

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



INFORME TÉCNICO ENFEN

Año 3 N°04

Abril 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: Grinia 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: 3

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° 04, abril de 2017, **62 p.**

El Informe Técnico Enfen de abril 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, abril 2017

Análisis mensual de los impactos de la Oscilación del Sur en las condiciones meteorológicas, geográficas, biológico-pesqueras e hidrológicas del mes de marzo de 2016 en el Perú y las perspectivas de variabilidad.

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 black ink, appearing to read 'JAGT', with a long, sweeping flourish extending upwards and to the right.

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) 01 de abril, b) 10 de abril, c) 22 de abril, y d) 07 de mayo de 2017. La línea sólida en color azul indica el límite externo de las regiones Niño. Datos: NCDC/NCEP/NOAA. Procesamiento: DHN.	25
3.1.1.2.	Series de tiempo de la anomalía diaria de la TSM en la región Niño 3.4 (a) y en la región Niño 1+2 (b). Las líneas en color negro (gruesa), gris y negro (fina) indican la evolución de la anomalía de la TSM en el presente año usando información infrarroja (IR), microondas (MW) y del producto OSTIA, respectivamente. Las líneas de color rojo, azul, celeste y verde, indican la evolución de la anomalía de la TSM para los años de Niña costera 1985, 2007, 2010 y 1988. Elaboración: IGP.	26
3.1.1.3.	TSM (°C) durante junio 2016 al 30 de abril del 2017 según los datos infrarrojos (NOAA Daily OI SST v2 AVHRR) y de Microondas en la región 1+2. La línea punteada indica la variación climatológica. Procesamiento: IGP.	26
3.1.1.4.	Anomalías semanales de la temperatura superficial del mar (°C) en las regiones Niño de mayo de 2016 a abril de 2017. Fuente: NCEP/NOAA.	27
3.1.1.5.	Evolución del Índice de Oscilación Sur (IOS), considerando la media móvil de 30 días. Fuente: Bureau of Meteorology, Australia.	27
3.1.1.6.	Decadas de a) Anomalía de Radiación de Onda Larga - OLR (W/m ²) del mes de abril de 2017. Datos: NCEP b) Precipitaciones en el mes de abril de 2017. Datos: TRMM. Procesamiento: NOAA/SENAMHI.	28
3.1.1.7.	Radiación de Onda Larga - OLR (W/m ²) en el Pacífico central-oriental (170°W-100°W, 5°S-5°N) desde el mes de enero hasta el mes de abril. Datos: ESRL/NOAA, Procesamiento: IGP.	29
3.1.1.8.	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 abril. Datos: ESRL/NOAA, Procesamiento: IGP.	29
3.1.1.9.	Diagrama longitud-tiempo de las anomalías del viento zonal ecuatorial (a), anomalía de la TSM (b) y anomalía de la profundidad de la isoterma de 20°C con datos de TAO/TRITON.	31
3.1.1.10.	Diagrama longitud-tiempo de las anomalías de esfuerzo de viento zonal ecuatorial basado en datos del escaterómetro ASCAT (a), anomalía de la profundidad de la isoterma de 20°C datos de TAO y los derivados de ARGO (b), diagrama de la onda Kelvin y Rossby (c), diagrama de la onda Kelvin (d) y finalmente diagrama de la onda Rosbby, calculada con el modelo LOM-IGP (forzado por ASCAT, y tau=0 para el pronóstico). Las líneas diagonales representan la trayectoria de una onda Kelvin si tuviera una velocidad de 2.6 m/s. (Elaboración: IGP).	31
3.1.1.11.	Análisis de anomalías del viento (m/s) en a) 850 hPa y b) 200 hPa para el mes de abril del 2017. Datos: NCEP/NOAA. Procesamiento: SENAMHI – SPC.	32
3.1.1.12.	Circulación atmosférica ecuatorial promedio mensual (derecha) y su anomalía (izquierda) para el mes de febrero (a y b); marzo (c y d); y abril (e y f) del 2017, respectivamente. Fuente: SENAMHI con datos de la NCEP-NOAA.	33
3.1.2.1.	Anomalías de la temperatura sub-superficial del mar (°C) en el océano Pacífico ecuatorial entre los 2°N y 2°S promediadas cada cinco días, finalizando los días: a) 11 de abril, b) 16 de abril, c) 22 de abril, d) 27 de abril, e) 2 de mayo y f) 7 de mayo de 2017. Fuente: TAO/TRITON, PMEL/NOAA.	34
3.1.2.2.	a) Inclinación de la termoclina en el Pacífico ecuatorial basado en los datos de las boyas TAO entre 2°N y 2°S. b) Contenido de calor en la región ecuatorial basado en los datos de las boyas TAO entre 2°N y 2°S. A diferencia de informes anteriores, se excluyen las boyas TRITON (Pacífico occidental) que ya no está operativo. Elaboración: IGP.	35
3.1.2.3.	Análisis de la Presión atmosférica a nivel medio del mar para el mes de Abril. Superior Izquierda: Promedio mensual de la Presión a nivel del mar; Superior Derecha: Distribución climatológica de la presión a nivel medio del mar durante el mes de Abril; Inferior: Anomalía estandarizada de la Presión a nivel del mar en el mes de Abril. Procesamiento: SENAMHI-SPC	36
3.2.1.2.	Condiciones promedio de precipitación, temperatura superficial del mar (TSM) y esfuerzo de viento, correspondiente al mes de enero, a) anomalía de precipitación, b) anomalías de TSM, asociados al esfuerzo de vientos, c) Ubicación espacial de la ZCIT durante abril basado en la precipitación acumulada (mm/mes) estimada por satélite y d) Traslocación latitudinal de la ZCIT frente a la costa peruana, corte: 85°W. Fuente TRMM, AVHRR-NCDC-NOAA, ASCAT-Ifremer, GFS – NOAA / Procesamiento IGP/SENAMHI-SPC.	37
3.2.1.3.	a) Velocidad del viento (m/s) y b) Anomalía del viento (m/s) desde noviembre del 2016 hasta abril del 2017. Los vectores representan la dirección del viento y anomalía de la dirección del viento, respectivamente. Datos: ASCAT, procesamiento: IMARPE.	38
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	38

	consecutivos. Datos: ASCAT, Procesamiento: IMARPE	
3.2.2.1.	Anomalías de las temperaturas extremas del aire (°C) en la costa peruana desde enero 2016 a enero del 2017. a) Temperatura máxima y b) Temperatura mínima. Fuente: SENAMHI.	39
3.2.3.1	Mapas de anomalías de precipitación acumulada mensual (%) para abril 2017, registradas en estaciones meteorológicas. Fuente SENAMHI.	39
3.2.3.2	Series de tiempo actualizados a fines de abril del 2017, de los caudales diarios (m3/s) de los principales ríos del Perú, entre los meses de setiembre a agosto: a) Tumbes, b) Chira, c) Santa, d) Rimac, e) Majes, f) Chili, de la vertiente del Pacífico; g) Huancané y h) Ramis, de la cuenca del Titicaca. Líneas azules: caudales de años 2015 2016, rojas: Promedio histórico; celestes: promedio de años húmedos y líneas grises: promedio de años secos. Fuente datos: SENAMHI/ Procesamiento: ANA.	40
3.2.4.1.	Índice Costero El Niño para los años 1972-1973 (verde), 1982-1983 (rojo), 1997-1998 (azul) y 2015-2016-2017 (negro). Fuente IGP.	41
3.2.4.2.	Condiciones térmicas del océano frente a Perú, a) Anomalías de la TSM (°C) cada tres días durante abril del 2017 y b) Diagrama de Hovmoeller de TSM (°C) para la franja de ~50 mn adyacentes al litoral peruano el periodo mayo 2016/abril 2017. Fuente: OSTIA. Procesamiento IMARPE.	42
3.2.4.3.	Anomalías de Temperatura Superficial del Mar (ATSM), registradas en estaciones del litoral costero de Perú, hasta abril del 2017; a) Diagrama Hovmöller durante el último bimestre, en estaciones de la DHN, b) Series diarias durante el último trimestre, en estaciones del IMARPE.	43
3.2.4.4	a Anomalías del Nivel Medio del Mar, actualizados a abril del 2016, a) Hovmöller durante el último bimestre en estaciones costeras de la DHN y b) Hovmöller en franja costera de 0-100 km, entre 2015-2017; Fuente AVISO – IMARPE.	44
3.2.5.1	Distribución vertical de: a) temperatura (°C), b) anomalía de temperatura (°C), c) salinidad (ups), d) anomalía de salinidad (ups) y e) oxígeno (mL/L) frente a Paita, realizada durante el 27 y 28 de enero de 2017. Fuente: IMARPE.	45
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 10 y 11 de abril de 2017. Fuente: IMARPE.	45
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) y d) oxígeno (mL/L) para el periodo del 01 de enero de 2016 al 24 de abril de 2017. Climatología: 1994-2010. Fuente: LHFMDGIOCC/IMARPE.	46
3.2.5.4	a) Diagrama de la estructura térmica y b) diagrama de estructura halina, del 17 de diciembre de 2016 al 5 de mayo de 2017, hasta los 200 m de profundidad. El grafico inferior de la izquierda indica el punto de monitoreo. Fuente: Datos: ARGO, Grafico: DHN.	47
3.2.5.5	Series de tiempo para la estación oceanográfica fija frente a Chicama (Punto Fijo Chicama) de: a) Temperatura (°C), b) Salinidad (ups), c) Oxígeno (mL/L), para el periodo del 01 de enero de 2016 al 27 de abril de 2017. Fuente: IMARPE.	48
3.2.5.6	Series de tiempo para la estación oceanográfica fija frente a Callao (Punto Fijo Callao) de: a) temperatura (°C), b) Salinidad (ups), c) oxígeno (mL/L), d) anomalías de temperatura (°C) y f) Anomalías de salinidad (ups), para el periodo del 01 de enero de 2016 al 29 de abril de 2017. Climatología: 1994-2010. Fuente: IMARPE.	49
3.2.5.7	Distribución vertical de: a) fosfatos (uM), b) silicatos (uM), c) nitratos (uM), d) nitritos (uM) frente a Paita, realizada durante el 10-11 de abril de 2017.	50
3.2.5.8	Distribución vertical de: a) fosfatos (uM), b) silicatos (uM), c) nitratos (uM), d) nitritos (uM) frente a Chicama, realizada durante el 11 de abril de 2017.	50
3.2.5.9	Distribución vertical de: a) silicatos (uM), en los Puntos Fijos de Paita, Chicama y Callao, desde enero 2016 hasta abril 2017.	51
3.2.5.10	Distribución vertical de la Clorofila (ug/L) en los Puntos Fijos de Paita, Chicama y Callao, desde enero 2016 hasta abril 2017.	51
3.2.6.1.	Clorofila satelital promedio para el mes de octubre (a) y noviembre (b) del satélite MODIS frente a Perú. Mapa de anomalía promedio mensual de clorofila-a satelital proveniente del satélite MODIS (c). Además, la serie de tiempo de anomalías de clorofila superficial satelital promedio (entre los 4°S-16°S y de 0 a 100km de la costa) provenientes del satélite MODIS entre enero del 2014 a diciembre del 2016 (c).	52
3.2.6.2	Anomalía promedio de clorofila-a superficial (mg/m3) cada 5 días del satélite MODIS dentro de los 100 km a la costa desde enero del 2015 hasta el 30 de abril del 2017.	52
3.2.7.1.	Captura, estructura de tallas y distribución de anchoveta en la región norte – centro correspondiente a la pesca de mayor escala (a) y menor escala (b) durante la Primera Temporada de Pesca 2017. Abril. Fuente: AFIRNP.	53
3.2.7.2	Indicadores reproductivos, a) Índice Gonadosomático (IGS), b) Fracción Desovante (FD), c) Índice de atresia y d) Contenido Graso del stock norte – centro de anchoveta. Serie mensual: Enero 2015 – Abril 2017. Fuente: LBR/IMARPE.	54

3.2.7.3	Cambios mensuales en la distribución latitudinal de especie indicadoras de aguas cálidas (oceánicas, color rojo) y frías (costeras, azul) durante enero – abril 2017 y distribución de especie indicadoras de aguas cálidas (rojo) y frías (azul) durante abril 2017. Fuente: AFIB, Bitácoras de Pesca/AFDPERP y Seguimiento de las pesquerías (AFIRNP y AFIPDBL).	55
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).	56
4.2.2	Diagrama Hovmöller longitud-tiempo mostrando las simulaciones de las ondas Kelvin en el Océano Pacífico Ecuatorial. Modelo oceánico de complejidad intermedia: (a) Modo 1, (b) Modo 2 y (c) Modos 1+2 en cm. La línea discontinua horizontal, en verde, indica el inicio del pronóstico.	56
4.2.3	Índice Niño 3.4 mensual observado y pronosticado por los modelos de NMME. Fuente: CPC/NCEP/NOAA.	57
4.2.4	Índice Costero El Niño (ICEN, negro con círculos llenos) y su valor temporal (ICENtmp, rojo con círculo lleno). Además, pronósticos numéricos del ICEN (media móvil de 3 meses de las anomalías pronosticadas de TSM en Niño 1+2) por diferentes modelos climáticos. Los pronósticos de los modelos CFSv2, CMC1, CMC2, GFDL, NASA, GFDL_FLOR y NCAR_CCSM4 tienen como condición inicial el mes de mayo de 2017. (Fuente: IGP, NOAA, proyecto NMME).	57

Tablas		58
Tabla 2.1.1.	Principales variables y bases de datos utilizados en el presente informe	12
Tabla 3.2.3.1	Volumen de agua almacenado en los reservorios principales para el mes de abril 2017. Fuente ANA.	61
Tabla 3.1.2.1.	Valores del Oceanic Niño Index (ONI) de julio 2016 a marzo del 2017. Además el ONItmp para abril y mayo del 2017. Fuente IGP.	59
Tabla 3.2.4.1.	Valores del Índice Costero El Niño (ICEN) de abril de 2016 a diciembre de 2016. Además el ICENtmp para los meses de enero y febrero 2017. Fuente IGP.	60
Tabla 3.2.4.2.	Anomalías mensuales de la temperatura superficial del mar (°C) y nivel medio del mar (cm) en el semestre enero – abril de 2017. Fuente: Estaciones costeras – DHN.	61
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 MAM y AMJ los meses de noviembre y diciembre son datos observados.	62
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 MAM y AMJ los meses de diciembre y enero son datos observados.	62

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

RESUMEN	9
1. INTRODUCCIÓN.....	10
2. MATERIALES Y MÉTODOS	11
2.1. VARIABLES	11
2.2. ÍNDICES.....	11
2.3. MODELOS DE PRONÓSTICO.....	11
3. CONDICIONES OBSERVADAS EN MARZO.....	13
3.1. CONDICIONES A MACROESCALA	13
3.1.1. Circulación atmosférica y temperatura superficial en el Pacífico Ecuatorial	13
3.1.2. Dinámica oceánica en el Pacífico Ecuatorial	14
3.2. CONDICIONES A ESCALA REGIONAL	14
3.2.1. Circulación atmosférica en el Pacífico Sudoriental	14
3.2.2. Temperatura del aire.....	15
3.2.3. Precipitaciones e hidrología en la vertiente del Pacífico	15
3.2.4. Temperatura superficial del mar y nivel medio del mar en la Región Niño 1+2 y en la costa peruana	16
3.2.5. Condiciones oceanográficas subsuperficiales frente al litoral peruano.....	17
3.2.6. Nutrientes y Productividad en la costa peruana	19
3.2.7. Recursos pesqueros e indicadores biológicos	20
4. PRONÓSTICO	21
4.1. A CORTO PLAZO (SEMANAS).....	21
4.2. A MEDIANO PLAZO (HASTA 3 MESES).....	21
4.3. A LARGO PLAZO (MÁS DE 3 MESES)	22
5. CONCLUSIONES	22
6. REFERENCIAS	23
7. FIGURAS	25
8. TABLAS	47

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 correspondientes al mes de abril de 2017.

En la región del Pacífico Ecuatorial Central (región Niño 3.4), la anomalía de la temperatura superficial del mar (TSM) presentó valores ligeramente positivos alrededor de $+0,5^{\circ}\text{C}$ correspondiente a condiciones cálidas. Asimismo, en las secciones Central y Occidental del Pacífico Ecuatorial predominaron anomalías de viento del este, mientras que en el Oriental predominaron vientos del oeste. Según el valor temporal del Índice Oceánico Niño (ONI), el Pacífico Ecuatorial Central mantuvo condiciones de ENSO neutral.

En el Pacífico Oriental, incluyendo la costa peruana, persistieron anomalías positivas de la TSM con valores máximos de hasta $+1,1^{\circ}\text{C}$ en la tercera semana del mes. Las anomalías positivas del Nivel Medio del Mar (NMM) continuaron disminuyendo, presentando valores normales a finales del mes. El valor del Índice Costero El Niño (ICEN) para marzo fue $+1,57^{\circ}\text{C}$ (condición cálida moderada) y el valor estimado del ICEN para abril (ICENTmp) correspondió a una condición cálida débil.

En tanto, en la región subtropical del Pacífico oriental, el Anticiclón del Pacífico Sur (APS) se mostró fortalecido respecto al mes anterior, y su aproximación hacia el continente sudamericano favoreció que los vientos costeros de sureste continuaran anómalamente intensos, apoyando el repliegue estacional de la Zona de Convergencia del Pacífico Sur (ZCIT) hacia al norte de su posición climática. Se evidenció una significativa reducción de la actividad convectiva asociada a la segunda banda de nubosidad de la ZCIT, no obstante, se presentaron lluvias aisladas y de menor intensidad sobre las cuencas media y alta de Piura y Tumbes. Los caudales de los ríos disminuyeron progresivamente respecto al mes anterior debido a la normalización de las lluvias; sin embargo, aún se mantuvieron por encima de sus promedios históricos; los reservorios de la vertiente occidental norte y sur presentaron capacidades hidráulicas promedio de 95% y 83% respectivamente. Las temperaturas del aire (diurnas y nocturnas) mostraron una ligera disminución con respecto al mes anterior.

De otro lado, las estaciones costeras reportaron la disminución de la TSM en el litoral norte y centro con anomalías alrededor de $+1^{\circ}\text{C}$ hacia finales del mes, observándose una reducción importante (5°C) en las estaciones de San José y Chicama. A lo largo de la costa, los valores absolutos de la TSM variaron entre 16°C (Ilo) y 29°C (Tumbes) y durante la segunda quincena las anomalías de TSM disminuyeron su cobertura frente al litoral, replegándose al sector costero 5°S - 15°S . Las secciones oceanográficas de Paita y Chicama también mostraron un descenso de la temperatura en la columna de agua y las Aguas Ecuatoriales Superficiales (AES) de baja salinidad se replegaron hacia el norte.

La clorofila-a mostró en abril una recuperación de sus concentraciones en la franja costera y la anchoveta se distribuyó dentro de las 30 mn a lo largo de la zona costera. Los indicadores reproductivos del recurso en la región norte-centro mostraron una actividad desovante acorde a su patrón. En el norte y centro continuó el registro de especies asociadas a aguas cálidas, mientras que en la zona costera del centro y sur se registró pejerrey y munida, especies asociadas a aguas frías.

Tomando en consideración el monitoreo efectuado y los resultados de los modelos de las agencias internacionales, la Comisión Multisectorial ENFEN prevé que continúe la tendencia hacia condiciones neutras en lo que resta del otoño en la región Niño 1+2, mientras que en el Pacífico Central considera probable el desarrollo de El Niño de magnitud débil en el transcurso del presente año. La perspectiva para las siguientes semanas es que los valores absolutos de la TSM disminuyan acorde a la estacionalidad. No se espera la ocurrencia de eventos de lluvia de fuerte intensidad en la costa.

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. DATOS

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 los datos mensuales faltantes con datos de pronósticos mensuales provenientes de North American Multi-Model Ensemble (NMME). Ver más en ENFEN (2012) y Takahashi, et al. (2014).

2.3. MODELOS DE PRONÓSTICO

Modelo Oceánico Lineal (LOM-IGP): Es un modelo oceánico lineal de una capa de profundidad H cuyo límite inferior es la profundidad de la termoclina, para representar la dinámica superior del océano. Posee una línea de costa realista y su resolución horizontal es de 1° y 0,5° para el eje X e Y, respectivamente. El modelo es forzado principalmente con información del producto L3 del “escaterometro” 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). Ver más en Mosquera (2009), Mosquera et al. (2011) y Mosquera (2014). Para realizar el pronóstico de la propagación de las ondas Kelvin, se asumen dos escenarios del esfuerzo de viento para los siguientes tres meses: 1) que no existen anomalías (comportamiento climatológico de los vientos) 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.

Para las perspectivas de mediano y largo plazo se utilizan las simulaciones de los modelos climáticos de las agencias internacionales.

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	X					DHN
				X		X	X										X						IMARPE
								X	X						X		X	X					IGP
	Nivel medio del Mar		X																				DHN
				X																X			IMARPE
	Salinidad									X										X			
Biogeoquímicas	Oxígeno y Nutrientes			X		X	X															X	IMARPE
				X		X	X															X	IMARPE
	Clorofila			X		X	X																IMARPE
																					X		IMARPE, climatología 2002-2014
Pesqueras	Desembarques									X	X												IMARPE
	Índices reproductivos											X											IMARPE
	Indicadores de masas de agua del plancton											X											IMARPE
	Distribución de especies incidentales								X	X	X												IMARPE
VARIABLES HIDROLÓGICAS																							
	Caudal de ríos				X																		ANA
	Capacidad Hidráulica de reservorios				X																		ANA

3. CONDICIONES OBSERVADAS EN ABRIL

3.1 CONDICIONES A MACROESCALA

3.1.1 Circulación atmosférica y temperatura superficial en el Pacífico Ecuatorial

Durante abril, las anomalías de la TSM en el Pacífico Ecuatorial Central (Región Niño 3.4) disminuyeron respecto al mes de marzo (Figura 3.1.1.2a), manifestando condiciones entre normal a ligeramente cálidas en algunas áreas (núcleos) con valores hasta de 1,0°C, y un valor mensual en la región de 0,3°C. Por otro lado, en el Pacífico Ecuatorial Oriental (Región Niño 1+2), las anomalías positivas de la TSM disminuyeron (Figura 3.1.1.2b y Figura 3.1.1.3 y Figura 3.1.1.4) alcanzando un valor máximo de +1,1°C en la tercera semana del mes. Espacialmente, se observaron valores negativos en algunas áreas (Figura 3.1.1.1).

El Índice de Oscilación del Sur (IOS) calculado para el mes de enero fue de -6,3 (Figura 3.1.1.5). Este valor se encuentra dentro del rango asociado a condiciones neutras (± 7); por lo que, el IOS mantiene condiciones neutras del ENSO en abril para el Pacífico Ecuatorial Central. Respecto a la actividad convectiva en el Pacífico Ecuatorial, un indicador clave del acoplamiento océano-atmósfera, la Radiación de Onda Larga (ROL) mostró valores alrededor a lo normal (Figura 3.1.1.6); por lo que, la actividad convectiva se ha normalizado, terminando la fase similar a la Niña débil, con indicios de aumento de la convección, indicativo de un posible acoplamiento con las anomalías cálidas de TSM (Figura 3.1.1.7 y Figura 3.1.1.8).

En el Pacífico Central – Occidental (140°E – 160°W), el viento en niveles bajos de la tropósfera (850 hPa) y el esfuerzo de viento zonal mostraron pulsos de anomalías de este a inicios del mes (Figuras 3.1.1.9 a y 3.1.1.10 a), mientras que a fines de mes se registraron ligeras anomalías de oestes.

En el Pacífico Ecuatorial Oriental (140°W – 80°W), en niveles bajos de la tropósfera (850 hPa), se detectaron anomalías de viento del oeste (Figuras 3.1.1.9 a) a partir de la segunda semana del mes. En niveles altos (200 hPa), sobre la región central de Perú se observaron anomalías del este en el promedio mensual (Figura 3.1.1.11.a y 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 (150°E – 160°W), principalmente entre los niveles medios y altos (500 a 200 hPa). En los últimos meses, existe una tendencia a la disminución de esta configuración. Sobre el Pacífico Oriental (entre 90°W y 80°W), se presentó una continuidad de los movimientos ascendentes en los niveles bajos, en menor intensidad a meses anteriores (Figura 3.1.1.12).

3.1.2 Dinámica oceánica en el Pacífico Ecuatorial

Durante el mes, los datos *in situ* de las boyas TAO/TRITON, en la región que va de 170°E a 140°W mostraron a la isoterma de 20 °C entre 90 m y 150 m de profundidad, en el sentido de Este a Oeste, ascendiendo hasta unos 20 m por encima de su posición climatológica (Figura 3.1.1.9), asociada a al paso de la Onda Kelvin fría (Comunicado Oficial ENFEN N° 07- 2017).

En cuanto a la temperatura sub-superficial, se mantuvo el núcleo de anomalías negativas hasta -2,0 °C con desplazamiento hacia el Este y ascendente hasta la tercera semana de abril, para ubicarse y mantenerse por debajo de los 50 m al Este de los 110° W, bajo un núcleo de anomalías positivas. Estas anomalías conforme avanzaron hacia la región Oriental disminuyeron en extensión espacial e intensidad (Figura 3.1.2.1). Esta señal corresponde a una onda Kelvin fría en el Pacífico Central propagándose hacia el Este. Por otro lado, en el Pacífico ecuatorial Occidental, al este de los 170° W se mantuvo el núcleo de anomalías de temperatura positivas de hasta +2°C.

La inclinación zonal de la termoclina ecuatorial así como el contenido de calor oceánico ecuatorial se presentaron de acuerdo a su configuración normal en el mes (Figura 3.1.2.2.a). Respecto a la profundidad de la termoclina, entre 2°S y 2°N (Figura 3.1.2.2.b), su anomalía promedio mostró valores negativos entre aproximadamente 175° y 110°W en casi todo el mes. Dicha anomalía muestra un desplazamiento hacia el este, lo que coincide, comparando con los resultados de los modelos oceánicos lineales, con las características de una onda Kelvin fría inter-estacional, la cual debe haber alcanzado la costa americana a fines del mes de abril e inicios de mayo con una aparente cancelación de su señal al este de 100°W, probablemente como consecuencia de la presencia de anomalías positivas de hasta 20 metros en dicha región, las cuales se viene observando desde febrero del presente año (Figura 3.1.1.10).

El índice ONI (Oceanic Niño Index) que es calculado en base a la anomalía de la TSM en la región El Niño 3.4, presentó un valor de 0,14 en marzo de 2017 indicando una condición neutra para el Pacífico Central. Para abril del 2017 el valor estimado del ONI corresponde a condiciones Neutras (Tabla 3.1.2.1).

3.2 CONDICIONES A ESCALA REGIONAL

3.2.1 Circulación atmosférica en el Pacífico Suroriental

El Anticiclón del Pacífico Sur (APS) presentó una configuración similar a su patrón climático; sin embargo mantuvo una mayor intensidad hacia el sureste de su posición climática, ello asociado a sistemas de altas migratorias que se dieron durante el mes. Así también, el campo de presiones frente al litoral peruano, presentó en promedio condiciones normales sobre la región centro y sur (Figura 3.2.1.1).

Frente al litoral peruano, el esfuerzo de viento con componente sureste continuaron anómalamente intensos y la segunda banda de la ZCIT se observó inactiva frente a la costa norte del Perú, (Figura 3.2.1.2.a y b), predominando la primera banda de nubosidad ligeramente al norte de su posición climática (Figura 3.2.1.2.c y d). Asimismo, de acuerdo a los datos de satélite ASCAT, el viento de la franja costera (40 km) a lo largo del litoral presentó mayormente velocidades entre 3,5 a 7,0 m/s (Figura 3.2.1.3.a). La anomalía de la velocidad de viento varió entre -1,5 y +2,5 m/s, predominando anomalías negativas $<-2,0$ m/s, a excepción de los días 05 a 10 de abril, en los que se presentaron anomalías positivas en gran parte de la costa (Figura 3.2.1.3.b).

En el caso de la dirección del viento, predominaron vientos con componente sur a lo largo de la costa. (Figura 3.2.1.4.a). Debido a la predominancia del incremento del esfuerzo de viento con componente sur, el afloramiento costero predominó a lo largo de todo el litoral como se venía observando desde la tercera semana de marzo (Figura 3.2.1.4b).

3.2.2. Temperatura del aire.

Las anomalías de las temperaturas extremas del aire a lo largo de la costa peruana han disminuido ligeramente con respecto al mes de marzo. La temperatura máxima promedio (Figura 3.2.2.1.a) disminuyó ligeramente con respecto al mes de marzo principalmente en la costa central; sin embargo, se reportaron anomalías de hasta +2,1°C en la estación Campo de Marte (Lima) y en la estación Trujillo (La Libertad). La temperatura mínima (Figura 3.2.2.1.b), también registró una ligera disminución con respecto al mes de marzo, sus máximas anomalías alcanzaron +2,9°C en la estación Huarney (Ancash) y +2,3°C en la estación Fonagro (Ica) y en la estación La Yarada (Tacna) y la estación Trujillo (La Libertad) con +2,2°C.

3.2.3. Precipitaciones e hidrología en la vertiente del Pacífico

Durante el mes de Abril, la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT) (Figura 3.2.1.2.a) se presentó con una banda norte (aprox. 6.0°N) y sur (aprox. 3.0°S), esta última con menor intensidad en comparación al mes anterior y más alejado de la costa norte. La ZCIT mantuvo su desplazamiento estacional hacia el norte. Sobre el territorio nacional, las más importantes precipitaciones se dieron sobre el centro-norte oriental de los Andes. Asimismo, se registraron precipitaciones localizadas de menor intensidad y de menor frecuencia sobre la cuenca media y alta de Piura y Tumbes, asociadas principalmente a procesos atmosféricos ligados al desplazamiento anómalo de la zona de alta presión de Bolivia, y a la humedad persistente acumulada en la atmósfera en la zona costera y la vertiente oriental de los Andes. Esto, sumado con la reducción en la TSM y su anomalía a lo largo de la costa, indicaron que el acoplamiento océano – atmósfera local, que fue clave para el desarrollo del presente El Niño Costero, se había desactivado. (Figura 3.2.1.2.b y c). En el ámbito continental se registraron anomalías de precipitación acumulada mayores al 60 % en Tumbes y mayores al 100 % en la zona centro del Perú (Figura 3.2.3.1).

Durante abril, los ríos disminuyeron sus caudales con respecto a los máximos presentados el mes anterior, producto de la regularización de las lluvias tanto en costa norte y costa centro; aunque aún presentaron valores por encima de su promedio histórico. (Figura 3.2.3.2).

Las reservas hídricas en la costa norte promediaron en 95% respecto a la capacidad hidráulica de los principales embalses. El reservorio Poechos presentó el 81% de capacidad mientras que San Lorenzo, Tinajones y Gallito Ciego al 100 %. En el sur, el sistema hidráulico Colca – Chili (Arequipa) operó en promedio al 86%, mostrando en su mayoría hidrogramas ascendentes. En Pasto Grande (Moquegua) el nivel llegó hasta el 15%. En la costa sur, los embalses mostraron una tendencia ascendente en su mayoría, operando en promedio al 83% 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

Dentro de la región 1+2, frente a la costa peruana, la TSM disminuyó durante el mes, desde el sur hacia el norte, manteniéndose el calentamiento en áreas más oceánicas al norte de los 05°S (Tabla 3.2.4.2); en promedio semanal de toda la región Niño 1+2 fluctuó entre +0,5°C y +1,0°C (Figura 3.1.1.4). Por otro lado, según los datos satelitales, en la región Niño 1+2, la anomalía de la TSM se mantuvo, en promedio, dentro del rango de condiciones cálidas, mostrando sus anomalías máximas cercanas a +1,4°C, +1,3°C y 0,7°C según los productos de MW, OSTIA, e IR, respectivamente (Figura 3.1.1.2.b).

El valor del ICEN para marzo es +1,57 (condición cálida moderada) y el valor estimado para el ICEN del mes de mayo es +0,82 (condición cálida débil), considerando la fuente OISST.v2 y las climatologías de ERSST v3b (Figura 3.2.4.1 y Tabla 3.2.4.1). Cabe señalar que sobre la base ICENOI, El Niño Costero 2017 inició en diciembre 2016, alcanzado la magnitud de moderado a partir de enero 2017.

Frente al litoral peruano, las anomalías de temperatura disminuyeron gradualmente durante los primeros días del mes, y con mayor rapidez en la última semana. En el litoral norte y centro, por fuera de las 150 mn la TSM presentó anomalías positivas entre +0,5°C y +3,5 °C, distribuyéndose las mayores anomalías al norte de los 08° S. Dentro de las 100 mn las anomalías disminuyeron hasta tomar anomalías negativas en algunas áreas; mientras que, durante la segunda quincena estas anomalías disminuyeron en cobertura replegándose al sector costero entre 5° y 15°S. Cabe destacar que durante el mes, al sur de 15°S persistieron anomalías negativas (Figura 3.2.4.2). Las temperaturas mayores a 28°C presentes en marzo disminuyeron en cobertura en el presente mes.

En el litoral peruano las anomalías de la TSM disminuyeron respecto al mes de marzo, manteniendo la tendencia a seguir disminuyendo. Las anomalías diarias mayores de +2 °C se distribuyeron al norte del Callao. En promedio del mes el calentamiento se concentró al norte de Chimbote, con anomalías de temperatura mayores de +1,4 °C. (Tabla 3.2.4.2, Figura 3.2.4.3.a y b).

De acuerdo a la información observacional de las estaciones costeras, la anomalía del Nivel Medio del Mar (ANMM) se mantuvo positiva hasta la primera quincena de abril, disminuyendo rápidamente en los siguientes días hasta alcanzar como máximas anomalías entre 6 cm y 8 cm, en el litoral norte (Figura 3.2.4.4 a). Asimismo, en la franja de 100 km adyacente a la costa peruana, se registró en la mayor parte del litoral predominio de valores de ANMM $>+5$ cm, alcanzando valores $<+10$ cm al norte de los 10°S en la primera quincena. En Galápagos la ANMM disminuyó de +13 cm (a inicios de mes) a +5 cm (al final de mes), posiblemente asociado al arribo de una onda Kelvin fría. Igualmente, frente a la costa, luego de la quincena se observó una disminución de la ANMM a valores en el rango neutral (Figuras 3.2.4.4.b y c).

3.2.5 Condiciones oceanográficas subsuperficiales frente al litoral peruano.

Frente a la sección Paita, realizada el 10 y 11 de abril, dentro de las 80 mn se observó una fuerte estratificación en la capa superficial, con TSM entre 21 y 22°C . A mayor distancia de la costa se registró una capa de 40 metros de espesor con TSM $>23^{\circ}\text{C}$. Sobre los 50 m las isotermas de 19 y 20°C mostraron ascenso hacia la costa, mientras que a mayor profundidad y hasta los 250 m, las isotermas ($14^{\circ}\text{C} - 18^{\circ}\text{C}$) tendieron a hundirse hacia la costa, debido a flujos hacia el sur. Predominaron anomalías térmicas positivas, siendo estas significativas por fuera de las 70 m y sobre los 60 m, donde se presentaron anomalías de hasta $+3^{\circ}\text{C}$ (Figura 3.2.5.1.a y b). En cuanto a la salinidad, el núcleo de alta temperatura correspondió a la presencia de AES ($S < 34,8$ ups), que disminuyeron en cobertura respecto a marzo. Dentro de las 70 mn se presentaron aguas de mezcla (AES, AEES y aguas costeras frías). Las anomalías halinas presentaron valores de $+0,1$ ups en la zona costera hasta 50 mn, excepto en una delgada capa superficial en las primeras 10 mn, donde se detectó anomalías negativas, posiblemente debido a la influencia del agua continental en esta área. Fuera de las 50 mn, se registraron anomalías negativas de $-0,1$ ups, debido a la presencia de AES en la zona oceánica (Figura 3.2.5.1.c y d). Por dentro de las 50 mn de costa y sobre los 10 m de profundidad se destacan la presencia de concentraciones entre 5,0 a 6,0 mL/L asociadas posiblemente a un aumento de la productividad hacia inicios de abril en la costa norte. El flujo subsuperficial sur fue intenso profundizando hacia la costa la oxiclina (asociada a la iso – oxígeno de 1,0 mL/L) a unos 200 m, así como, al límite superior de la Zona de Mínima de Oxígeno – ZMO (asociado a la iso – oxígeno de 0,5 mL/L) a los 215 m ((Figura 3.2.5.1.e y f).

En la sección de temperatura frente a Paita, realizada el 30 de abril, se evidencia el enfriamiento rápido respecto al mes de marzo, dentro de las primeras 60 millas de costa y en los primeros 50 metros de profundidad, con la presencia de una capa de mezcla de 10 m en promedio y una termoclina debilitada y limitada por la isoterma de 18°C . Por debajo de esta isoterma se evidencia la profundización de las isotermas de 17°C y 16°C , mostrando un flujo hacia el sur persistente a nivel costero (Figura 3.2.5.1.g).

Con respecto a la sección de Chicama (11 de abril), la termoclina registró una termoclina intensa sobre los 50 m, aunque de menor intensidad que la observada dos semanas antes, a fines de marzo. También se apreció una disminución de las anomalías térmicas, de $+7^{\circ}\text{C}$ a $+4^{\circ}\text{C}$ en los primeros 50 metros, persistiendo anomalías de 1°C o menos a mayor profundidad (Figura 3.2.5.2.a y b). Los valores halinos mostraron valores menores de 34,8 ups dentro de las 5 mn de la costa, asociados a la descarga del río Chicama. En el resto de la sección se observó valores de salinidad cercanos a 35,0 ups, que estarían relacionados a la presencia de aguas costeras frías e interacción de las AES y ASS. Las anomalías halinas en la capa superficial fueron de -0,1 ups en la zona costera y de +0,05 ups a distancias mayores de 20 mn. Entre los 30 y 70 metros predominaron anomalías positivas de hasta +0,2 ups (Figura 3.2.5.2.c y d). Respecto a las concentraciones de oxígeno disuelto en la zona costera, se mostró el ascenso de la iso – oxígena de 4,0 mL/L desde los 25m a superficie. Por otro lado, aquí la oxiclina se presentó a 100 m y el límite superior de la ZMO se ubicó desde los 75 m a 110 m (Figura 3.2.5.2.e y f).

En la Estación Fija Paita (7 mn de la costa), se registraron temperaturas entre 20° y 26°C sobre los 40 m de profundidad a inicios de mes, descendiendo a 19° – 20°C hacia fines de mes. No obstante, debajo de los 40 m, las isotermas de 17° a 19°C tendieron a profundizarse en el transcurso del mes (Figura 3.2.5.3.a). Las anomalías térmicas descendieron entre fines de marzo (hasta $+6^{\circ}\text{C}$) y fines de abril, en donde alcanzaron $+1,0^{\circ}\text{C}$ desde la superficie hasta los 40 m y $+2^{\circ}\text{C}$ por debajo de los 60 m de profundidad (Figura 3.2.5.3.b). La salinidad en los primeros 20 m de profundidad aumentó en el transcurso del mes, de $<34,0$ ups a 35,0 ups. Hacia fines de mes predominaron aguas de mezcla (35,0 – 35,1 ups) en toda la columna de agua (Figura 3.2.5.3.c). Así como las secciones observadas, los registros de oxígeno disuelto en los puntos fijos costeros corroboraron la información obtenida en las secciones de la costa norte. En la estación fija de Paita, los valores de oxígeno en la columna de agua de los primeros 100 m superaron 2 mL/L sobre los 80 – 90 m de profundidad durante todo el mes (Figura 3.2.5.3.d).

La Boya Argo ubicada aproximadamente a 90 mn frente a Paita, mostró en su medición del 05 de abril y 05 de mayo, perfiles de temperatura que evidencian un enfriamiento en los primeros 40 m bajo la superficie, con una capa de mezcla más profunda y fría ubicada sobre una termoclina de menor gradiente térmico respecto al mes de marzo. (Figura 3.2.5.4.a). Así mismo la boya muestra perfiles de salinidad de las mismas fechas, evidenciando la salida de Aguas Ecuatoriales Superficiales (AES) siendo reemplazadas por aguas de mezcla de éstas aguas con Aguas Subtropicales Superficiales (ASS) con concentraciones de salinidad de 34,8 ups a 35,0 ups, dentro de los primeros 50 metros de profundidad (Figura 3.2.5.4 b).

En la Estación Fija Chicama (10 mn de la costa), se registró temperaturas entre 17° y 25°C en la primera semana de abril, y entre 17° a 20°C a finales del mes. El descenso de las temperaturas fue principalmente en las capas sobre los 50m en cambio por debajo de los 60 m de profundidad la isoterma de 17°C se profundizó bruscamente. (Figura 3.2.5.5.a).

La salinidad en la capa superficial aumentó de 34,8 a 35,0 ups en el transcurso del mes, para finalmente estabilizarse entre 35,0 y 35,1 ups (aguas de mezcla y costeras frías) en toda la columna de agua (Figura 3.2.5.5.b). En la estación fija de Chicama, se detectaron valores de oxígeno entre 2 y 5 mL/L sobre los 40 m, mientras que a mayor profundidad se observó, en la primera quincena, la profundización de las iso-oxígenas de 0,5 mL/L y 1 mL/L a más de 100 m (Figura 3.2.5.5.c).

En la Estación Fija Callao (8 mn de la costa), la temperatura mostró valores en el rango de 18° a 21°C sobre los 40 m de profundidad a principios de mes, para luego descender a 18° – 19°C a fines de mes. La isoterma de 16°C se profundizó, desapareciendo de la columna de agua a principios del mes (Figura 3.2.5.6.a). Las anomalías de temperatura mostraron valores positivos de +1,0°C, descendiendo paulatinamente en abril (Figura 3.2.5.6.b). Hacia fines de mes, en toda la columna de agua (100 m) se apreció una predominancia de aguas costeras frías. La oxiclina se ubicó a menos de 20 m de profundidad con la iso-oxígena de 0,5 mL/L en la base de esta capa, aunque el núcleo de más bajas concentraciones (<0,1 mL/L) se profundizó durante el mes (Figura 3.2.5.6.c y e).

3.2.6 Nutrientes y Productividad en la costa peruana

3.2.6.1. Silicatos

La distribución de nutrientes en la sección Paita mostró para abril una recuperación de la fertilidad sobre la capa de mezcla. El afloramiento evidenció su influencia entre los 10 m a 50 m de profundidad con fosfatos en 1,5 μM y alrededor de 10,0 μM para silicatos y nitratos. Sobre la capa de los 50 m destaca la presencia de nitritos, coincidiendo con la base de la termoclina (Figura 3.2.5.7).

En la sección Chicama, todavía se registraron concentraciones bajas de nutrientes asociados a aguas cálidas, con valores inferiores a los encontrados en la sección Paita. La isolínea de 1,5 μM de fosfatos se ubicó desde los 100 m en la zona oceánica a 10 m en la parte costera y los silicatos cercanos a 10,0 μM estuvieron desde los 75 m a 100 m. Aquí igualmente se detectó la presencia de nitritos asociados a la base de la termoclina (Figura 3.2.5.8).

En las estaciones fijas de Paita, Chicama y Callao, los silicatos mostraron en general bajas concentraciones en la capa de mezcla entre marzo y abril, particularmente en Chicama. Ello sugiere que entre las latitudes 7°S y 8°S, aun no se habían recuperado sus niveles de fertilidad habitual, por la debilidad de la surgencia y/o la persistencia de pequeños núcleos de AES a inicios de abril (Figura 3.2.5.9).

3.2.6.2. Clorofila – a

En general, en las estaciones fijas de Paita, Chicama y Callao las concentraciones de clorofila – a evidenciaron la persistencia de bajos niveles de productividad entre marzo y abril 2017, siendo la zona costera de Paita la más afectada, con un valor promedio <0,5 mg/L en la capa superficial.

En Chicama y Callao, la concentración promedio en la capa superficial fue de 1 $\mu\text{g/L}$ y 0,5 $\mu\text{g/L}$, respectivamente; por debajo a los niveles de la primavera 2016 (2 $\mu\text{g/L}$), aunque por encima a los de abril 2016 en los casos de Chicama y Callao (Figura 3.2.5.10).

Por otro lado, la clorofila-a superficial (satelital) mostró un incremento de la clorofila, frente a las costas del Perú respecto a marzo, destacando las concentraciones de 5,0 a 10,0 $\mu\text{g/L}$. En promedio estos valores fueron semejantes a superiores respecto a los registrados en abril 2016. En la franja costera entre Chicama y Pisco se localizaron las mayores concentraciones, que superaron al año anterior (Figura 3.2.6.1.a y b).

Durante la primera quincena, la clorofila - a en la franja de 100 Km costeros (04 – 16°S) mostró la transición de anomalías negativas a positivas, llegando a $+2 \text{ mg/m}^3$ y decayendo a condiciones neutras a finales del mes (Figura 3.2.6.2). A lo largo de la costa al norte de los 12°S hasta los 4°S se observaron anomalías positivas durante casi todo el mes ($>+3 \text{ mg/m}^3$); sin embargo, alrededor de los 13°S las anomalías fueron predominantemente entre neutras y negativas ($\sim -1 \text{ mg/m}^3$) (Figura 3.2.6.1.c). La recuperación de las concentraciones de clorofila - a superficial frente a la costa principalmente se debería a la llegada de una Onda Kelvin fría y a la intensificación de los vientos costeros (mayor afloramiento) que habrían permitido una superficialización de la nutriclina, haciendo más disponible el alimento al fitoplancton.

3.2.7 Recursos Pesqueros e indicadores biológicos

La distribución espacial de anchoveta en la región norte – centro se registró dentro de las 60 mn en tres núcleos: el primero entre Chicama (7°S) y Casma (9°S), el segundo entre Supe (11°S) y Pucusana (12°S) y el tercero entre Pisco (13°S) y al norte de San Juan de Marcona (15°S). Registrando las mayores capturas frente a Huacho (11°S). La presencia de ejemplares juveniles se registró en los núcleos señalados, aunque en mayor abundancia al sur de Supe (Figura 3.2.7.1.a), correspondiente al 94% de los principales recursos pelágicos. Respecto a la flota de menor escala y artesanal destinada al Consumo Humano Directo (CHD), se registró un mayor número de ejemplares juveniles (Figura 3.2.7.1.b). Por otro lado, en la región sur se pescó anchoveta dentro de las 20 mn en Ocoña (16°S) a Morro Sama (18°S). Asimismo, se registró una alta presencia de juveniles desde Ocoña hasta Ilo.

Durante la primera quincena de abril, los indicadores reproductivos de la anchoveta en el stock Norte - Centro, índice gonadosomático (IGS) y Fracción desovante (FD) registraron valores que se ubican por debajo de sus valores críticos y de sus patrones respectivos, evidenciando que el recurso mantiene una baja actividad desovante. El Contenido Graso (CG) presentó valores por debajo de su patrón establecido desde el 2014, evidenciando que el recurso viene gastando su energía en migraciones realizadas hacia la costa y al sur en búsqueda de ambiente favorable (Figura 3.2.7.2).

Por otra parte, se registró la presencia de “jurel y caballa” frente a Salaverry y Chimbote, “merluza” entre el sur de Puerto Pizarro y norte de Punta La Negra, además de “bonito” y “perico”, especies que persisten en la región norte e indicadoras de aguas cálidas. No obstante, entre los meses de enero a abril, se pudo registrar el avance de sur a norte de especies indicadoras de aguas costeras frías (munida, pejerrey y corvina), así como un retroceso de hacia el norte de especies indicadoras de masas de agua cálidas como atún y barrilete (Figura 3.2.7.3.a y b).

4. PRONÓSTICO

4.1 A corto plazo (semanas)

Según los modelos lineales (Figura 3.1.1.10.c), así como las proyecciones teóricas de ondas largas ecuatoriales y la proyección quincenal de pronóstico del GFS, de mantenerse valores climatológicos de los vientos zonales en el siguiente mes y darse la presencia de anomalías positivas de esfuerzo de viento en la franja ecuatorial, la onda Kelvin cálida, recientemente ubicada cerca de 130°W, arribaría a la costa americana a fines de mayo e inicios de junio con un posible periodo de impacto o magnitud mayor.

Para el Pacífico Central (región Niño 3.4), el valor estimado del ONI (ONItmp) para el mes de abril y mayo del 2017 es +0,38°C y +0,54°C, indicando condiciones neutras y cálidas débiles, considerando los datos hasta abril de la fuente ERSST4, así como las salidas de ensamble de modelos NMME para abril 2017 (Tabla 3.1.2.1). Para el Pacífico oriental (región Niño 1+2), el valor estimado del ICEN (ICENtmp), basado en los datos hasta abril de la fuente OISST.v2, así como las salidas del ensamble de modelos NMME para abril y mayo es de +1,27°C y +0,82°C, indicando condiciones cálidas moderadas y cálidas débiles, respectivamente (Tabla 3.2.4.1).

4.2 A mediano plazo (hasta 3 meses)

De mantenerse los valores climatológicos de los vientos zonales en mayo, la onda Kelvin cálida arribaría a la costa sudamericana a inicios de junio (Figura 4.2.1). Por otro lado, una señal de una onda Kelvin cálida (modo 2) se generaría debido al debilitamiento de los viento alisios en el Pacífico Ecuatorial central durante fines de abril, y de ser así, la onda llegaría hacia el extremo del Pacífico Ecuatorial oriental en junio (Figura 4.2.1).

Para el Pacífico Central la mayoría de modelos del NMME (7 modelos) indican que las condiciones El Niño iniciarían en junio, (excepto los modelos CFS2 y POAMA), que indican condiciones neutras (Figura 4.2.3 y Tabla 4.2.1). Para el Pacífico Oriental, 3 de 7 modelos NMME indican que El Niño Costero no se extendería más allá de mayo, en contraste con los pronósticos anteriores que todos mantenían las condiciones El Niño (Figura 4.2.4 y Tabla 4.2.2).

4.3 A largo plazo (más de 3 meses)

Para el Pacífico central, la mayoría de los modelos NMME pronostican condiciones entre cálidas a neutras (Tabla 4.2.1). Para el Pacífico oriental la mayoría de modelos pronostican condiciones neutras, con valores del ICEN debajo de 1,0 para los meses agosto/noviembre (Tabla 4.2.2). En general, los pronósticos fueron similares a los realizados el 2014.

5. CONCLUSIONES

Durante el mes de abril, aun se observaron condiciones cálidas en la región Niño 1+2 y la costa del Perú, advirtiéndose una clara tendencia a la normalización principalmente en la franja costera. A la par, los sistemas atmosféricos empezaron a mostrar patrones propios de la estacionalidad, es decir, los vientos costeros del sur se recuperaron paulatinamente en la costa sur y centro como consecuencia del fortalecimiento del Anticiclón del Pacífico Sur (APS) y su aproximación a la costa oeste de Sudamérica, principalmente durante la primera decadiaria del mes, contribuyendo también a la disminución de las anomalías positivas de la TSM. Se evidenció la presencia de aguas subtropicales superficiales y aguas costeras frías desde Chimbote hacia el sur; así como, aguas de mezcla en algunos núcleos de la región norte.

En la región del Pacífico Central (región Niño 3.4), la anomalía de la TSM presentó valores ligeramente positivos, acercándose al umbral de $+0,5^{\circ}\text{C}$ correspondiente a condiciones cálidas.

El alejamiento de la piscina cálida (TSM $\sim 28^{\circ}\text{C}$) hacia el oeste de la costa norte y la disminución gradual de la TSM en el resto de la franja costera, contribuyeron al debilitamiento y alejamiento de la segunda banda de la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT) mar afuera de la costa norte, sin embargo, aún se registraron lluvias episódicas en las cuencas altas de Tumbes y Piura. Los caudales de los ríos disminuyeron progresivamente respecto al mes anterior debido a la normalización de las lluvias, no obstante, aún se mantuvieron por encima de los promedios históricos.

La distribución de la anchoveta a lo largo de la costa mostró una alta presencia de juveniles, observándose aún especies asociadas a aguas cálidas en el litoral norte y centro; sin embargo, la presencia de especies como el pejerrey indicó la presencia de aguas frías al sur del litoral.

La Comisión Multisectorial ENFEN considera probable el desarrollo de El Niño de magnitud débil en el Pacífico Central en el transcurso del presente año. En cambio, para la región Niño 1+2 se prevé que continúe la tendencia hacia condiciones neutras en lo que resta del otoño.

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.

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

7. FIGURAS

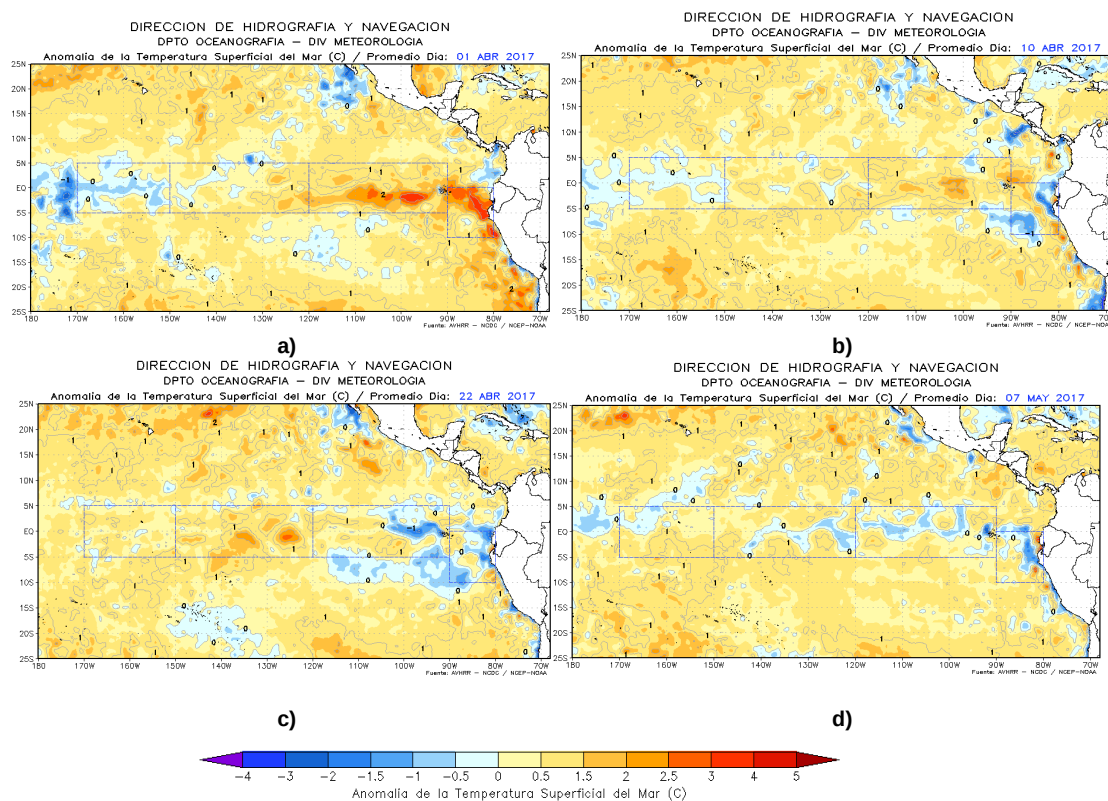


Figura 3.1.1.1. Anomalías de la temperatura superficial del mar (°C) en el océano Pacífico oriental para los días a) 01 de abril, b) 10 de abril, c) 22 de abril, y d) 07 de mayo de 2017. La línea sólida en color azul indica el límite externo de las regiones Niño. Datos: NCDC/NCEP/NOAA. Procesamiento: DHN.

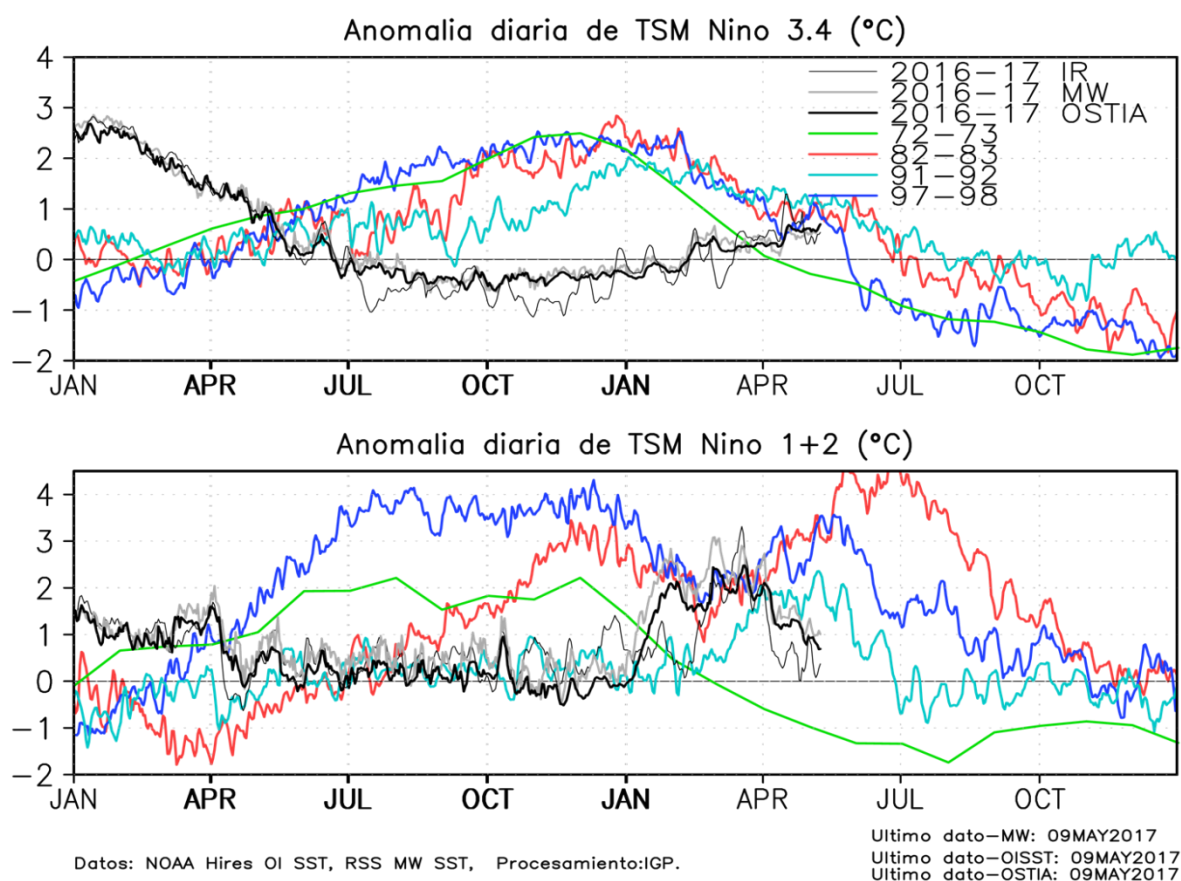


Figura 3.1.1.2. Series de tiempo de la anomalía diaria de la TSM en la región Niño 3.4 (a) y en la región Niño 1+2 (b). Las líneas en color negro (gruesa), gris y negro (fina) indican la evolución de la anomalía de la TSM en el presente año usando información infrarroja (IR), microondas (MW) y del producto OSTIA, respectivamente. Las líneas de color rojo, azul, celeste y verde, indican la evolución de la anomalía de la TSM para los años de Niña costera 1985, 2007, 2010 y 1988. Elaboración: IGP

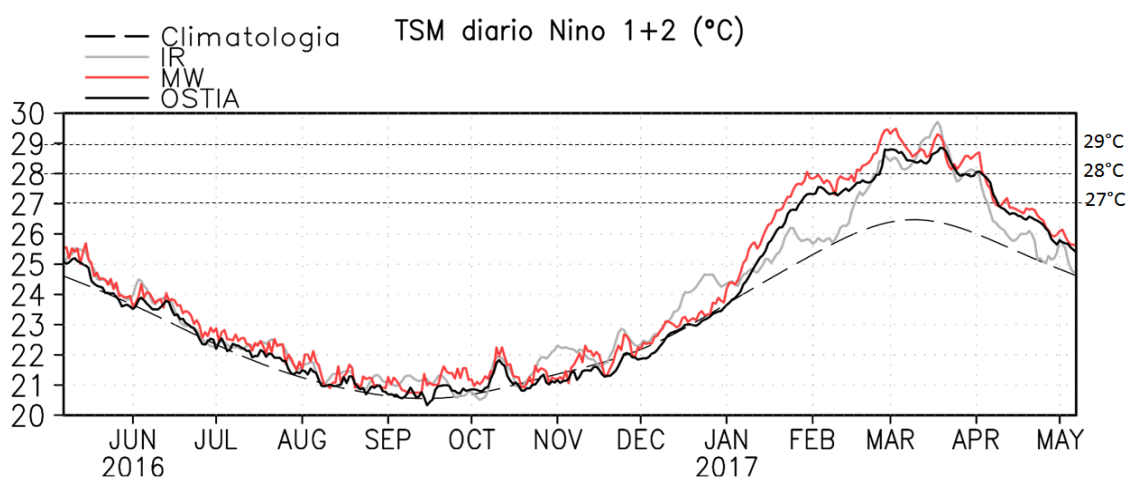


Figura 3.1.1.3. TSM (°C) durante junio 2016 al 30 de abril del 2017 según los datos infrarrojos (NOAA Daily OI SST v2 AVHRR) y de Microondas en la región 1+2. La línea punteada indica la variación climatológica. Procesamiento: IGP.

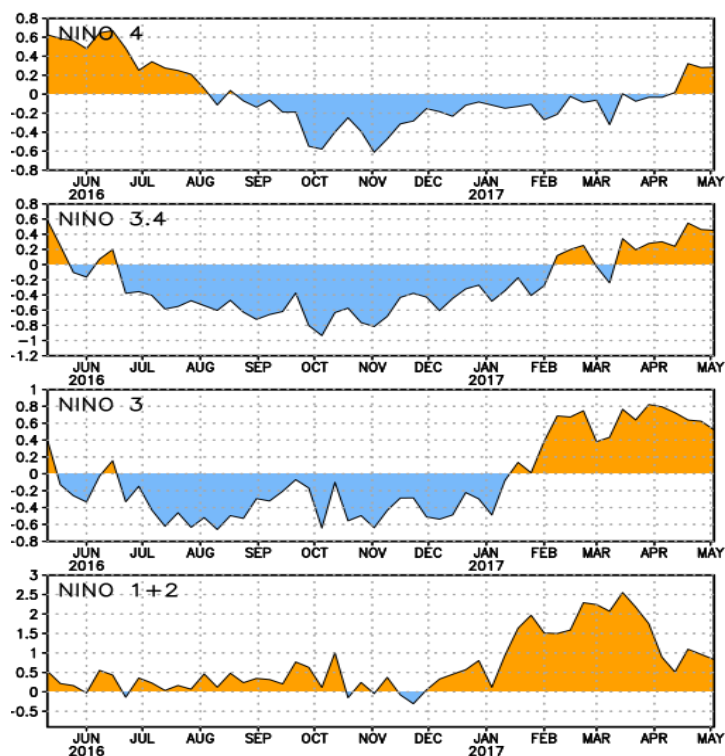


Figura 3.1.1.4. Anomalías semanales de la temperatura superficial del mar (°C) en las regiones Niño de mayo de 2016 a abril de 2017. Fuente: NCEP/NOAA.

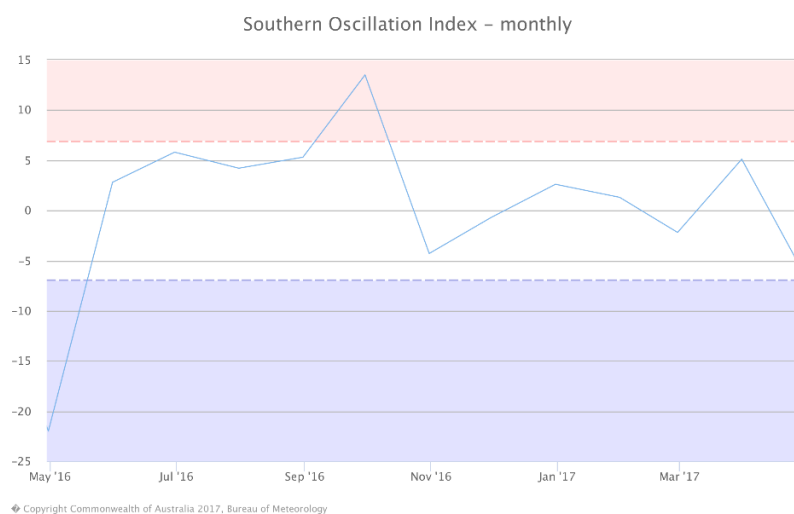


Figura 3.1.1.5. Evolución del Índice de Oscilación Sur (IOS), considerando la media móvil de 30 días. Fuente: Bureau of Meteorology, Australia.

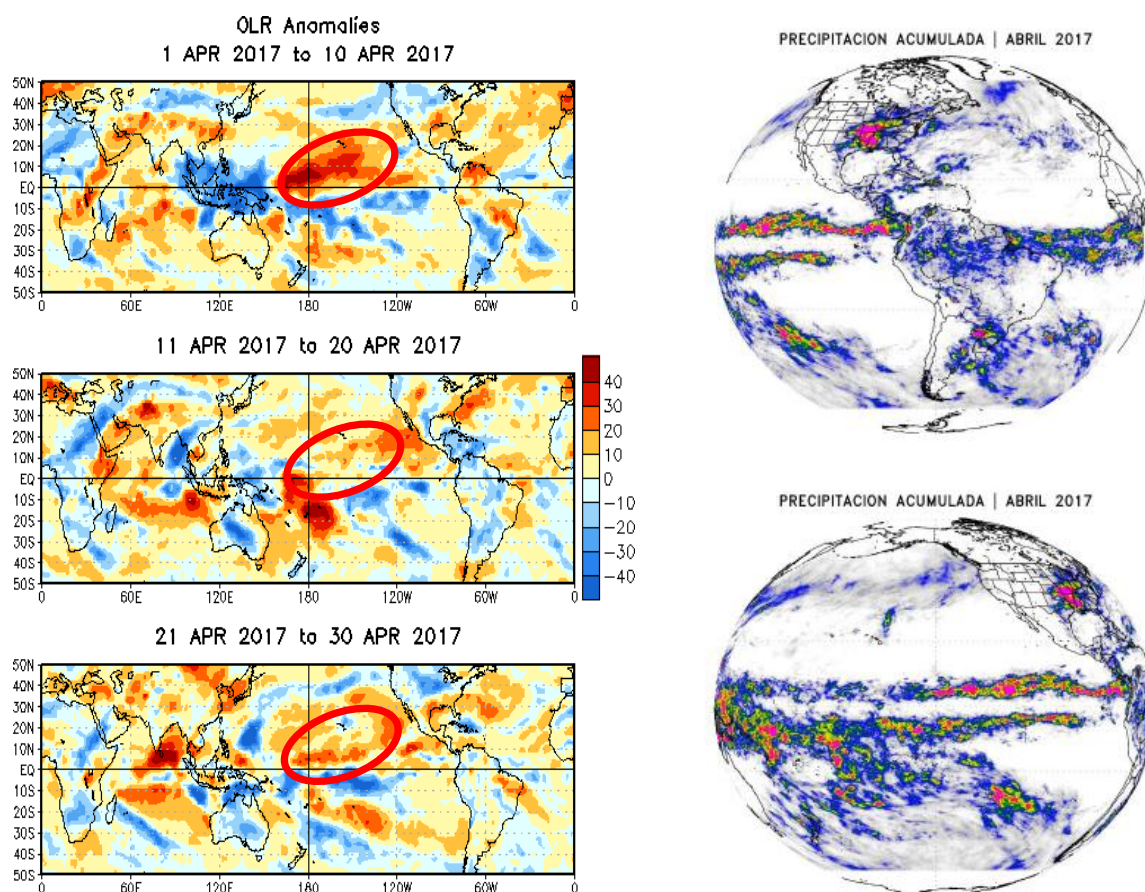


Figura 3.1.1.6. Decadas de a) Anomalía de Radiación de Onda Larga - OLR (W/m²) del mes de abril de 2017. Datos: NCEP b) Precipitaciones en el mes de abril de 2017. Datos: TRMM. Procesamiento: NOAA/SENAMHI.

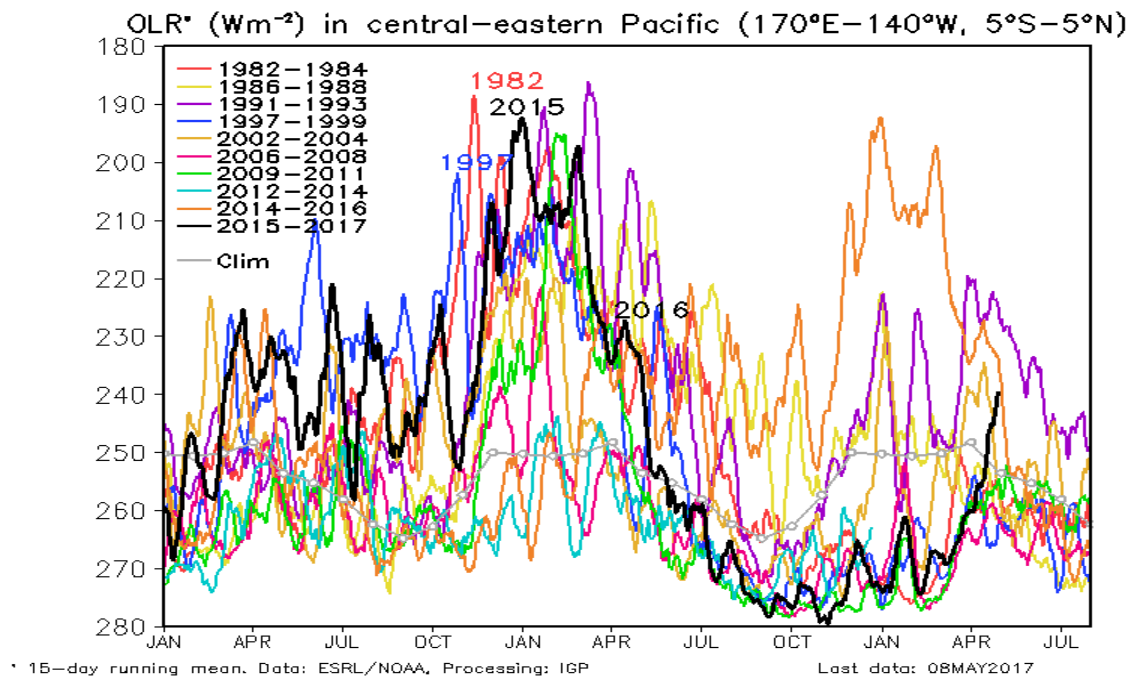


Figura 3.1.1.7. Radiación de Onda Larga - OLR (W/m^2) en el Pacífico central-oriental ($170^{\circ}\text{W}-100^{\circ}\text{W}$, $5^{\circ}\text{S}-5^{\circ}\text{N}$) desde el mes de enero hasta el mes de abril. Datos: ESRL/NOAA, Procesamiento: IGP.

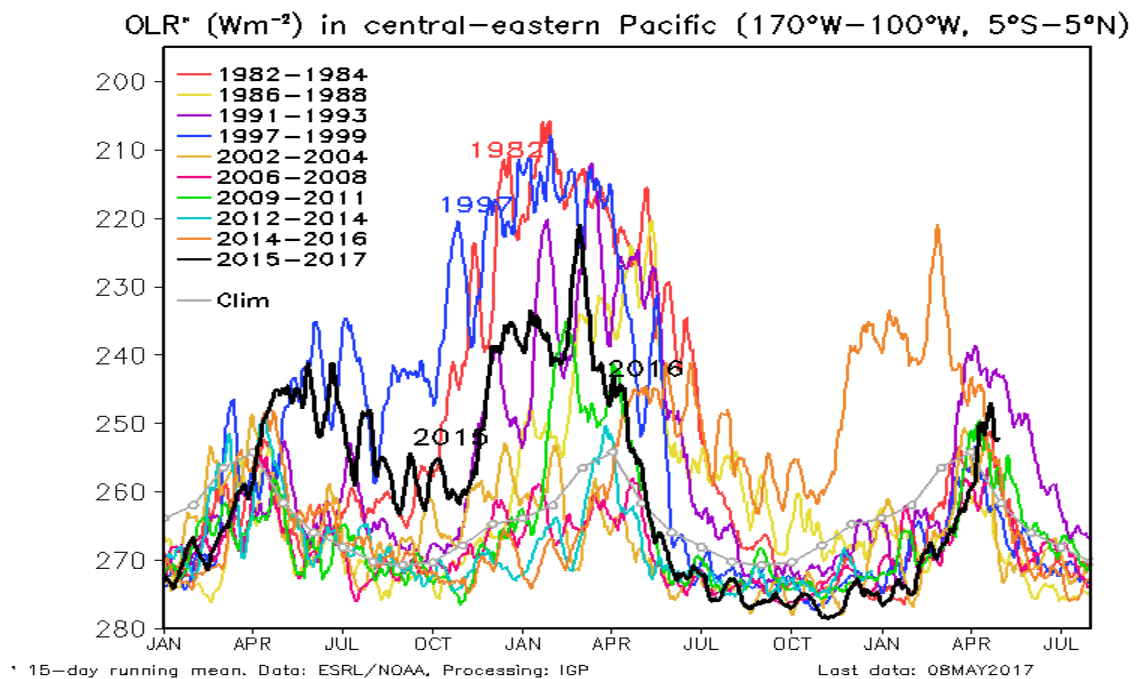
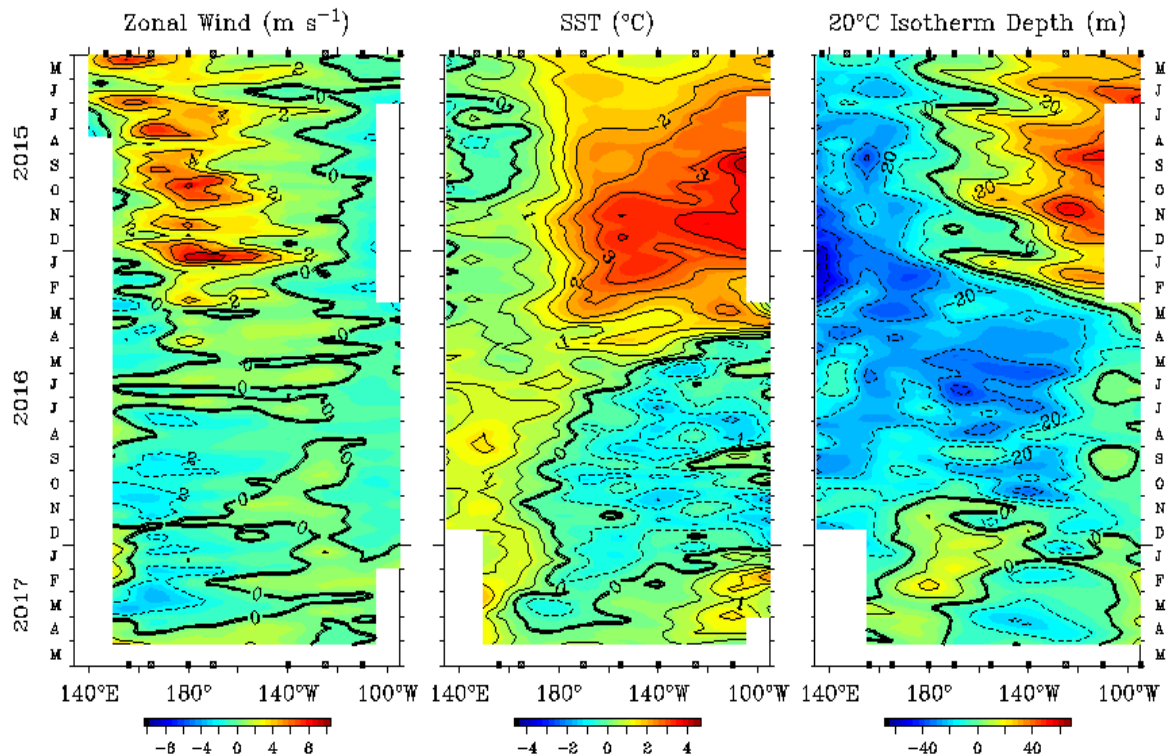


Figura 3.1.1.8. Radiación de Onda Larga - OLR (W/m^2) en el Pacífico central-oriental ($170^{\circ}\text{W}-140^{\circ}\text{W}$, $5^{\circ}\text{S}-5^{\circ}\text{N}$) desde el mes de enero hasta el mes de abril. Datos: ESRL/NOAA, Procesamiento: IGP.

Five Day Zonal Wind, SST, and 20°C Isotherm Depth Anomalies 2°S to 2°N Average



TAO Project Office/PMEL/NOAA

May 8 2017

Figura 3.1.1.9. Diagrama longitud-tiempo de las anomalías del viento zonal ecuatorial (a), anomalía de la TSM (b) y anomalía de la profundidad de la isoterma de 20°C con datos de TAO/TRITON.

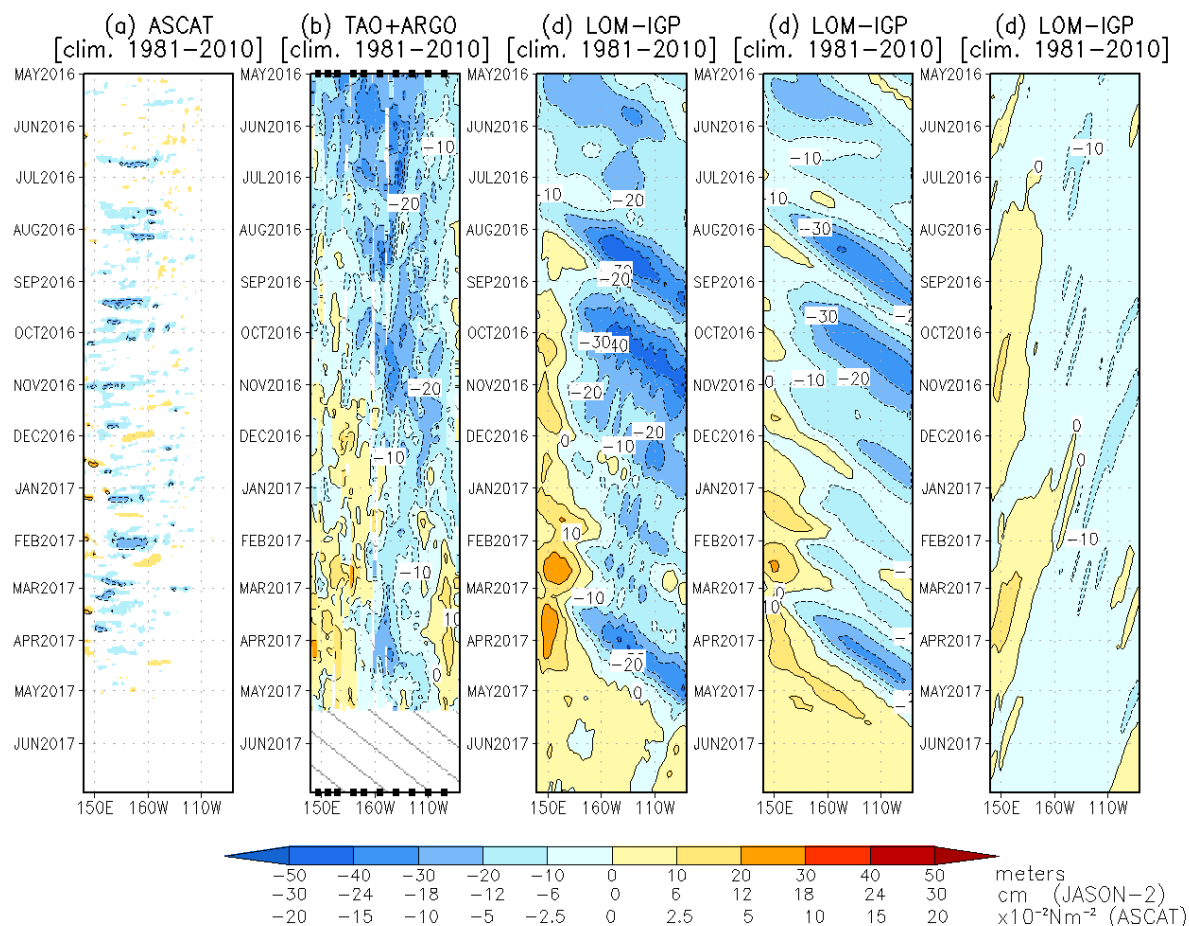


Figura 3.1.1.10. Diagrama longitud-tiempo de las anomalías de esfuerzo de viento zonal ecuatorial basado en datos del escaterómetro ASCAT (a), anomalía de la profundidad de la isoterma de 20°C datos de TAO y los derivados de ARGO (b), diagrama de la onda Kelvin y Rossby (c), diagrama de la onda Kelvin (d) y finalmente diagrama de la onda Rosbby, calculada con el modelo LOM-IGP (forzado por ASCAT, y tau=0 para el pronóstico). Las líneas diagonales representan la trayectoria de una onda Kelvin si tuviera una velocidad de 2.6 m/s. (Elaboración: IGP).

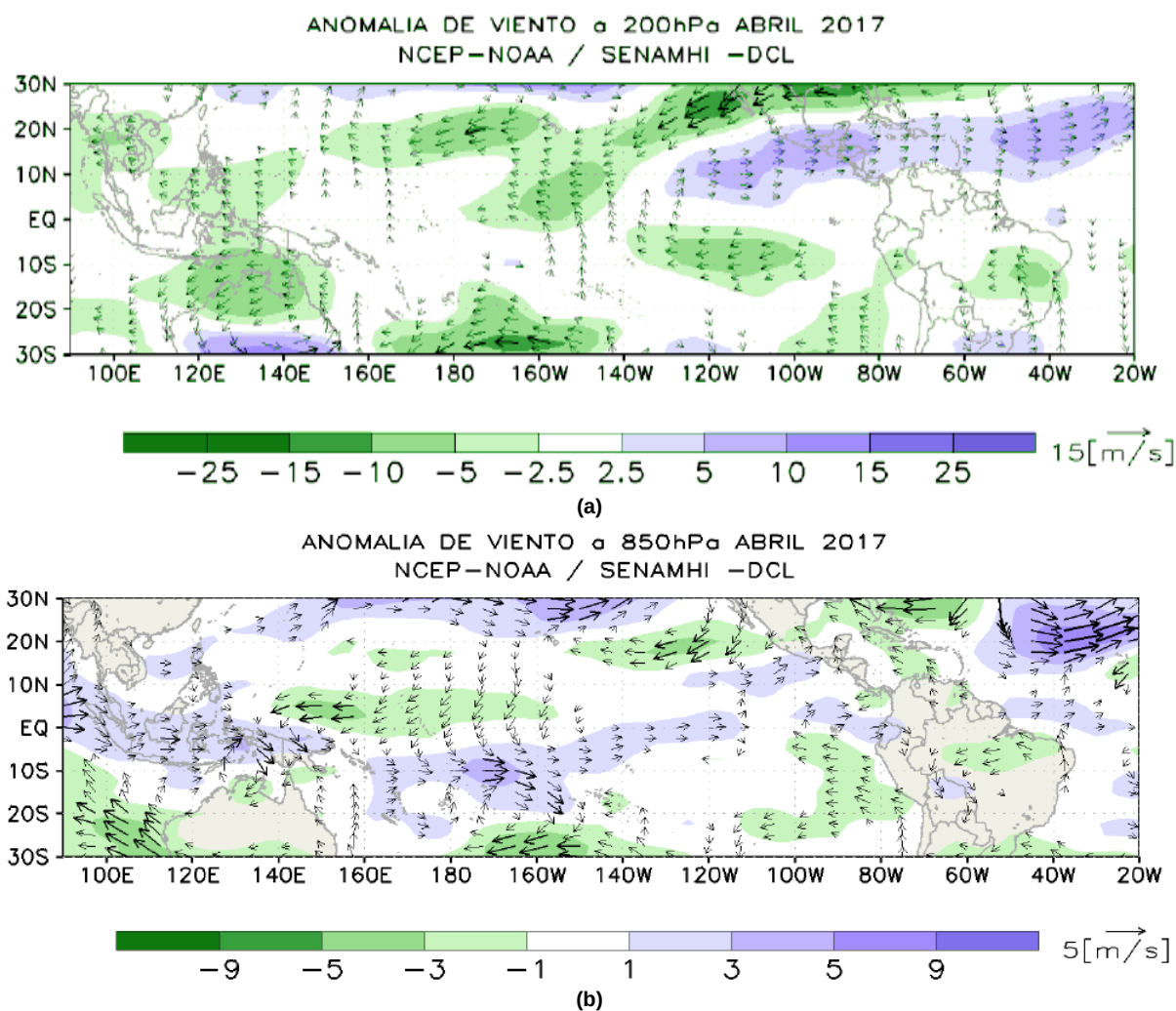


Figura 3.1.1.11. Análisis de anomalías del viento (m/s) en a) 850 hPa y b) 200 hPa para el mes de abril del 2017. Datos: NCEP/NOAA. Procesamiento: SENAMHI – SPC.

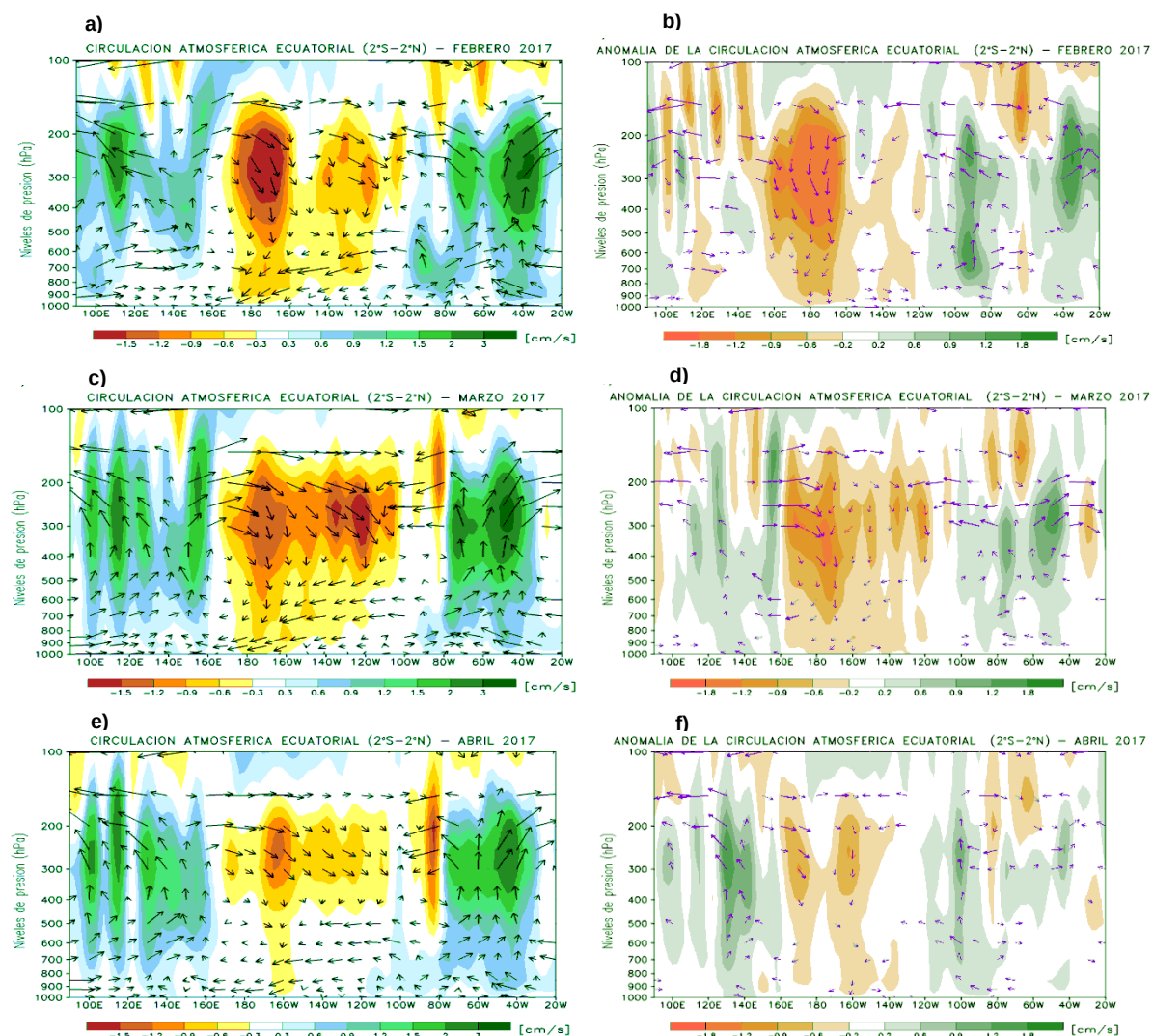


Figura 3.1.1.12. Circulación atmosférica ecuatorial promedio mensual (derecha) y su anomalía (izquierda) para el mes de febrero (a y b); marzo (c y d); y abril (e y f) del 2017, respectivamente. Fuente: SENAMHI con datos de la NCEP-NOAA.

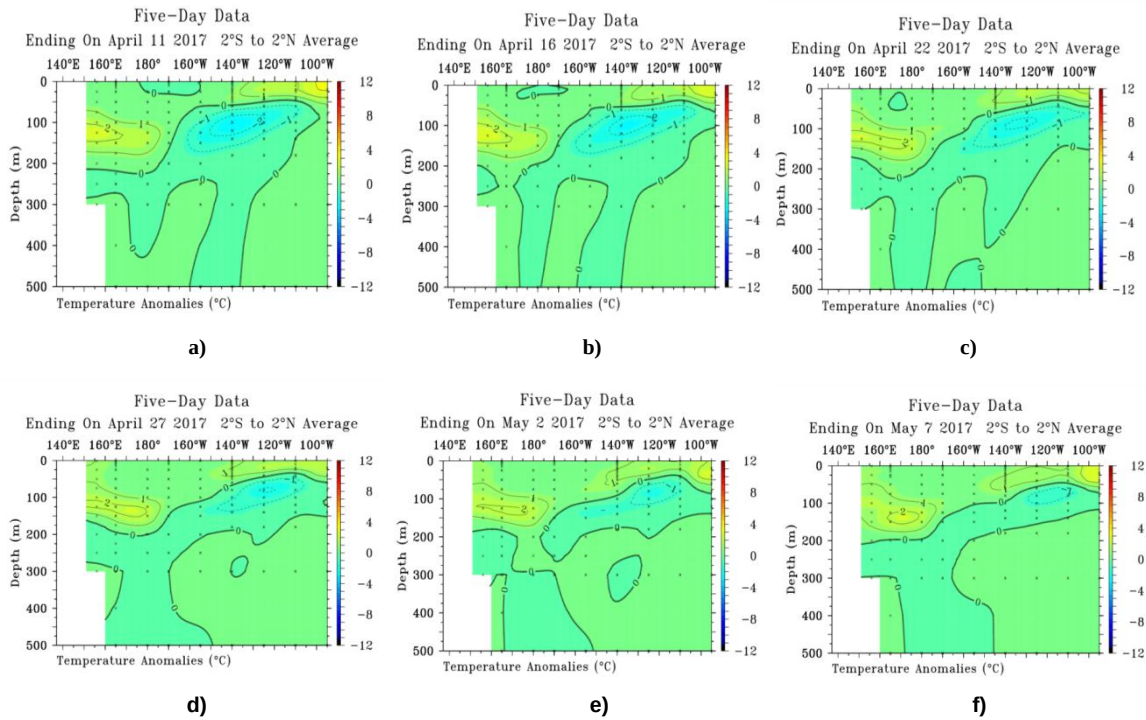


Figura 3.1.2.1. Anomalías de la temperatura sub-superficial del mar (°C) en el océano Pacífico ecuatorial entre los 2°N y 2°S promediadas cada cinco días, finalizando los días: a) 11 de abril, b) 16 de abril, c) 22 de abril, d) 27 de abril, e) 2 de mayo y f) 7 de mayo de 2017. Fuente: TAO/TRITON, PMEL/NOAA.

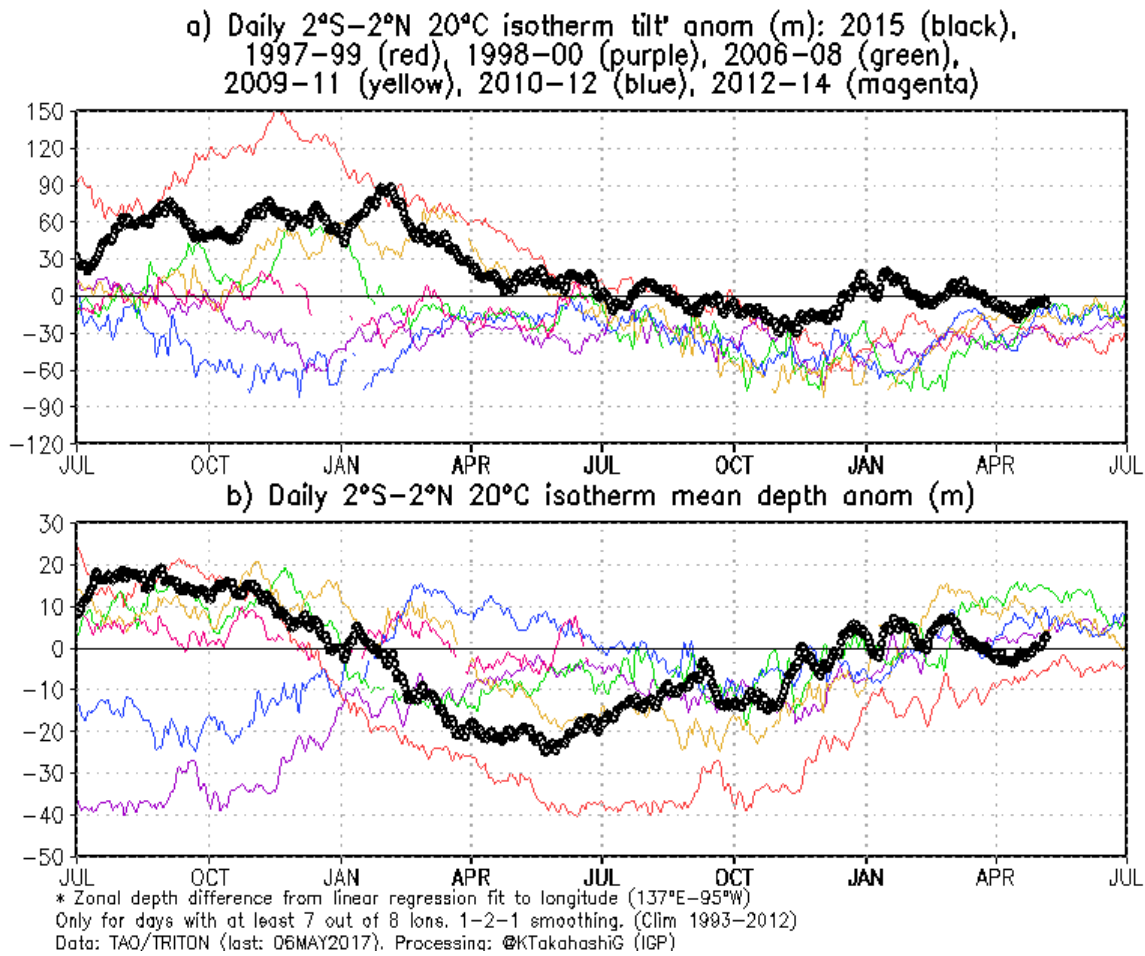


Figura 3.1.2.2. a) Inclinación de la termoclina en el Pacífico ecuatorial basado en los datos de las boyas TAO entre 2°N y 2°S. **b)** Contenido de calor en la región ecuatorial basado en los datos de las boyas TAO entre 2°N y 2°S. A diferencia de informes anteriores, se excluyen las boyas TRITON (Pacífico occidental) que ya no está operativo. Elaboración: IGP.

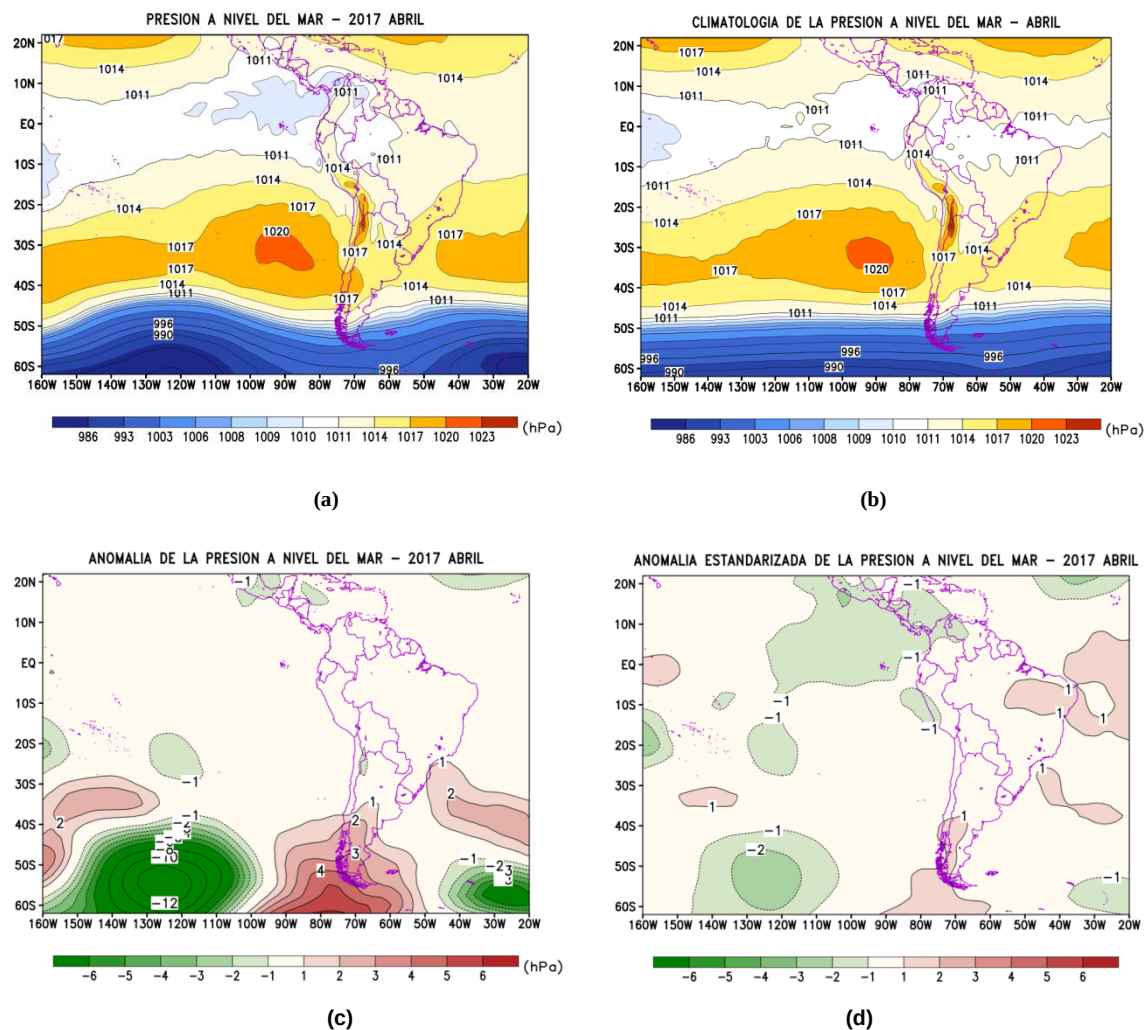


Figura 3.1.2.3. Análisis de la Presión atmosférica a nivel medio del mar para el de mes de Abril. **Superior Izquierda:** Promedio mensual de la Presión a nivel del mar; **Superior Derecha:** Distribución climatológica de la presión a nivel medio del mar durante el mes de Abril; **Inferior:** Anomalia estandarizada de la Presión a nivel del mar en el mes de Abril. Procesamiento: SENAMHI-SPC

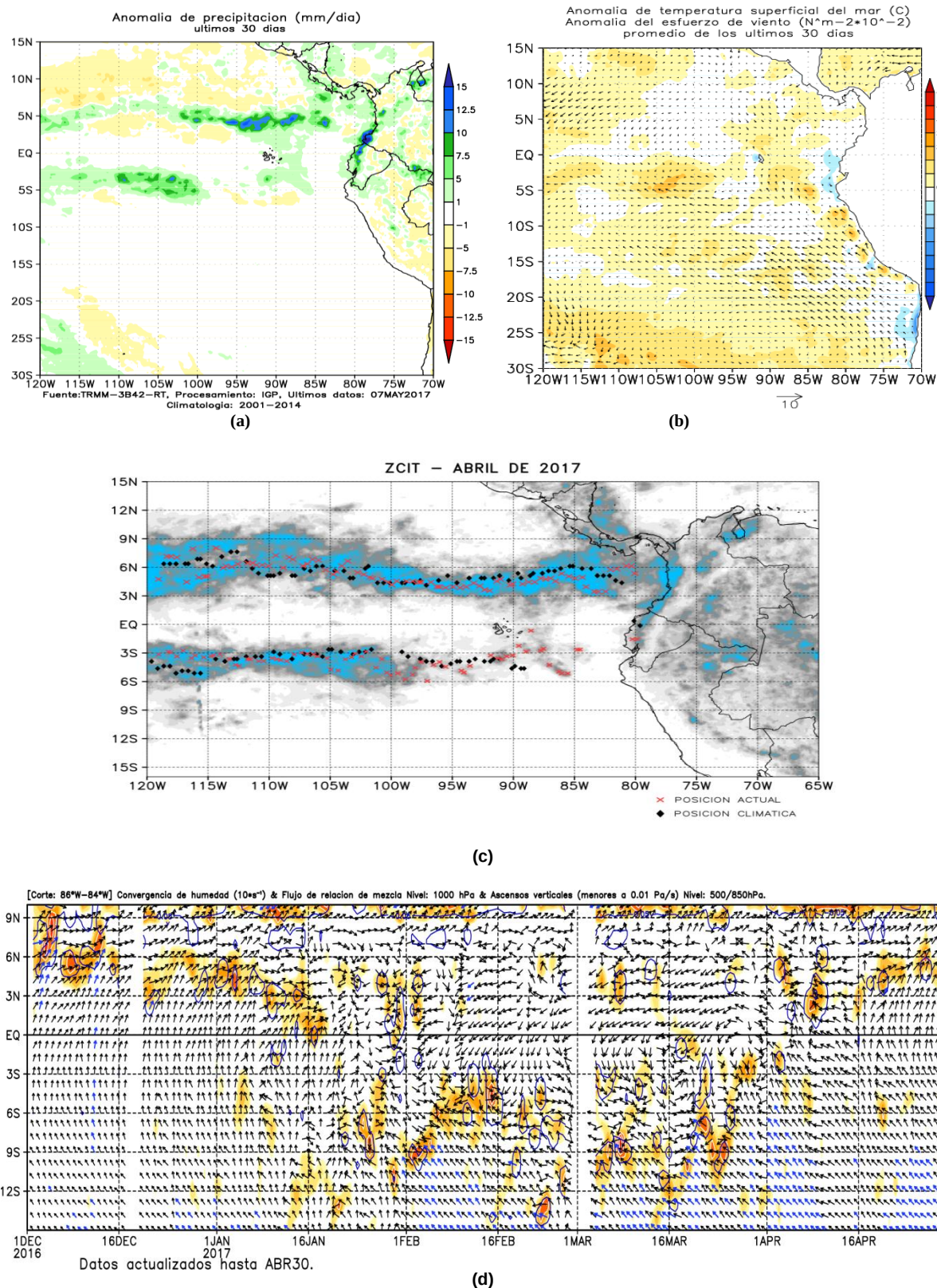


Figura 3.2.1.2. Condiciones promedio de precipitación, temperatura superficial del mar (TSM) y esfuerzo de viento, correspondiente al mes de enero, a) anomalía de precipitación, b) anomalías de TSM, asociados al esfuerzo de vientos, c) Ubicación espacial de la ZCIT durante abril basado en la precipitación acumulada (mm/mes) estimada por satélite y d) Traslocación latitudinal de la ZCIT frente a la costa peruana, corte: 85°W. Fuente TRMM, AVHRR-NCDC-NOAA, ASCAT-Ifremer, GFS – NOAA / Procesamiento IGP/SENAMHI-SPC.

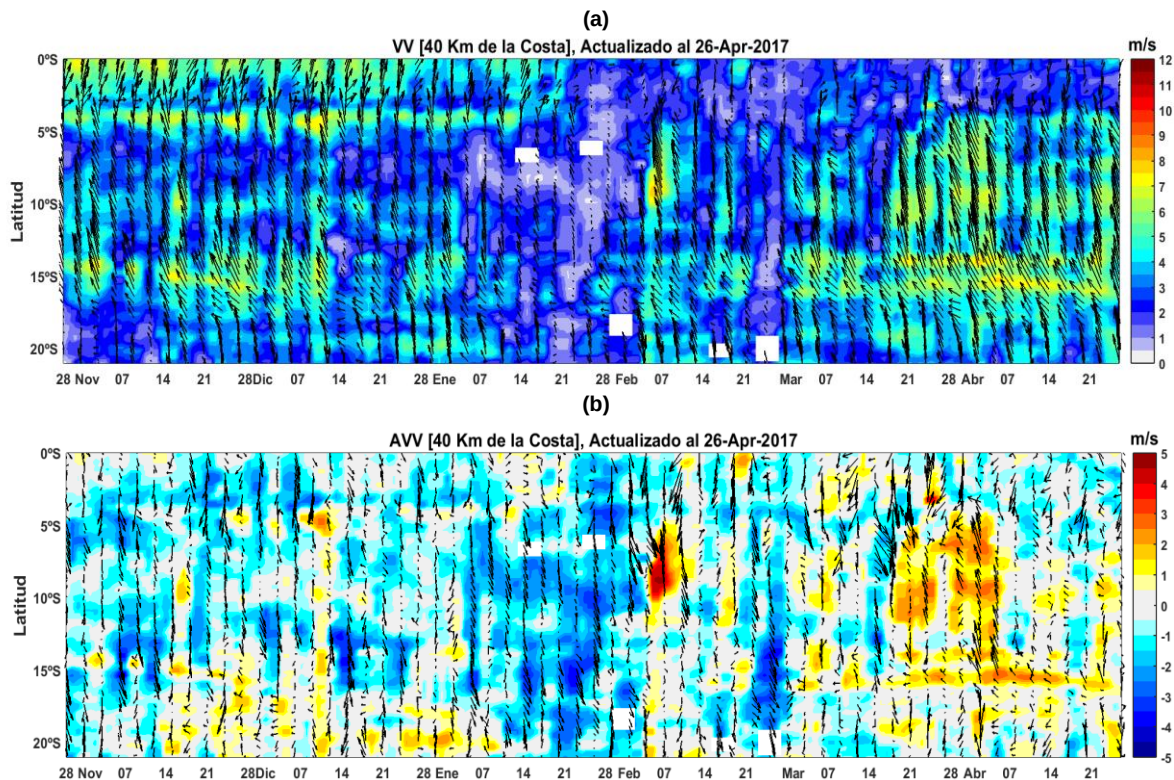


Figura 3.2.1.3. a) Velocidad del viento (m/s) y b) Anomalia del viento (m/s) desde noviembre del 2016 hasta abril del 2017. Los vectores representan la dirección del viento y anomalía de la dirección del viento, respectivamente. Datos: ASCAT, procesamiento: IMARPE.

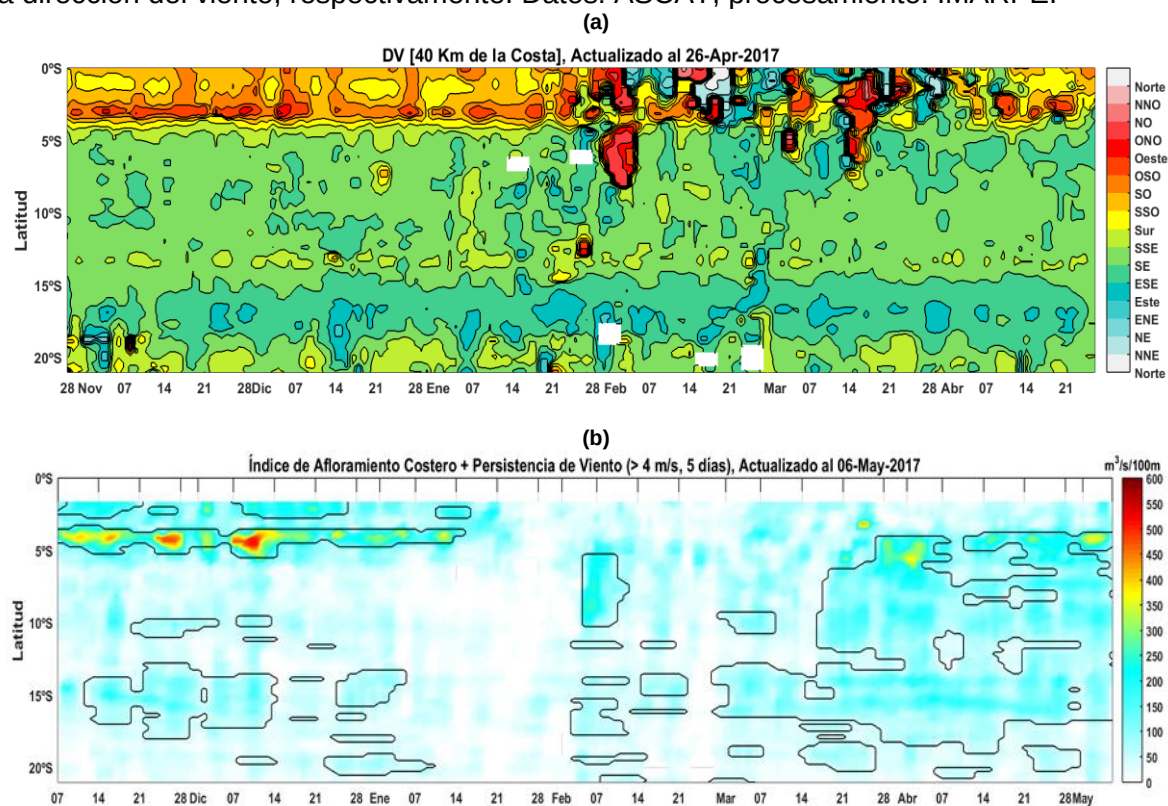


Figura 3.2.1.4. a) Dirección del Viento; b) Índice de Afloramiento Costero (a partir del viento diario satelital a 40 Km frente a la costa del Perú). Las líneas encierran los períodos en los cuales persistió viento con componente sur ($vv > 4$ m/s) al menos 05 días consecutivos. Datos: ASCAT, Procesamiento: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

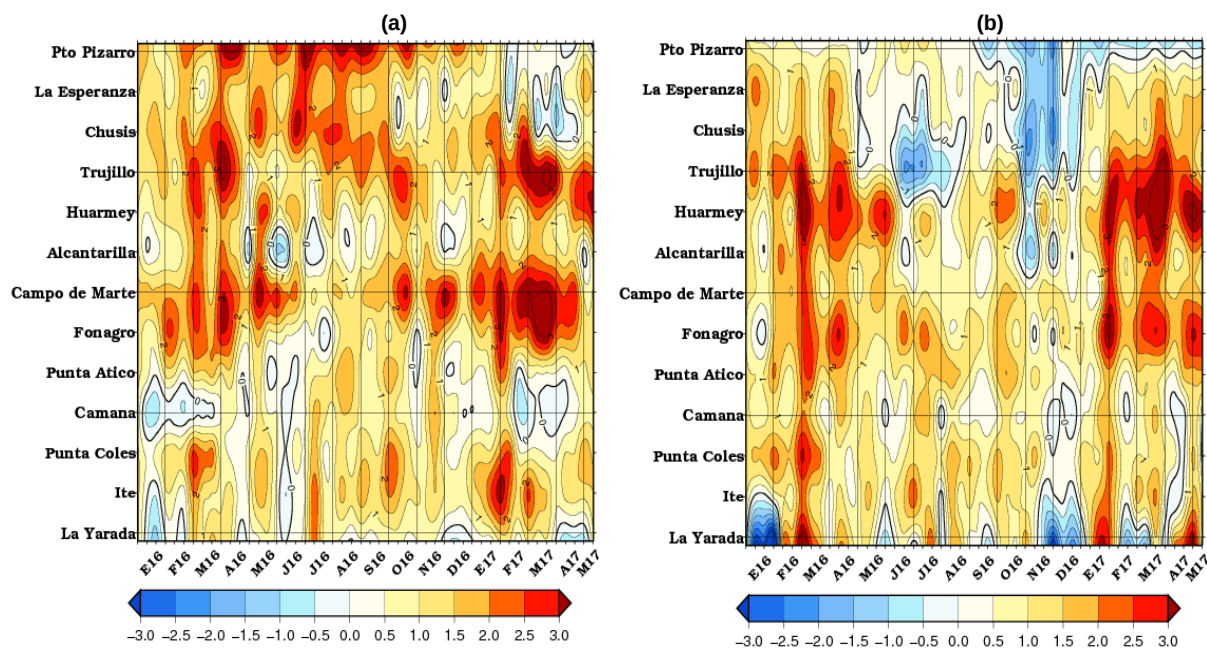


Figura 3.2.2.1. Anomalías de las temperaturas extremas del aire (°C) en la costa peruana desde enero 2016 a enero del 2017. a) Temperatura máxima y b) Temperatura mínima. Fuente: SENAMHI.

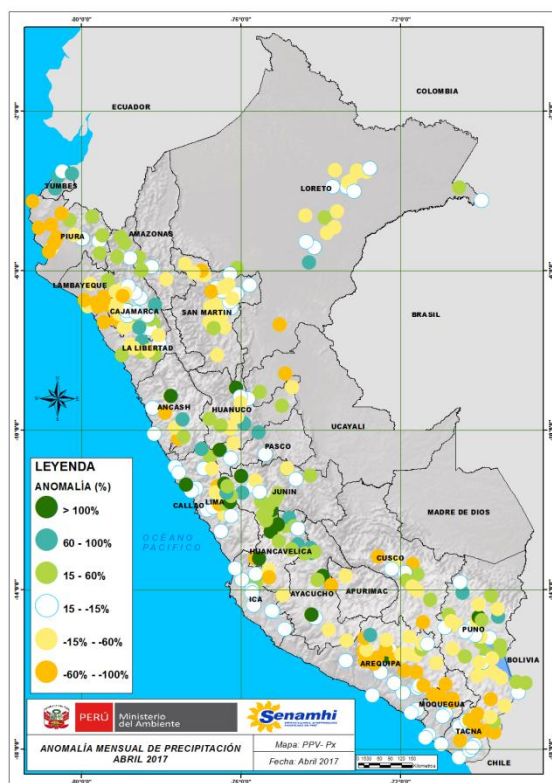


Figura 3.2.3.1. Mapas de anomalías de precipitación acumulada mensual (%) para abril 2017, registradas en estaciones meteorológicas. Fuente SENAMHI.

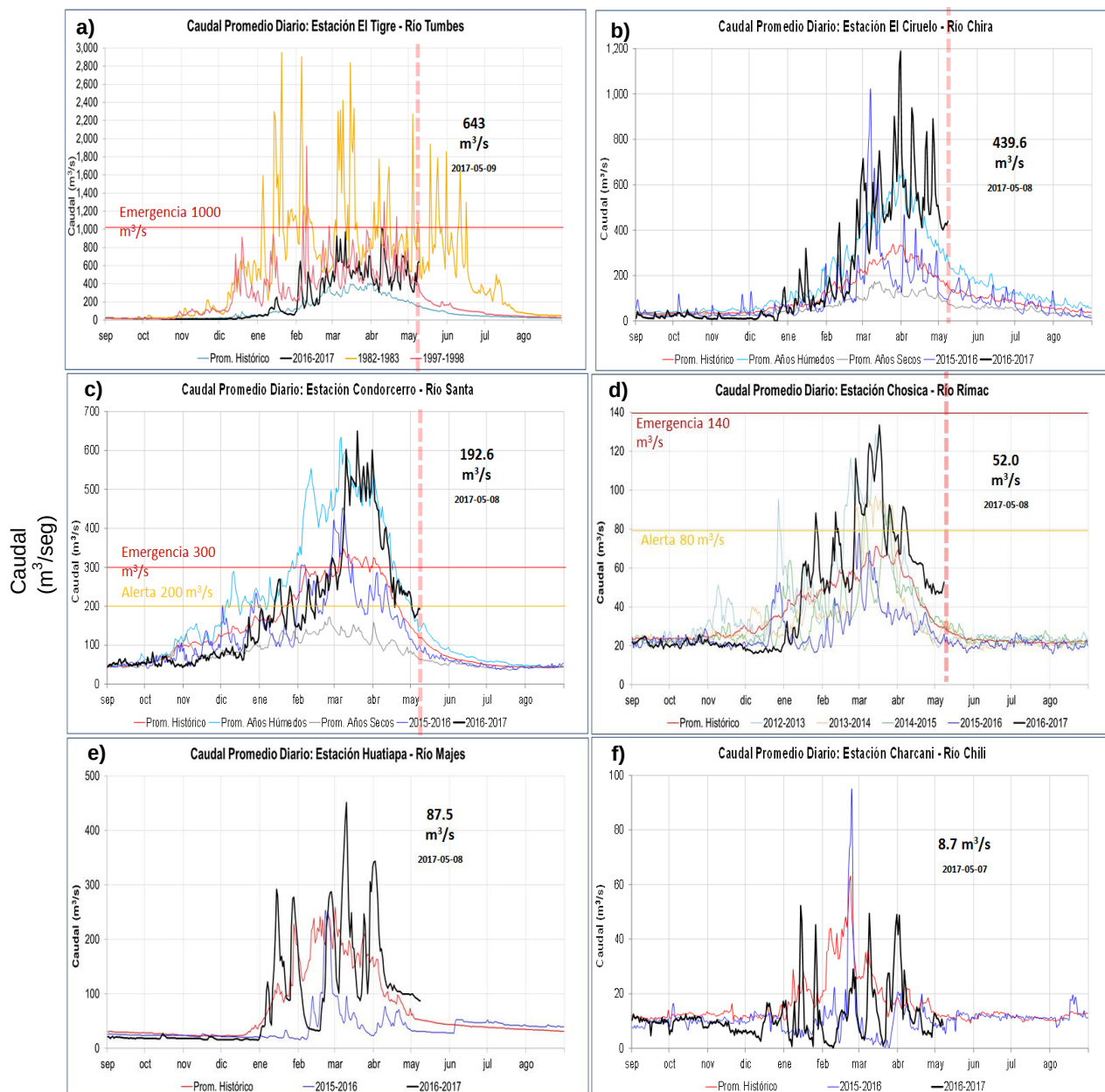


Figura 3.2.3.2. Series de tiempo actualizados a fines de abril del 2017, de los caudales diarios (m^3/s) de los principales ríos del Perú, entre los meses de setiembre a agosto: a) Tumbes, b) Chira, c) Santa, d) Rimac, e) Majes, f) Chili, de la vertiente del Pacífico; g) Huancané y h) Ramis, de la cuenca del Titicaca. Líneas azules: caudales de años 2015 2016, rojas: Promedio histórico; celestes: promedio de años húmedos y líneas grises: promedio de años secos. Fuente datos: SENAMHI/ Procesamiento: ANA.

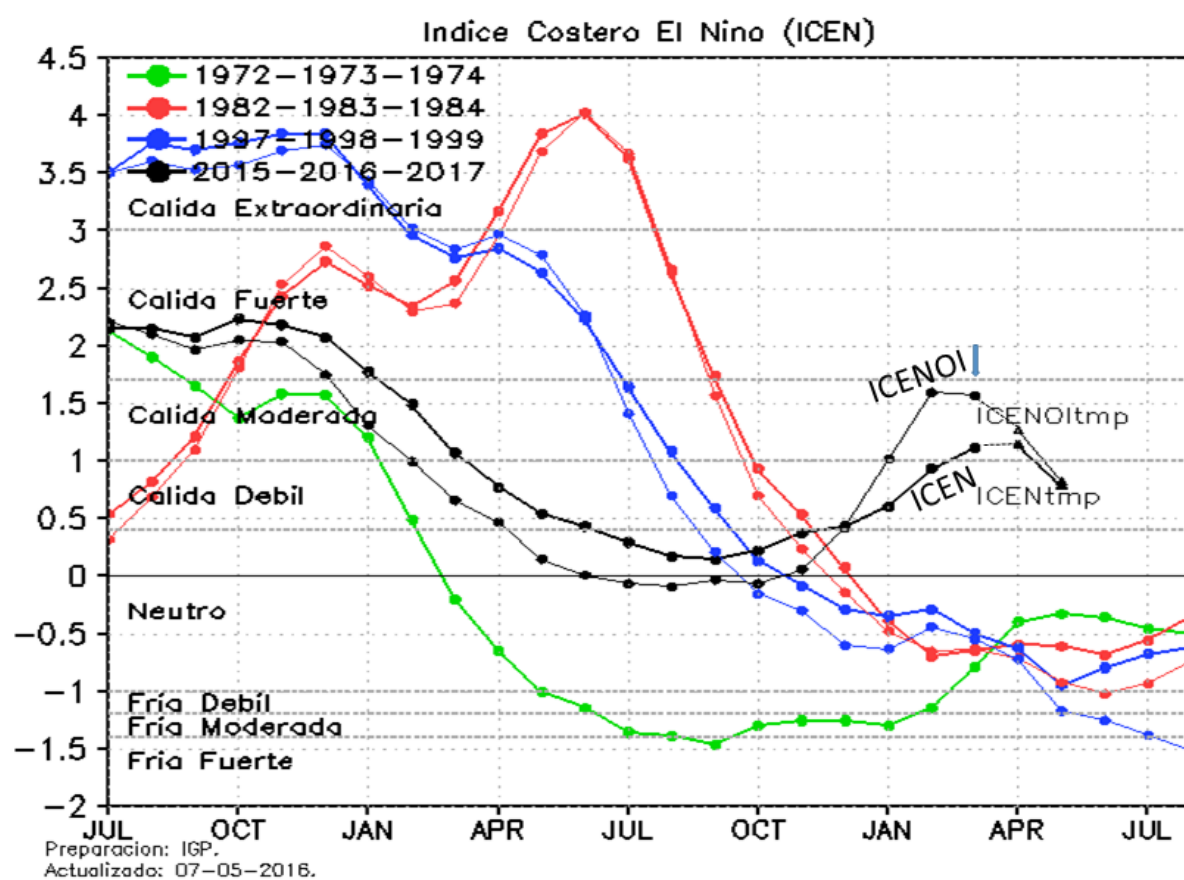


Figura 3.2.4.1. Índice Costero El Niño para los años 1972-1973 (verde), 1982-1983 (rojo), 1997-1998 (azul) y 2015-2016-2017 (negro). Fuente IGP.

Cambios cada 3 días de las Anomalías de la Temperatura Superficial del Mar entre el 30-marzo y 26-abril del 2017 – OSTIA

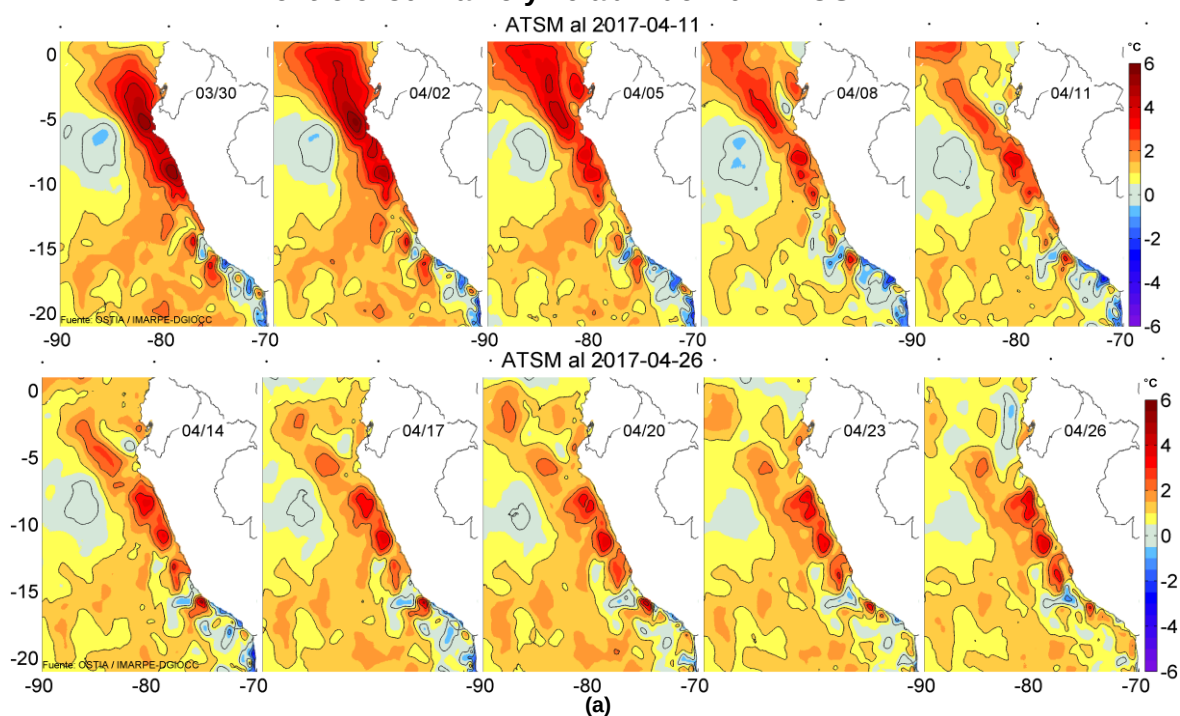
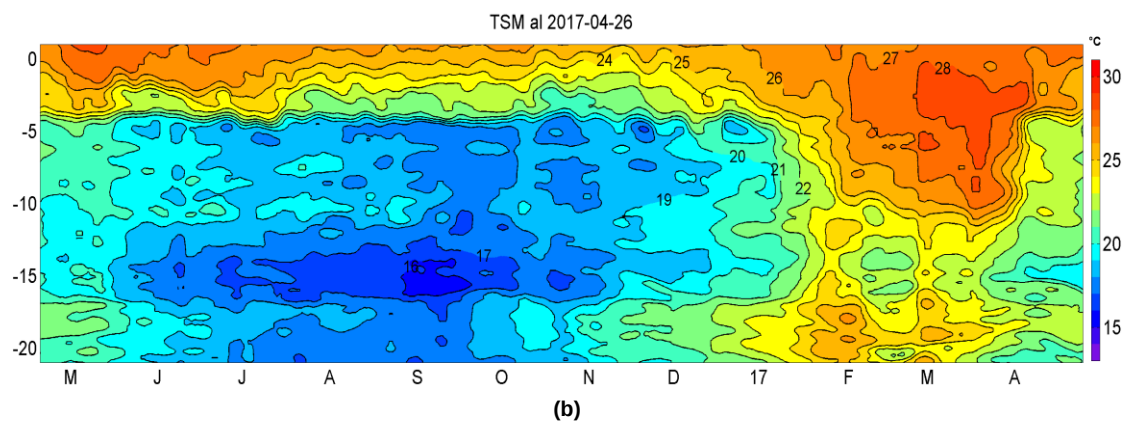
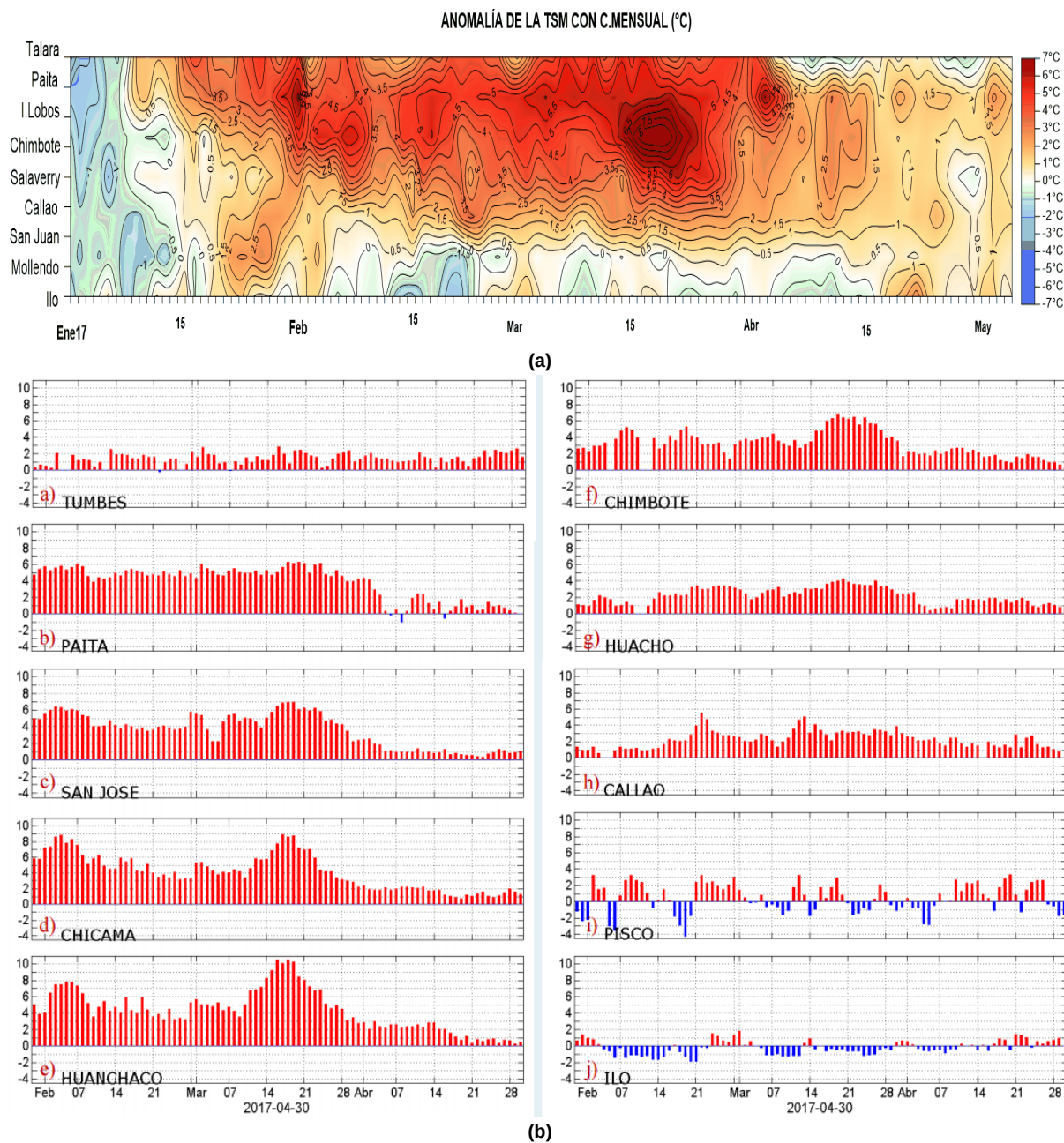


Figura 3.2.4.2. Condiciones térmicas del océano frente a Perú, a) Anomalías de la TSM ($^{\circ}\text{C}$) cada tres días durante abril del 2017 y b) Diagrama de Hovmoeller de TSM ($^{\circ}\text{C}$) para la franja de ~50 mn adyacentes al litoral peruano el periodo mayo 2016/abril 2017. Fuente: OSTIA. Procesamiento IMARPE.



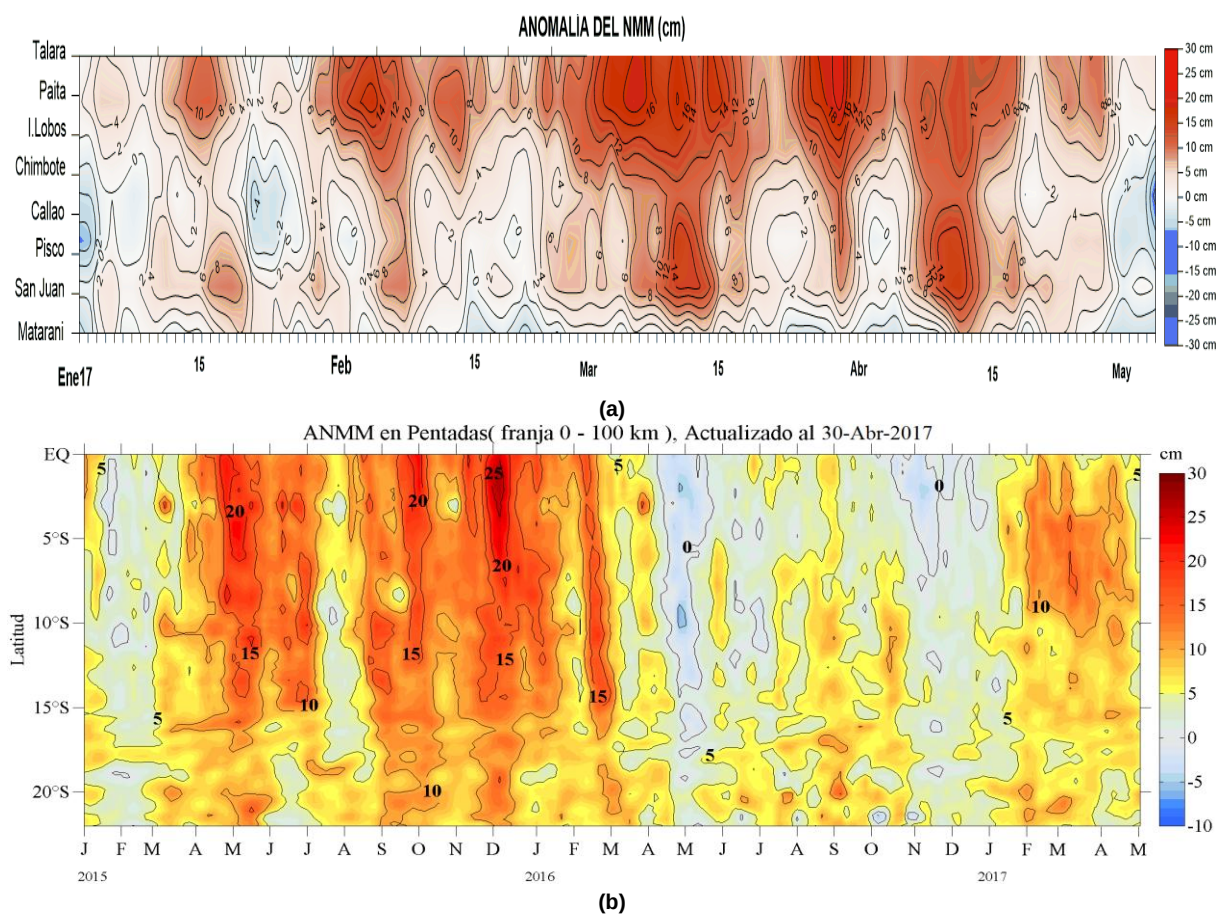


Figura 3.2.4.4. Anomalías del Nivel Medio del Mar, actualizados a abril del 2016, a) Hovmöller durante el último bimestre en estaciones costeras de la DHN y b) Hovmöller en franja costera de 0-100 km, entre 2015-2017; Fuente AVISO – IMARPE.

SECCION PAITA (10-11 abril del 2017)

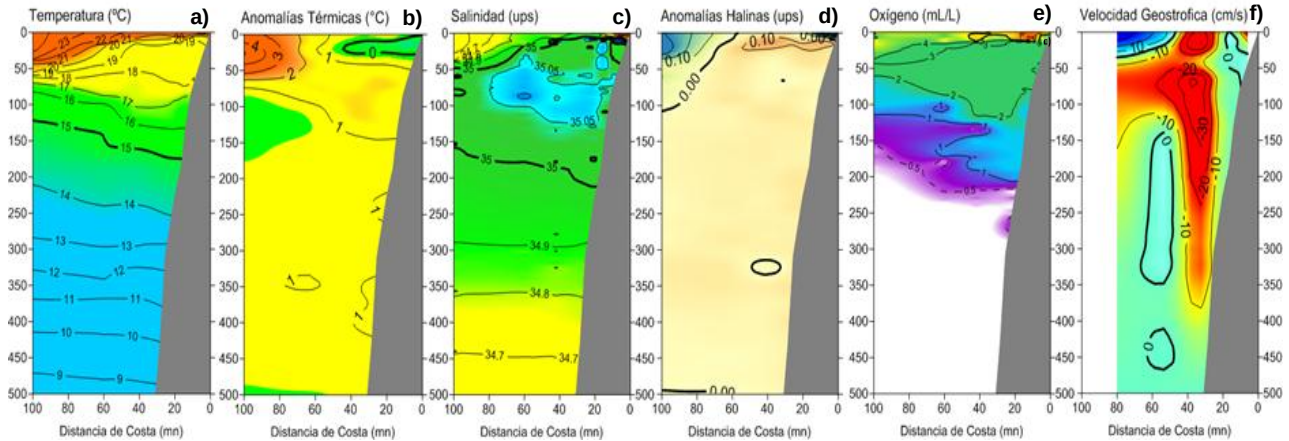


Figura 3.2.5.1 Distribución vertical de: a) temperatura ($^{\circ}\text{C}$), b) anomalía de temperatura ($^{\circ}\text{C}$), c) salinidad (ups), d) anomalía de salinidad (ups) y e) oxígeno (mL/L) frente a Paita, realizada durante el 27 y 28 de enero de 2017. Fuente: IMARPE.

SECCION CHICAMA (11 de abril del 2017)

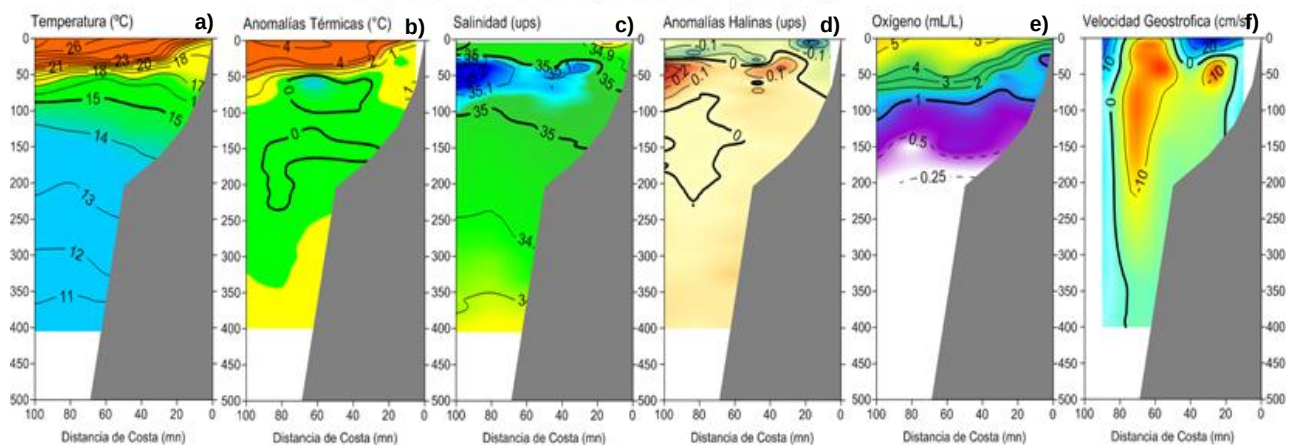


Figura 3.2.5.2 Distribución vertical de: a) temperatura ($^{\circ}\text{C}$), b) anomalía de temperatura ($^{\circ}\text{C}$), c) salinidad (ups) y d) anomalía de salinidad (ups) frente a Chicama, realizada durante el 10 y 11 de abril de 2017. Fuente: IMARPE.

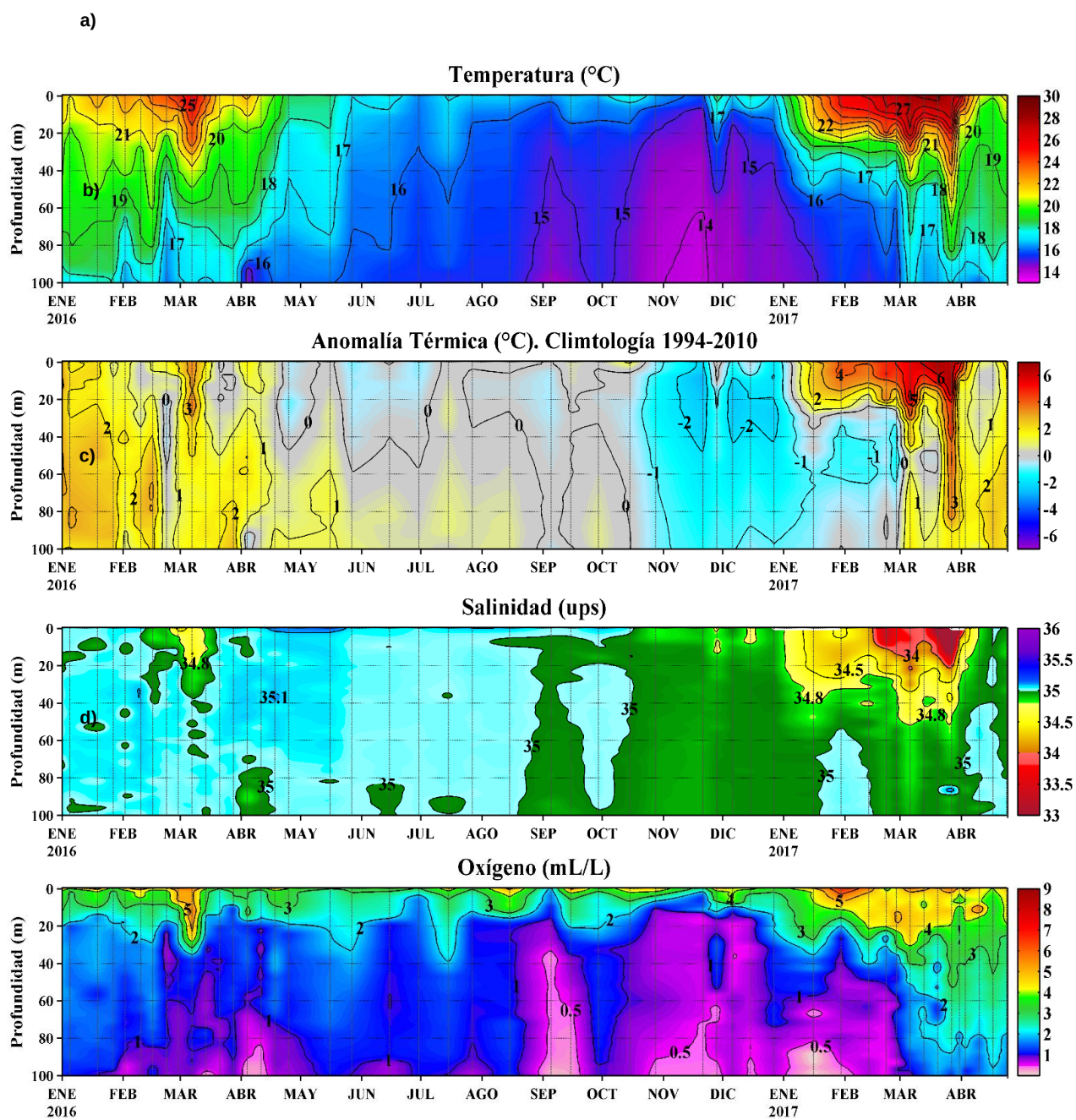


Figura 3.2.5.3. Series de tiempo para la estación oceanográfica fija frente a Paita (Punto Fijo Paita) de: a) temperatura (°C), b) anomalía de la temperatura (°C), c) Salinidad (ups) y d) oxígeno (mL/L) para el periodo del 01 de enero de 2016 al 24 de abril de 2017. Climatología: 1994-2010. Fuente: LHFM/DGIOCC/IMARPE.

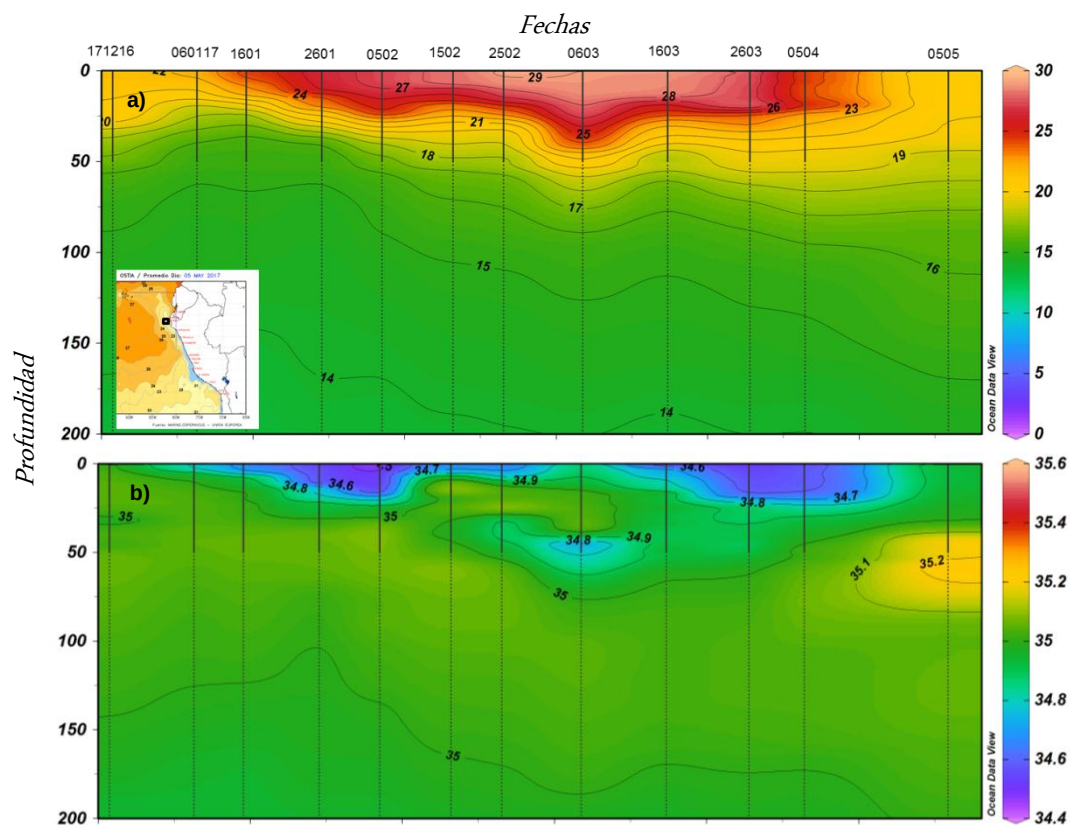


Figura 3.2.5.4. a) Diagrama de la estructura térmica y b) diagrama de estructura halina, del 17 de diciembre de 2016 al 5 de mayo de 2017, hasta los 200 m de profundidad. El grafico inferior de la izquierda indica el punto de monitoreo. Fuente: Datos: ARGO, Grafico: DHN.

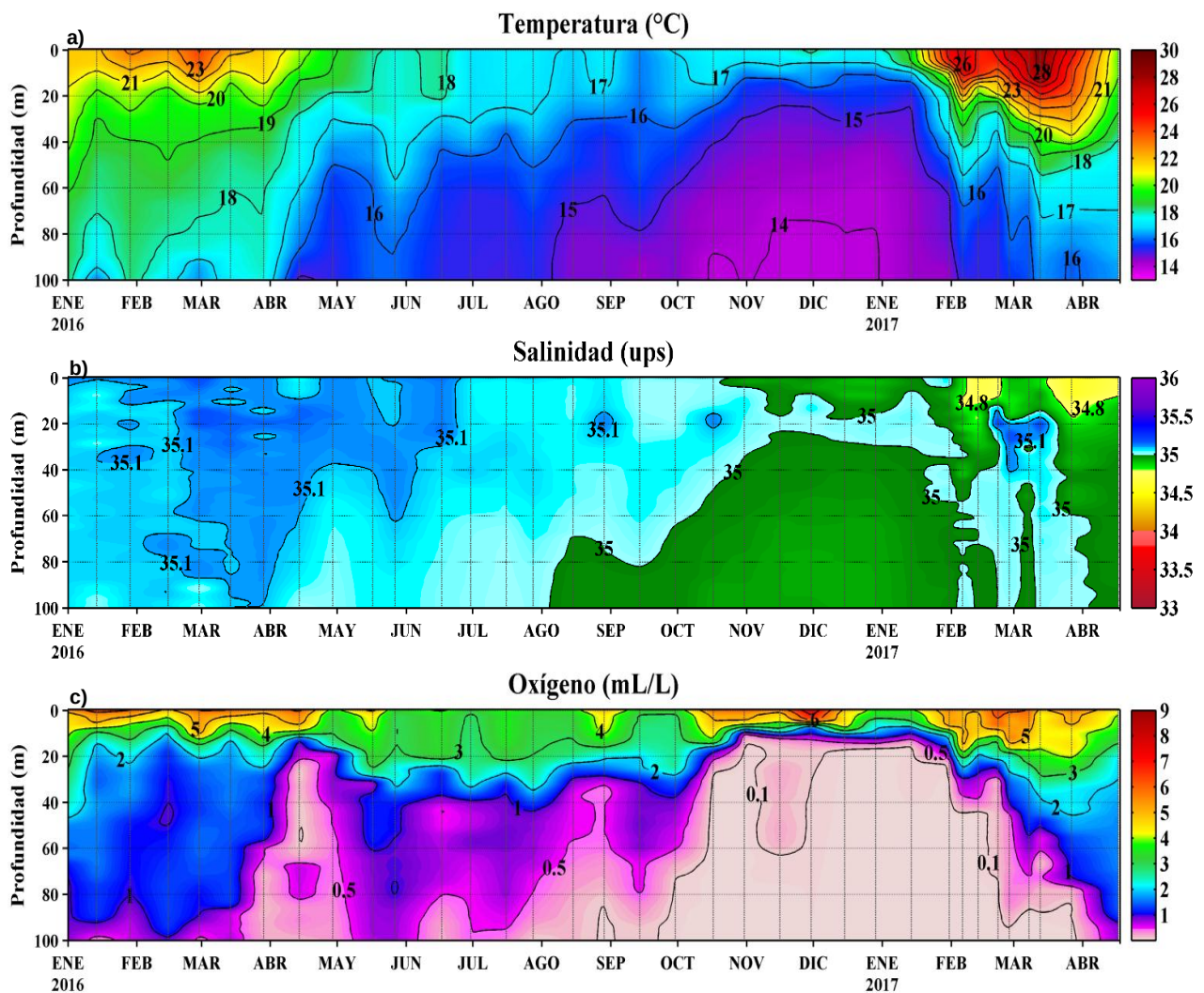


Figura 3.2.5.5. Series de tiempo para la estación oceanográfica fija frente a Chicama (Punto Fijo Chicama) de: a) Temperatura (°C), b) Salinidad (ups), c) Oxígeno (mL/L), para el periodo del 01 de enero de 2016 al 27 de abril de 2017. Fuente: IMARPE.

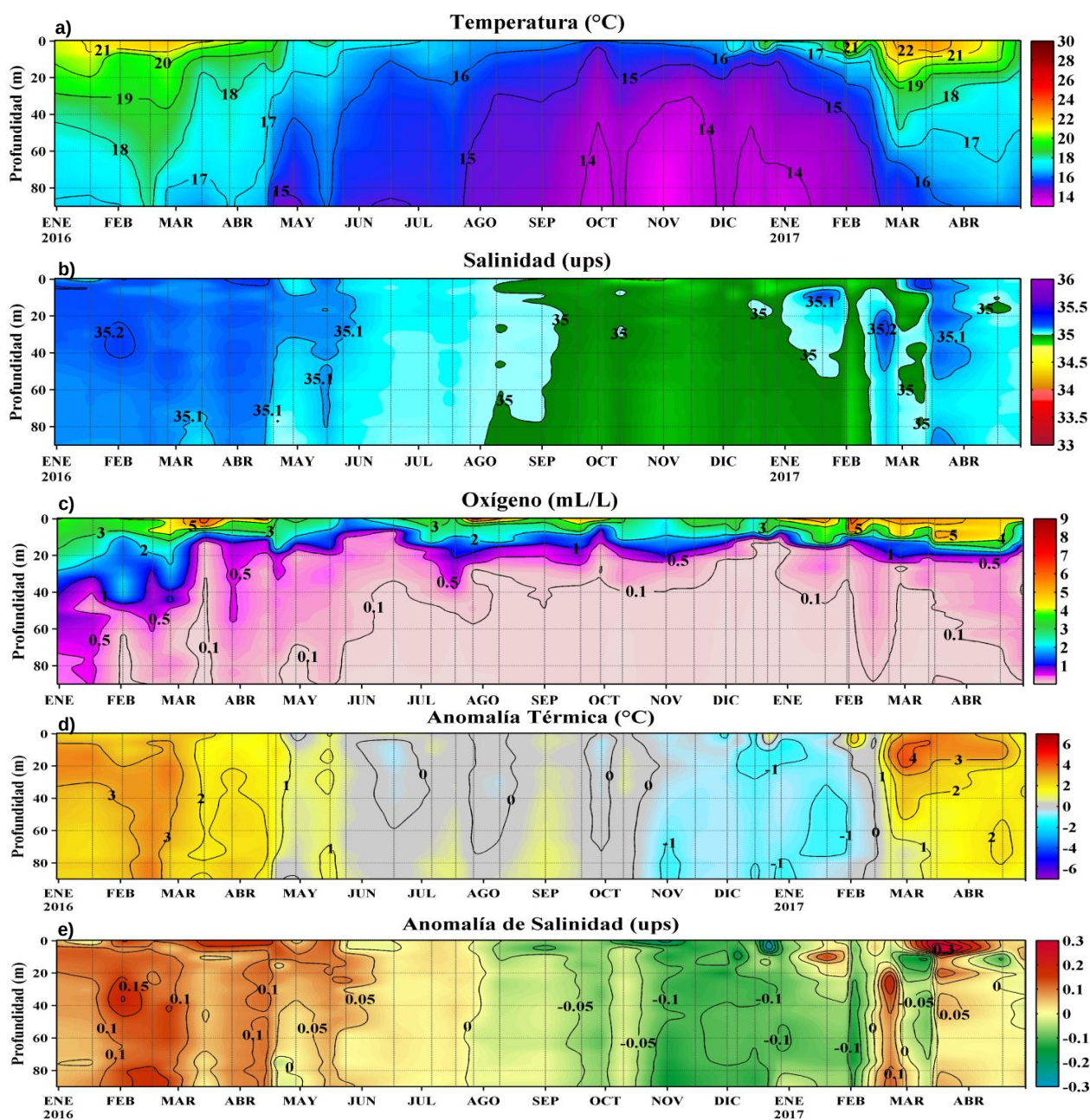


Figura 3.2.5.6. Series de tiempo para la estación oceanográfica fija frente a Callao (Punto Fijo Callao) de: a) temperatura (°C), b) Salinidad (ups), c) oxígeno (mL/L), d) anomalías de temperatura (°C) y f) Anomalías de salinidad (ups), para el periodo del 01 de enero de 2016 al 29 de abril de 2017. Climatología: 1994-2010. Fuente: IMARPE.

Paita 10-11 Abril 2017

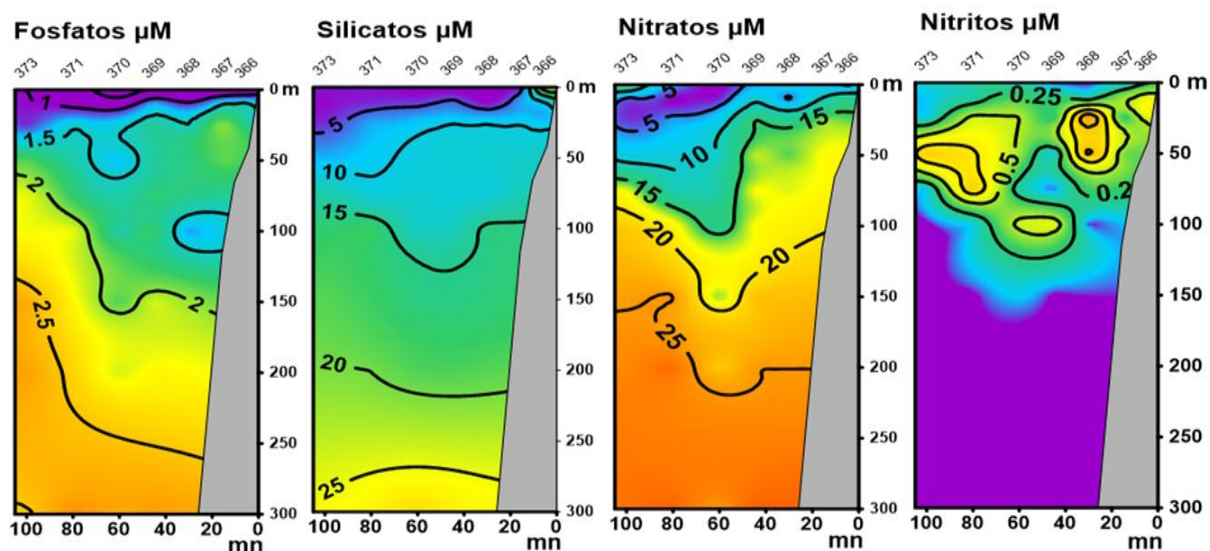


Figura 3.2.5.7. Distribución vertical de: a) fosfatos (μM), b) silicatos (μM), c) nitratos (μM), d) nitritos (μM) frente a Paita, realizada durante el 10-11 de abril de 2017.

Chicama 11 Abril 2017

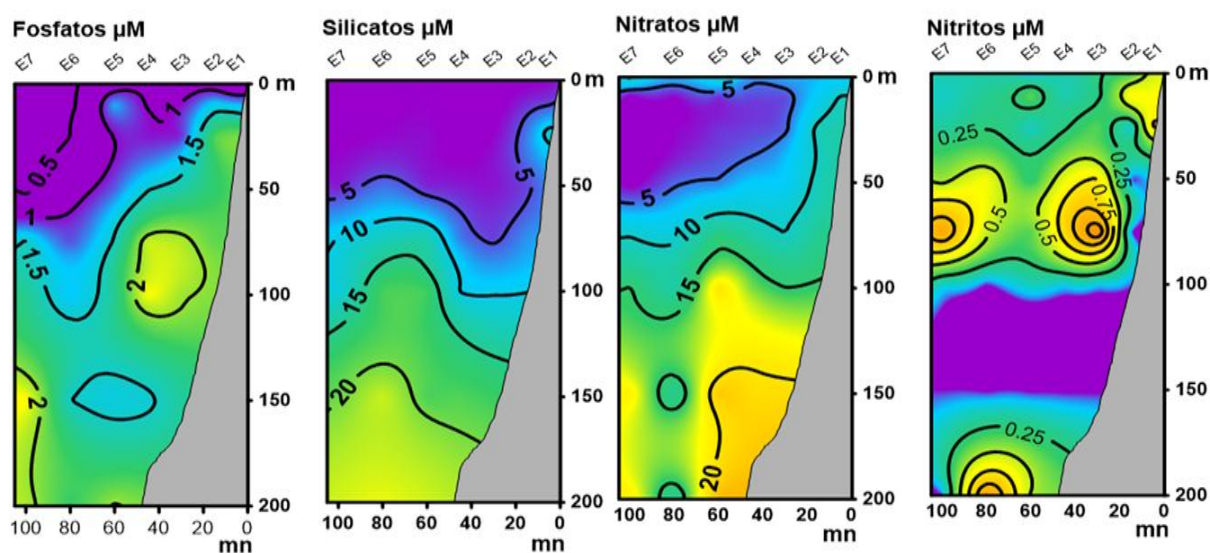


Figura 3.2.5.8. Distribución vertical de: a) fosfatos (μM), b) silicatos (μM), c) nitratos (μM), d) nitritos (μM) frente a Chicama, realizada durante el 11 de abril de 2017.

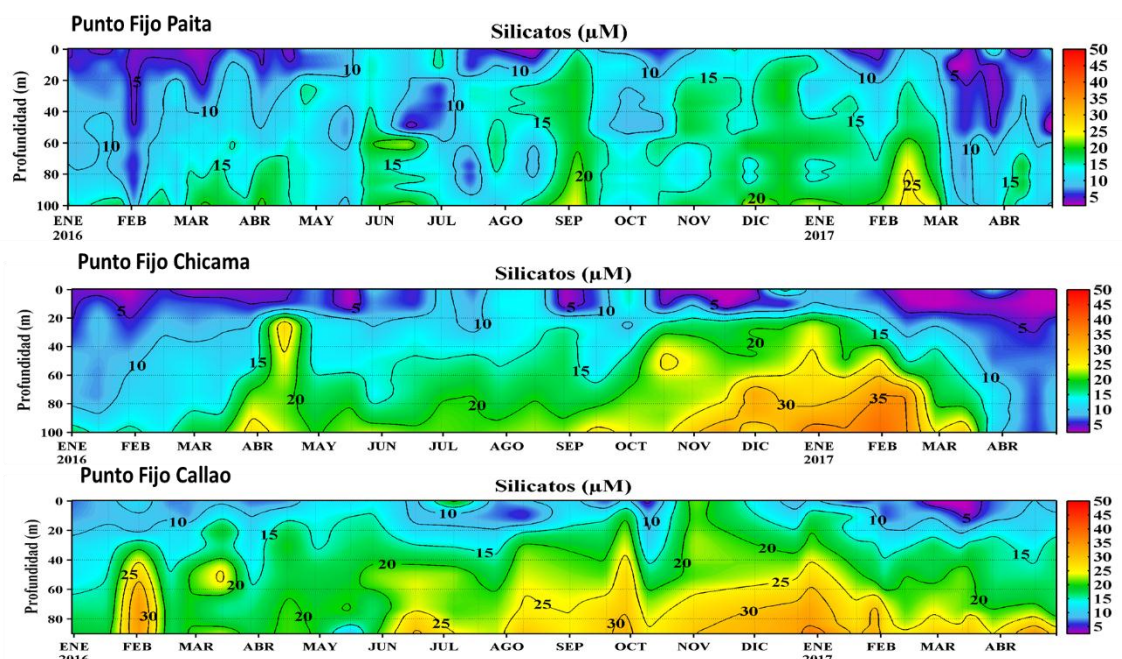


Figura 3.2.5.9. Distribución vertical de: a) silicatos (μM), en los Puntos Fijos de Paita, Chicama y Callao, desde enero 2016 hasta abril 2017.

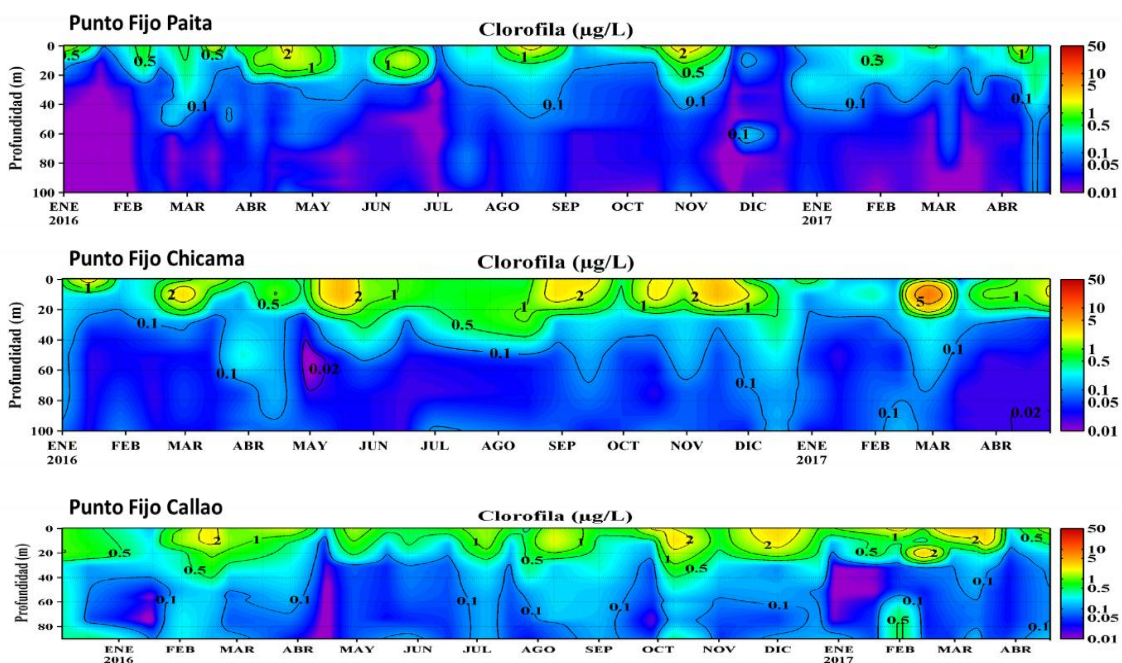


Figura 3.2.5.10. Distribución vertical de la Clorofila ($\mu\text{g/L}$) en los Puntos Fijos de Paita, Chicama y Callao, desde enero 2016 hasta abril 2017.

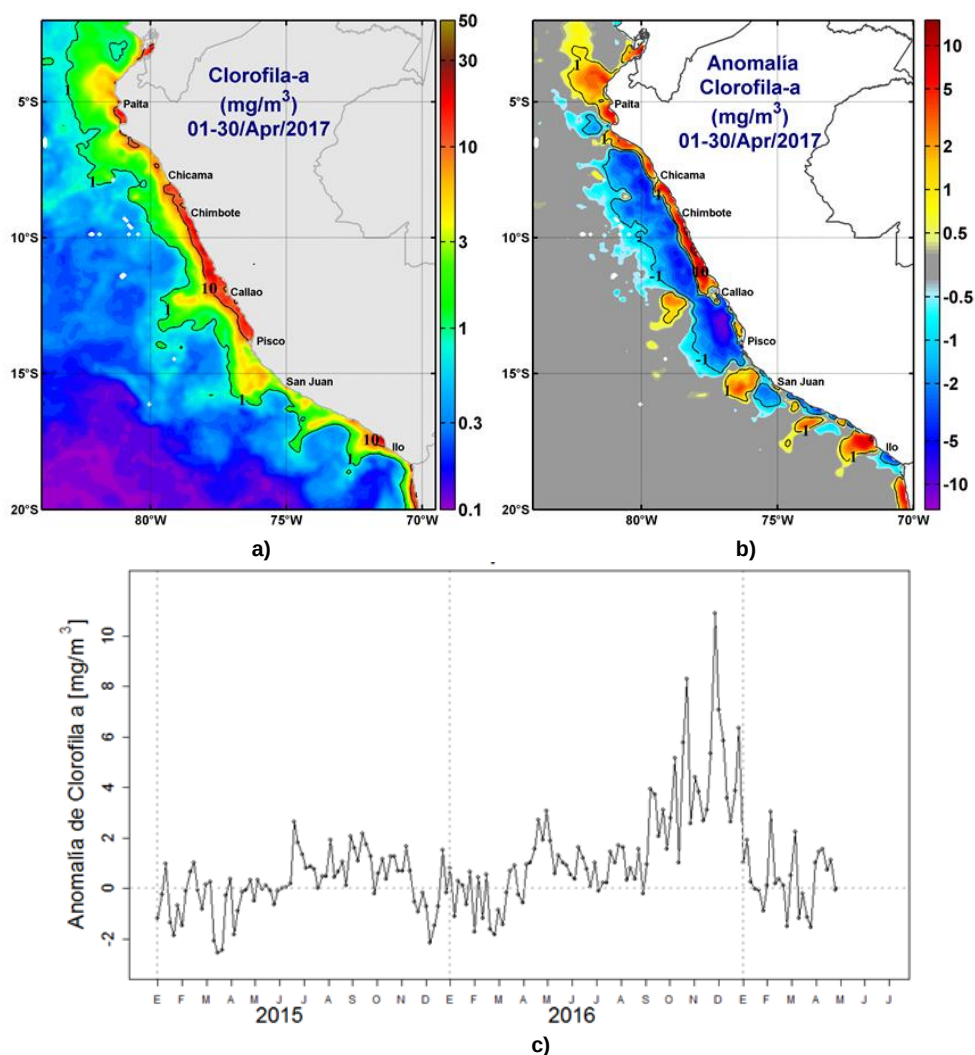


Figura 3.2.6.1. Clorofila satelital promedio para el mes de octubre (a) y noviembre (b) del satélite MODIS frente a Perú. Mapa de anomalía promedio mensual de clorofila-a satelital proveniente del satélite MODIS (c). Además, la serie de tiempo de anomalías de clorofila superficial satelital promedio (entre los 4°S-16°S y de 0 a 100km de la costa) provenientes del satélite MODIS entre enero del 2014 a diciembre del 2016 (c).

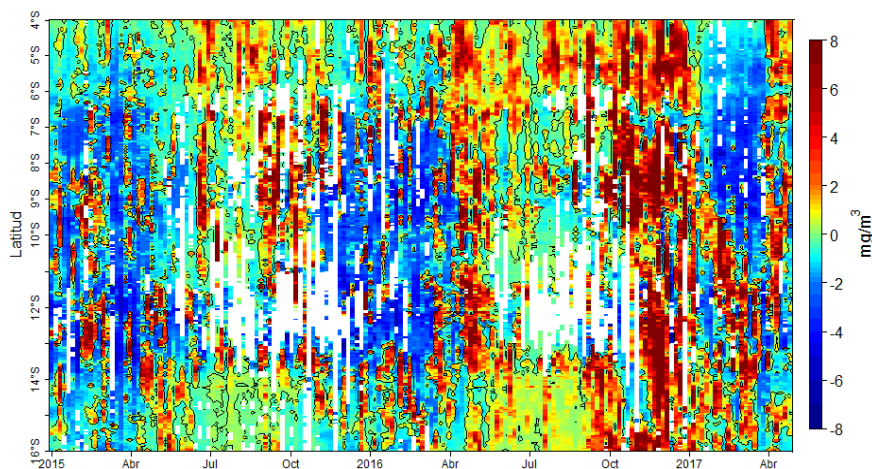
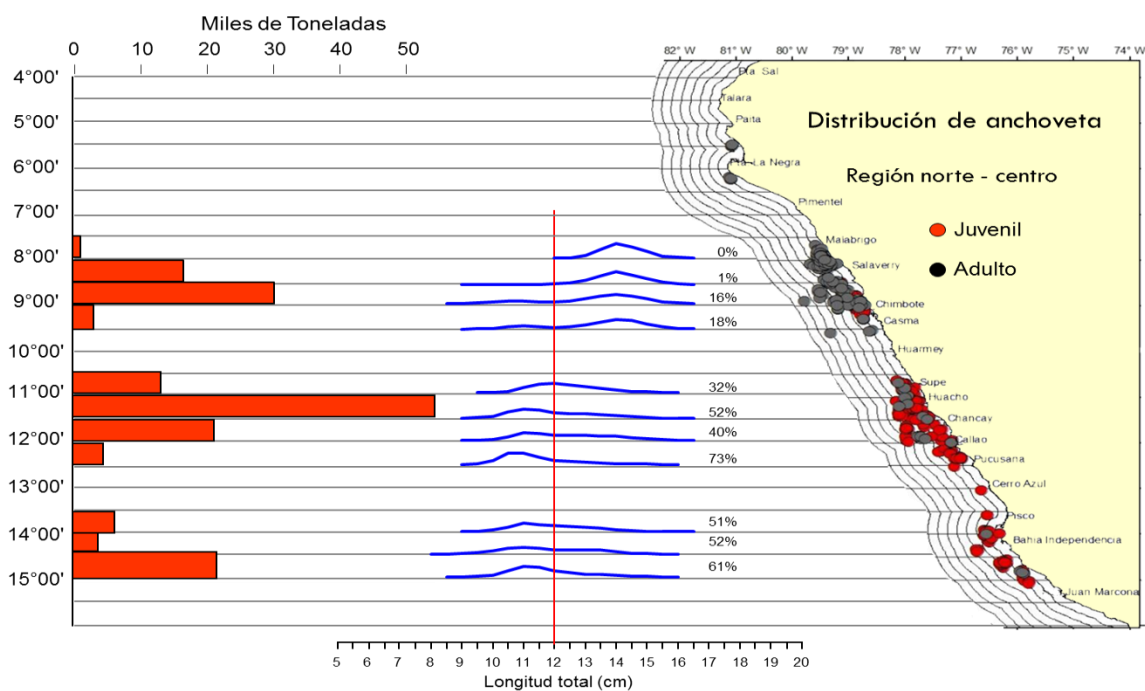
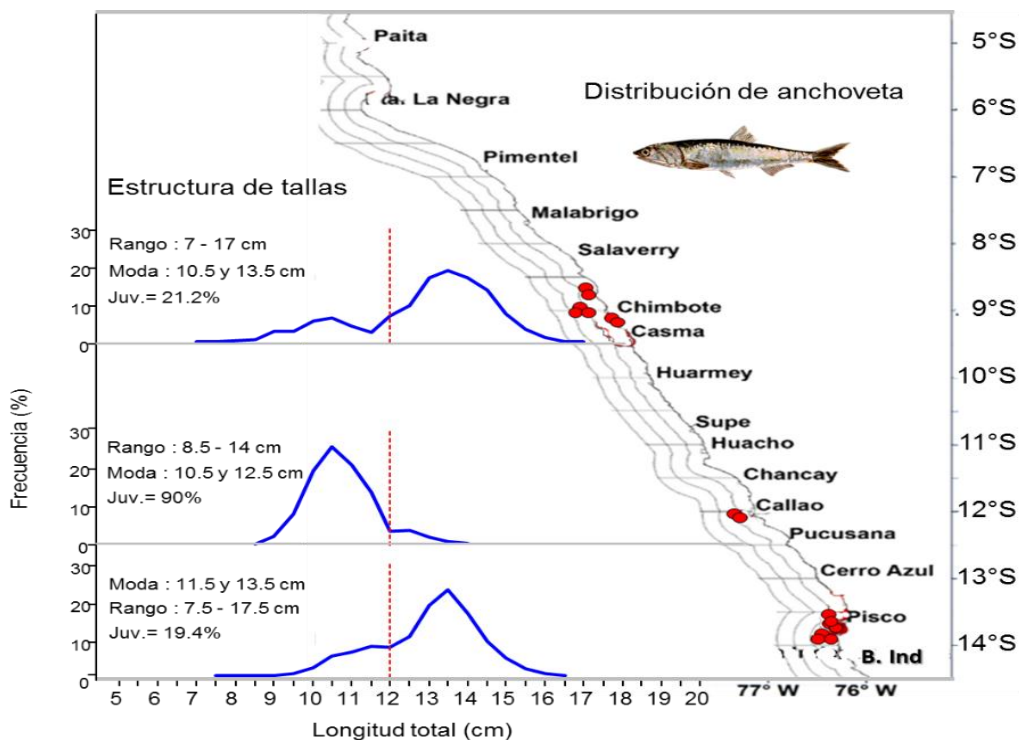


Figura 3.2.6.2. Anomalía promedio de clorofila-a superficial (mg/m3) cada 5 días del satélite MODIS dentro de los 100 km a la costa desde enero del 2015 hasta el 30 de abril del 2017.



(a)



(b)

Figura 3.2.7.1. Captura, estructura de tallas y distribución de anchoveta en la región norte – centro correspondiente a la pesca de mayor escala (a) y menor escala (b) durante la Primera Temporada de Pesca 2017. Abril. Fuente: AFIRNP.

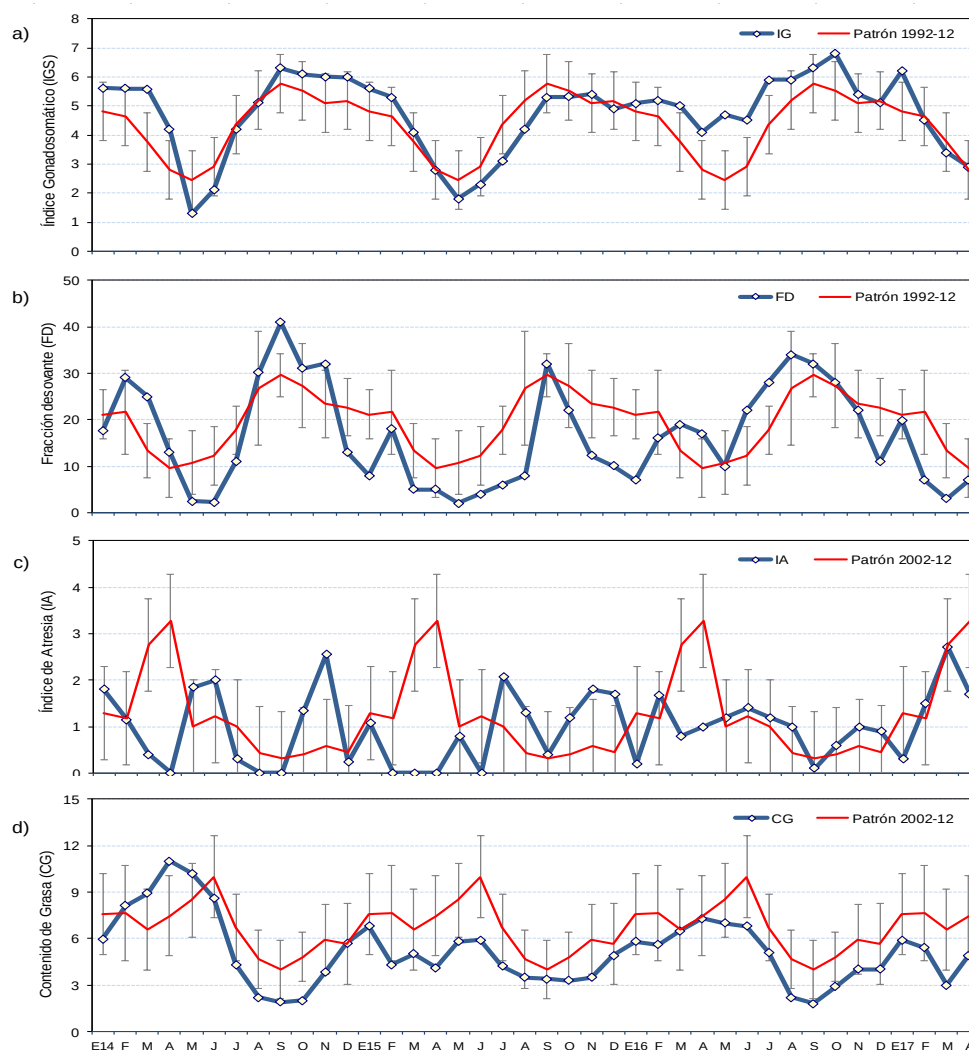


Figura 3.2.7.2. Indicadores reproductivos, a) Índice Gonadosomático (IGS), b) Fracción Desovante (FD), c) Índice de atresia y d) Contenido Graso del stock norte – centro de anchoveta. Serie mensual: Enero 2015 – Abril 2017. Fuente: LBR/IMARPE.

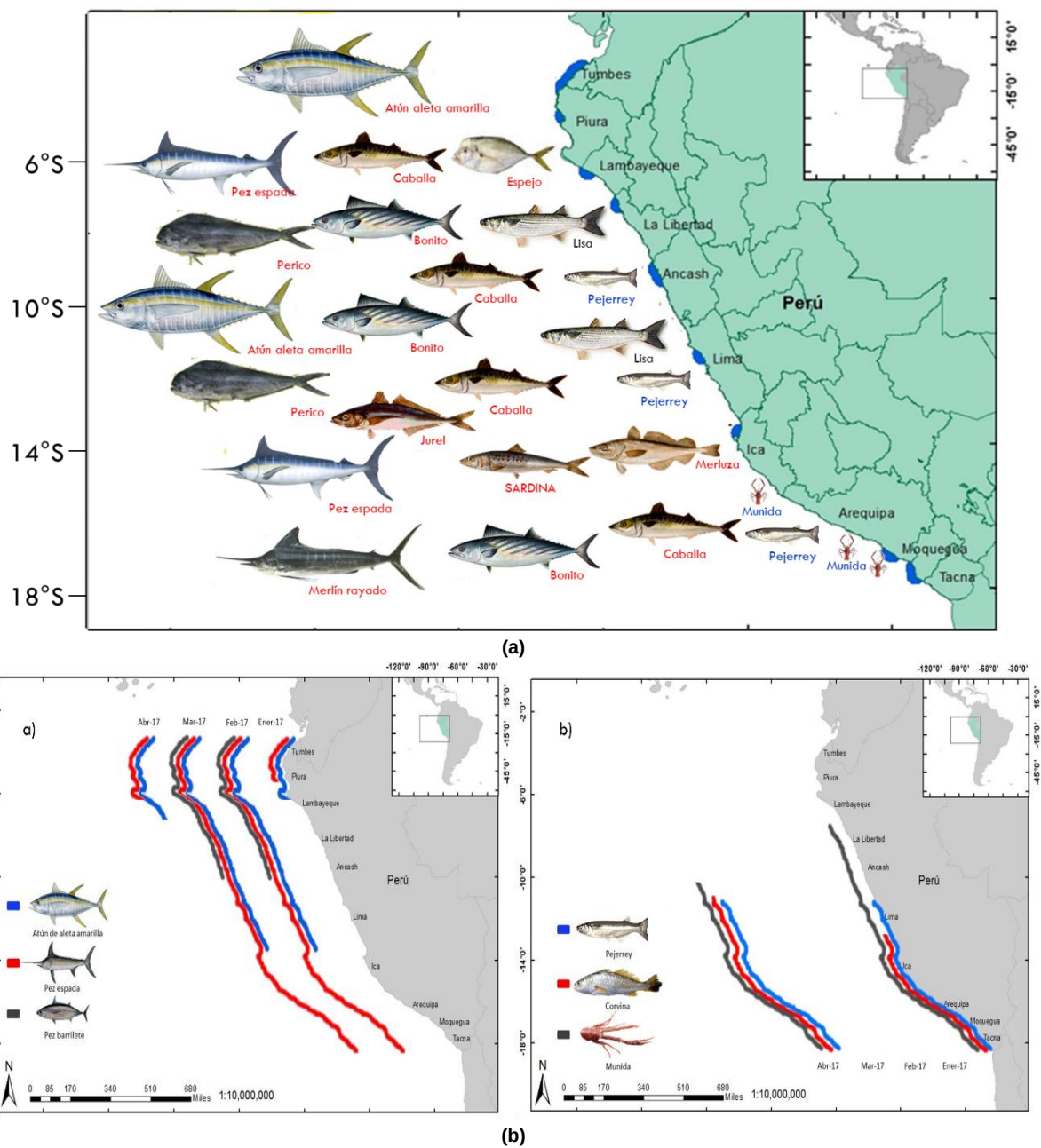


Figura 3.2.7.3. Cambios mensuales en la distribución latitudinal de especie indicadoras de aguas cálidas (oceánicas, color rojo) y frías (costeras, azul) durante enero – abril 2017 y distribución de especie indicadoras de aguas cálidas (rojo) y frías (azul) durante abril 2017. Fuente: AFIB, Bitácoras de Pesca/AFDPERP y Seguimiento de las pesquerías (AFIRNP y AFIPDBL).

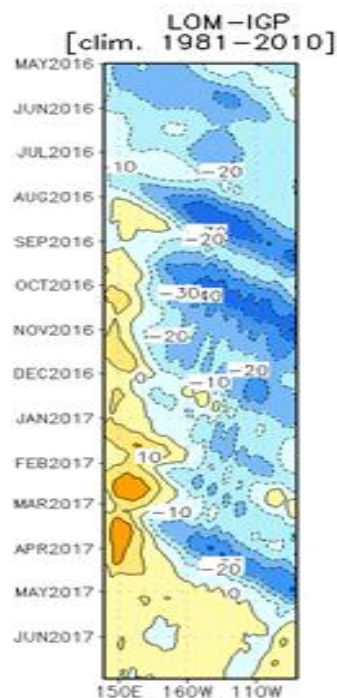


Figura 4.2.1 Diagrama Hovmöller longitud-tiempo mostrando las simulaciones de las ondas Kelvin en el Océano Pacífico ecuatorial. Modelo oceánico lineal (LOM-IGP, suma de componentes Kelvin y Rossby).

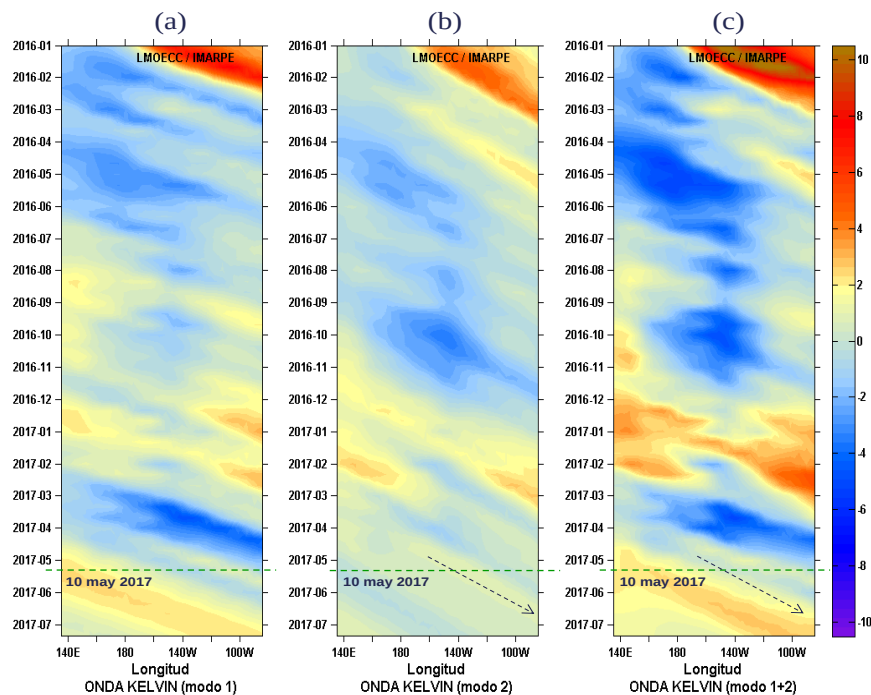


Figura 4.2.2 Diagrama Hovmöller longitud-tiempo mostrando las simulaciones de las ondas Kelvin en el Océano Pacífico Ecuatorial. Modelo oceánico de complejidad intermedia: (a) Modo 1, (b) Modo 2 y (c) Modos 1+2 en cm. La línea discontinua horizontal, en verde, indica el inicio del pronóstico.

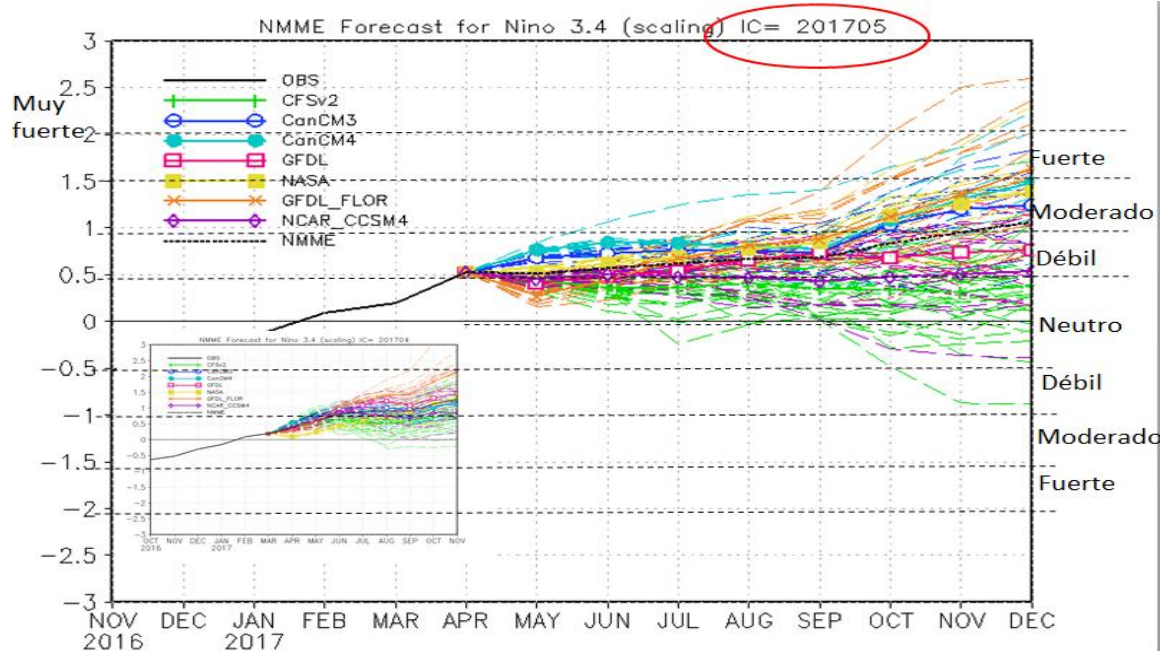


Figura 4.2.3. Índice Niño 3.4 mensual observado y pronosticado por los modelos de NMME.
Fuente: CPC/NCEP/NOAA.

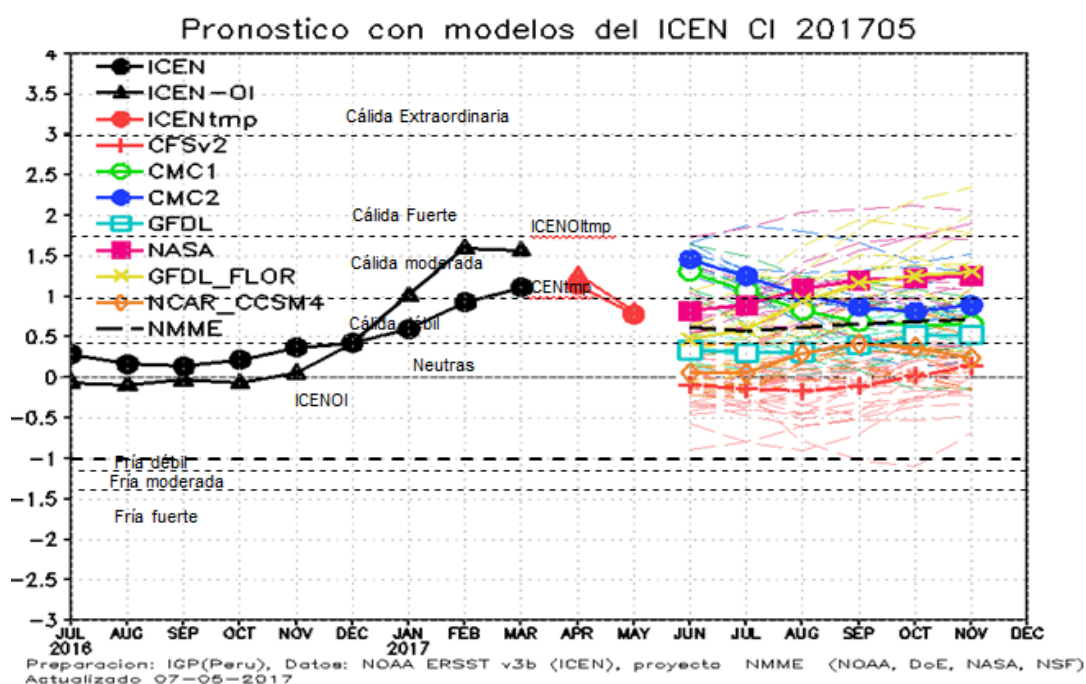


Figura 4.2.4. Índice Costero El Niño (ICEN, negro con círculos llenos) y su valor temporal (ICENtmp, rojo con círculo lleno). Además, pronósticos numéricos del ICEN (media móvil de 3 meses de las anomalías pronosticadas de TSM en Niño 1+2) por diferentes modelos climáticos. Los pronósticos de los modelos CFSv2, CMC1, CMC2, GFDL, NASA, GFDL_FLOR y NCAR_CCSM4 tienen como condición inicial el mes de mayo de 2017.
(Fuente: IGP, NOAA, proyecto NMME).

8. TABLAS

Tabla 3.2.3.1 Volumen de agua almacenado en los reservorios principales para el mes de abril 2017. Fuente ANA.

Zona	Reservorio	Fecha Reporte	Departamento de Influencia	Capacidad Hidráulica (hm ³)		Capacidad Hidráulica Almacenada (%)
				Útil	Almacenada	
Costa - Norte	Poechos	08-may	Piura	396.1	321.8	81.2
	San Lorenzo	08-may	Piura	193.0	195.6	100.0
	Tinajones	08-may	Lambayeque	319.0	331.6	100.0
	Gallito Ciego	08-may	La Libertad	366.0	366.6	100.0
Costa - Centro	Viconga	07-may	Lima	30.0	27.4	91.4
Costa - Sur	Choclococha	07-may	Ica	131.1	131.1	100.0
	Condorama	08-may	Arequipa	259.0	259.7	100.0
	El Pañe	08-may	Arequipa	99.6	91.7	92.0
	Dique Los Españoles	08-may	Arequipa	9.1	4.7	51.6
	Pillones	08-may	Arequipa	78.5	80.3	100.0
	El Frayle	08-may	Arequipa	127.2	130.6	100.0
	Aguada Blanca	08-may	Arequipa	30.4	19.7	64.6
	Chalhuanca	08-may	Arequipa	25.0	21.3	85.3
	Bamputañe	08-may	Arequipa	40.0	38.9	97.3
	Pasto Grande	08-may	Moquegua	175.0	88.9	50.8
	Paucarani	24-abr	Tacna	10.5	6.3	59.6
	Laguna Aricota	08-may	Tacna	260.0	195.4	75.2
	Jarumas	17-abr	Tacna	12.5	12.6	100.0
Sierra - Centro	Cuchoquesera	07-may	Ayacucho	60.0	80.0	100.0
Sierra - Sur	Lagunillas	08-may	Puno	500.0	466.0	93.2
	Sibinacocha	08-may	Cusco	110.0	90.2	82.0

Tabla 3.1.2.1. Valores del Oceanic Niño Index (ONI) de julio 2016 a marzo del 2017. Además el ONItmp para abril y mayo del 2017. Fuente IGP.

Valores del Oceanic Niño Index (ONI)

La Niña en el Pacífico Central duró hasta diciembre →	Mes	ONI	Categoría
	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	-0.67	Fría Débil
	01/2017	-0.42	Neutra
	02/2017	-0.12	Neutra
	03/2017	0.14	Neutra

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

Mes	<u>ONItmp</u>	Categoría
04/2017	0.38*	Neutra
05/2017	0.54**	Cálida Débil

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

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

Tabla 3.2.4.1. Valores del Índice Costero El Niño (ICEN) de abril de 2016 a diciembre de 2016. Además el ICENtmp para los meses de enero y febrero 2017. Fuente IGP.

Valores del **ICENOI**

Mes	ICENOI	Categoría
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	1.02	Cálida Moderada
02/2017	1.60	Cálida Moderada
03/2017	1.57	Cálida Moderada

Mes	ICENOItmp	Categoría
04/2017	1.27*	Cálida Moderada
05/2017	0.82**	Cálida Moderada

* Se usaron los datos de Mar y Abr (SST-OI) y May. (NMME)

** Se usaron los datos de Abr. 2017 (SST-OI), May. y Jun. 2017 (NMME)
NMME CI 2017 05

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

Estación	ATSM (°C)				ANMM (cm)			
	2017				2017			
	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.
Talara	1.0	3.0	4.3	0.0	4	8	14	10
Paita	2.4	4.6	5.7	2.3	6	11	15	10
Isla Lobos de Afuera	0.7	4.2	5.8	2.1	3	7	11	8
Salaverry	0.0	4.5	5.5	1.7	-	-	-	-
Chimbote	-0.2	2.6	4.4	1.4	1	7	11	9
Callao	0.2	1.9	2.9	1.8	-1	1	4	3
San Juan	0.5	0.6	0.9	0.6	5	3	7	6
Mollendo	-0.2	-1.3	-0.1	0.3	-	-	-	-
Matarani	-	-	-	-	1	-1	0	1
Ilo	0.1	-0.6	0	0.3	-	-	-	-

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 MAM y AMJ los meses de noviembre y diciembre son datos observados.

Modelo	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON	OND
CFS2		0.47	0.52	0.50	0.49	0.45	0.42	0.41
CMC1		0.57	0.68	0.71	0.74	0.80	0.91	1.05
CMC2		0.73	1.01	1.18	1.25	1.29	1.43	1.65
GFDL		0.50	0.64	0.81	0.93	0.87	0.75	0.62
NASA		0.59	0.78	0.96	1.13	1.26	1.40	1.49
GFDL_FLOR		0.43	0.57	0.80	0.96	1.07	1.20	1.37
NCAR_CCSM4		0.47	0.51	0.55	0.56	0.54	0.52	0.52
NMME		0.54	0.67	0.79	0.87	0.90	0.95	1.02
ONItmp	0.38							

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 MAM y AMJ los meses de diciembre y enero son datos observados.

Modelo	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON	OND
CFS2		0.44	-0.09	-0.13	-0.17	-0.10	0.02	0.15
CMC1		1.25	1.31	1.07	0.83	0.69	0.64	0.66
CMC2		1.32	1.46	1.25	1.03	0.87	0.81	0.89
GFDL		0.57	0.34	0.31	0.31	0.40	0.52	0.52
NASA		0.83	0.82	0.89	1.10	1.20	1.23	1.25
GFDL_FLOR		0.58	0.47	0.60	0.94	1.16	1.26	1.30
NCAR_CCSM4		0.36	0.06	0.06	0.30	0.42	0.37	0.24
NMME		0.76	0.62	0.58	0.62	0.66	0.69	0.72
ICENtmp	1.14							