas precipitaciones en la primera y tercera decadiarias del mes. En la primera decadiaria, lluvias muy fuertes (e.g. que ha superado el 95% de la distribución estadística) ocurrieron principalmente en las zonas medias y bajas de Tumbes, Piura y Lambayeque. En la tercera decadiaria las precipitaciones se incrementaron también en la vertiente occidental de la zona centro-sur de los Andes (Figura 3.2.3.2). En particular, en la segunda quincena de febrero, la estación de Morropón, registró el valor más alto de precipitación (150,5 mm) de la serie 1963-2017, alcanzando la categoría extrema.

Durante la segunda quincena de febrero, la mayoría de ríos del Perú, presentaron hidrogramas de tipo ascendente, y con caudales por encima de su promedio y algunos alcanzaron valores por encima de su máximo, principalmente en la costa norte (Figura 3.2.3.3). Así mismo la activación de quebradas incrementó el caudal con sedimentos, tal es así que el río Tumbes durante febrero presentó caudales que superaron ampliamente el caudal promedio diario para el mes ($<400\text{ m}^3/\text{s}$), alcanzando valores diarios superiores a $600\text{ m}^3/\text{s}$ en dos ocasiones. El río Piura superó su significativamente su caudal máximo promedio para el mes y el nivel de emergencia ($1,000\text{ m}^3/\text{s}$). El río Chira presentó dos episodios que superaron caudales de $400\text{ m}^3/\text{s}$, además de otros de menor magnitud que superaron ampliamente el máximo caudal promedio diario del mes ($\sim 250\text{ m}^3/\text{s}$).

En la costa central, el río Santa aumentó sus caudales sin superar el promedio histórico. El río Rímac rebasó su caudal promedio diario para febrero ($<60\text{ m}^3/\text{s}$), tanto a mediados como a finales del mes, alcanzando valores cercanos a $80\text{ m}^3/\text{s}$.

En el sur, los ríos de Majes y Chili, presentaron caudales muy por debajo del promedio normal durante la primera quincena, similares al período de estiaje. Luego, hacia fines de mes, estos caudales mostraron un rápido incremento sin llegar a superar los umbrales máximos que caracterizan a febrero (Figura 3.2.3.3).

Las reservas hídricas en la costa norte promediaron en 46% respecto a la capacidad hidráulica de los principales embalses. En el sur, el sistema hidráulico Colca – Chili (Arequipa) operó en promedio al 62%, mostrando en su mayoría hidrogramas ascendentes. En Pasto Grande (Moquegua), el nivel llegó hasta el 38%. Los reservorios de Tacna (Aricota, Jarumas y Paucarani) estuvieron en promedio al 69% de su capacidad hidráulica. En la costa sur la mayoría de embalses mostraron una tendencia ascendente, operando en promedio al 59% de su capacidad hidráulica útil (Tabla 3.2.3.1).

3.2.4 Temperatura superficial del mar y nivel medio del mar a lo largo de la costa peruana

En la región Niño 1+2 el promedio de la TSM, varió con una tendencia ascendente hasta alcanzar hacia fines de mes valores alrededor de 29°C, percibidos tanto en sensores infrarrojos (IR) como de microondas (MW). Las anomalías diarias de TSM de febrero mostraron un nuevo pulso de intensificación durante la segunda quincena, hasta alcanzar hacia finales del mes valores de >+3°C con MW y >+2,5 con IR (Figura 3.1.1.3).

Para la estimación del ICEN correspondiente al mes de febrero se comparó la información habitual basada en datos del *'Extended Reconstructed Sea Surface Temperature'* (ERSST) v3b, que excluye información satelital, con información de datos satelitales procedentes de sensor infra rojo (AVHRR) con post-procesamiento de interpolación óptima incluyendo datos in situ (OISST). Esta comparación arrojó menores valores de TSM (~1°C) en la región Niño 1+2 en la base ERSST que en la base OISST tanto en enero como en febrero. Por lo tanto se cruzó la información de ambas fuentes con información in situ derivada de boyas ARGO presentes en la región (Figura 3.2.4.1), así como con las de las fuentes MW y OSTIA (Figura 3.1.1.3), concluyéndose que la fuente OISST reflejaba con mayor precisión las condiciones de la TSM en la región Niño 1+2.

Por consiguiente, el valor del ICEN en base a la fuente OISST es de +1.03°C para enero, indicando una condición cálida moderada, mientras que los valores estimados para febrero y marzo también corresponden a condiciones cálidas moderadas (Tablas 3.2.4.1 y Figura 3.2.4.2).

En la franja de las 300 mn frente a la costa, según OSTIA, se presentaron aguas con TSM $\geq 27^{\circ}\text{C}$ desde Tumbes hasta Callao en la primera quincena, alcanzando el litoral en el extremo norte y las 150 mn en el sur de su distribución. En la tercera semana, las aguas con TSM $\geq 28^{\circ}\text{C}$ penetraron la franja de 300 mn, alcanzando las 50 mn frente a Paíta, mientras que a finales del mes estas aguas se expandieron hasta Callao fuera de las 150 mn; en tanto que un bolsón con aguas de TSM $> 29^{\circ}\text{C}$ se desarrolló fuera de las 100 mn de la costa entre Tumbes y Lambayeque (Figura 3.2.4.3 a).

Las anomalías de TSM fluctuaron entre $+1$ y $+3^{\circ}\text{C}$ entre las 100 y 300 mn de la costa, con los mayores valores al norte de los 09°S y a fines del mes. Sin embargo, dentro de las 100 mn la amplitud de las anomalías fue mayor, presentando valores positivos al norte de Pisco y valores negativos a ligeramente positivos al sur de dicha localidad. Las anomalías máximas ($\geq +4^{\circ}\text{C}$) fueron detectadas en la franja de 30 mn entre Piura a La Libertad a finales del mes, mientras que las mínimas (-2°C), muy cerca del litoral de Atico en la tercera semana (Figura 3.2.4.3 b).

En el litoral desde Talara hasta San Juan la anomalía mensual de la TSM varió entre $+0,6^{\circ}\text{C}$ (San Juan) y $+4,6^{\circ}\text{C}$ (Paita), mientras que en Mollendo e Ilo se registraron anomalías negativas de $-1,2^{\circ}\text{C}$ y $-0,6^{\circ}\text{C}$, respectivamente (Tabla 3.2.4.2). El valor mensual del índice LABCOS, calculado en base a las anomalías de TSM de estaciones ubicadas entre Paita e Ilo (Quispe & Vásquez, 2015) alcanzó $+2,29^{\circ}\text{C}$, superior al registrado en febrero de 2016 (Figura 3.2.4.4 a). Los registros diarios evidenciaron continuamente anomalías positivas de TSM entre Tumbes y Callao, con valores máximos en la zona norte durante la primera semana de febrero, llegando a superar los $+8^{\circ}\text{C}$ en Chicama. De San Juan al sur se registraron anomalías negativas entre el 05 y el 24, tornándose positivas hacia finales de mes (Figura 3.2.4.4 b).

Por otra parte, se detectó un incremento de la anomalía mensual del nivel medio del mar (NMM) entre Talara y Chimbote, respecto a enero (Tabla 3.2.4.2). Además, los datos diarios de NMM registraron la propagación de norte a sur y a lo largo del litoral de un pulso de anomalías positivas en la primera semana del mes. Posteriormente se registraron varios pulsos más aunque confinados a la costa norte y hacia finales del mes se presentó un nuevo pulso propagándose hacia el sur (Figura 3.2.4.5 a). Asimismo, al observar una mayor extensión a lo largo de la costa (franja de ~ 100 km), se observó un predominio de anomalías del NMM $> +10$ cm al norte de 10°S y de anomalías $> +5$ cm frente a la costa centro-sur (Figura 3.2.4.5 b).

3.2.5 Condiciones oceanográficas subsuperficiales frente al litoral peruano

En la sección de Paita, realizada el 21 y 22 de febrero, la isoterma de 15°C se localizó entre los 90 y 160 m de profundidad, mostrando su mayor profundización cerca a la costa (Figura 3.2.5.1 a). Las anomalías térmicas alcanzaron $+6^{\circ}\text{C}$ en los primeros 50 m de profundidad (Figura 3.2.5.1 b). En cuanto a la salinidad, se registraron valores $< 34,8$ ups, en los primeros 40 m de profundidad entre las 30 mn y 80 mn, indicando la influencia de Aguas Ecuatoriales Superficiales (AES). Asimismo se detectaron valores en el rango de 33,6 a 34,0 ups hasta las 30 mn frente a la costa y 20 m de profundidad, asociadas al ingreso de Aguas Tropicales Superficiales (ATS) (Figura 3.2.5.1 c), generando fuertes anomalías negativas de salinidad (Figura 3.2.5.1 d). Respecto a la distribución del oxígeno disuelto (OD), la columna en general se encontró más oxigenada que durante enero.

La iso-oxígena de 1 mL/L, asociada a la base de la oxiclina, se ubicó a 50-100 m de profundidad fuera de las 60 mn y entre los 150-200 m dentro de la costa. La Zona Mínima de Oxígeno (ZMO, $< 0,5$ mL/L) se encontró a los ~ 250 m de profundidad (Figura 3.2.5.1 e).

Con respecto a la sección de Chicama, realizada el 18 y 19 de febrero, la termoclina se presentó en los primeros 30 m de profundidad, ocasionando anomalías térmicas de hasta +7°C en esta capa (Figura 3.2.5.2 a, b). La isoterma de 15°C se localizó entre los 40 y 90 m de profundidad, mostrando una profundización en dirección a la costa (Figura 3.2.5.2 a). La distribución de salinidad mostró la presencia de AES ($S < 34,8$ ups) sobre los 20 m de profundidad en las primeras 40 mn (Figura 3.2.5.2 c), generando anomalías negativas de hasta -0,3 ups (Figura 3.2.5.2 d). La oxiclina y el borde superior de la ZMO fueron observadas entre 20 a 40 m de profundidad. Sin embargo se detectaron concentraciones de oxígeno disuelto (OD) ≥ 5 mL/L encima de los 10 m de profundidad fuera de las 60 mn y a 20 mn (Figura 3.2.5.2 e).

La Estación Fija Paita (7 mn de la costa, 100 m) mostró una fuerte variabilidad durante el mes, registrando temperaturas entre 16° y 27°C en la columna de agua, con una profundización moderada de las isotermas en la tercera semana de febrero (Figura 3.2.5.3 a). Las anomalías positivas de temperatura se presentaron en la capa de los 30 metros superficiales a lo largo del mes, alcanzando +4°C, mientras que debajo de esta se registraron anomalías negativas de hasta -1°C (Figura 3.2.5.3 b). Las AES, con valores de salinidad entre 34,5 y 34,8 ups, se presentaron permanentemente en los primeros 40 m de profundidad. Además, a finales del mes, ingresaron aguas con valores de salinidad entre 33,2 y 34,0 ups, correspondientes a ATS (Figura 3.2.5.3 c). Valores de OD > 5 mL/L fueron detectados por encima de los 10 m en la primera quincena, pero las iso-oxígenas se profundizaron ligeramente en la columna de agua durante el mes (Figura 3.2.5.3 d).

En la Estación Fija Chicama (10 mn de la costa), se registraron temperaturas entre 16° y 26°C, mostrando la mayor profundización de las isotermas a fines de febrero (Figura 3.2.5.4 a). La salinidad presentó valores en un rango de 34,8 a 35,1 ups en la columna de agua, indicando la presencia de AES en los primeros 10 m de profundidad, y aguas de mezcla y aguas Costeras Frías (ACF) en el resto de la columna de agua (Figura 3.2.5.4 b). La oxiclina y el borde superior de la ZMO se profundizaron, desde 20 m a inicios del mes, a 40 m en la segunda quincena; asimismo la iso-oxígena de 0,1 mL/L se profundizó de 40 m a 95 m en el mismo período (Figura 3.2.5.4 c).

En la Estación Fija Callao (8 mn de la costa), la temperatura mostró valores en el rango de 15° a 22°C sobre los 90 m de profundidad, con una profundización de las isotermas a finales del mes (Figura 3.2.5.5 a). Las anomalías térmicas pasaron de neutras a positivas en la columna de agua, alcanzando valores de hasta +4°C (Figura 3.2.5.5 b). Asimismo, se observó la intrusión de Aguas Subtropicales Superficiales (ASS) en la capa subsuperficial, asociado al incremento de las temperaturas (Figura 3.2.5.5 c). La oxiclina y el tope superior de la ZMO se mantuvieron alrededor de los 20 m durante el mes, aunque la iso-oxígena de 0,1 mL/L exhibió una abrupta profundización hasta los 90 m hacia la quincena del mes para luego superficializarse hasta los 30 m durante la última semana (Figura 3.2.5.5 d).

3.2.6 Nutrientes y Productividad en la costa peruana

3.2.6.1. Silicatos

En la estación fija de Paita (Figura 3.2.5.3 e), en cuanto a los silicatos se observó un ascenso en la primera quincena de la isolínea de 15 μ M de 70 m a 20 m, para profundizarse a 40 m a finales del mes.

En la estación fija Chicama (Figura 3.2.5.4 d) se observó la profundización progresiva de la concentración de silicatos durante el mes; así, la isolínea de 20 μM se profundizó de 40 m a 100 m durante el período, mientras que en la capa de 0- 20 m predominaron bajas concentraciones ($< 5 \mu\text{M}$). Finalmente, en la estación fija Callao, debajo de los 40 m la concentración de silicatos tendió a disminuir durante el mes, con una mayor profundización de las isolíneas en la tercera semana (Figura 3.2.5.5 e).

3.2.6.2. Clorofila-a

En la estación fija Paíta, las concentraciones de clorofila-a disminuyeron respecto a finales del mes de enero, alcanzando en promedio durante el mes $\sim 0,2 \text{ mg/m}^3$ por encima de los 20 m (Figura 3.2.5.3 f). Frente a Chicama las concentraciones se incrementaron significativamente en la última semana de febrero, llegando a concentraciones $> 5 \text{ mg/m}^3$ entre los 5 a 20 m de profundidad (Figura 3.2.5.4 e). Frente a Callao, sobre los 30 m, la concentración promedio de clorofila-a fue mayor que en enero, alcanzando valores máximos $\geq 2 \text{ mg/m}^3$ en la superficie a inicios y a fines del mes, así como a 20 m de profundidad a mediados del mes (Figura 3.2.5.5 f).

Por otro lado, la clorofila-a superficial (satelital) presentó en promedio un frente de productividad (asociado a la isolínea de 1 mg/m^3) más cercano a la costa al norte de los 9°S , donde las concentraciones disminuyeron abruptamente. Sin embargo, al sur de Chimbote dentro de los 50 km las concentraciones fueron mayores a las observadas en enero, llegando a presentar valores $>10 \text{ mg/m}^3$ hasta Ilo (Figura 3.2.6.1 a, b). Espacialmente, en promedio se presentaron anomalías negativas entre los 5°S - 10°S en ($\sim -3,5 \text{ mg/m}^3$) dentro de los $\sim 150 \text{ km}$, y anomalías positivas entre los 11°S - 20°S ($\sim +4 \text{ mg/m}^3$) dentro de los 50 km, a excepción de 13°S , donde las anomalías negativas predominaron (Figura 3.2.6.1 c, e). Para la franja costera de 100 km entre los 4°S y 16°S , se evidenció un incremento de las concentraciones durante la segunda semana del mes ($\sim +4,5 \text{ mg/m}^3$), y luego una progresiva disminución, observándose anomalías negativas de $\sim -3 \text{ mg/m}^3$ en la tercera semana. Durante la última semana se observó una recuperación parcial de la concentración de clorofila-a, alcanzando valores en el rango normal (Figura 3.2.6.1 f).

3.2.7 Recursos Pesqueros e indicadores biológicos

En la región norte – centro, los desembarques de anchoveta correspondieron solo a la flota artesanal. Mientras que en el sur, la primera temporada de pesca fue suspendida el 11 de febrero debido a la presencia de juveniles.

Además se realizó una operación EUREKA LXIX entre el 21 y 23 de febrero del 2017 para evaluar la situación de la anchoveta.

La distribución espacial de anchoveta se redujo, observándose a fines de febrero que la anchoveta se encontraba restringida al sur de Huarmey (10°S) y dentro de las 30 mn debido a la presencia de AES y ASS en el norte (Figuras 3.2.7.1a y 3.2.7.2a). Asimismo, la distribución vertical de los cardúmenes estuvo por encima del patrón promedio, asociada a la posición somera de la capa mínima de oxígeno en esta región.

La flota artesanal registró ejemplares en su mayoría adultos, a excepción de Callao en donde el porcentaje de juveniles llegó al 65% (Figura 3.2.7.1b). Sin embargo a fines del mes durante la operación EUREKA LXIX se registró en su mayoría anchoveta adulta entre Huarmey a Chancay y frente a Mollendo, mientras que el mayor porcentaje de juveniles se observó entre Pucusana y Ático (Figura 3.2.7.2b).

Los índices reproductivos mostraron una disminución en la actividad desovante de la anchoveta del stock norte-centro tanto para las muestras de la pesquería como de la operación EUREKA LXIX, con valores menores al patrón de la Fracción Desovante (FD) y del Índice Gonadosomático (IGS). El Índice de Atresia (IA) también presentó valores por debajo de su patrón normal (Figura 3.2.7.3). La disminución del contenido graso, estaría relacionada a cambios en la composición de la dieta, que no proporciona la misma energía, así como al mayor costo energético ocasionado por el calentamiento.

Por otro lado, se registró presencia de caballa entre Salaverry y Casma, de 30 a 70 millas de la costa y persistió la presencia de especies oceánicas, indicadoras de aguas cálidas, como agujilla, bonito y barrilete, se presentaron hasta las 10 mn a lo largo de la costa entre Paita e Ilo. La múnida, indicadora de aguas frías, se detectó al sur de Huarmey.

Cabe indicar que en las primeras dos semanas del mes se registraron varios eventos de 'mareas rojas' (floraciones de fitoplancton nocivas) y varazones de peces e invertebrados, entre Sechura y Pisco, posiblemente ocasionados por el calentamiento superficial del mar y el aumento de la deficiencia de oxígeno en la capa subsuperficial.

4. PRONÓSTICO

A corto plazo, las perspectivas se basan en los resultados de las simulaciones de las Ondas Kelvin ecuatoriales corridas por IGP e IMARPE. La presentación de las perspectivas de mediano y largo plazo se basa en las simulaciones de los modelos de agencias internacionales inicializados en la primera semana de marzo 2017.

4.1 A corto plazo (semanas)

En el Pacífico Oriental Ecuatorial (5°S-5°N), las anomalías de vientos del norte (calma en absoluto) son consistentes con la intensa (debilitada) ZCIT al sur (norte) del ecuador, así como con el gradiente norte-sur de las anomalías de la TSM (sur más cálido), indicando un acoplamiento a través del mecanismo de interacción entre "viento-evaporación-TSM" (Xie y Philander, 1994), que puede hacer persistir esta situación.

La onda Kelvin cálida, producto de la reflexión de una onda Rossby cálida en el extremo occidental, según los datos observados de NMM y de las estaciones fijas, habría llegado al extremo oriental del Pacífico ecuatorial a fines de febrero.

Se espera que la onda Kelvin cálida se refleje en una onda Rossby cálida que contribuiría al incremento de la profundidad de la termoclina al este de 120°W, al menos hasta abril, según los modelos numéricos.

Para el Pacífico Central (región Niño 3.4), el valor estimado del ONI (ONI_{tmp}) para el mes de febrero y marzo del 2017 es -0.06°C y -0.27°C, indicando una condición neutra, considerando los datos hasta enero de la fuente ERSST4, así como las salidas del ensamble de modelos NMME para febrero 2017 (Tabla 3.1.1.1).

Para el Pacífico oriental (región Niño 1+2), el valor estimado del ICEN (ICENTmp), basado en los datos hasta mediados de marzo de la fuente OI-SST y las salidas del ensamble de modelos NMME, para febrero y marzo es de +1,33°C y +1,53°C, indicando una condición calidad moderada (Figura 3.2.4.2 y Tabla 3.2.4.1).

4.2 A mediano plazo (hasta 3 meses)

Como se observa en la profundidad de la isoterma de 20°C en el Pacífico Central (150°W), existe una señal de onda Kelvin fría propagándose hacia el este (Figuras 3.1.1.8 y 3.1.2.2). Los resultados numéricos de los modelos implementados en el IGP indican que la intensidad de esta onda se debilitaría y, por lo tanto, no alcanzaría el extremo oriental con una magnitud relevante (Figura 4.2.1). Asimismo, de acuerdo al modelo oceánico de complejidad intermedia forzado con vientos superficiales del NCEP, implementado por IMARPE, la onda Kelvin fría con señal de modo 1, podría haberse disipado debido a la persistencia de las anomalías de los vientos del oeste en el Pacífico Ecuatorial Oriental, mientras que la señal de modo 2 aún permanece y podría llegar entre marzo y abril del 2017. Sin embargo de persistir las anomalías de vientos del oeste, es posible que arribe a la costa debilitada sin generar un impacto significativo (Figura 4.2.2).

Por otro lado, se aprecia una profundización de la isoterma de 20°C en el Pacífico Occidental (160°E – 180°W), la cual sería la señal de una onda Kelvin cálida producida por la reflexión de una onda Rossby cálida formada con el pulso de viento del este a inicios de enero, según los modelos numéricos. Esta onda Kelvin cálida, de darse condiciones favorables, arribaría al extremo oriental a fines de abril, combinando su efecto con la onda Rossby cálida que se reflejaría en marzo en el Pacífico Oriental aludida en la sección anterior (Figura 4.2.1).

Para el Pacífico Central (Niño 3.4), 1 de los 7 modelos de NMME inicializados en marzo predice condiciones neutras para el mes de abril y 6 modelos predicen condiciones cálidas débiles. Para el mes de mayo, se observan seis modelos con condiciones cálidas débiles y un modelo con condiciones cálidas moderado (Figura 4.2.3, Tabla 4.2.1).

Para el Pacífico Oriental (región Niño 1+2), los pronósticos de los modelos climáticos de NMME inicializados en marzo indican para el mes de abril 3 de 7 modelos indican condiciones cálidas débiles y 4 modelos indican condiciones cálida moderada. Para el mes de mayo, 1 de 7 modelos indican condiciones cálidas débiles, 6 modelos predicen condiciones cálidas moderadas (Figura 4.2.4 y Tabla 4.2.2).

De otra parte, en base además a las observaciones y al conocimiento experto, el ENFEN prevé que durante marzo la TSM frente a la costa norte continúe presentando valores de 28°C y de hasta 29°C, contribuyendo a la alta probabilidad de lluvias muy fuertes en las zonas medias y bajas principalmente en Tumbes, Piura y Lambayeque, aunque su ocurrencia dependerá de las condiciones atmosféricas locales.

Este pronóstico está asociado a la tendencia del calentamiento observado, a la influencia acumulativa de las ondas Kelvin cálidas, de las cuales la más reciente ya está impactando la costa central y norte, a la persistencia de la banda secundaria de la ZCIT observada frente a la costa norte, a las anomalías de vientos del norte y del oeste, y a los procesos de retroalimentación océano-atmósfera en el Pacífico Oriental. En conjunto, estas condiciones aumentan la probabilidad de que El Niño costero alcance una magnitud moderada con una duración hasta abril inclusive.

4.3 A largo plazo (más de 3 meses)

Para el Pacífico Central (región Niño 3.4), la mayoría de los modelos NMME inicializados en marzo pronostican a partir del mes de junio hasta setiembre un incremento ligero de sus anomalías, observándose dos modelos con condiciones cálidas fuertes en el mes de setiembre, pero en general esto debe tomarse con cuidado debido a la barrera de predictibilidad (Figura 4.2.1 y Tabla 4.2.1). Para el Pacífico Oriental (región Niño 1+2), los pronósticos de los modelos en promedio extienden el evento El Niño costero hasta al menos setiembre del 2017, con magnitud moderada a partir de junio (Figura 4.2.2 y Tabla 4.2.2).

5. CONCLUSIONES

Durante el mes de febrero, en la región Niño 1+2 y frente a la costa del Perú se mantuvieron las condiciones anómalamente cálidas, asociadas principalmente a cambios en la circulación atmosférica a escala regional y a la interacción local océano-atmósfera. En la región Niño 3.4, la TSM presentó anomalías positivas a partir de la segunda quincena del mes.

Frente a Paita, Chicama y Callao se observó una profundización de las isotermas, la proyección de Aguas Ecuatoriales Superficiales (AES) de baja salinidad hasta el sur de Chicama, la aproximación de Aguas Subtropicales Superficiales (ASS) frente a Callao, así como el arribo de una onda Kelvin cálida a finales del mes.

La ZCIT, estuvo ubicada anómalamente al sur de lo habitual (3°S a 6°S). Las mayores precipitaciones ocurridas en la región nor-occidental y sobre el centro-sur de los andes, favorecieron al incremento de caudales en los ríos e incremento en las reservas hídricas.

La concentración de clorofila-a en superficie disminuyó, sobretodo en la zona norte, debido a la estratificación superficial y al debilitamiento del afloramiento costero. La distribución de la anchoveta se restringió al sur de los 10°S y continuó disminuyendo su actividad desovante.

Se estima que el Niño Costero en curso se extendería hasta abril de acuerdo con las condiciones observadas y al juicio experto del Comité ENFEN. Además, de acuerdo con los modelos climáticos de las agencias internacionales, en la región Niño 1+2 continuarían las condiciones cálidas al menos hasta otoño, y en la región Niño 3.4 continuarían las condiciones neutras hasta el mes de mayo, para luego evolucionar a condiciones cálidas.

Tomando en consideración el monitoreo, los resultados de los modelos de las agencias internacionales y el conocimiento experto, El Comité Multisectorial ENFEN prevé la continuación del evento El Niño costero al menos hasta el mes de abril inclusive, con una mayor probabilidad de alcanzar magnitud moderada.

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.

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

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

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

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

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

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

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.

Quispe, J. y L. Vásquez. 2015. Índice "LABCOS" para la caracterización de eventos El Niño y La Niña frente a la costa del Perú, 1976 – 2015. IMARPE, Boletín Trimestral Oceanográfico, 1(1-4): 14-18.

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.

Xie, S. y S.G.H. Philander, 1994: A coupled ocean-atmosphere model of relevance to the ITCZ in the eastern Pacific, Tellus, 46A, 340-350

7. FIGURAS

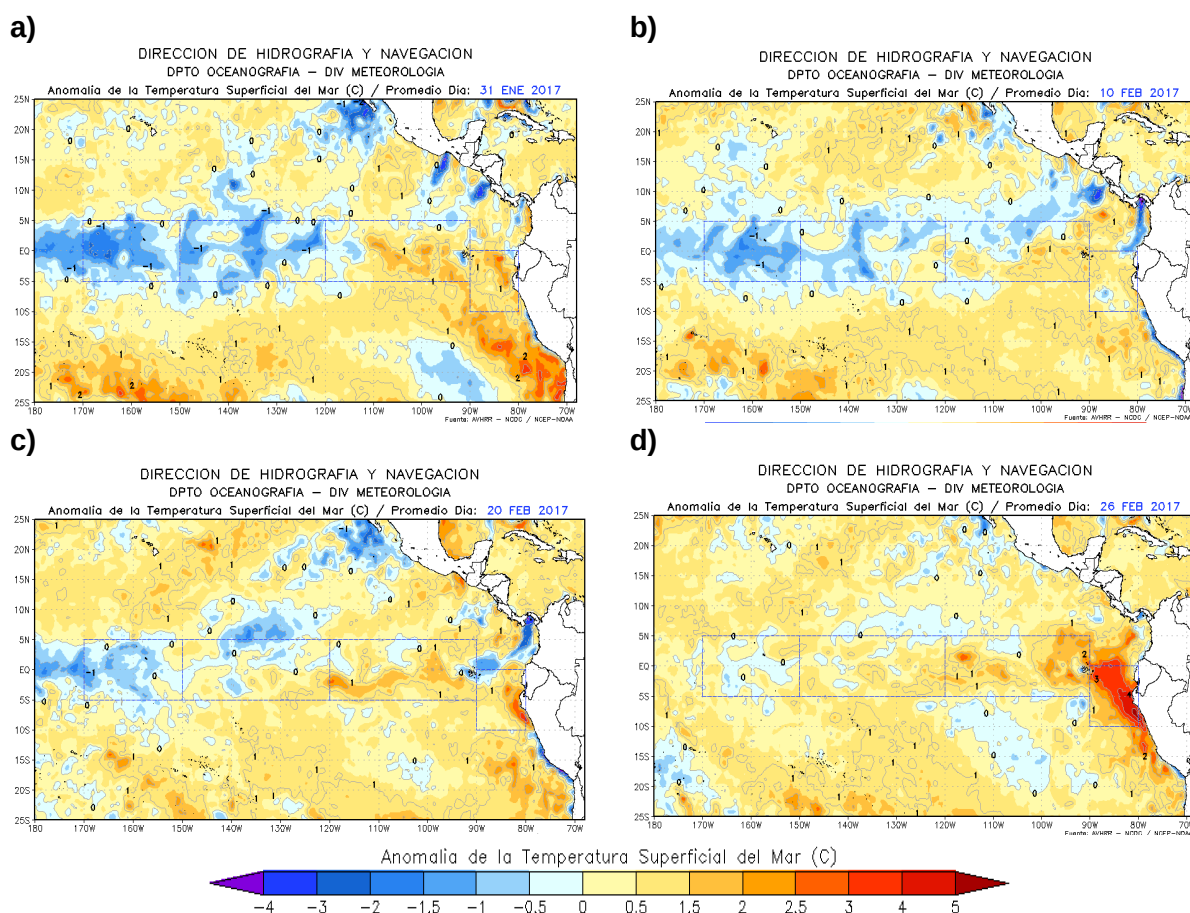


Figura 3.1.1.1. Anomalías de la temperatura superficial del mar (°C) en el océano Pacífico oriental para los días a) 31 de enero, b) 11 de febrero, c) 20 de febrero, y e) 26 de febrero de 2017. La línea sólida en color azul indica el límite la región Niño 1+2 y Niño 3+4. Datos: NCDC/NCEP/NOAA. Procesamiento: DHN.

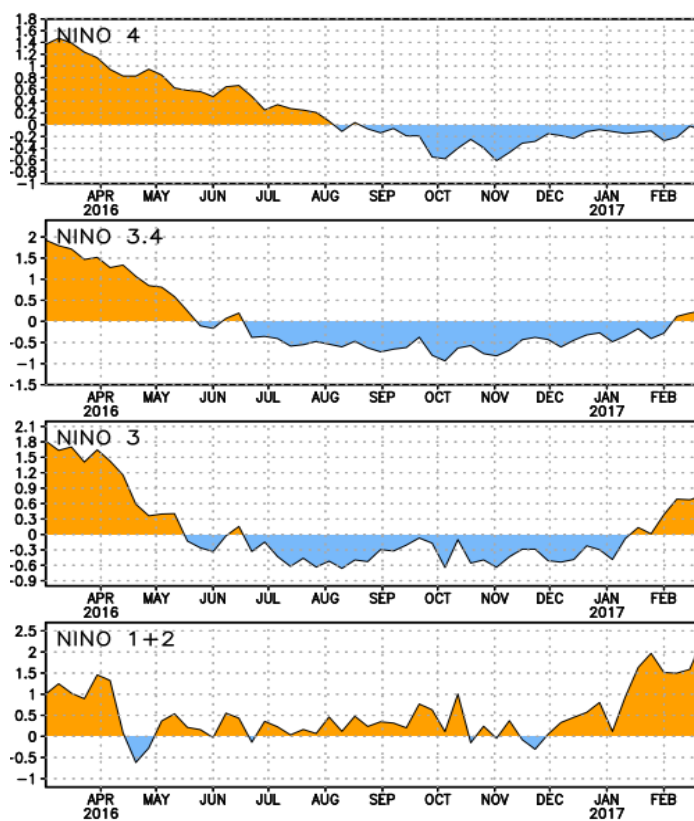


Figura 3.1.1.2- Anomalías de la temperatura superficial del mar (°C) en las regiones Niño de marzo del 2016 a febrero del 2017. Fuente: NCEP/NOAA.

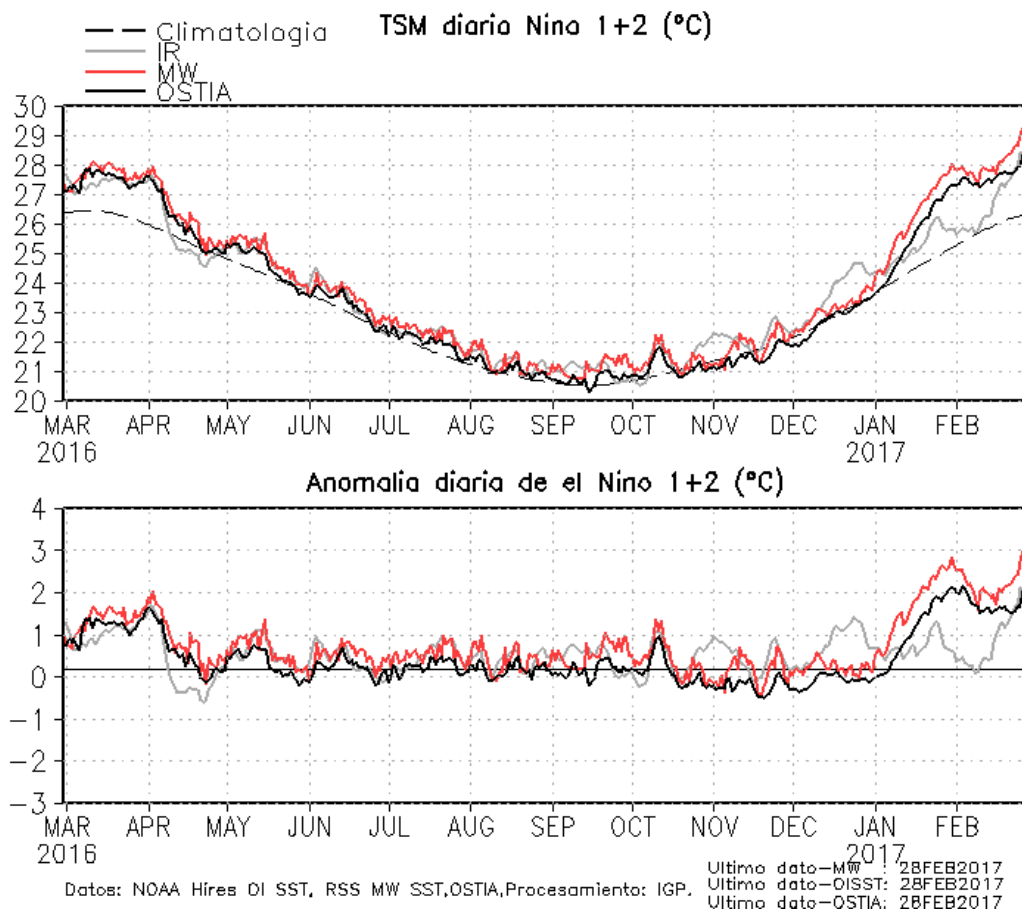


Figura 3.1.1.3. a) TSM absoluta (°C) y b) anomalía de la TSM (°C) desde marzo del 2016 hasta febrero del 2017, climatología (línea discontinua), datos infrarrojos (línea gris), microondas (línea roja) y OSTIA (línea negra), en la región 1+2. Procesamiento: IGP.

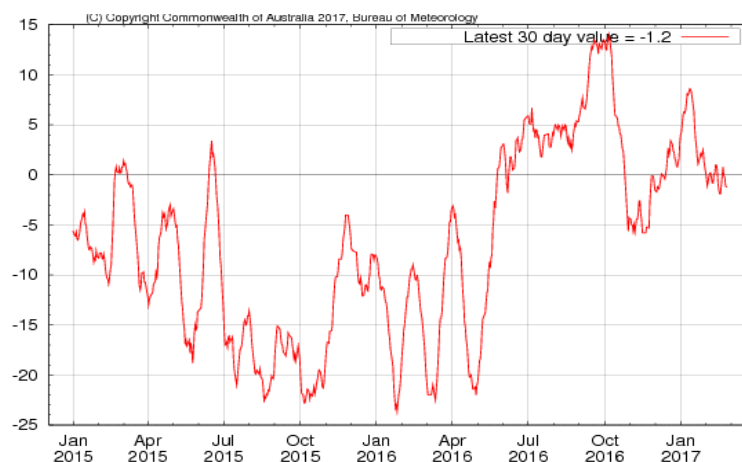


Figura 3.1.1.4 Evolución del Índice de Oscilación Sur (IOS), considerando la media móvil de 30 días. Fuente: Bureau of Meteorology, Australia.

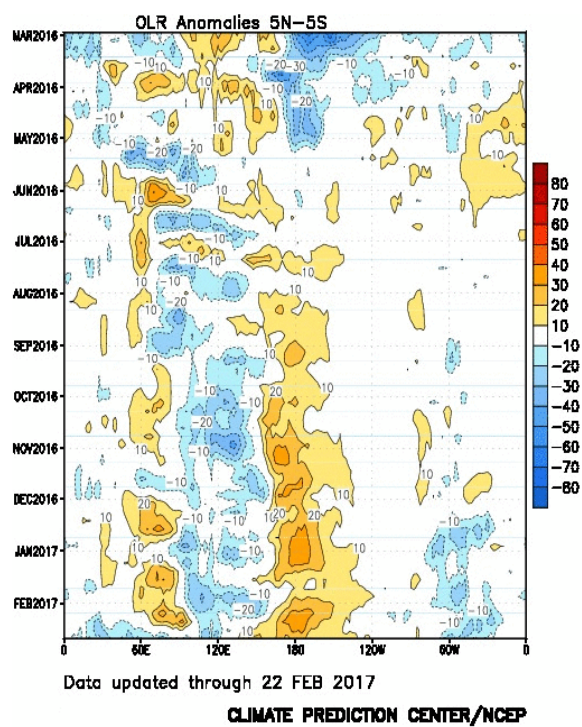
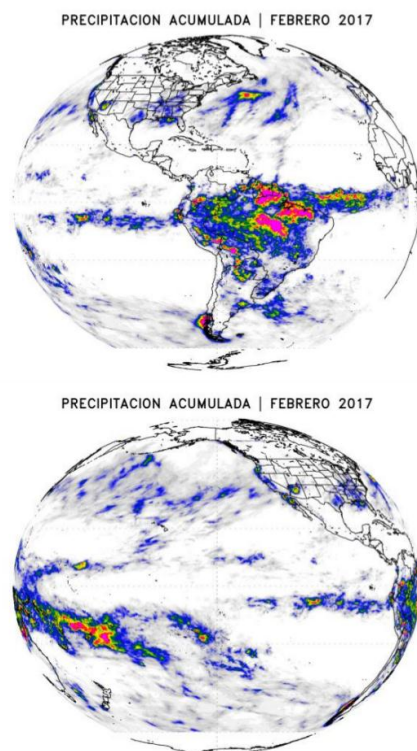


Figura 3.1.1.5. Hovmöller de anomalías de a) Radiación de Onda Larga - OLR (W/m²) desde el mes de febrero de 2106 hasta febrero de 2017. Datos: NCEP b) Precipitaciones en el mes de febrero de 2016. Datos: TRMM. Procesamiento: IGP/SENAMHI.

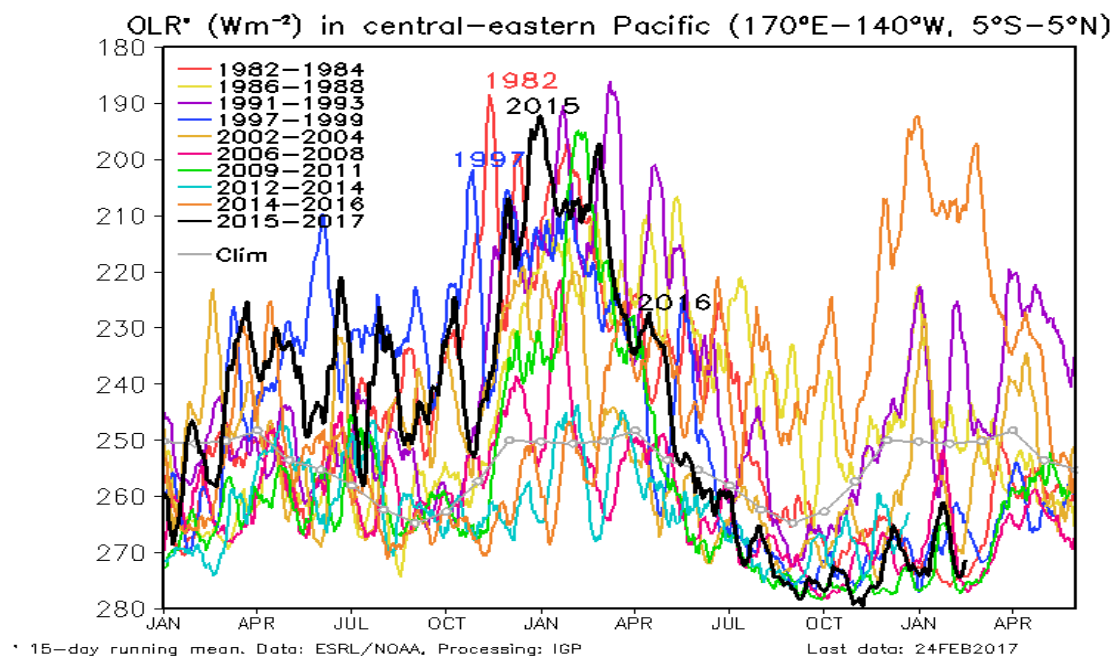


Figura 3.1.1.6. Radiación de Onda Larga - OLR (W/m^2) en el Pacífico central-oriental ($170^{\circ}\text{W}-140^{\circ}\text{W}$, $5^{\circ}\text{S}-5^{\circ}\text{N}$) desde el mes de enero hasta el mes de febrero. Datos: ESRL/NOAA, Procesamiento: IGP.

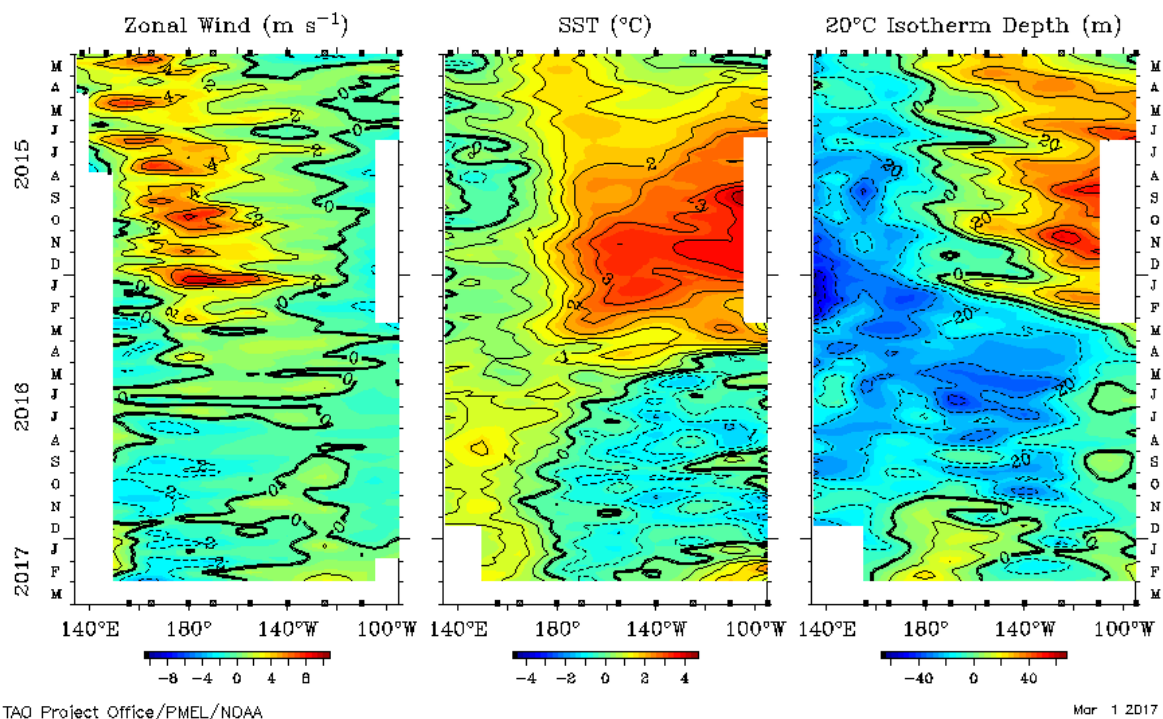


Figura 3.1.1.7. Diagrama longitud-tiempo de las anomalías del viento zonal ecuatorial, temperatura superficial del mar y profundidad de la isoterma de 20°C entre 2°N-2°S, en base a datos de TAO/TRITON, actualizados a fines de febrero.

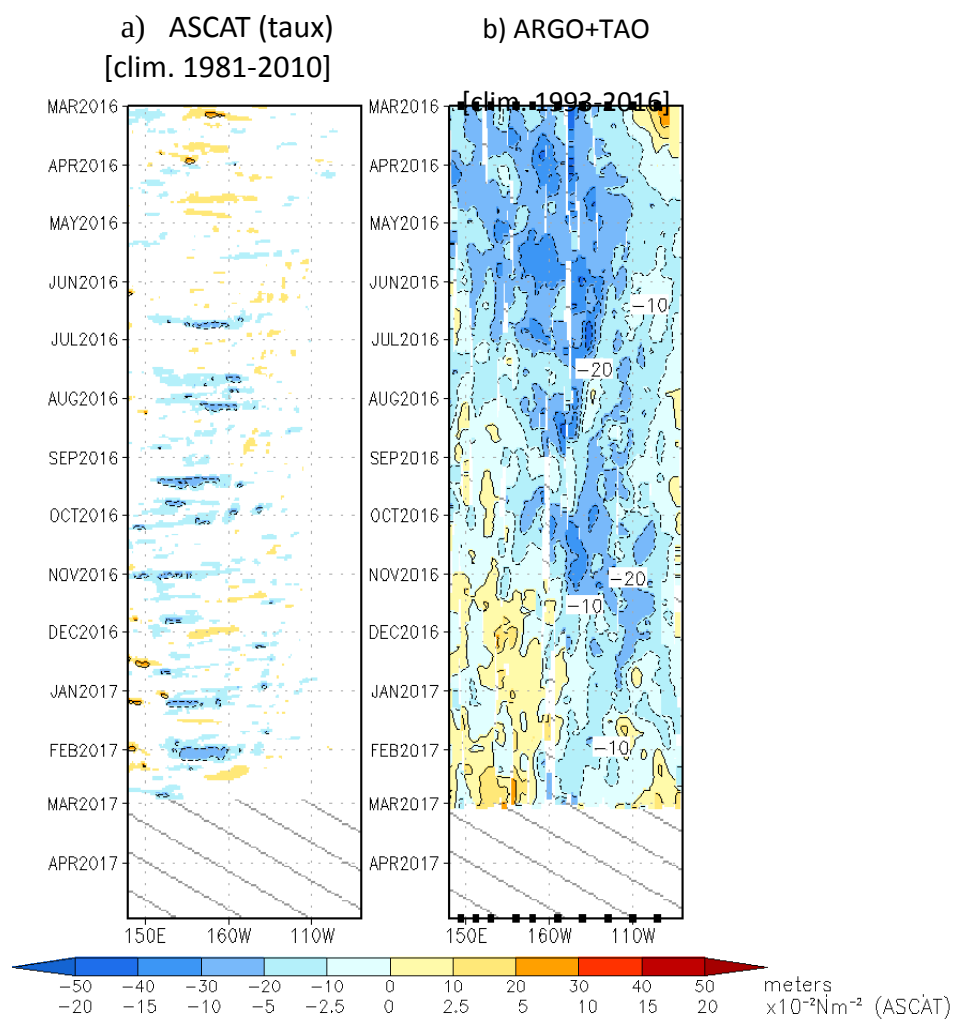


Figura 3.1.1.8. Diagrama longitud-tiempo de las anomalías de esfuerzo de viento zonal ecuatorial basado en datos del escaterómetro ASCAT (a) y anomalía de la profundidad de la isoterma de 20°C con datos de los derivadores de ARGO y de las boyas TAO/TRITON (b). Las líneas diagonales plomas representan una propagación hacia el este con velocidad de 2.7 m/s para la Onda de nivel del mar. Procesamiento: IGP

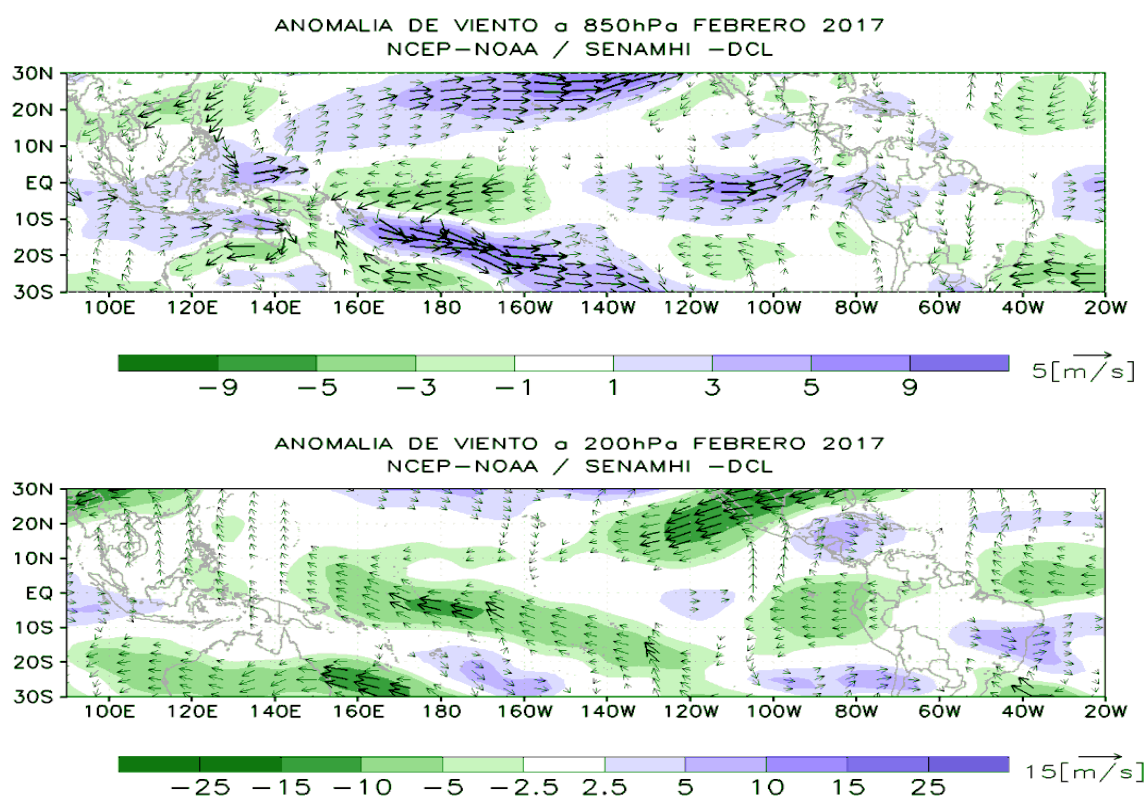


Figura 3.1.1.9. Análisis de anomalías del viento (m/s) en a) 850 hPa y b) 200 hPa para el mes de febrero del 2017. Datos: NCEP/NOAA. Procesamiento: SENAMHI-DCL.

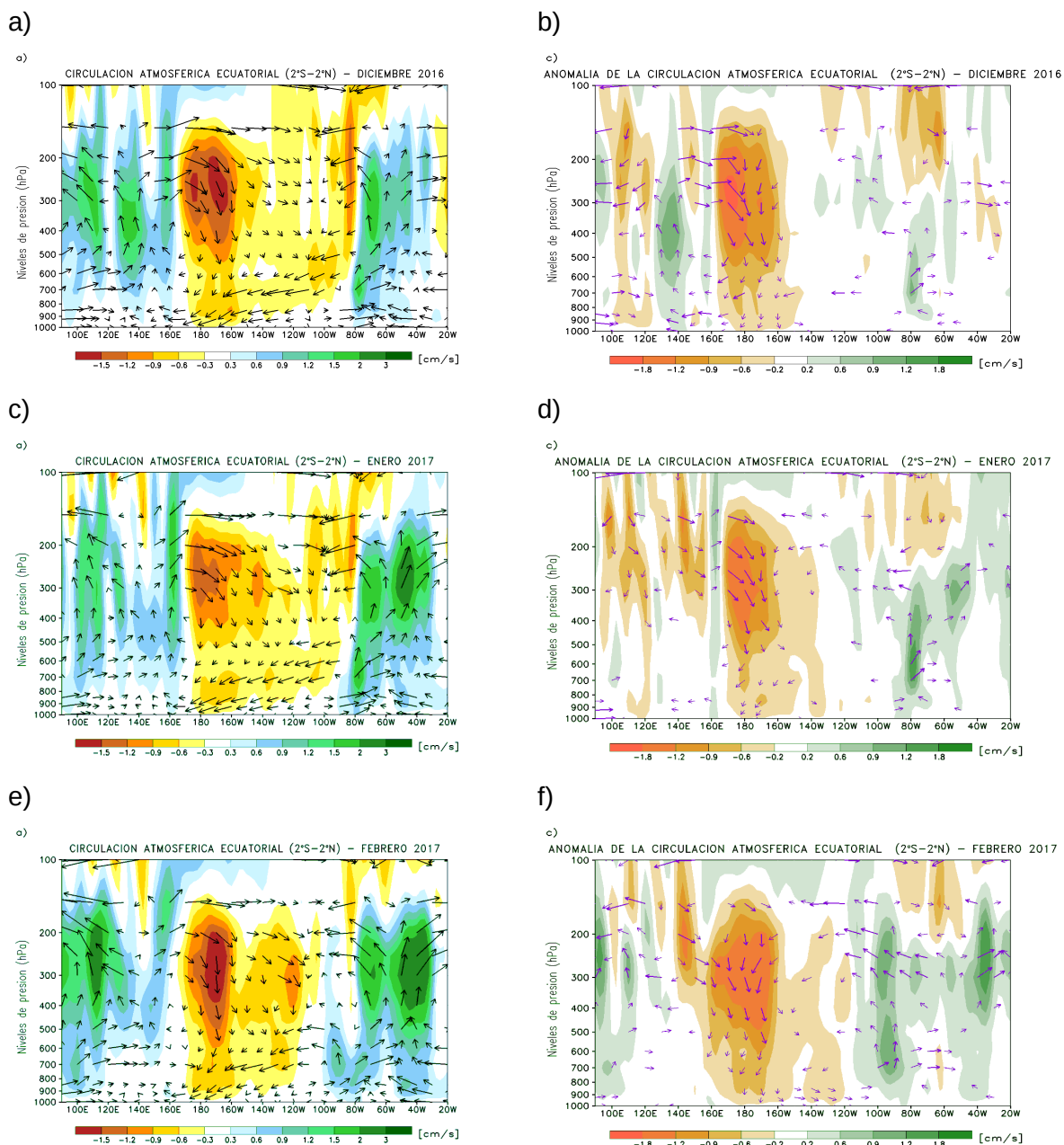


Figura 3.1.1.0. Circulación atmosférica ecuatorial promedio mensual (derecha) y su anomalía (izquierda) para el mes de diciembre (a y b); enero (c y d); y febrero (e y f) del 2017, respectivamente. Fuente: SENAMHI con datos de la NCEP-NOAA.

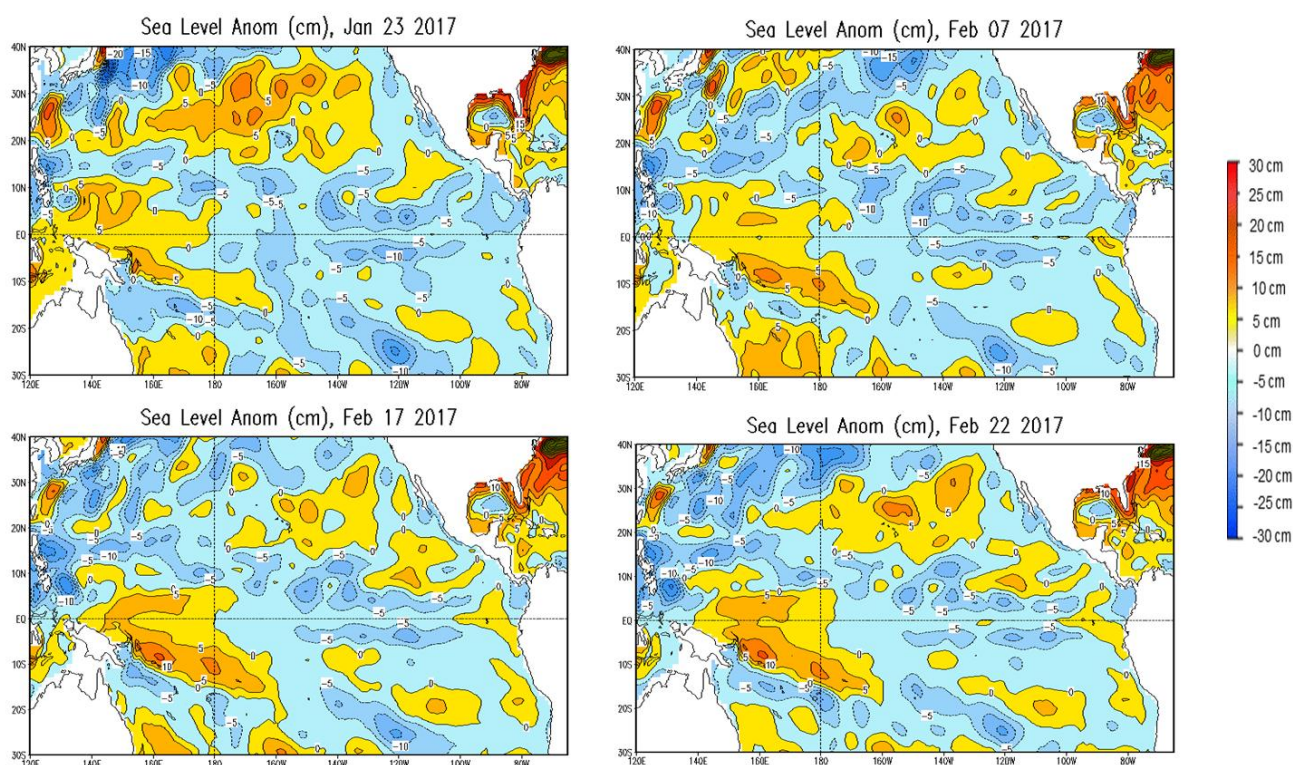


Figura 3.1.2.1. Anomalías del Nivel Medio del Mar, actualizados a febrero del 2017, a) 23 de enero b) 07 de febrero, c) 17 de febrero y d) 22 de febrero; Fuente AVISO – DHN.

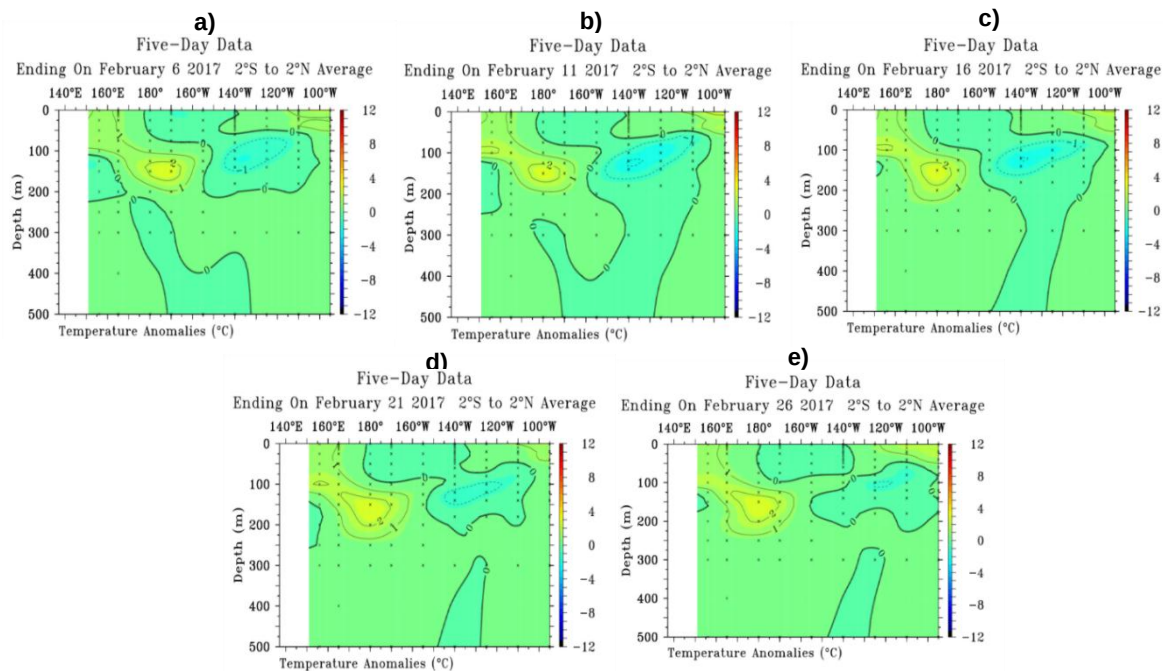


Figura 3.1.2.2. Anomalías de la temperatura sub-superficial del mar (°C) en el océano Pacífico ecuatorial entre los 2°N y 2°S promediadas cada cinco días, finalizando los días: a) 6 de febrero, b) 11 de febrero, c) 16 de febrero, d) 21 de febrero y e) 26 de febrero de 2017. Fuente: TAO/TRITON, PMEL/NOAA.

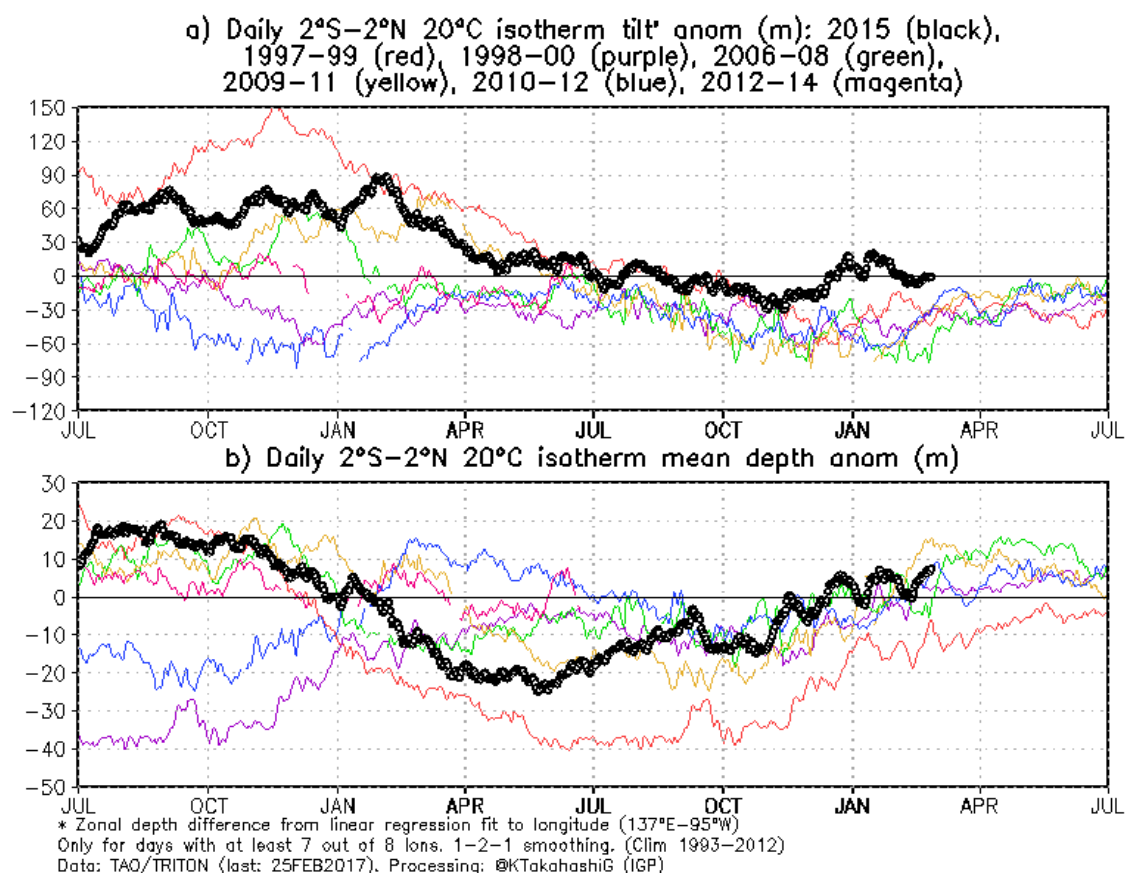
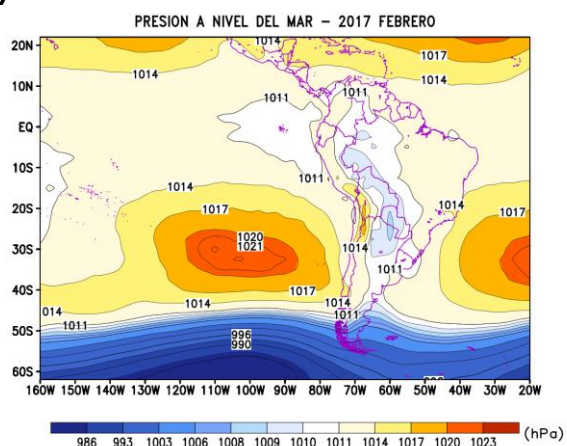


Figura 3.1.2.3. a) Inclínación de la termoclina, diferencia de la profundidad zonal del ajuste de la regresión lineal para la longitud (137°E – 95°W). Climatología 1993-2012 (punteado). b) Contenido de calor en la región ecuatorial entre 2°N y 2°S). Data: TAO/TRITON. Procesamiento: IGP.

a)



b)

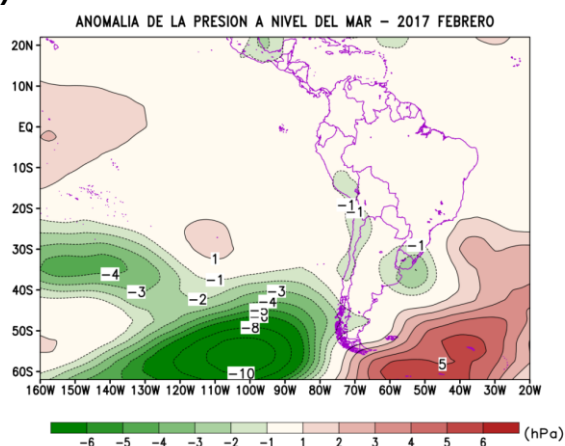


Figura 3.2.1.1 Presión atmosférica (hPa) a nivel medio del mar para febrero del 2017. a) Promedio de la Presión atmosférica (hPa) a nivel del mar, b) Anomalía de la Presión atmosférica (hPa) a nivel del mar. Datos: NCEP/NOAA. Procesamiento: SENAMHI.

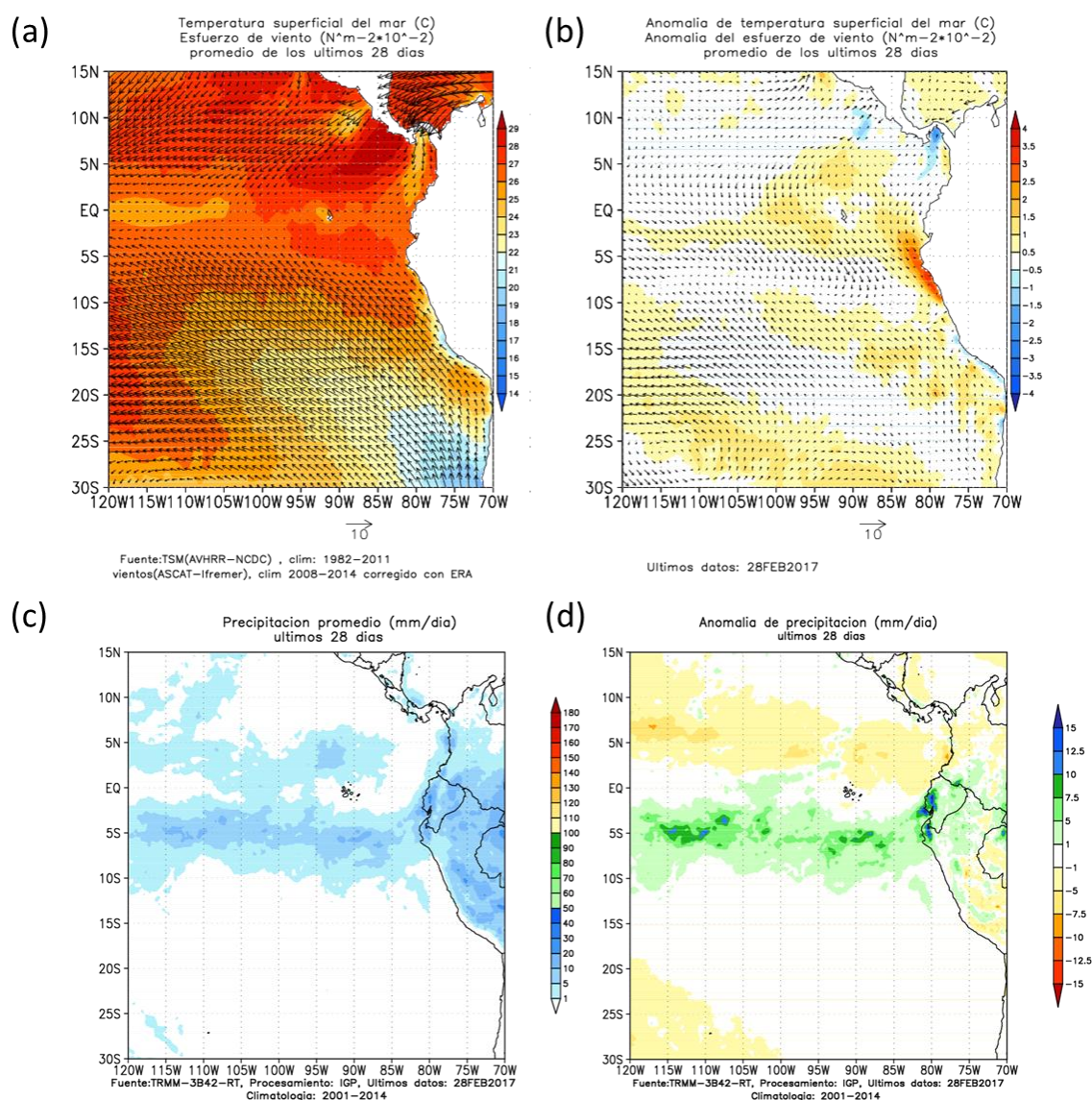


Figura 3.2.1.2. Condiciones promedio de precipitación, temperatura superficial del mar (TSM) y esfuerzo de viento, correspondientes a enero, (a) valores absolutos de precipitación, (b) anomalía de precipitación, (c) valores absolutos de TSM asociados al esfuerzo de vientos, (d) anomalías de TSM, asociados al esfuerzo de vientos. Fuente TRMM, AVHRR-NCDC-NOAA, ASCAT-IFREMER. Procesamiento: IGP.

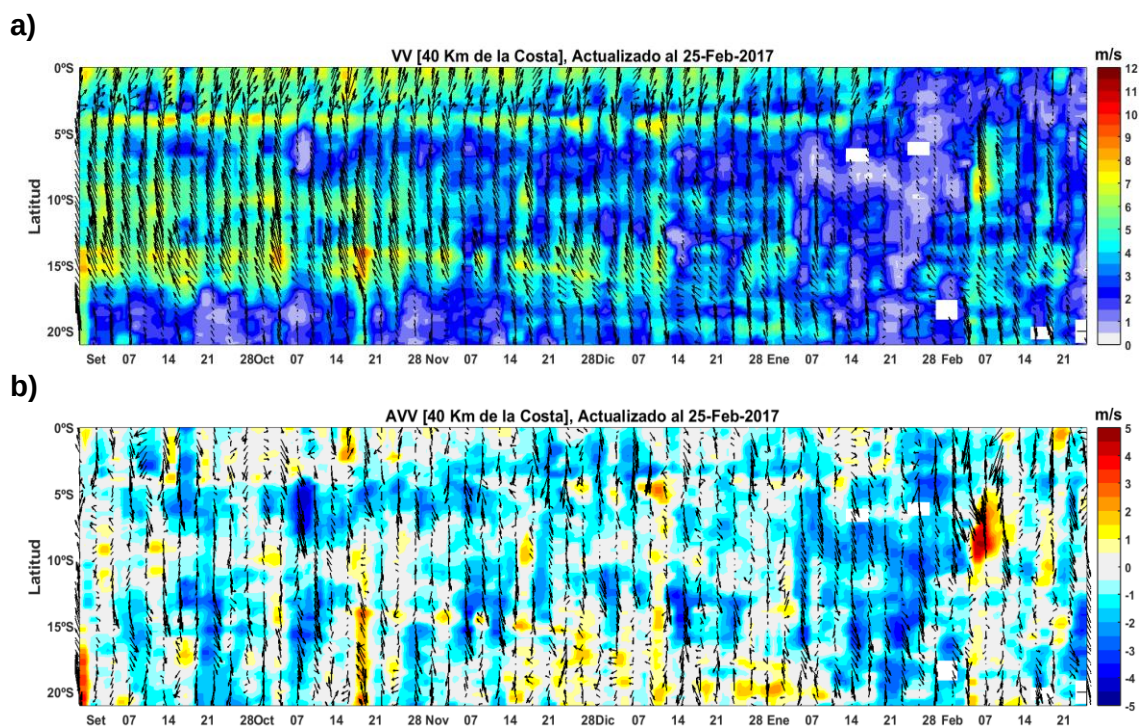


Figura 3.2.1.3. a) Velocidad del viento (m/s) y b) Anomalía del viento (m/s), desde los 0° hasta 20°S en el periodo de agosto del 2016 al 25 de febrero del 2017. Los vectores representan la dirección del viento y anomalía de la dirección del viento, respectivamente. Datos: ASCAT. Procesamiento: IMARPE.

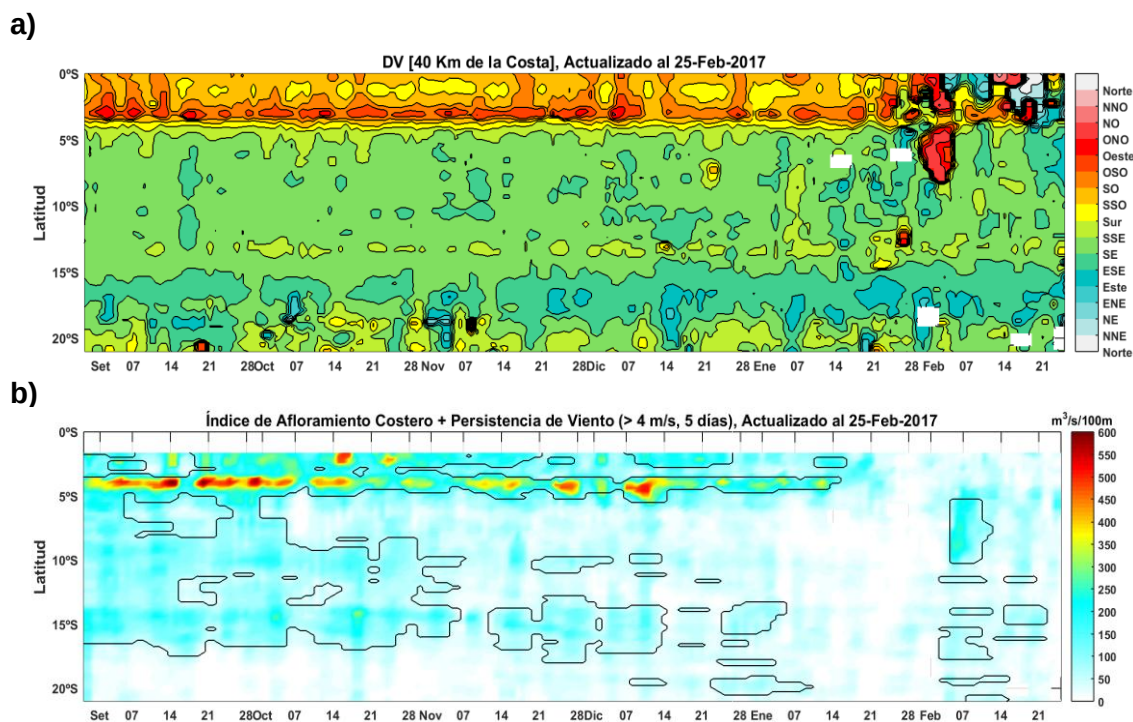


Figura 3.2.1.4. a) Dirección del Viento; b) Índice de Afloramiento Costero (a partir del viento diario satelital a 40 Km frente a la costa del Perú). Las líneas encierran los periodos en los cuales persistió viento con componente sur ($v_v > 4$ m/s) al menos 05 días consecutivos. Datos: ASCAT, Procesamiento: IMARPE.

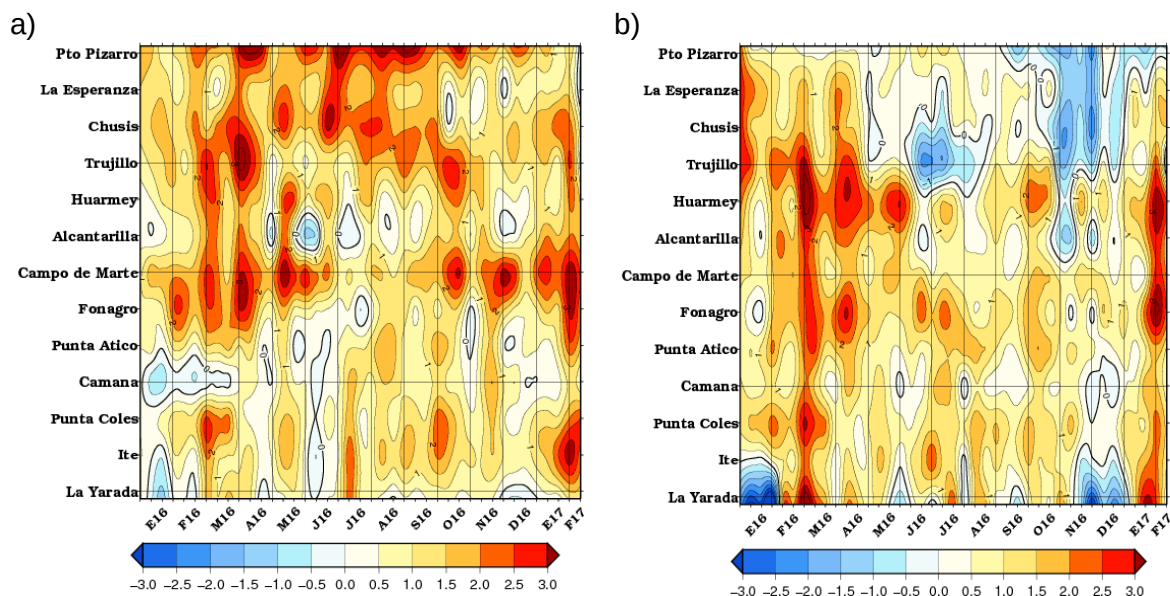


Figura 3.2.2.1. Anomalías de las temperaturas extremas del aire (°C) en la costa peruana desde enero 2016 a febrero del 2017. a) Temperatura máxima y b) Temperatura mínima. Fuente: SENAMHI.

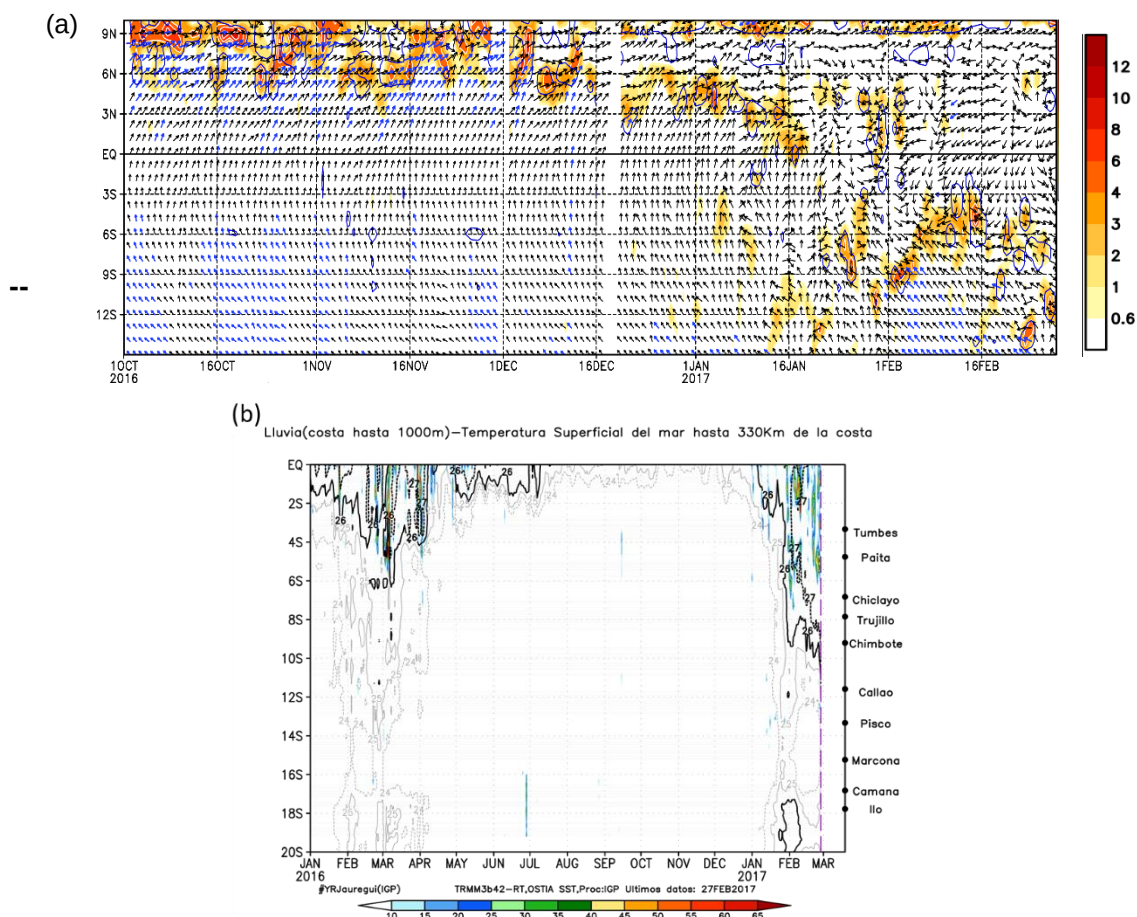


Figura 3.2.3.1. Variaciones de la zona de convergencia intertropical (ZCIT), precipitación y temperatura superficial del mar (TSM), en el Pacífico Ecuatorial cerca a Sudamérica. a) Evolución de la ZCIT entre los 84°W a 86°W, evidenciada a partir de la convergencia de humedad relativa. Contornos azules: ascensos verticales (Pa/seg) promedio entre 500 y 850 hPa.

Matices de colores: convergencia de humedad ($10^{-1} s^{-1}$); vectores: flujos de relación de mezcla en 1000 hPa. Fuente: SENAMHI. b) Diagrama Hovmöller de isotermas de 26°C y 27°C (líneas negras) entre costa y los 330 km, asociados a la precipitación desde la costa hasta los 1000 m de altitud (gradientes de color). Fuente: TRMM; procesamiento: IGP.

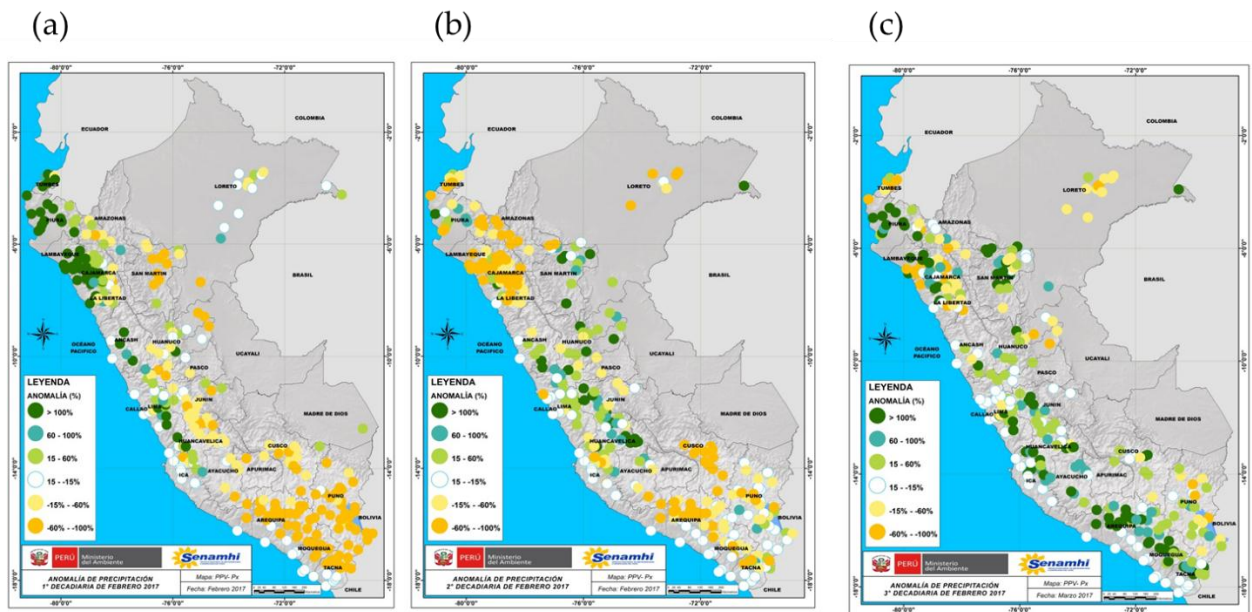


Figura 3.2.3.2. Mapa de anomalías de precipitación acumulada (%), durante la (a) primera, (b) segunda y (c) tercera decadiaria de febrero del 2017, registradas en las estaciones meteorológicas del SENAMHI.

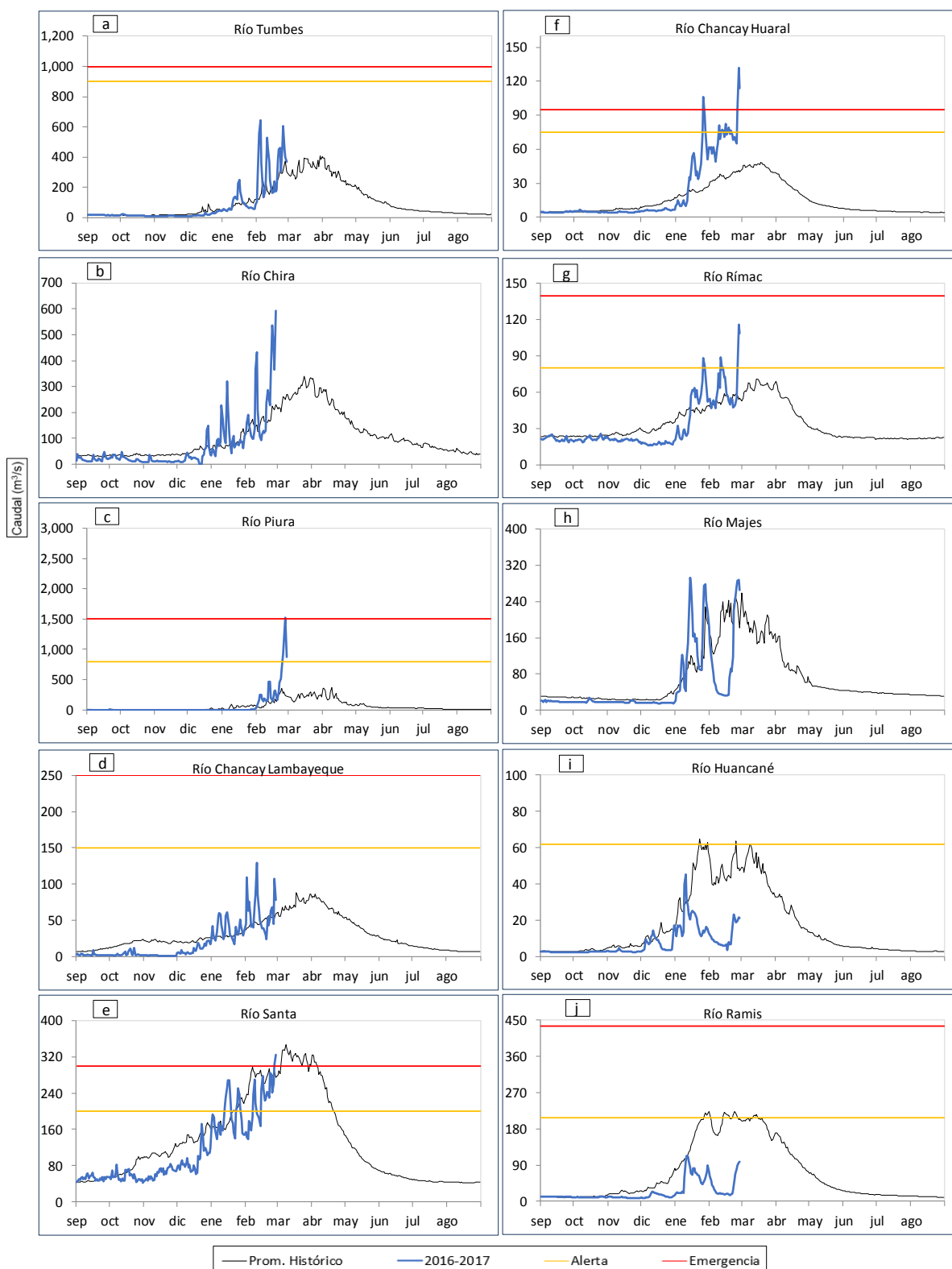


Figura 3.2.3.3. Series de tiempo actualizados a fines de febrero, de los caudales diarios (m^3/s) de los principales ríos del Perú, entre los meses de setiembre a agosto: a) Tumbes, b) Chira, c) Piura, d) Chancay Lambayeque, e) Santa, f) Chancay Huaral, g) Rímac, h) Majes, de la vertiente del pacífico; i) Huancané y j) Ramis, de la cuenca del Titicaca. Líneas azules: caudales de años 2016-2017, negras: Promedio histórico, amarillas: nivel de alerta, y rojas: nivel de emergencia. Fuente: ANA.

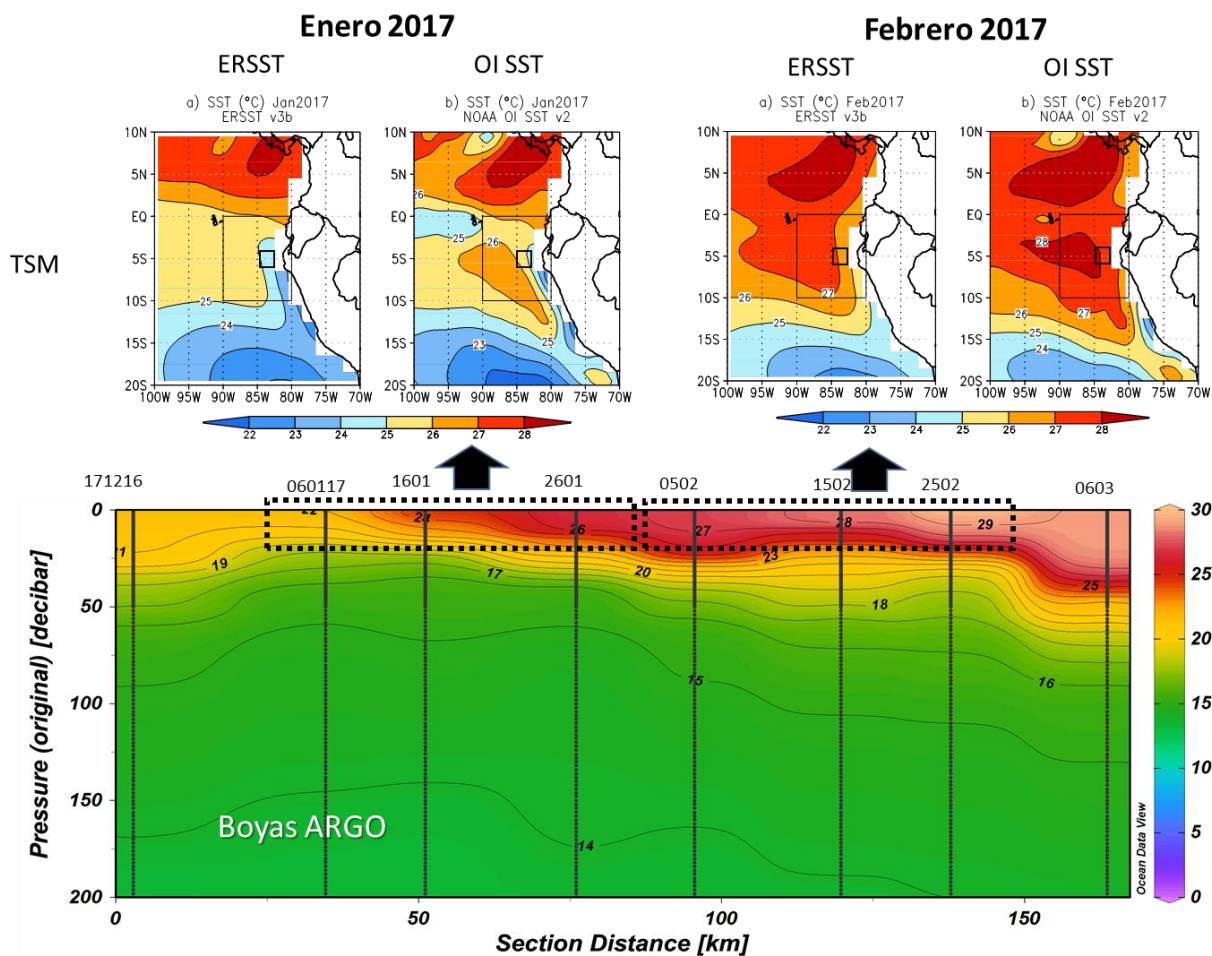


Figura 3.2.4.1. Comparación de los datos satelitales de ERSST y OI-SST respecto a los datos observados de las boyas ARGO durante los meses de enero y febrero 2017.

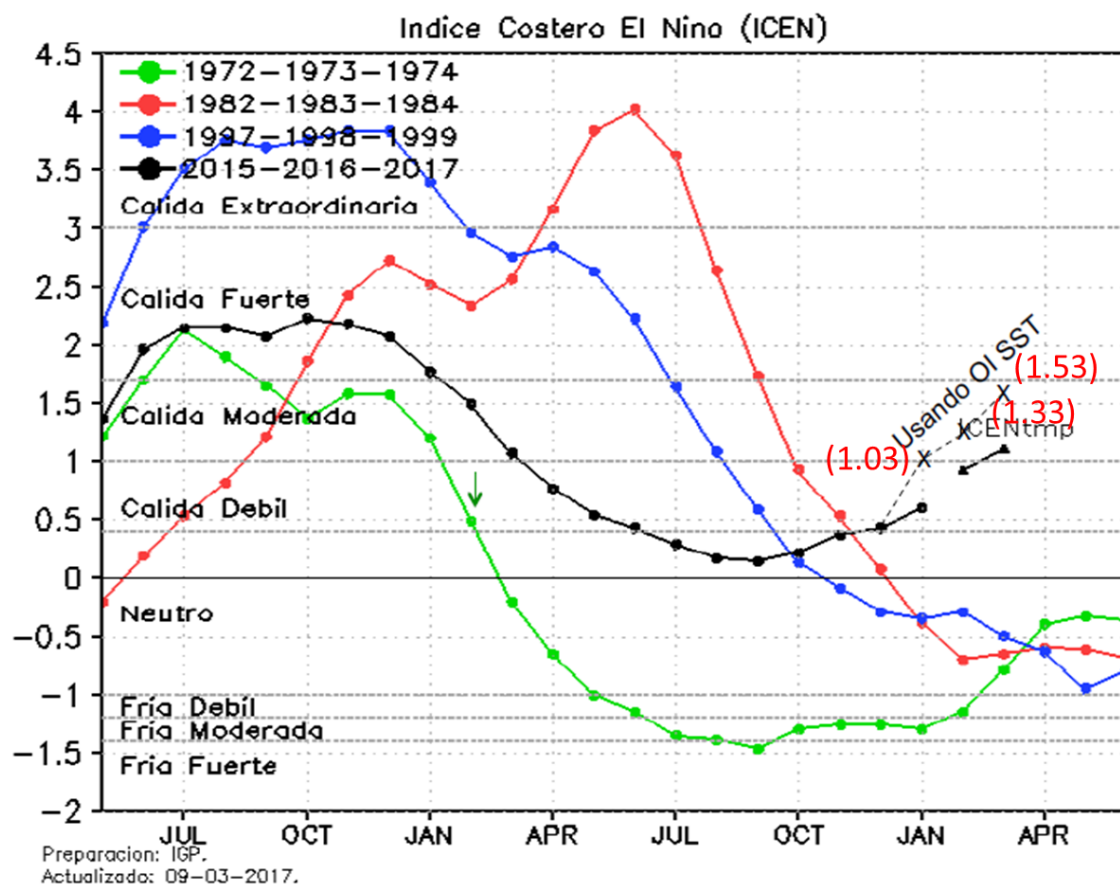


Figura 3.2.4.2. Índice Costero El Niño para los años 1972-1974 (verde), 1982-1984 (rojo), 1997-1999 (azul) y 2015-2017 (negro). Se agregan datos OI SST para enero a marzo del 2017. Fuente IGP.

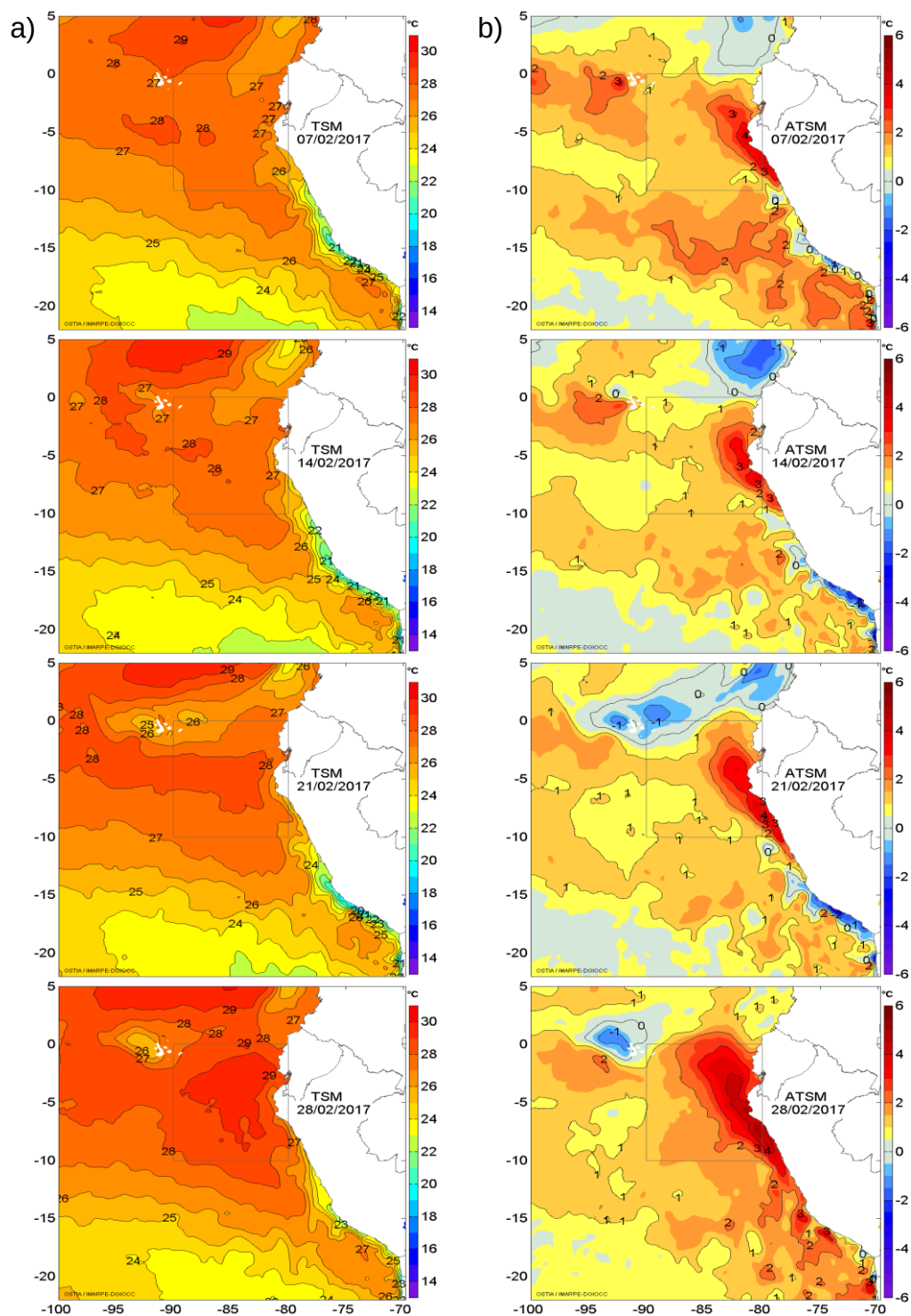


Figura 3.2.4.3. Condiciones térmicas del océano frente a Perú, a) Temperatura Superficial del Mar (TSM) y b) Anomalías de la TSM (°C), durante los días 07, 14, 21 y 28 de febrero del 2017. El cuadrante indica el límite de la región Niño 1+2. Fuente: OSTIA. Procesamiento: IMARPE.

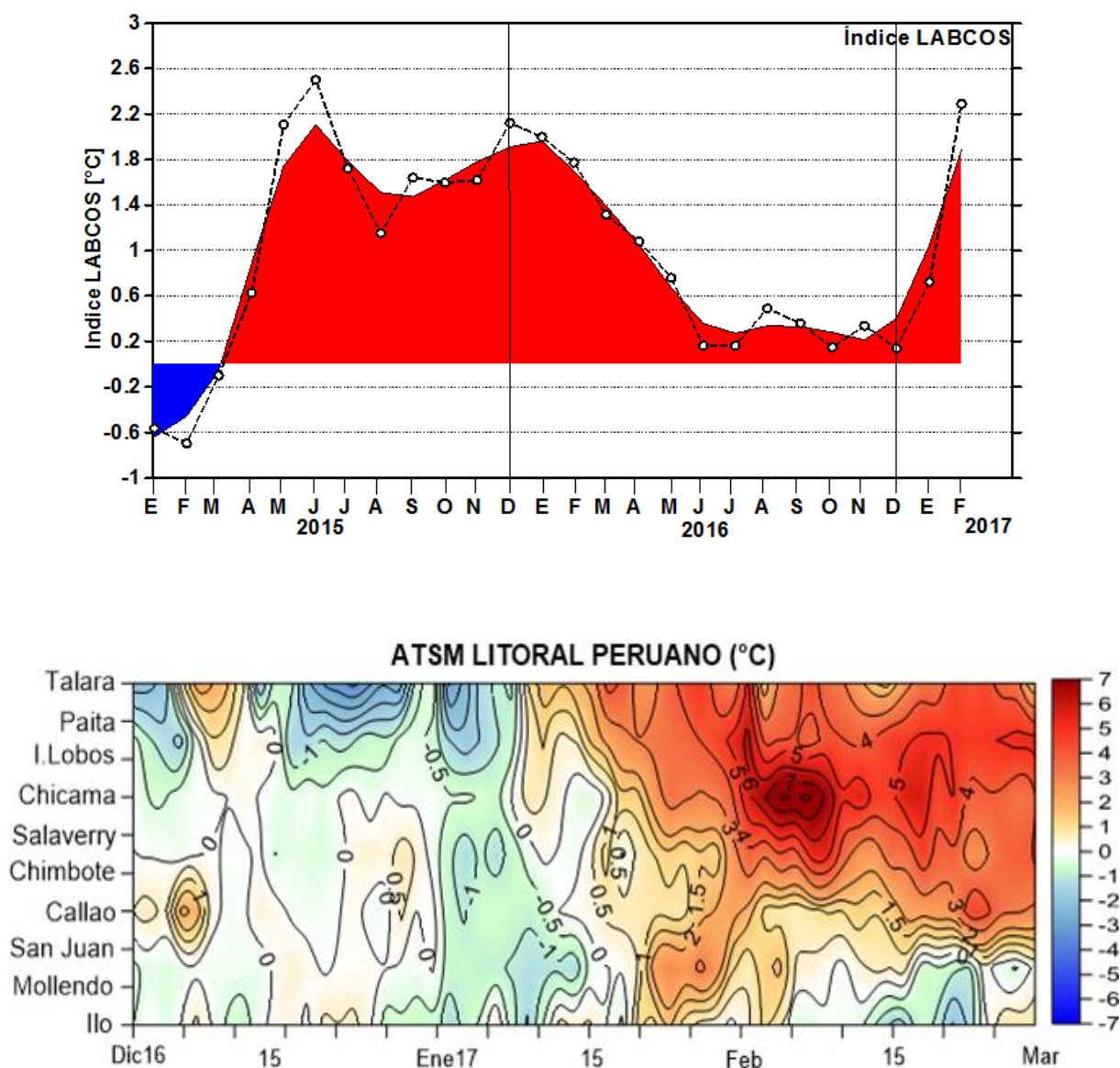


Figura 3.2.4.4. a) Variación del índice LABCOS y su valor mensual (línea punteada con símbolos), basado en las anomalías de la TSM registradas en estaciones del litoral ubicadas de Paíta a Ilo (Quispe & Vásquez, 2015); b) Diagrama Hovmöller de la anomalía de la TSM a lo largo del litoral durante el último trimestre, en estaciones de la DHN e IMARPE (Chicama).

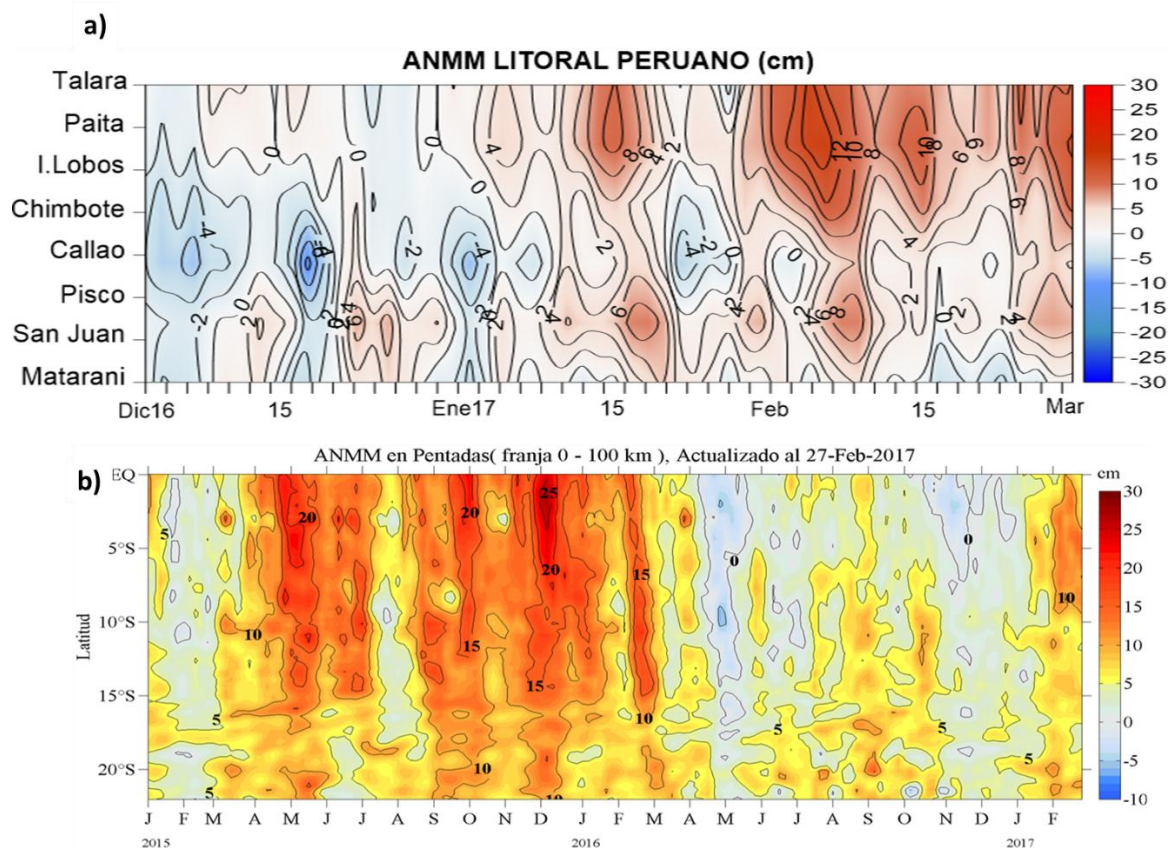


Figura 3.2.4.5. Anomalías del Nivel Medio del Mar, actualizados a febrero del 2016, a) Series diarias y b) Hovmöller durante el último bimestre en estaciones costeras de la DHN, c) Hovmöller en franja costera de 0-100 km, entre 2015-2016; Fuente AVISO – IMARPE.

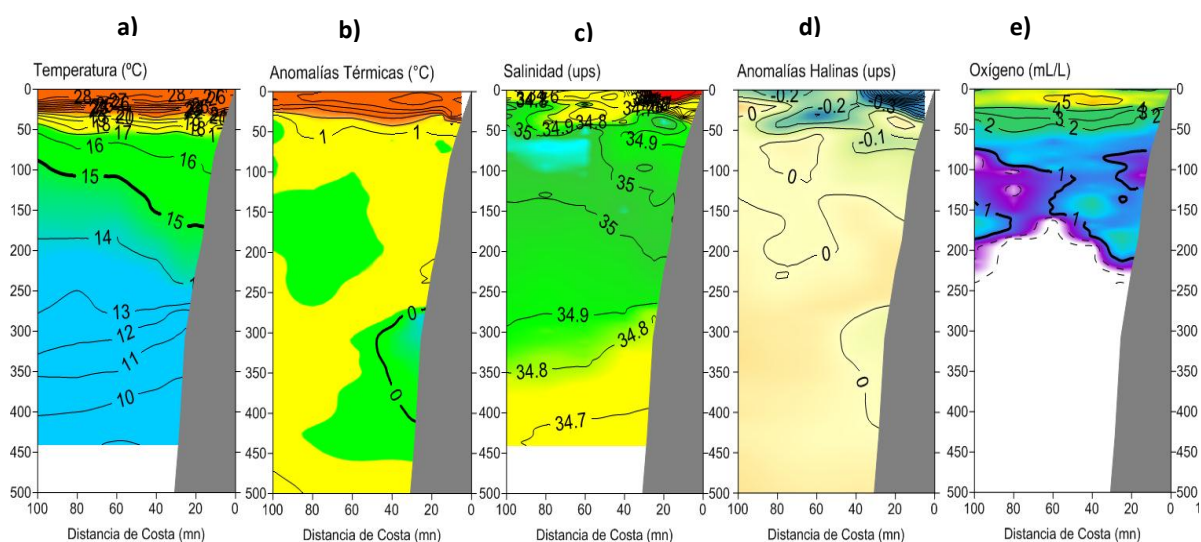


Figura 3.2.5.1 Distribución vertical de: a) temperatura (°C), b) anomalía de temperatura (°C), c) salinidad (ups) y d) anomalía de salinidad (ups) frente a Paita, realizada durante el 21 y 22 de febrero de 2017. Fuente: IMARPE.

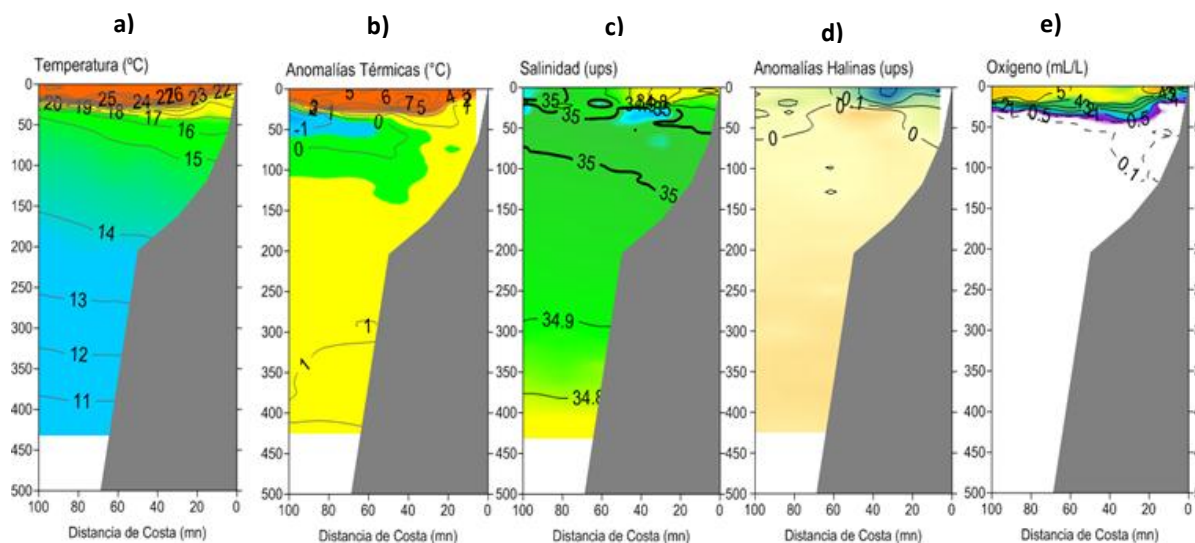


Figura 3.2.5.2 Distribución vertical de: a) temperatura (°C), b) anomalía de temperatura (°C), c) salinidad (ups) y d) anomalía de salinidad (ups) frente a Chicama, realizada durante el 18 y 19 de febrero de 2017. Fuente: IMARPE.

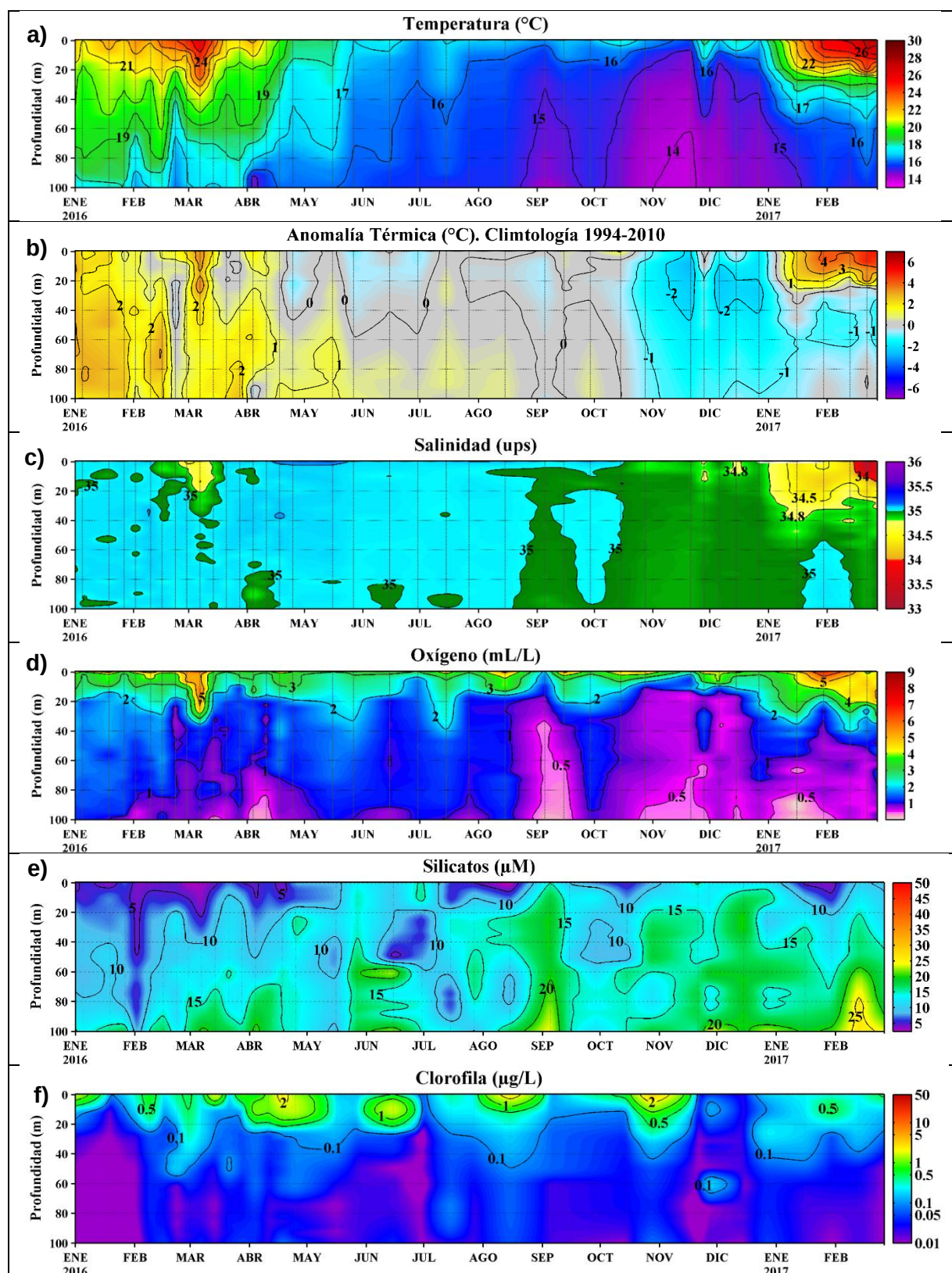


Figura 3.2.5.3 Series de tiempo para la estación oceanográfica fija frente a Paita (punto fijo Paita) de: a) temperatura (°C), b) anomalía de la temperatura (°C), c) salinidad (ups), d) oxígeno (mL/L), e) silicatos (μM) y f) clorofila (μg/L), para el periodo del 01 de enero de 2016 al 27 de febrero de 2017. Climatología: 1994-2010. Fuente: IMARPE.

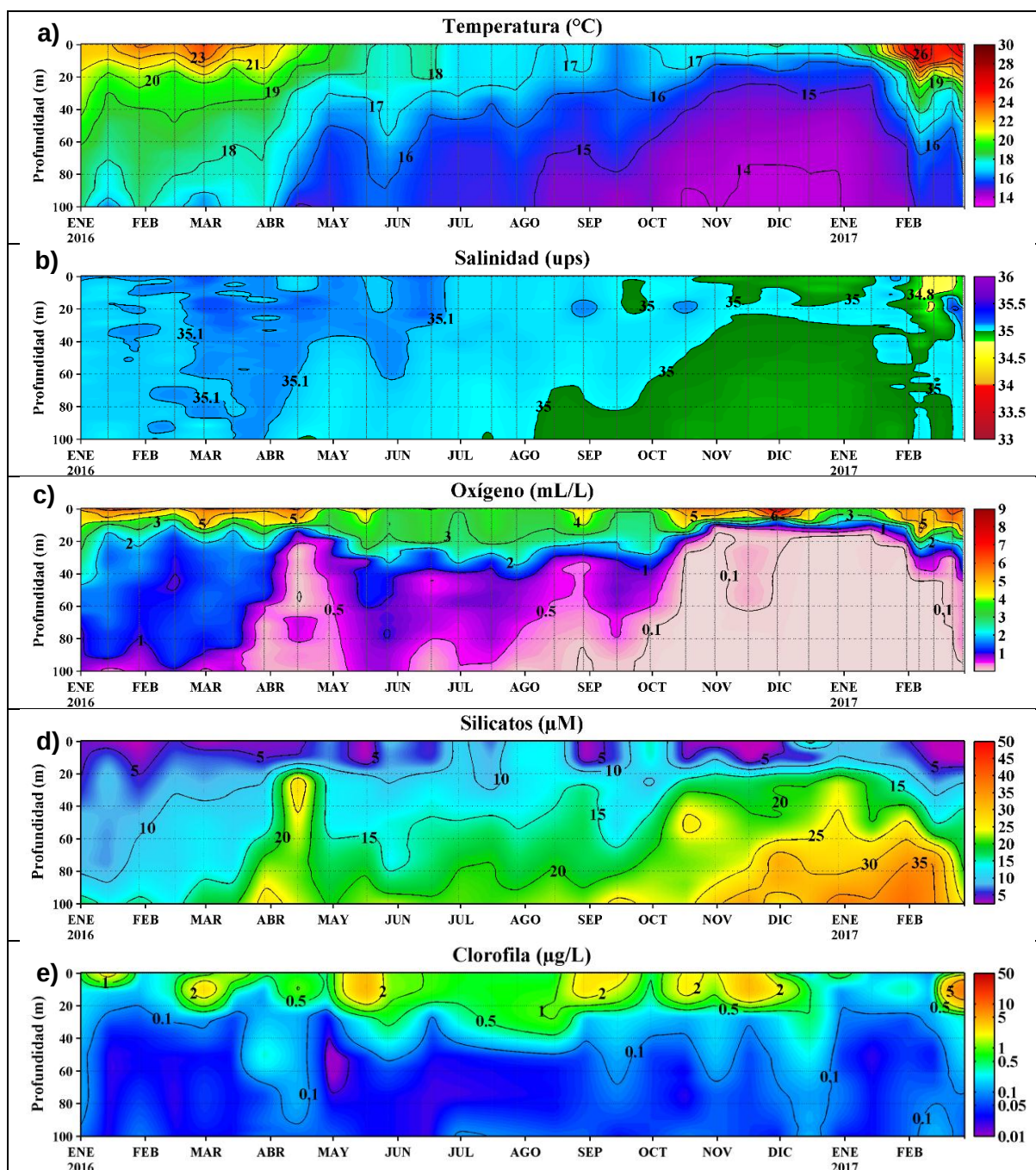


Figura 3.2.5.4. Series de tiempo para la estación oceanográfica fija frente a Chicama (punto fijo Chicama) de: a) Temperatura (°C), b) Salinidad (ups) y c) Oxígeno (mL/L), para el periodo del 01 de enero de 2016 al 27 de febrero de 2017. Fuente: IMARPE.

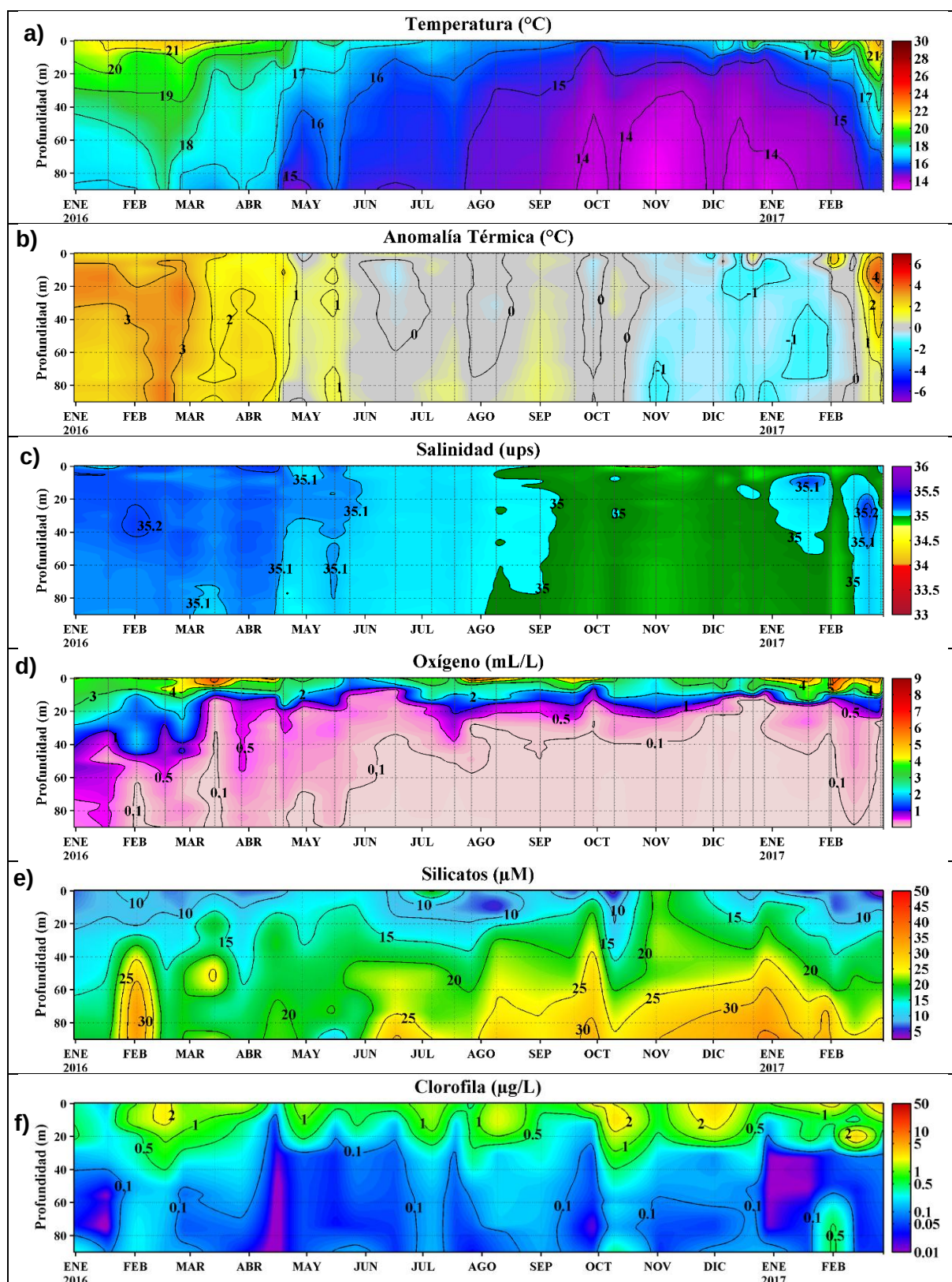


Figura 3.2.5.5. Series de tiempo para la estación oceanográfica fija frente a Callao (punto fijo Callao) de: a) temperatura (°C), b) anomalía de la temperatura (°C), c) Salinidad (ups), d) oxígeno (mL/L), e) Silicatos (μM) y f) Clorofila (μg/L), para el periodo del 01 de enero de 2016 al 28 de febrero de 2017. Climatología: 1994-2010. Fuente: IMARPE.

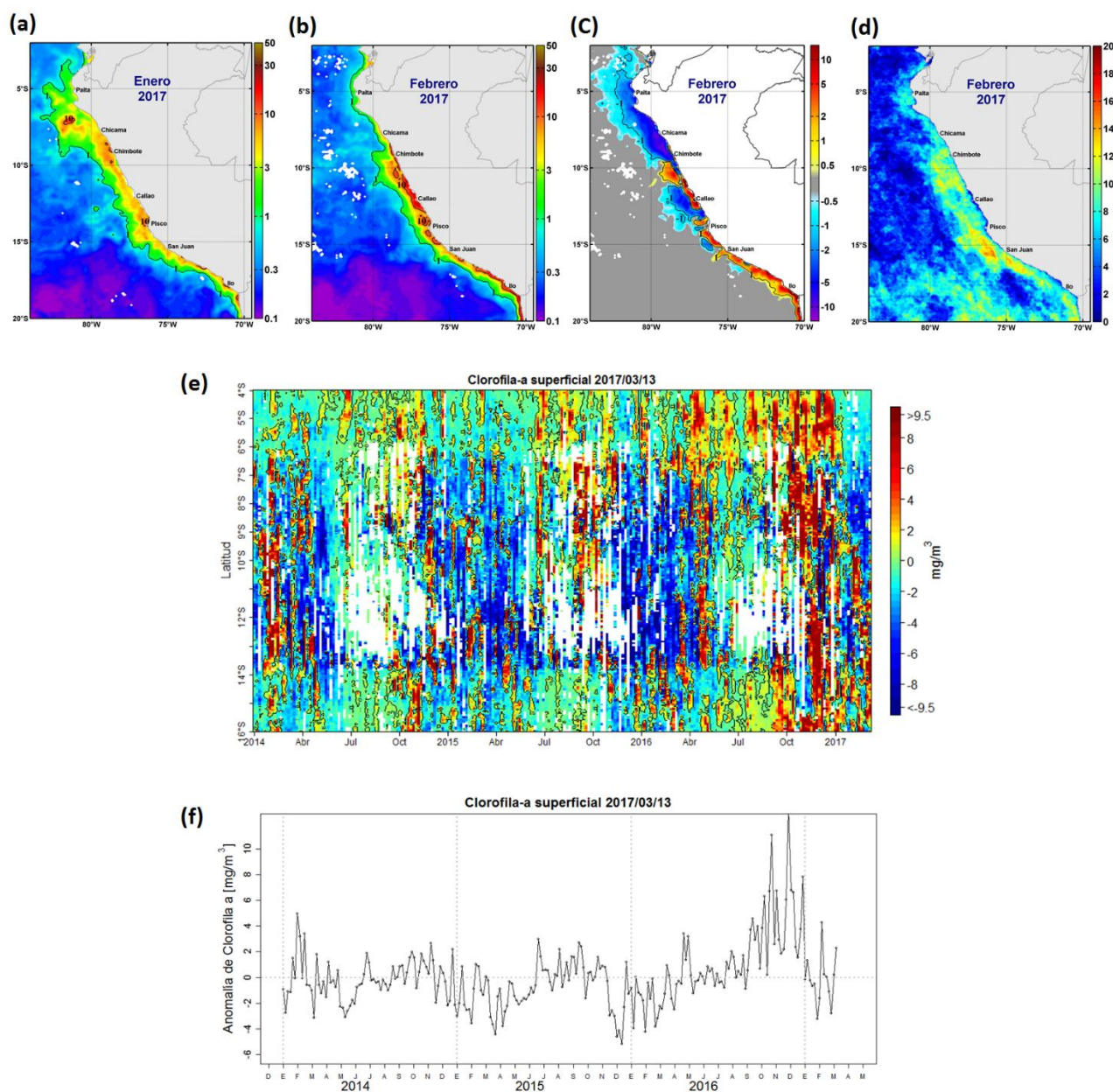


Figura 3.2.6.1. Clorofila satelital promedio para el mes de (a) enero y (b) febrero del satélite MODIS frente a Perú. (c) Mapa de anomalía promedio mensual de clorofila-a satelital y (d) número de datos por pixel proveniente del satélite MODIS. Además, (e) Hovmöller latitud vs. tiempo y (f) serie de tiempo de anomalías de clorofila superficial satelital promedio provenientes del satélite MODIS entre enero del 2014 a febrero del 2016. En (e) se tomó un promedio entre los 0-100km de la costa y en (f) entre los 4°S-16°S y 0-100km de la costa.

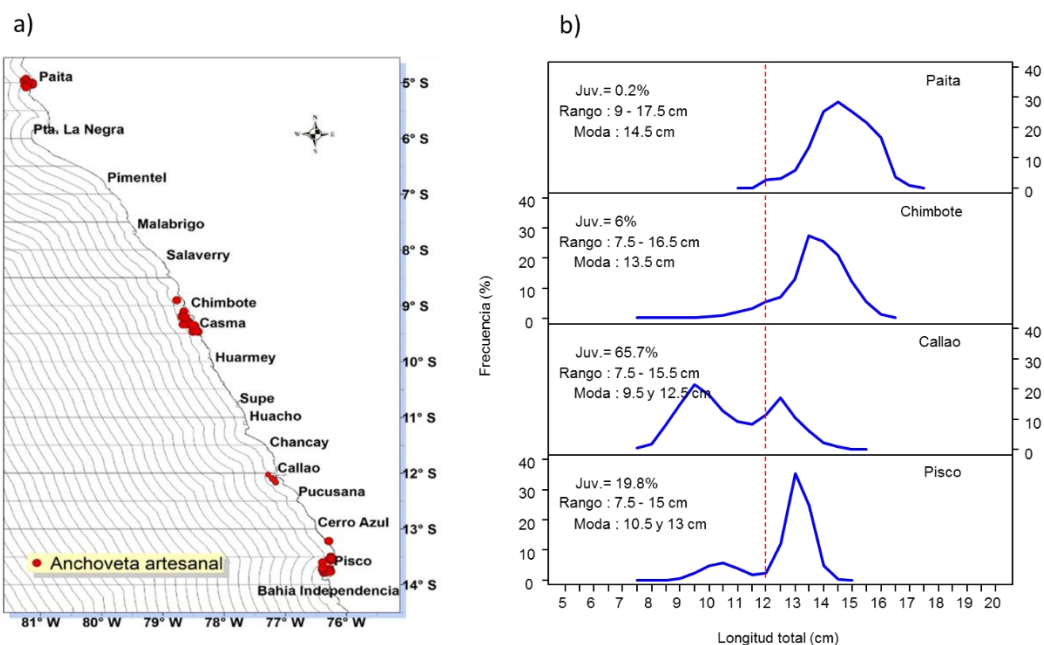


Figura 3.2.7.1. (a) Distribución espacial de las capturas de anchoveta y (b) la estructura de tallas por puerto durante febrero 2017, ambas correspondientes a la flota artesanal. **Fuente:** LBR/IMARPE

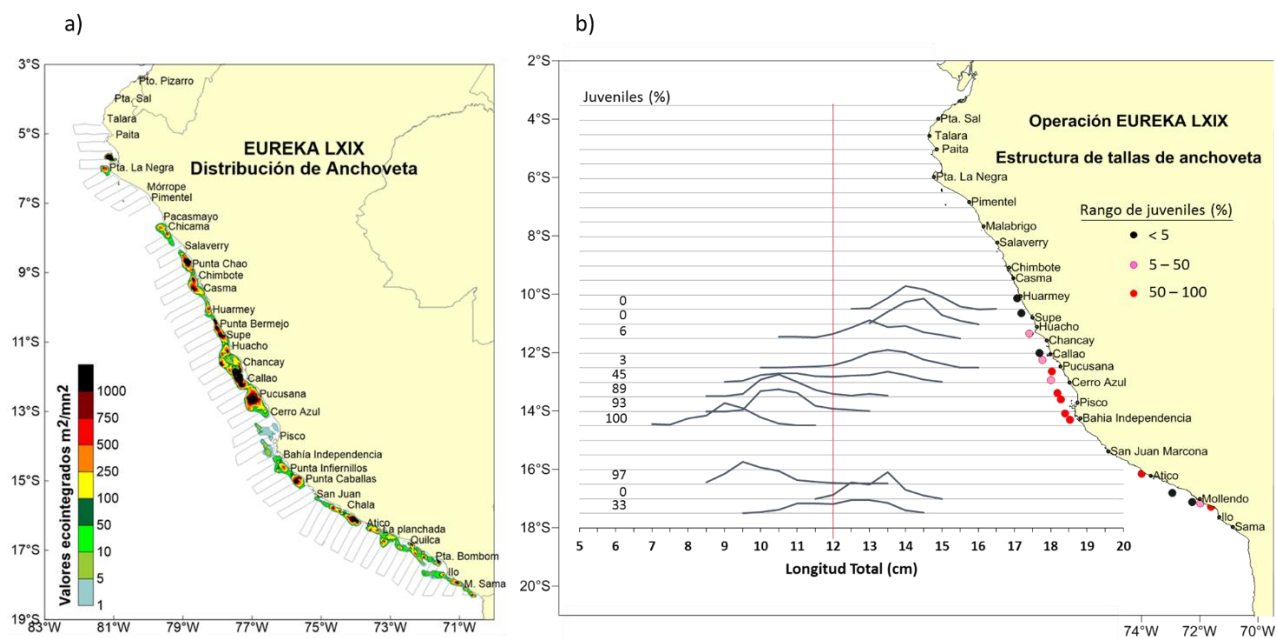


Figura 3.2.7.2. (a) Distribución espacial de los valores eco-integrados de anchoveta y (b) la estructura de tallas por latitud de la EUREKA LXIX entre el 21 y 23 de febrero del 2017. **Fuente:** LBR/IMARPE

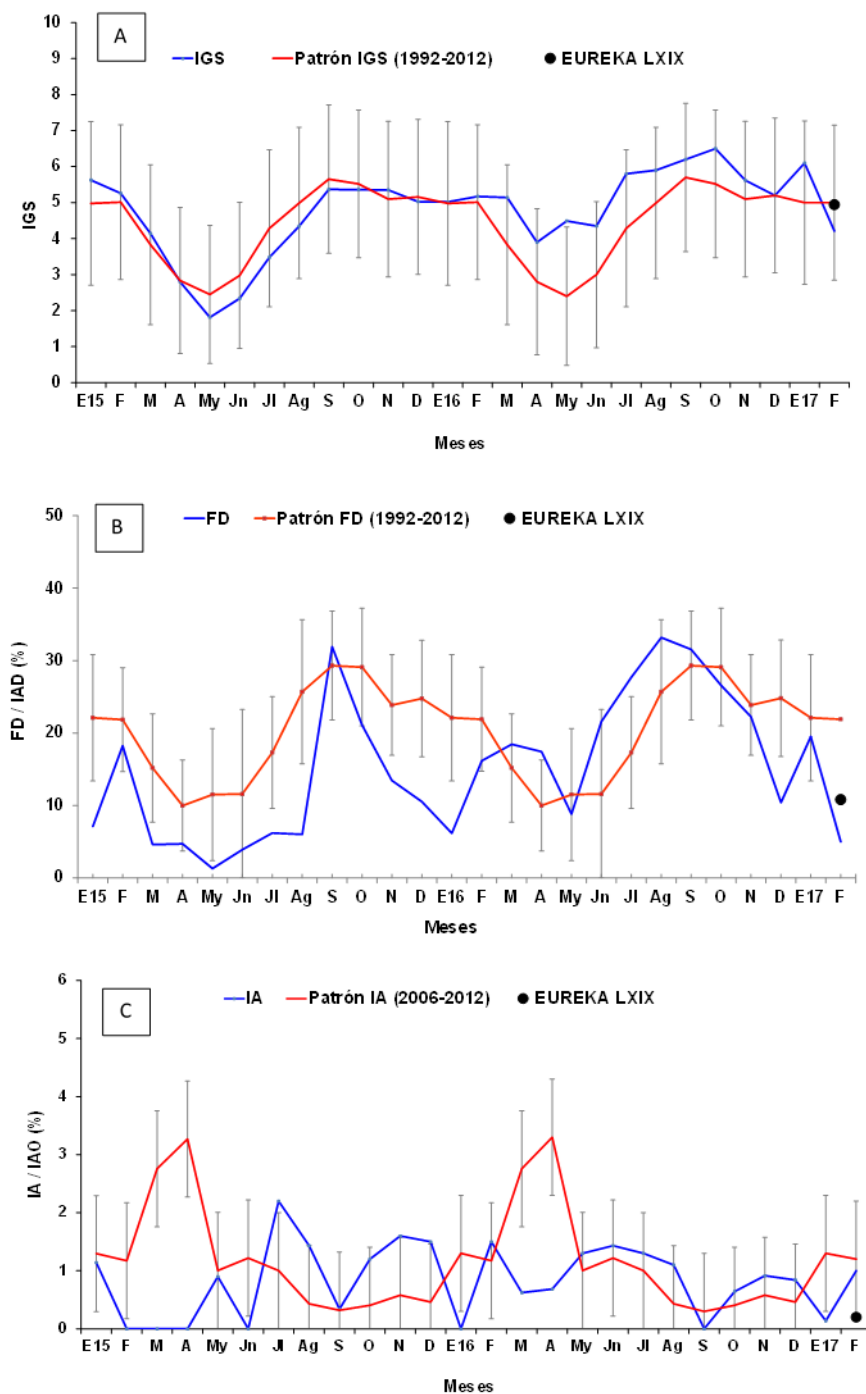


Figura 3.2.7.3. Indicadores reproductivos, a) Índice Gonadosomático (IGS), b) Fracción Desovante (FD), y c) Índice de atresia del stock norte – centro de anchoveta. Serie mensual: enero 2015 – febrero 2017. Fuente: LBR/IMARPE

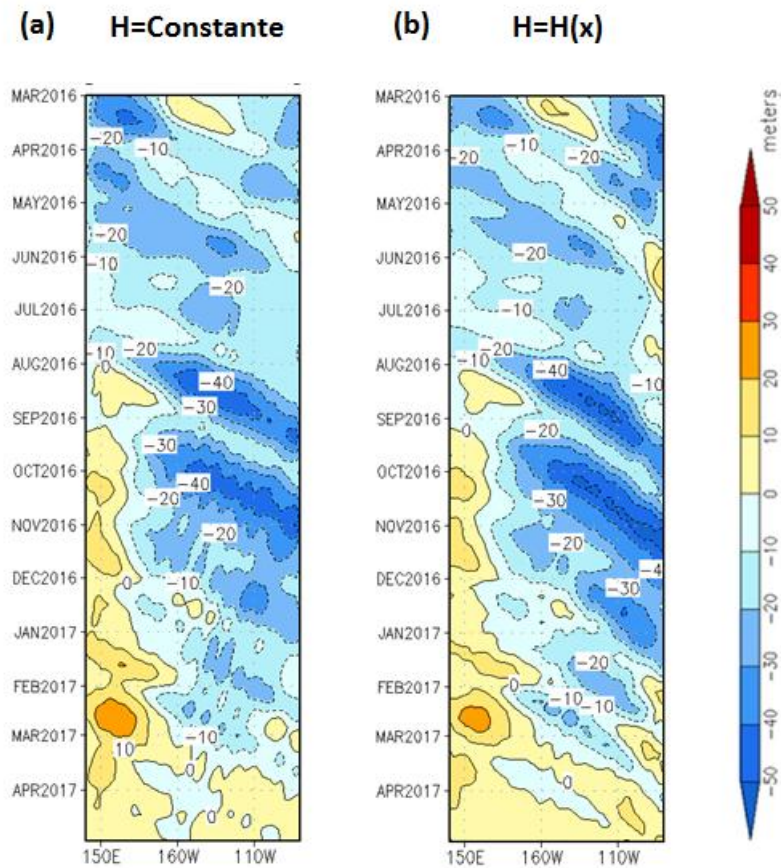


Figura 4.2.1. Diagrama Hovmöller longitud-tiempo mostrando las simulaciones de las ondas Kelvin en el Océano Pacífico ecuatorial. Modelo oceánico lineal (LOM-IGP, suma de componentes Kelvin y Rossby) con (a) termoclina constante y (b) termoclina variable. Fuente: IGP.

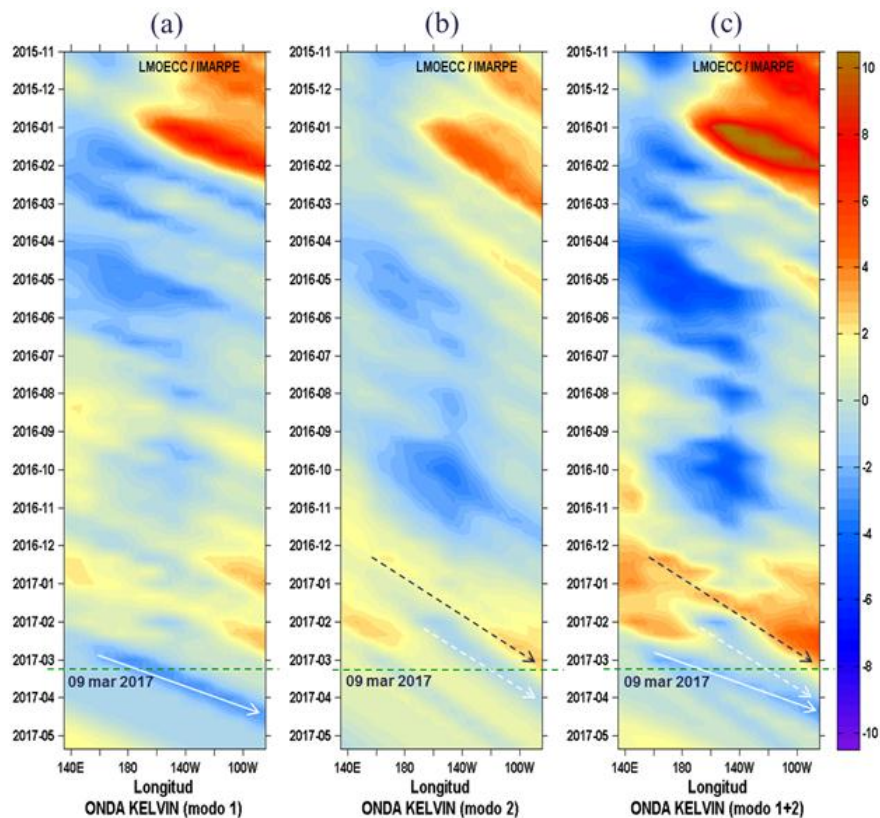


Figura 4.2.2. Diagramas Hovmöller longitud-tiempo mostrando las simulaciones de las ondas Kelvin en el Océano Pacífico ecuatorial. Modelo oceánico de complejidad intermedia: Modo 1 (a), Modo 2 (b), Modos 1+2 (c) de la isoterma de 20°C, en metros. La línea discontinua horizontal indica el inicio del pronóstico.

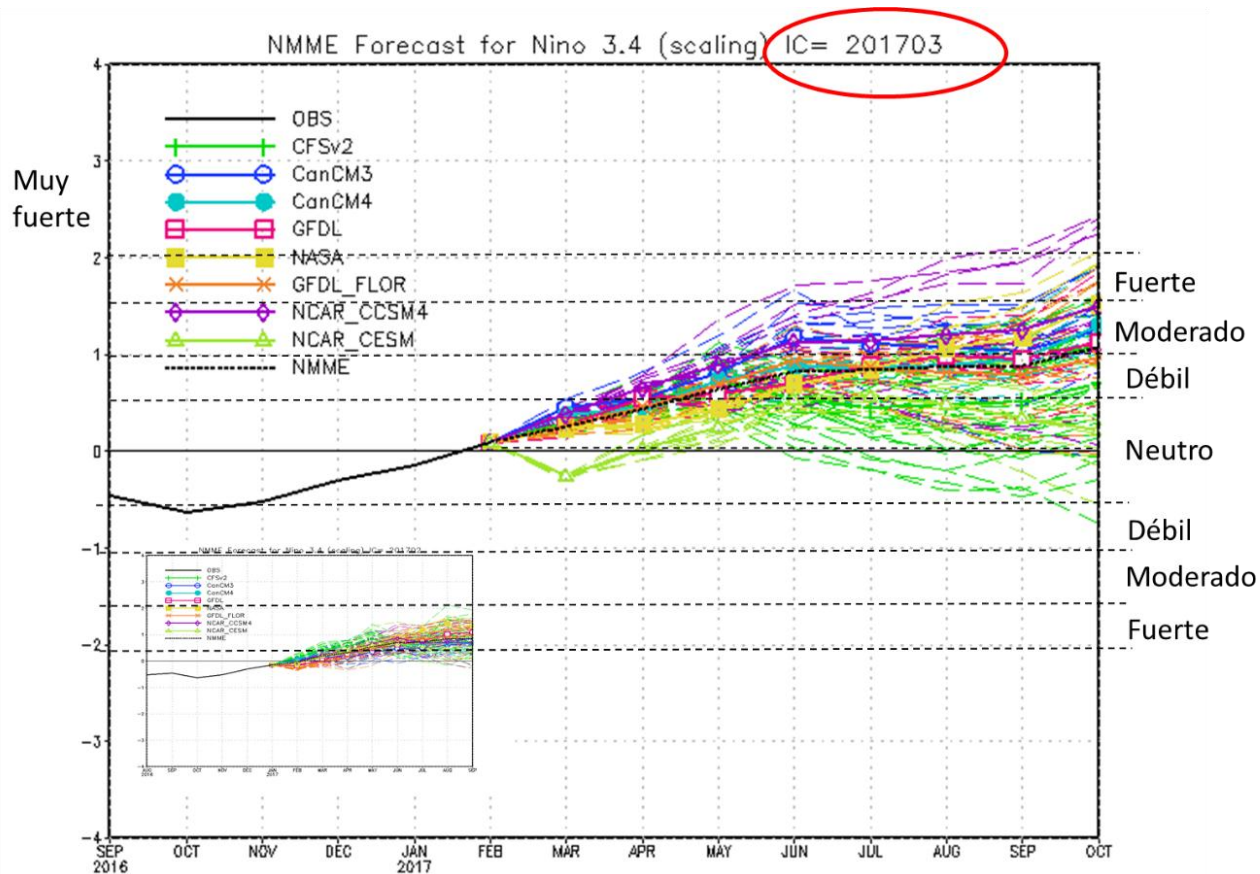


Figura 4.2.3. Índice Niño 3.4 mensual observado y pronosticado por los modelos de NMME.
Fuente: CPC/NCEP/NOAA.

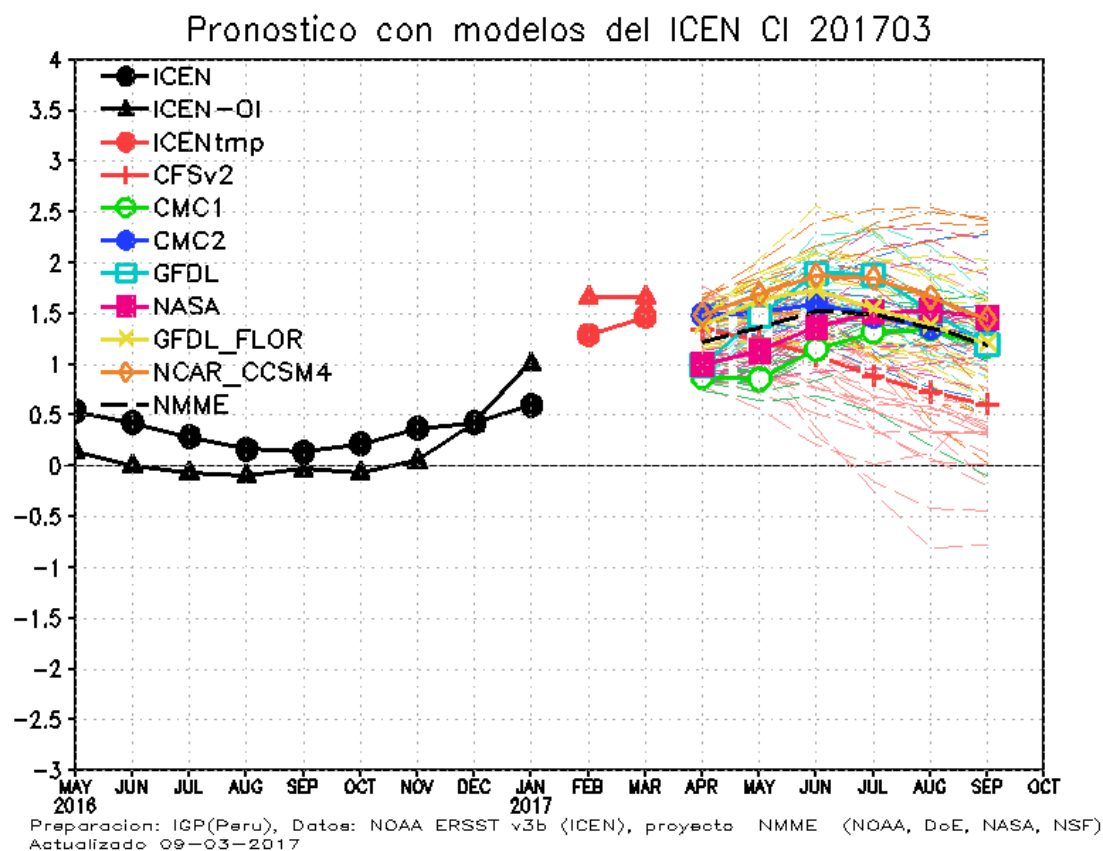


Figura 4.2.4. Índice Costero El Niño (ICEN, círculos llenos en color negro; ICEN-OI triángulos llenos en color negro) y sus valor temporal (ICENtmp, círculo lleno en color rojo, e ICEN-OItmp triángulo lleno en color rojo). Además, pronósticos numéricos del ICEN (media móvil de 3 meses de las anomalías pronosticadas de TSM en la región Niño1+2) por diferentes modelos climáticos. Las líneas entrecortadas corresponden a los miembros de los "ensembles". Los pronósticos de los modelos CFSv2, CMC1, CMC2, GFDL, NASA, NCAR. Fuente: IGP, NOAA, proyecto NMME.

8. TABLAS

Tabla 3.2.3.1 Volumen de agua almacenado en los reservorios principales para el mes de febrero. Fuente ANA.

Zona	Reservorio	Fecha Reporte	Departamento de Influencia	Capacidad Hidráulica (hm ³)		Capacidad Hidráulica Almacenada (%)
				Útil	Almacenada	
Costa - Norte	Poechos	27-feb	Piura	396.1	135.7	34.3
	San Lorenzo	27-feb	Piura	193.0	141.7	73.4
	Tinajones	27-feb	Lambayeque	319.0	132.0	41.4
	Gallito Ciego	27-feb	La Libertad	366.0	182.2	49.8
Costa - Centro	Viconga	26-feb	Lima	30.0	13.9	46.2
Costa - Sur	Choclococha	26-feb	Ica	131.1	116.9	89.2
	Condorama	27-feb	Arequipa	259.0	112.8	43.5
	El Pañe	27-feb	Arequipa	99.6	35.8	35.9
	Dique Los Españoles	27-feb	Arequipa	9.1	5.6	61.1
	Pillones	27-feb	Arequipa	78.5	44.5	56.7
	El Frayle	27-feb	Arequipa	127.2	108.6	85.3
	Aguada Blanca	27-feb	Arequipa	30.4	18.3	60.2
	Chalhuanca	27-feb	Arequipa	25.0	11.3	45.1
	Bamputañe	27-feb	Arequipa	40.0	15.3	38.2
	Pasto Grande	27-feb	Moquegua	175.0	67.1	38.4
	Paucarani	23-feb	Tacna	10.5	3.3	31.8
	Laguna Aricota	27-feb	Tacna	260.0	183.5	70.6
	Jarumas	15-feb	Tacna	12.5	8.9	71.3
Sierra - Centro	Cuchoquesera	26-feb	Ayacucho	60.0	43.1	71.8
Sierra - Sur	Lagunillas	24-feb	Puno	500.0	388.0	77.6
	Sibinacocha	27-feb	Cusco	110.0	71.8	65.3

Tabla 3.1.1.1 Valores del Oceanic Niño Index (ONI) de mayo 2016 a enero del 2017. Además se presentan los valores estimados del ONI (ONItmp) para febrero y marzo del 2017 (Procesamiento: IGP).

Valores del Oceanic Niño Index (ONI)

Mes	ONI	Categoría
05/2016	0.60	Cálida Débil
06/2016	0.10	Neutra
07/2016	-0.32	Neutra
08/2016	-0.58	Fría Débil
09/2016	-0.75	Fría Débil
10/2016	-0.84	Fría Débil
11/2016	-0.84	Fría Débil
12/2016	-0.73	Fría Débil
01/2017	-0.41	Neutra

<http://www.cpc.ncep.noaa.gov/data/indices/oni.ascii.txt>

Mes	ONItmp	Categoría
02/2017	-0.06*	Neutra
03/2017	0.27**	Neutra

* Se usaron los datos de (Ene. y Feb 2017) ERSST4, (Mar 2017) NMME.

** Se usaron los datos de (Feb. 2017) ERSST4, (Mar. y Abr .2017) NMME

Tabla 3.2.4.1 Valores del Índice Costero El Niño (ICEN) de mayo de 2016 a enero de 2017, basado en datos de infrarrojo con interpolación óptima y datos in situ (OISST). Además se presentan los valores estimados del ICEN usando la misma fuente para febrero y marzo del 2017 (Procesamiento: IGP).

Valores del **ICEN OI**

Mes	ICENOI	Categoría
05/2016	0.15	Neutra
06/2016	0.01	Neutra
07/2016	-0.06	Neutra
08/2016	-0.09	Neutra
09/2016	-0.03	Neutra
10/2016	-0.06	Neutra
11/2016	0.06	Neutra
12/2016	0.42	Cálida Débil
01/2017	1.03	Cálida Moderada

Mes	ICENOItmp	Categoría
02/2017	1.33*	Cálida Moderada
03/2017	1.53**	Cálida Moderada

* Se usaron los datos de Ene. (OISST y Feb. ERSST3v, (Mar 2017) OISSTwk

** Se usaron los datos de Feb. 2017 (OISST), Mar (OISSTwk) y (Abr 2017)NMME
NMME CI 2017 03

Tabla 3.2.4.2 Anomalías mensuales de la temperatura superficial del mar (°C) y nivel medio del mar (cm) en el semestre setiembre – febrero de 2017. Fuente: Estaciones costeras – DHN.

Estación	Anomalías de la TSM (°C)						Anomalías del NMM (cm)					
	Set	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Set	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb
Talara	-0.7	-1.7	-2.3	-1.3	1.0	3.0	2	3	-1	0	4	8
Paíta	0.6	-0.2	-0.1	-0.1	2.4	4.6	4	3	1	1	6	11
Isla Lobos de Afuera	0.3	0.4	-0.5	-1	0.7	4.2	0	0	-4	-3	3	7
Chimbote	0.9	1.1	0.6	-0.2	-0.2	2.6	1	1	-2	-2	1	7
Callao	0.5	1.0	0.6	0.4	0.2	1.9	-4	-1	-4	-4	-1	1
San Juan	0.1	0.4	0.4	0	0.5	0.6	2	5	-5	3	5	3
Mollendo	0.5	0.4	0.4	-0.2	-0.2	-1.2	-	-	-	-	-	-
Matarani	-	-	-	-	-	-	2	1	-1	-1	1	-1
Ilo	1.0	1.0	0.5	-0.1	0.1	-0.6	-	-	-	-	-	-

Tabla 4.2.1 Pronósticos de ONI por modelos de NMME (promedios trimestrales de los pronósticos de las anomalías en Niño 3.4). Para los trimestres EFM los meses de enero y febrero son datos observados.

Modelo	EFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO
CFS2		0.27	0.77	0.79	0.81	0.76	0.73	0.80
CMC1		0.28	0.52	0.62	0.78	0.98	1.10	1.15
CMC2		0.26	0.55	0.75	1.00	1.26	1.46	1.62
GFDL		0.36	0.75	1.06	1.32	1.54	1.58	1.41
NASA		0.15	0.36	0.51	0.75	1.06	1.32	1.50
GFDL_FLOR		0.27	0.57	0.77	0.94	1.05	1.10	1.08
NCAR_CCSCM4		0.29	0.59	0.79	0.97	1.19	1.42	1.57
NMME		0.27	0.59	0.76	0.94	1.12	1.24	1.30
ONItmp	-0.06							

Tabla 4.2.2 Pronósticos de ICEN por modelos de NMME (promedios trimestrales de los pronósticos de las anomalías en Niño 1+2). Para los trimestres EFM los meses de enero y febrero son datos observados.

Modelo	EFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO
CFS2		1.23	1.34	1.25	1.09	0.89	0.73	0.61
CMC1		1.00	0.88	0.86	1.15	1.32	1.35	1.18
CMC2		1.30	1.49	1.51	1.59	1.48	1.36	1.25
GFDL		0.87	0.99	1.47	1.90	1.88	1.52	1.20
NASA		0.99	1.00	1.13	1.37	1.52	1.53	1.46
GFDL_FLOR		1.10	1.39	1.64	1.73	1.55	1.39	1.21
NCAR_CCSCM4		1.25	1.49	1.69	1.88	1.85	1.66	1.44
NMME		1.11	1.23	1.36	1.53	1.50	1.36	1.19
ICENTmp	0.92							