

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



INFORME TÉCNICO ENFEN

Año 3 N°05

Mayo 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: Comisión Multisectorial encargada del Estudio Nacional del Fenómeno El Niño (Enfen)

Comisión Multisectorial Enfen

Presidente:

Vice-Alm. (r) Javier Alfonso Gaviola Tejada

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

Vice-Presidente:

Calm. 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)

Luis Alfonso Zuazo Mantilla

Jefe, Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI)

Wladimiro Giovannini Y Freire

Jefe del Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres – CENEPRED

Grupo de Trabajo Científico Técnico

Coordinador Científico Técnico: Grinia Ávalos

IMARPE: Dimitri, Gutiérrez, Marilú Bouchón, Luis Vásquez, Carlos Quispe, 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: Aquiles Carcovich, Sheyla Yauri Condo

CENEPRED: Ena Jaimes, Félix Román

Año: 3

Redacción del informe: Grupo de Trabajo Científico 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:

Comisión Multisectorial Encargada del Estudio Nacional del Fenómeno El Niño (Enfen). 2017.

Informe Técnico Enfen. Año 3, N° 05, mayo de 2017, 55 p.

El Informe Técnico Enfen de mayo 2017 y los informes previos están disponibles en la World Wide Web en las páginas electrónicas de las instituciones que conforman la Comisión. De tener inconvenientes para acceder al informe, contacte a la Secretaría Técnica Enfen a la dirección electrónica: st_enfen@imarpe.gob.pe.

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

Análisis mensual de los impactos del Niño-Oscilación del Sur en las condiciones meteorológicas, oceanográficas, biológico-pesqueras e hidrológicas en los meses de mayo de 2016 en el Perú en el contexto de las fases de variabilidad.



IMARPE
INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ



Senamhi
SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGIA
E HIDROLOGIA DEL PERU



INDECI
INSTITUTO NACIONAL DE DEFENSA CIVIL

ANA
Autoridad Nacional del Agua

CENEPRED
Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riego de Desastres

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.

A partir de mayo del 2017 se recompone el Comité y adquiere la denominación de Comisión Multisectorial encargada del Estudio Nacional del Fenómeno El Niño y está conformada por el Instituto del Mar del Perú IMARPE (Preside la Comisión), el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI), la Dirección de Hidrografía y Navegación (DHN), el Instituto Geofísico del Perú (IGP), la Autoridad Nacional del Agua (ANA), el Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI) Centro Nacional de Estimación, Prevención y de Reducción del Riesgo de Desastres (CENEPRED).

Las capacidades observacionales (meteorológica, oceanográfica, biológico-pesquera e hidrológica), de infraestructura, analíticas y de gestión se vienen fortaleciendo ahora con la participación de algunas instituciones de la Comisión Enfen en el Programa Presupuestal por Resultados N° 068 “Reducción de vulnerabilidad y atención de emergencias por desastres”. 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

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

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

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

RESUMEN	6
1. INTRODUCCIÓN	7
2. MATERIALES Y MÉTODOS	7
2.1. VARIABLES	7
2.2. ÍNDICES	7
2.3. MODELOS DE PRONÓSTICO	9
3. CONDICIONES OBSERVADAS EN MARZO	9
3.1. CONDICIONES A MACROESCALA	9
3.1.1. Circulación atmosférica y temperatura superficial en el Pacífico Ecuatorial	10
3.1.2. Dinámica oceánica en el Pacífico Ecuatorial	10
3.2. CONDICIONES A ESCALA REGIONAL	10
3.2.1. Circulación atmosférica en el Pacífico Sudoriental	10
3.2.2. Temperatura del aire	12
3.2.3. Precipitaciones e hidrología en la vertiente del Pacífico	12
3.2.4. Temperatura superficial del mar y nivel medio del mar en la Región Niño 1+2 y en la costa peruana	12
3.2.5. Condiciones oceanográficas subsuperficiales frente al litoral peruano	13
3.2.6. Nutrientes y Productividad en la costa peruana	15
3.2.7. Recursos pesqueros e indicadores biológicos	16
4. PRONÓSTICO	17
4.1. A CORTO PLAZO (SEMANAS)	17
4.2. A MEDIANO PLAZO (HASTA 3 MESES)	17
4.3. A LARGO PLAZO (MÁS DE 3 MESES)	17
5. CONCLUSIONES	18
6. REFERENCIAS	18
7. FIGURAS	20
8. TABLAS	51

RESUMEN

La Comisión encargada del Estudio Nacional del Fenómeno El Niño (ENFEN) se reunió para analizar y actualizar la información de las condiciones meteorológicas, oceanográficas, biológico-pesqueras e hidrológicas correspondientes al mes de mayo 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, manteniéndose cerca al umbral de $+0,5^{\circ}\text{C}$ correspondiente a condiciones cálidas débiles. 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, alcanzando valores normales. El valor del Índice Costero El Niño (ICEN) para abril fue $+1,24^{\circ}\text{C}$ (condición cálida débil) y el valor estimado del ICEN para mayo (ICEN_{tmp}) correspondió a una condición neutral.

La actividad convectiva se vio ligeramente reducida por la subsidencia anómala persistente en el Pacífico Ecuatorial. Se mantiene la anomalía positiva de la profundidad de la termoclina en el extremo oriental como consecuencia del inicio de la llegada de la onda Kelvin cálida.

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 del sureste continuaran anómalamente intensos, apoyando el repliegue estacional de la Zona de Convergencia del Pacífico Sur (ZCIT) hacia al norte de su posición climática, no identificándose alguna actividad de la banda secundaria. Si bien la ZCIT se mantuvo alejada, lluvias episódicas y de menor intensidad se registraron sobre las cuencas media y alta de Piura y Tumbes. Los caudales de los ríos de la costa del país han presentado una tendencia decreciente propia de la temporada seca; sin embargo, aún se mantienen por encima de los promedios históricos. Las temperaturas del aire (diurnas y nocturnas) mostraron un aumento con respecto al mes anterior, principalmente en la costa central.

De otro lado, a lo largo del litoral peruano las ATSMs mantuvieron valores positivos con una tendencia a la normalización a fin de mes. En promedio mensual, la TSM presentó una reducción de sus valores respecto al mes anterior, con un valor de $+0,8^{\circ}\text{C}$ respecto de la costa norte y centro. Los valores absolutos de la TSM variaron entre $17,1^{\circ}\text{C}$ (Ilo) y $27,9^{\circ}\text{C}$ (Tumbes). Fuera del litoral, aguas más cálidas que lo normal se presentaron fuera de la costa norte-centro, con anomalías de hasta $+2^{\circ}\text{C}$, las que fueron ampliando su cobertura hacia la costa y hacia el sur durante la primera quincena, disipándose paulatinamente hacia fines de mes. Las secciones oceanográficas de Paita y Chicama mostraron tendencia a la normalización de la temperatura en la columna de agua y mayor predominancia de Aguas Subtropicales Superficiales (ASS) y Aguas Costeras Frías (ACF).

La clorofila-a mostró una disminución de sus concentraciones respecto a abril, principalmente frente a la costa central y norte, no obstante, la anchoveta amplió su cobertura espacial en esta región llegando hasta las 70 mn de costa, manteniendo una baja actividad desovante de acuerdo a su patrón histórico. Las especies transzonales y oceánicas permanecen dentro de las 50 mn a lo largo de costa.

Tomando en consideración el monitoreo y el análisis de la Comisión Multisectorial ENFEN, se concluye que el evento El Niño Costero ha finalizado en el mes de mayo y se considera más probable el desarrollo de condiciones neutras en la región Niño 1+2 en lo que resta del año.

1. INTRODUCCIÓN

El Niño Oscilación Sur (ENOS), es el proceso termodinámico océano-atmosférico 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. Las condiciones cálidas de la temperatura del mar en el Pacífico Oriental, particularmente frente a la costa norte de Perú, propician lluvias intensas dando lugar al denominado Fenómeno El Niño. Debido a los impactos en los sectores 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, la Comisión 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).

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 Observada	X																			SENAMHI	
	Precipitación Estimada										X										IGP/SENAMHI. Climatología: 2001-2014	
	Radiación de Onda Larga											X									SENAMHI/IGP	
	Presión Atmosférica												X								SENAMHI	
	Vientos												X	X							IMARPE	
														X								SENAMHI/IGP
VARIABLES OCEANOGRÁFICAS																						
Físicas	Temperatura del Mar		X				X	X						X		X					DHN	
				X		X	X							X								IMARPE
	Nivel medio del Mar						X	X						X		X	X					IGP
			X																X			DHN
	Salinidad						X													X	DHN	
Biogeoquímicas	Oxígeno y Nutrientes			X	X	X															IMARPE	
	Clorofila			X	X	X															IMARPE	
																				X	IMARPE, Climatología: 2002-2014	
Pesqueras	Desembarques índices reproductivos							X	X												IMARPE	
	Indicadores de masas de agua del plancton																				IMARPE	
	Distribución de especies incidentales							X	X	X											IMARPE	
VARIABLES HIDROLÓGICAS																						
	Caudal de ríos				X																ANA/SENAMHI	
	Capacidad Hidráulica de reservorios				X																ANA	

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 $0,5^\circ$ 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.

3. CONDICIONES OBSERVADAS EN EL MES DE MAYO

3.1 CONDICIONES A MACROESCALA

3.1.1 Circulación atmosférica y temperatura superficial en el Pacífico Ecuatorial

Durante mayo, las anomalías positivas de la TSM en el Pacífico Ecuatorial Central (Región Niño 3.4) aumentaron respecto al mes de abril, (Figura 3.1.1.2 - panel superior y Figura 3.1.1.3), manifestando condiciones entre normal a ligeramente cálidas en algunas áreas (núcleos), con un valor mensual de la región de $0,46^\circ\text{C}$ (Figura 3.1.1.1 y Figura 3.1.1.4). De otro lado, en el Pacífico Ecuatorial Oriental (Región Niño 1+2), las anomalías positivas de TSM disminuyeron su cobertura espacial, presentando núcleos fríos con un promedio mensual de $0,78^\circ\text{C}$. Asimismo, en las últimas semanas del mes se observaron anomalías dentro del rango normal. (Figura 3.1.1.1, Figura 3.1.1.2 (panel inferior) y Figura 3.1.1.3).

El Índice de Oscilación del Sur (IOS) calculado para el mes de mayo fue de +0,5 (Figura 3.1.1.5) asociado a condiciones neutras (± 7) para el Pacífico Central.

Respecto a la actividad convectiva en el Pacífico Ecuatorial, la Radiación de Onda Larga (ROL), un indicador clave del acoplamiento océano-atmósfera, continuó mostrando valores alrededor a lo normal (Figura 3.1.1.6), aunque ligeramente reducida a su patrón estacional. (Figura 3.1.1.7 y Figura 3.1.1.8).

En el Pacífico Central – Occidental ($140^{\circ}\text{E} - 160^{\circ}\text{W}$), el flujo de vientos alisios se mantuvo sobre su patrón normal mensual (Figura 3.1.1.11 b). La componente zonal anómala del viento en niveles bajos de la tropósfera (850 hPa) y el esfuerzo de viento sobre la superficie marina mostró pulsos del Este predominantes hacia la quincena del mes (Figuras 3.1.1.9 ay 3.1.1.10 a), mientras que a fines de mes se registraron ligeras anomalías de Oeste. Por otro lado, hacia el Pacífico Ecuatorial Oriental ($140^{\circ}\text{W} - 80^{\circ}\text{W}$), se detectó ligeras anomalías del oeste en tropósfera baja (Figura 3.1.1.9 a y Figura 3.1.1.11 b), mientras que en el resto del Pacífico Ecuatorial predominaron condiciones normales, observándose ligeros pulsos del este para fin de mes (Figuras 3.1.1.10 a).

En niveles altos (200 hPa), sobre el Pacífico Ecuatorial Oriental y la región central de Perú predominaron anomalías del este en el promedio mensual (Figura 3.1.1.11.a).

Las secciones verticales a lo largo de la franja ecuatorial mostraron la persistencia de la subsidencia anómala sobre el Pacífico Ecuatorial Central – Oriental con una amplitud vertical atmosférica reducida desde el mes de marzo. En mayo, se observó una ligera intensificación de la subsidencia (ascensos) entre $180^{\circ} - 140^{\circ}\text{W}$ ($90^{\circ}\text{W} - 60^{\circ}\text{W}$) respecto de abril. (Figura 3.1.1.12).

3.1.2 Dinámica oceánica en el Pacífico Ecuatorial

De acuerdo a la información de ARGO+TAO (Figura 3.1.1.9 c y Figura 3.1.1.10 b), se mantuvo la anomalía positiva de la profundidad de la termoclina en el extremo oriental como consecuencia del inicio de la llegada de la onda Kelvin cálida (Comunicado Oficial ENFEN N° 10- 2017). Por otro lado, se observó la presencia de una onda Kelvin fría en el Pacífico Central localizada aproximadamente entre 170°E y 140°W la cual, según los modelos lineales (Figura 3.1.1.10 c), se habría formado por anomalías de viento del este localizadas al oeste de 180° , en la quincena de mayo.

En cuanto a la temperatura sub-superficial, dentro de la capa de los 100 m de profundidad se observó el incremento de la intensidad y cobertura del núcleo cálido en el extremo oriental, mostrando anomalías de hasta $+3^{\circ}\text{C}$ a finales del mes. Por otro lado, en la región central y a 150 m de profundidad, fue formándose un núcleo de anomalías negativas con un valor de -3°C (Figura 3.1.2.1). Los niveles de mar en la franja ecuatorial mostraron fluctuaciones de anomalías positivas y negativas, pero dentro de sus valores normales.

El contenido de calor oceánico ecuatorial, así como la inclinación de la termoclina continuaron presentándose alrededor de lo normal en el mes (Figura 3.1.2.2). Además, la señal de la onda Kelvin fría en la profundidad de la termoclina se vio intensificada como consecuencia de una aparente interferencia constructiva con una onda Rossby fría, que se observó desde octubre del año 2016. Los modelos lineales indicaron la presencia de otra onda Kelvin fría muy débil en la zona oriental, como consecuencia de las anomalías de viento del este a fines del mes, localizadas alrededor de 120°W (Figura 3.1.1.10.d).

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 0,41 °C en abril de 2017 indicando una condición neutra para el Pacífico Central. El valor estimado del ONI, combinando observaciones y pronósticos, indicaron condiciones cálidas débiles y neutras para los meses mayo y junio de 2017.

3.2 CONDICIONES A ESCALA REGIONAL

3.2.1 Circulación atmosférica en el Pacífico Suroriental

El Anticiclón del Pacífico Sur (APS) estuvo más intenso respecto a su promedio climático con una anomalía media de +7 hPa en su núcleo; presentó una configuración zonal y ligeramente desplazado hacia el oeste de su posición habitual. Asimismo, el campo de presiones frente a la costa peruana, presentó en promedio condiciones normales (Figura 3.2.1.1).

Frente al litoral peruano, el esfuerzo de viento de componente sureste se mantuvo anómalamente intenso (Figura 3.2.1.2.b) apoyando en el repliegue norte de la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT), entre 105°W – 90°W, y a la recuperación del flujo de vientos alisios sobre el flanco oriental del Pacífico Ecuatorial (Figura 3.2.1.2.a y c). La inactividad de la banda secundaria de la ZCIT fue más evidente desde abril (Figura 3.2.1.2.d). La dirección del viento costero (a 40 Km del litoral) presentó un comportamiento normal para la temporada: al norte de los 5°S predominaron vientos de dirección Sur Suroeste (SSW) y Suroeste (SW); entre los 5°S y 15°S predominaron vientos del Sureste (SE), mientras que al sur de los 15°S se presentaron vientos de dirección Sur Sureste (SSE). La velocidad del viento en esta franja varió entre 3,0 y 7,0 m/s en promedio, aunque vientos más intensos (> 7,0 m/s) se registraron entre los 4° y 5°S y entre los 14° y 16°S (Figura 3.2.1.3.a). En la primera quincena del mes predominaron ligeras anomalías negativas (< -1,0 m/s) en gran parte de la costa; mientras que en la segunda quincena se registraron anomalías positivas (>+1,5 m/s), principalmente al sur de los 14°S (Figura 3.2.1.3.b).

El afloramiento costero fue persistente a lo largo de la costa en la mayor parte del mes. El índice de Afloramiento Costero (IAC) varió entre 100 y 400 m³/s/100m, presentándose los valores más altos frente a Paita (>400 m³/s/100m), Chimbote (>200 m³/s/100m) y Pisco (>200 m³/s/100m) (Figura 3.2.1.4).

3.2.2 Temperaturas del aire

Las anomalías de las temperaturas extremas del aire a lo largo de la costa peruana aumentaron con respecto al mes anterior, principalmente en la región central. En promedio, la temperatura máxima (mínima) alcanzó hasta +1,2°C (1,3°C) en la costa norte, +2,2°C (+3,1°C) en el centro y +1,6°C (+1,7°C) en el sur. De los valores diarios, la temperatura máxima (Figura 3.2.2.1.a) alcanzó hasta +3,5°C en la estación Huarmey (Ancash). Asimismo, destacan los reportes de anomalías de +2,4°C en la estación Trujillo (La Libertad), +2,3°C en la estación Campo de Marte (Lima) y +2,0°C en la estación Ite (Tacna). La temperatura mínima (Figura 3.2.2.1.b) registró el valor más alto reportado en la estación Huarmey (Ancash) con +4,2°C, seguido de la estación Fonagro (Ica) con +3,2°C. En tanto, las estaciones Alcantarilla y Campo de Marte (Lima), también superaron sus valores normales en +2,5°C.

3.2.3 Precipitaciones e hidrología en la vertiente del Pacífico

Durante el mes de mayo, sobre el continente sudamericano, la divergencia observada sobre la posición de la ZCIT influyó en el desplazamiento anómalo del Alta de Bolivia en niveles altos de la tropósfera (Figura 3.1.1.11). Este patrón atmosférico de altura sumado a la humedad presente en la vertiente oriental y la intensificación del flujo de vientos del este de niveles bajos, por la intensificación anómala de la Alta del Atlántico Sur (AAS) frente al borde suroriental de Sudamérica (Figura 3.1.2.1.c), modularon la convección en la cuenca alta de la vertiente occidental de los Andes. Por otro lado, el paso de circulaciones extratropicales anómalas de niveles medios y altos de la tropósfera hacia la región central y sur del país influenciaron fuertemente en los máximos de lluvias de la región de los Andes centrales y sur, con anomalías de precipitación acumulada mayores al 100%, para lo que va del periodo de estiaje en esta región (Figura 3.2.3.1).

Durante mayo, los caudales de los ríos de la costa del país han presentado una tendencia decreciente propia del periodo de transición a la temporada seca; sin embargo aún se mantienen por encima de los promedios históricos. Los embalses de la costa norte y sur presentan en su mayoría reservas próximas al 100% de su capacidad hidráulica, a excepción del embalse Pasto Grande que se encuentra al 49% de su capacidad. (Figura 3.2.3.2).

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

En la región Niño 1+2 y frente a la costa norte del Perú la anomalía de la TSM (ATSM) disminuyó gradualmente durante el mes; el promedio semanal de toda la región Niño 1+2 alcanzó un valor máximo de +1,1°C en la tercera semana del mes, para descender a +0,2°C en la última semana (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 positiva en promedio, mostrando anomalías máximas cercanas a +1,5°C, +2,0°C y +0,5°C según los productos de MW, OSTIA, e IR (Figura 3.1.1.2.b), respectivamente.

El valor del ICEN para abril fue +1,24 (condición cálida moderada) 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, según la tendencia descrita del ICEN El Niño Costero habría concluido en mayo (Figura 3.2.4.1).

Frente al litoral peruano, aguas más cálidas que lo normal se presentaron fuera de la costa norte-centro del Perú, con anomalías de hasta +2°C, las que fueron ampliando su cobertura hacia la costa y hacia el sur durante la primera quincena, disipándose paulatinamente hacia fines de mes (Figura 3.2.4.2). En la zona costera dentro de las 60 mn se observó un comportamiento similar, pasándose desde valores en el rango neutro a inicios de mes a anomalías positivas en la quincena, para luego regresar a una condición neutra en promedio en la segunda quincena.

En el litoral peruano las ATSM se mantuvieron con anomalías positivas durante mayo, obteniendo en promedio del mes anomalías de +0,7°C hasta +1,4°C. Solo las estaciones de Talara y la Isla Lobos presentaron en promedio del mes condiciones normales. Asimismo, cabe resaltar que a finales del mes las temperaturas muestran una tendencia hacia la normalización (Tabla 3.2.4.2 y Figura 3.2.4.3.a). En tanto, respecto de la mayoría de laboratorios costeros del IMARPE (a excepción de Ilo), la TSM presentó una reducción de sus valores mensuales respecto al mes anterior, variando entre 17,1°C (Ilo) a 27,9°C (Tumbes). La anomalía promedio de la TSM registrada en los laboratorios costeros alcanzó +0,6°C, variando entre -0,5°C (Huanchaco) a +1,1°C (Chicama). (Figura 3.2.4.2.b y Figura 3.2.4.3.b).

La anomalía del Nivel Medio del Mar (ANMM) mostró en la segunda y cuarta semana elevaciones del nivel del mar hasta +10 cm. En promedio del mes las anomalías se encontraron dentro de su niveles normales, a excepción de Talara y Paita que presentaron en promedio +8 cm sobre su normal (Tabla 3.2.4.2 y Figura 3.2.4.4 a). Por otro lado, a inicios de mes, valores de ANMM se mostraron en el rango neutral al norte de Chicama, posiblemente debido al arribo de una onda Kelvin fría entre abril e inicios de mayo; sin embargo, en la segunda semana la ANMM se incrementó a valores >+5 cm que persistieron hasta fines de mes, resaltando un núcleo con valores de +10 cm alrededor de los 10°S (Figura 3.2.4.4.b).

3.2.5 Condiciones oceanográficas sub-superficiales frente al litoral peruano

En la sección Paita realizada el 19 y 20 de mayo 2017 (Figura 3.2.5.1.a y b), se observó una termoclina fuera de las 40 mn de la costa en la capa sobre los 50 metros de profundidad; en la zona costera la termoclina fue muy débil. La isoterma de 15°C se ubicó entre los 180 m y 200 m de profundidad. Anomalías positivas de temperatura predominaron sobre los 350 m, resaltando un núcleo de +2,0°C alrededor de las 60 mn. En la capa superficial (0 – 30 m), los valores de salinidad sugieren la mezcla de ASS y AES fuera de la costa, así como la influencia de aguas costeras frías (ACF) en mezcla con las mencionadas en las primeras 20 mn. Por debajo de la capa superficial se observó la influencia de ASS hasta los 100 m de profundidad, que se reflejó en anomalías halinas positivas de +0,1 ups. A más de 150 m, la salinidad presentó valores normales (Figura 3.2.51.c y d).

La zona de mínima de oxígeno (ZMO, $OD < 0,5$ mL/L) se presentó por debajo de los 200 - 250 m de profundidad (Figura 3.2.5.1.e). Por otro lado, las corrientes marinas presentaron flujos hacia el norte dentro de las 20 mn con velocidades geostroficas de hasta 15 cm/s, mientras que entre las 20 y 80 mn los flujos fueron hacia el sur con velocidades geostroficas de hasta 20 cm/s, asociados a la Corriente Subsuperficial Peruano-Chilena (CSSPCh), con el núcleo principal alcanzando los 250 m de profundidad a 70 mn de la costa (Figura 3.2.5.1.f).

La sección Chicama realizada el 17 y 18 de mayo 2017 (Figura 3.2.5.2.a y b), presentó temperaturas entre 20 y 24°C localizadas sobre los 50 m por fuera de las 60 mn, generando anomalías de hasta +4°C. Dentro de las 50 mn, las temperaturas fueron menores a 20°C asociadas a una anomalía de +1°C en promedio. Se observó que el hundimiento de las isotermas menores a 17°C hacia la costa, contribuyó a la presencia de anomalías de hasta +2°C sobre la plataforma continental. Respecto a la salinidad (Figura 3.2.5.2.c y d), se observó el predominio de aguas de mezcla sobre los 40 m de profundidad. Por fuera de las 60 mn la mezcla corresponde a ASS y de remanentes de AES, mientras que en la zona costera la mezcla sería entre las ASS y las ACF. Por debajo de los 50 m fue más notoria la presencia de las ASS alcanzando su influencia hasta la costa. Se presentó una débil oxiclina sobre los 50 m desapareciendo en la zona costera; el borde superior de la ZMO se ubicó entre los 50 m de profundidad a 100 mn de la costa y los 200 m de profundidad cerca de la plataforma continental (Figura 3.2.5.2.e). Las corrientes marinas presentaron flujos hacia el norte dentro de las 20 mn con velocidades geostroficas mayores a 20 cm/s, asociados a la corriente costera peruana (CCP), mientras por fuera de las 40 mn se detectaron flujos hacia el sur con velocidades geostroficas de hasta 40 cm/s asociados a la CSSPCh (Figura 3.2.5.2.f).

El monitoreo quincenal que se realiza en estaciones fijas en cuatro zonas del mar peruano registró durante el mes de mayo una tendencia a la normalización de las condiciones oceanográficas en la columna de agua aunque con presencia de aguas de mezcla (AM) en Paita y Chicama. Los últimos monitoreos se realizaron el 23 de mayo (Callao) y el 29 de mayo (Paita, Chicama, Ilo).

Se registró el ascenso de las isotermas en Paita (fuera de las 7 mn), Chicama (fuera de las 10 mn) y Callao (fuera de las 8 mn), especialmente en la segunda quincena del mes. A fines de mayo, valores de 18°C, 19°C y 17°C caracterizaron la zona superficial en Paita, Chicama y Callao, respectivamente. Por su parte, en Ilo no se observó cambios importantes en la profundidad de las isotermas, persistiendo valores entre 18°C y 17°C en las capas más someras (Figura 3.2.5.3). El ascenso de las isotermas en Paita se tradujo en una disipación de las anomalías cálidas en la columna de agua hasta los 100 m de profundidad al finalizar el mes, tendencia también observada en la zona ecuatorial entre los 100°W y 90°W desde la quincena, según datos registrados por las boyas Argo (Figura 3.2.5.5).

En específico, frente a Paita, la Boya Argo ubicada en promedio a 90 mn, la continuidad del enfriamiento en los primeros 40 m bajo la superficie, de aguas de 22°C hasta aguas de 20°C con una cpa de mezcla de 25 m de profundidad y una termoclina similar respecto al mes de abril.

Así mismo, muestra a partir de la quincena la profundización de la isoterma de 16°C y 17°C alrededor de los 20 m hacia finales del mes. (Figura 3.2.5.4a). Por otro lado, La boya muestra perfiles de salinidad, evidenciando el repliegue de Aguas Ecuatoriales Superficiales (AES) para ser 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 40 metros de profundidad. Por debajo se observó la incursión de ASS entre los 60 m y 100 m de profundidad, que fueron abarcando mayor área hasta desplazar las aguas de mezcla de la superficie por ASS hasta los 100 m de profundidad. (Figura 3.2.5.4 b)

La variación de la salinidad en las estaciones fijas confirmaron los patrones descritos anteriormente, indicando en Paita y Chicama, el tránsito de condiciones de mezcla aún influenciadas por AES a condiciones de mezcla con mayor influencia de ASS y de ACF hacia fines de mes. Frente a Callao e Ilo, predominó la mezcla de ASS y de ACF. (Figura 3.2.5.6).

En las estaciones costeras fijas de Paita y Chicama no se visualizó el borde superior de la ZMO. La columna se encontró relativamente oxigenada. En la superficie se apreció concentraciones de oxígeno de 3,0 a 4,0 mL/L de Callao a Paita. En la estación fija Callao el borde superior de la ZMO se ubicó a 20 m de profundidad, aunque la iso-oxígena de 0,1 mL/L continuó profundizada a más de 100 m desde abril (Figura 3.2.5.7).

3.2.6 Nutrientes y Productividad en la costa peruana

3.2.6.1. Silicatos

La distribución de nutrientes en la sección Paita mostró la recuperación parcial de las concentraciones asociadas a la fertilidad sobre la capa de mezcla. El afloramiento costero se evidenció dentro de las 60 mn de costa con fosfatos de 1,5 a 2,0 μM , 5,0 a 10,0 μM para silicatos y 10,0 a 15,0 μM de nitratos. En el nivel de los 75 m se evidenciaron los procesos relacionados al ciclo del nitrógeno con un incremento de los nitritos (Figura 3.2.5.8).

En la sección Chicama se registró bajas concentraciones de nutrientes, asociadas a aguas cálidas, sobre la capa de los 40 m en toda la sección y especialmente fuera de las 60 mn. Por debajo de los 50 m, se encontraron valores propios de las aguas que nutren el afloramiento: 2,0 μM de fosfatos, de 10,0 a 15,0 μM de silicatos y 10,0 a 20,0 μM de nitratos (Figura 3.2.5.9).

En la estación fija de Paita se aprecia la reducción de las concentraciones de silicatos en la capa de mezcla (< 30 m) entre el verano e inicios de otoño, asociada al efecto de El Niño Costero. La reducción de las concentraciones fue mayor en marzo y abril y se extendió hasta los 100 m, mientras que en mayo se detectó una recuperación parcial de las concentraciones (Figura 3.2.5.10).

3.2.6.2. Clorofila – a

Usando información del satélite MODIS a una resolución espacial de 9 km, se obtuvo la distribución superficial de clorofila-a para mayo 2017, donde se observó una disminución de los valores de clorofila frente a las costas del Perú en comparación al mes anterior, lo cual es conforme a la estacionalidad de la productividad primaria. Algunos núcleos resaltantes de alta productividad frente a la costa peruana estuvieron ubicados frente a Callao, Pisco e Ilo con valores de clorofila-a entre 5,0 a 10,0 mg.m⁻³ (Figura 3.2.6.1). La anomalía de la concentración de clorofila-a pasó de valores positivos a valores negativos entre abril y mayo para la costa centro-norte (08° – 12°S) (Figura 3.2.6.2).

3.2.7 Recursos Pesqueros e indicadores biológicos

En la región norte centro, con información de la flota industrial se registró la distribución de anchoveta en dos núcleos: el primero dentro de las 40 millas náuticas (mn) en el 6°S, entre Punta Falsa y Pimentel, el segundo, de mayor cobertura, de Chicama (7°S) y San Juan de Marcona (15°S) dentro de las 70 mn. Registrando las mayores capturas entre Salaverry (8°S) y Casma (9°S). La presencia de ejemplares juveniles se registró en los a lo largo de su distribución, con alrededor del 32% de juveniles entre Supe (10°S) y San Juan de Marcona (Figura 3.2.7.1.a). El avance de la cuota al 31 de mayo fue del 55,1%. De otro lado la flota de menor escala y artesanal dirigida a la anchoveta para el Consumo Humano Directo (CHD), registró captura frente a Chimbote (9°S) y a Pisco (13°S) con porcentaje de juveniles de 26% y 44% respectivamente (Figura 3.2.7.1.b).

En mayo, los indicadores reproductivos de la anchoveta del stock Norte - Centro, índice gonadosomático (IGS) y Fracción desovante (FD) registraron valores alrededor de sus respectivos patrones históricos, evidenciando que el recurso mantiene una baja actividad desovante. El Contenido Graso (CG) presentó tendencia al incremento, aunque sus valores aún se presentan por debajo de su patrón establecido desde el 2014. Se relacionó la ATSM mensual de la estación Chicama, observando que a mayor anomalía de la temperatura se registra la disminución de la actividad desovante del recurso (Figura 3.2.7.2).

Por otro parte, se registró que aún persisten especies indicadoras de aguas cálidas como *Sarda sarda chiliensis* “bonito”, *Katsuwonus pelamis* “barrilete” y *Xiphias gladius* “pez espada” a lo largo de la costa. Mientras que especies indicadoras de aguas frías como *Odonthesthes regia regia* “pejerrey” y *Pleurocondes monodon* “múnida” se registraron en la región sur y centro (Figura 3.2.7.3).

4. PRONÓSTICO

4.1 A corto plazo (semanas)

Los modelos lineales (Figura 3.1.1.10.c y d), así como las proyecciones teóricas de ondas largas ecuatoriales y la proyección quincenal de pronóstico del modelo GFS, se pronostica que la onda Kelvin cálida continuaría impactando la costa americana durante junio. Sin embargo, la presencia de anomalías de viento del este a fines de mayo e inicios de junio, entre 150° y 100°W, habrían forzado una onda Kelvin fría que podría disminuir la intensidad de la onda cálida.

Para el Pacífico Central (región Niño 3.4), el valor estimado del ONI (ONI_{tmp}) para el mes de junio es +0,5°C, indicando condiciones neutras, considerando los datos hasta abril de la fuente ERSST4, así como las salidas de ensamble de modelos NMME para mayo – junio 2017 (Tabla 3.1.2.1). Para el Pacífico oriental (región Niño 1+2), el valor estimado del ICEN (ICEN_{tmp}), basado en los datos hasta mayo de la fuente OISST.v2, así como las salidas del ensamble de modelos NMME para junio es de +0,3°C, indicando condiciones neutras, respectivamente (Tabla 3.2.4.1).

4.2 A mediano plazo (hasta 3 meses)

Se observa la presencia de una onda Kelvin fría (modo 1) en el Pacífico Ecuatorial Central entre aproximadamente 170°E y 140°W, la cual se habría formado por anomalías de viento del este al oeste de 180° en la quincena de mayo. La señal de esta onda se ve intensificada en la actualidad como consecuencia de una aparente onda Rossby fría; es posible que no sea tan intensa. El núcleo de la onda llegaría aproximadamente en julio, según los modelos lineales (Figura 4.2.1). Por otro lado, aun se observa la señal de una onda Kelvin cálida (modo 2), generada en abril, la cual llegaría hacia el extremo del Pacífico Ecuatorial Oriental entre junio y julio; el efecto combinado de ambos modos podría atenuar ambas ondas en su paso a la costa sudamericana (Figura 4.2.2).

Para el Pacífico Central (región Niño 3.4), para los meses de julio, agosto y setiembre, 5 de 7 modelos de NMME indican condiciones Neutras; mientras que el resto, condiciones Cálidas débiles (Figura 4.2.3 y Tabla 4.2.1). Así también, en el Pacífico Oriental (región Niño 1+2), para los meses de julio y agosto, 5 de 7 modelos de NMME indicaban condiciones Neutras, los demás cálidas débiles. Para setiembre, la mayoría de ellos muestran condiciones Neutras (Figura 4.2.4 y Tabla 4.2.2).

4.3 A largo plazo (más de 3 meses)

En general, los pronósticos de los modelos han reducido sustancialmente la probabilidad de condiciones cálidas tanto costeras (Tabla 4.2.1) como en el Pacífico Central Ecuatorial (Tabla 4.2.2), observándose un mejor escenario para condiciones neutras. En contraste con los pronósticos del mes anterior, los modelos climáticos del NMME son menos cálidos y en algunos meses indican anomalías negativas. El promedio de los modelos indica condiciones neutras hasta el mes de diciembre.

5. CONCLUSIONES

Durante el mes de mayo, las condiciones cálidas de TSM en la región Niño 1+2 y la costa peruana disminuyeron gradualmente con una tendencia a la normalización, principalmente en la región norte del litoral peruano. Y consistente con las condiciones oceanográficas, los sistemas atmosféricos continuaron mostrando patrones propios de la estacionalidad, es decir, la velocidad del viento costero se mantuvo ligeramente sobre su patrón de invierno. Los vientos costeros del sur incrementaron su intensidad en las regiones norte y sur principalmente para la segunda quincena del mes, como consecuencia del fortalecimiento del Anticiclón del Pacífico Sur (APS) y su aproximación hacia la costa oeste de Sudamérica, contribuyendo a la normalización de las anomalías positivas de la TSM. Se evidenciaron aguas de mezcla con mayor influencia de aguas subtropicales superficiales y aguas costeras frías hacia finales del mes, desde Paita hacia el sur del litoral peruano.

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°C correspondiente a condiciones cálidas.

El alejamiento paulatino de la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT) al norte de su posición climática continuó influenciado por la intensificación de los alisios del sureste y la normalización de la TSM en la región oriental del Pacífico. Sin embargo, continuaron registrándose lluvias episódicas en las cuencas altas de Tumbes y Piura. Los caudales de los ríos de la costa del país han presentado una tendencia decreciente propia de la temporada seca; sin embargo aún se mantienen por encima de los promedios históricos.

La distribución de la anchoveta a lo largo de la costa mostró una alta presencia de ejemplares juveniles y las mayores capturas se presentaron entre Salaverry (8°S) y Casma (9°S) dentro de las 70 mn. Durante el mes, persistieron especies indicadoras de aguas cálidas a lo largo de la costa; mientras que, otras indicadoras de aguas frías se registraron en la región centro y sur (ej. pejerrey).

La Comisión Multisectorial ENFEN considera más probable el desarrollo de condiciones neutras en la región Niño 1+2 en lo que resta del año y se prevé la persistencia de las condiciones neutras en el Pacífico Central hasta fin de año.

6. REFERENCIAS

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

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

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

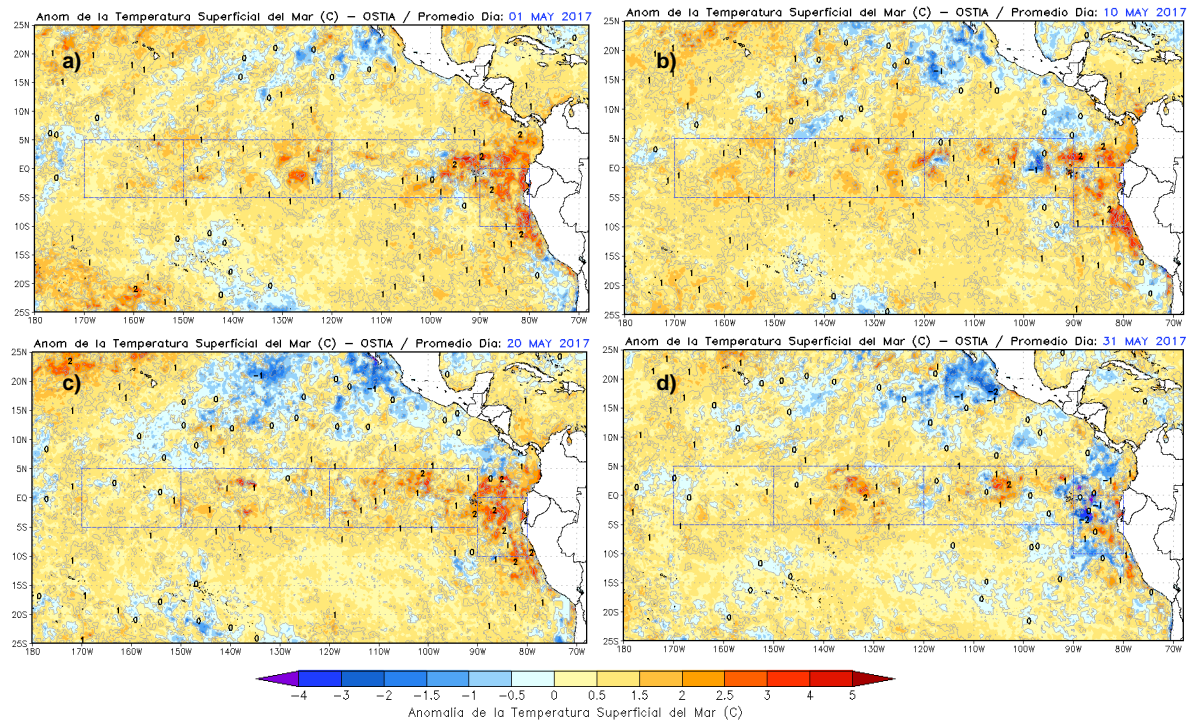


Figura 3.1.1.1. Anomalías de la temperatura superficial del mar (°C) en el océano Pacífico oriental para los días a) 01 de mayo, b) 10 de mayo, c) 20 de mayo, y d) 31 de mayo de 2017. La línea sólida en color azul indica el límite externo de las regiones Niño. Datos: NCDC/NCEP/NOAA. Procesamiento: DHN.

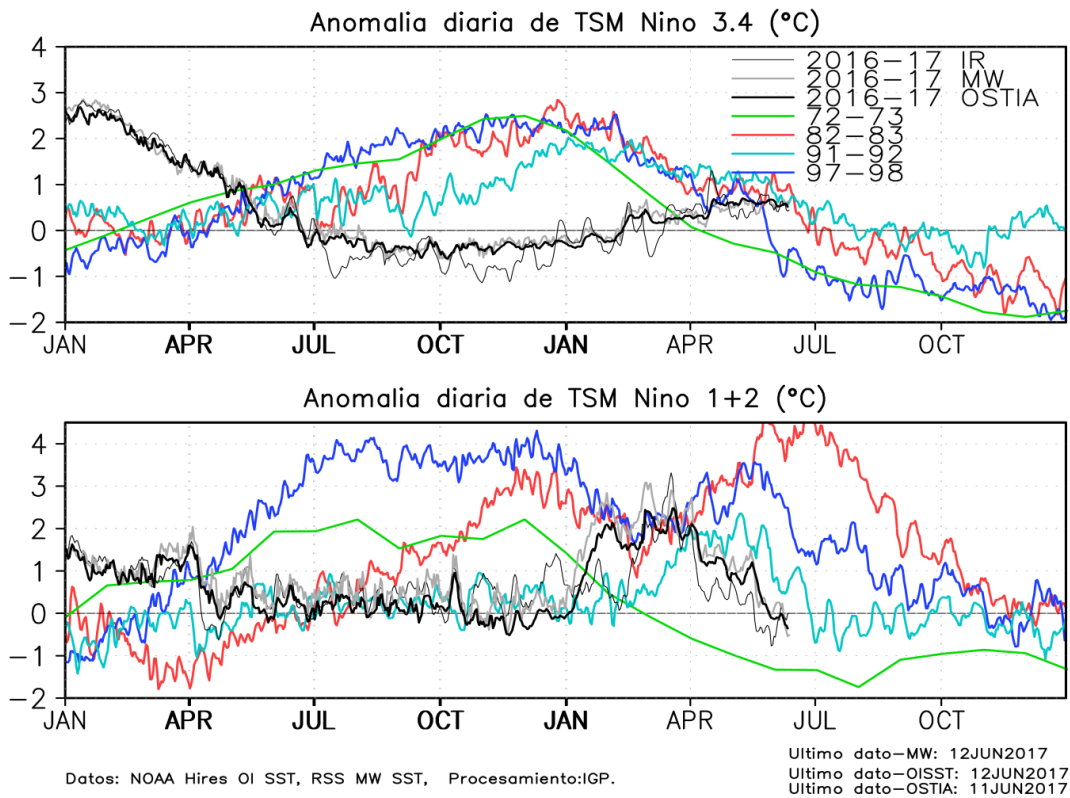


Figura 3.1.1.2. Series de tiempo de la anomalía diaria de la TSM en la región Niño 3.4 (a) y en la región Niño 1+2 (b). Las líneas en color negro (gruesa), gris y negro (fina) indican la evolución de la anomalía de la TSM en el presente año usando información infrarroja (IR), microondas (MW) y del producto 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

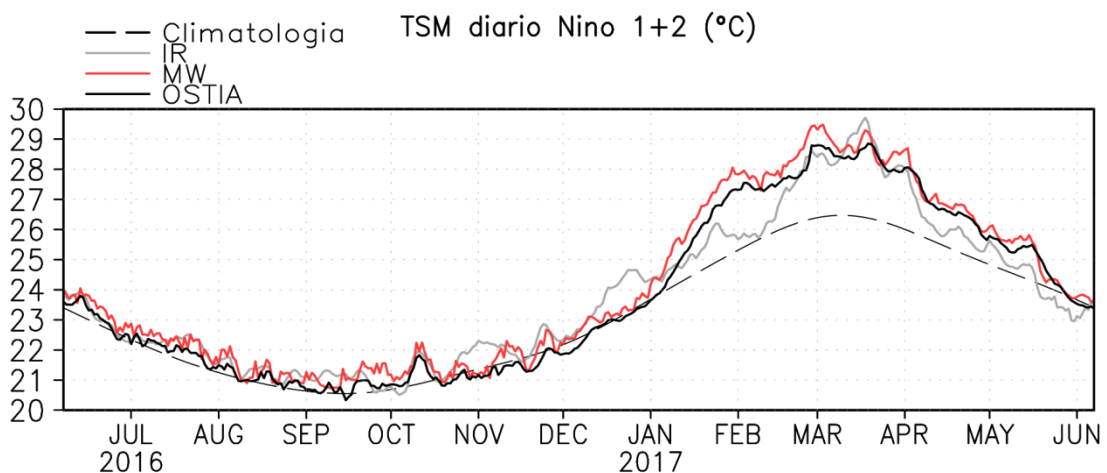


Figura 3.1.1.3. TSM (°C) durante junio 2016 al 30 de abril del 2017 según los datos infrarrojos (NOAA Daily OI SST v2 AVHRR) y de Microondas en la región 1+2. La línea punteada indica la variación climatológica. Procesamiento: IGP.

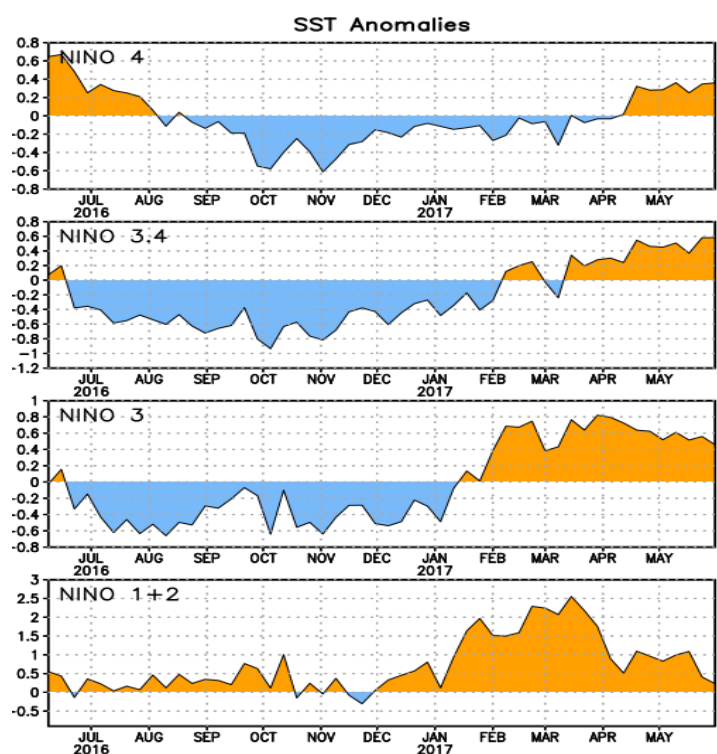


Figura 3.1.1.4. Anomalías semanales de la temperatura superficial del mar (°C) en las regiones Niño de mayo de 2016 a mayo de 2017. Fuente: NCEP/NOAA.

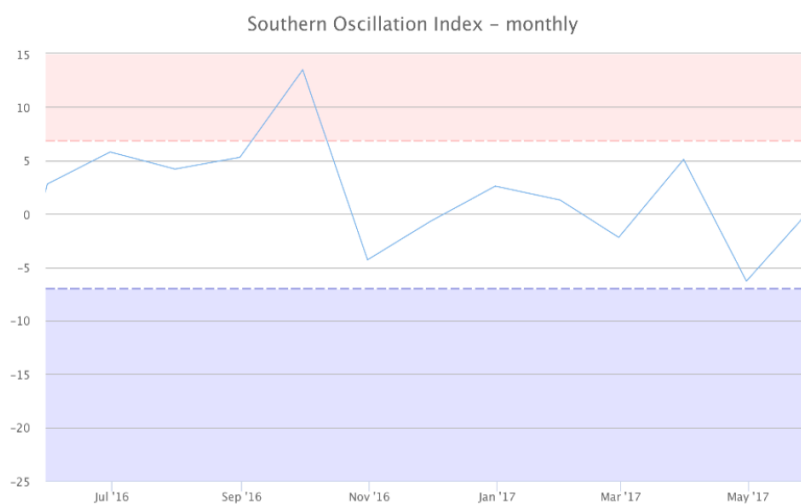


Figura 3.1.1.5. Evolución del Índice de Oscilación Sur (IOS), considerando la media móvil de 30 días. Fuente: Bureau of Meteorology, Australia.

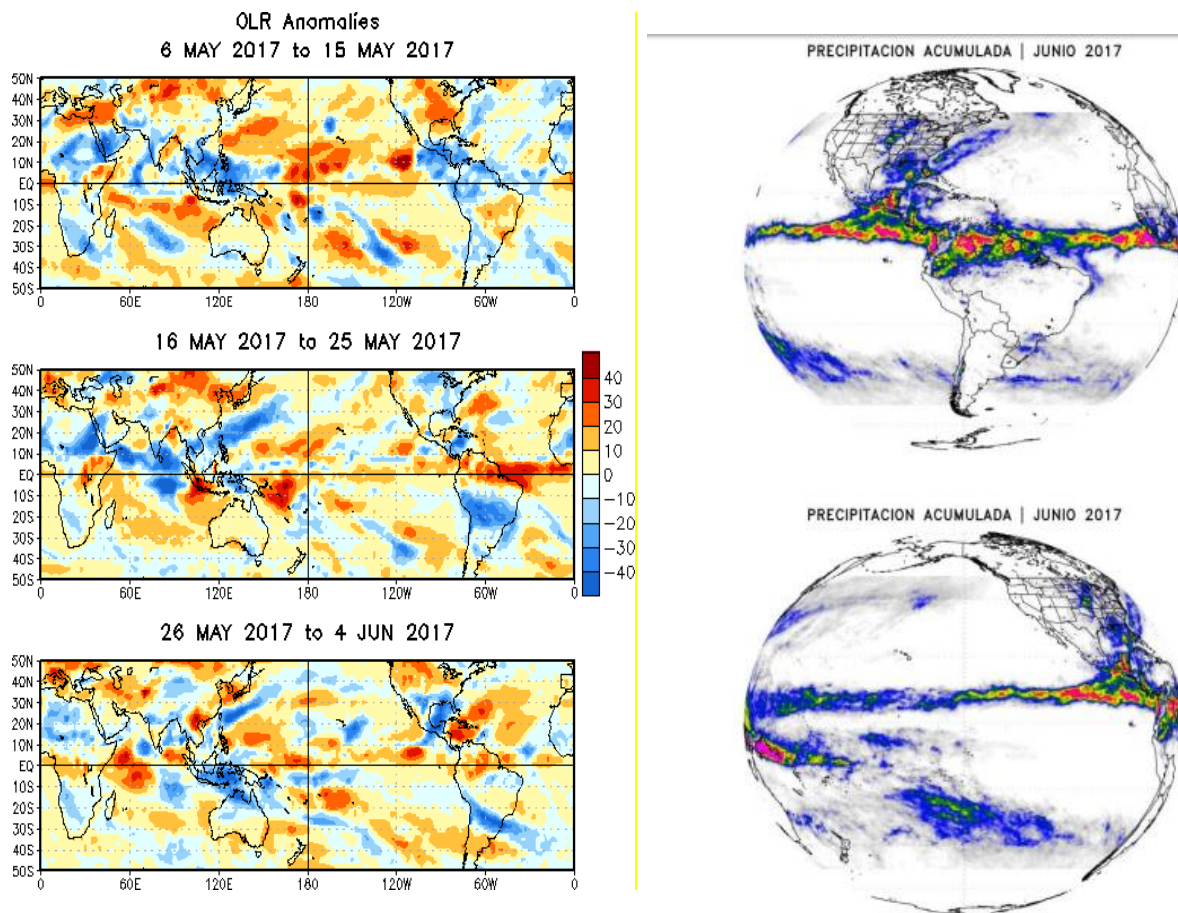


Figura 3.1.1.6. Décadas de a) Anomalia de Radiación de Onda Larga - OLR (W/m^2) del mes de mayo de 2017. Datos: NCEP. b) Precipitaciones en el mes de mayo de 2017. Datos: TRMM. Procesamiento: NOAA/SENAMHI.

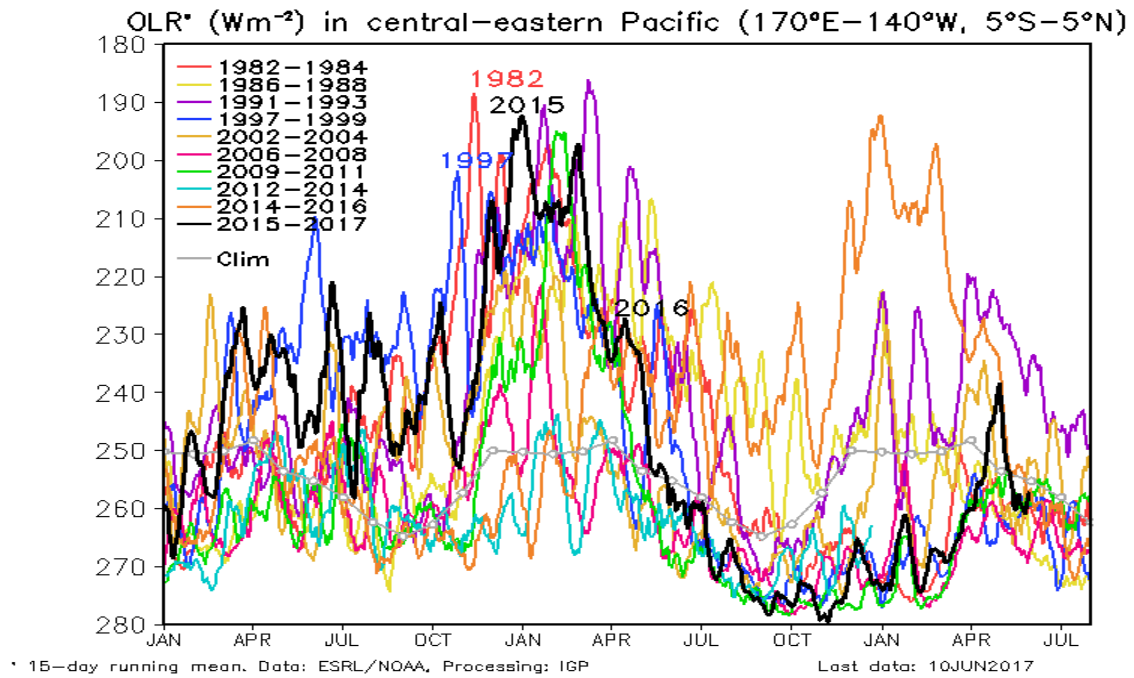


Figura 3.1.1.7. Radiación de Onda Larga - OLR (W/m^2) en el Pacífico central-oriental ($170^{\circ}W-100^{\circ}W, 5^{\circ}S-5^{\circ}N$) desde el mes de enero hasta el mes de mayo. Datos: ESRL/NOAA, Procesamiento: IGP.

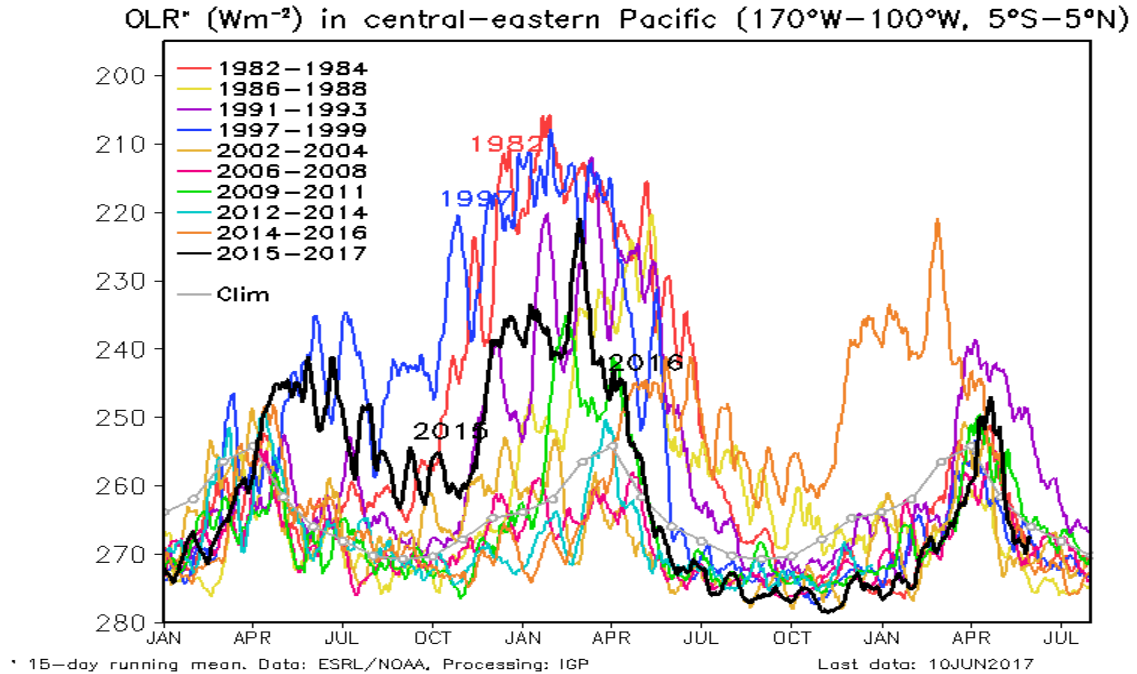
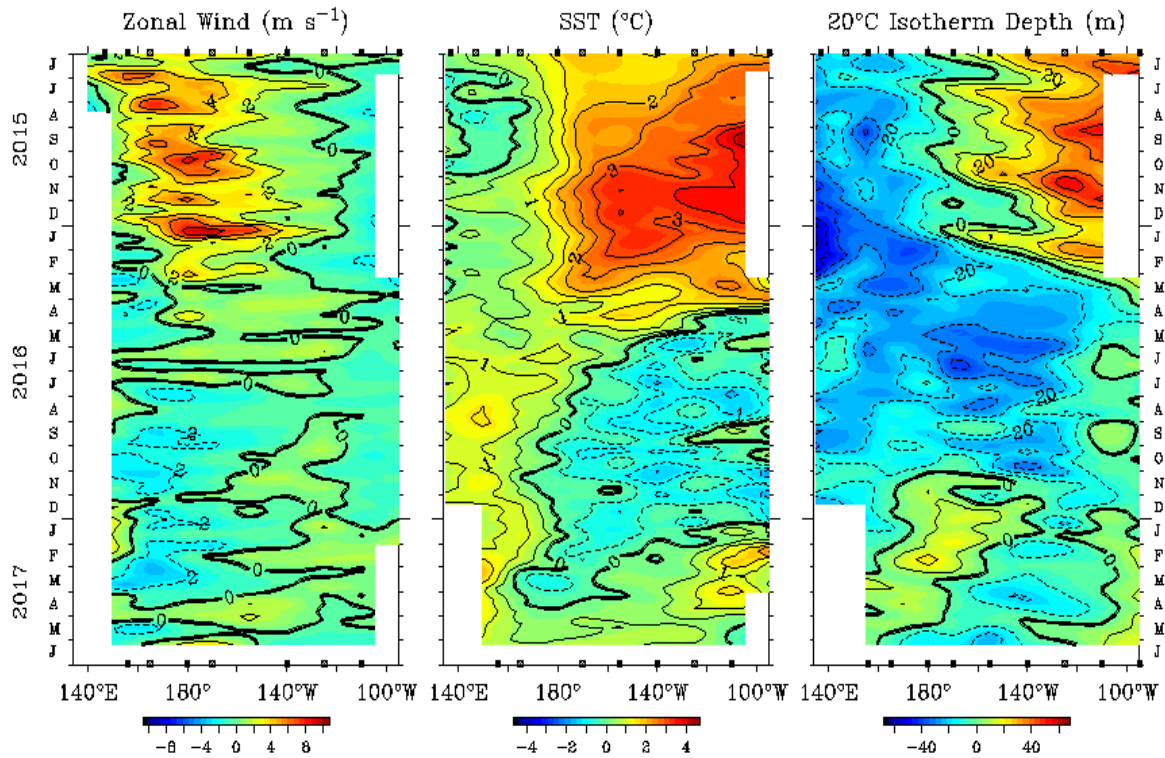


Figura 3.1.1.8. Radiación de Onda Larga - OLR (W/m^2) en el Pacífico central-oriental ($170^{\circ}W-140^{\circ}W, 5^{\circ}S-5^{\circ}N$) desde el mes de enero hasta el mes de mayo. Datos: ESRL/NOAA, Procesamiento: IGP.

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



TAO Project Office/PMEL/NOAA

Jun 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.

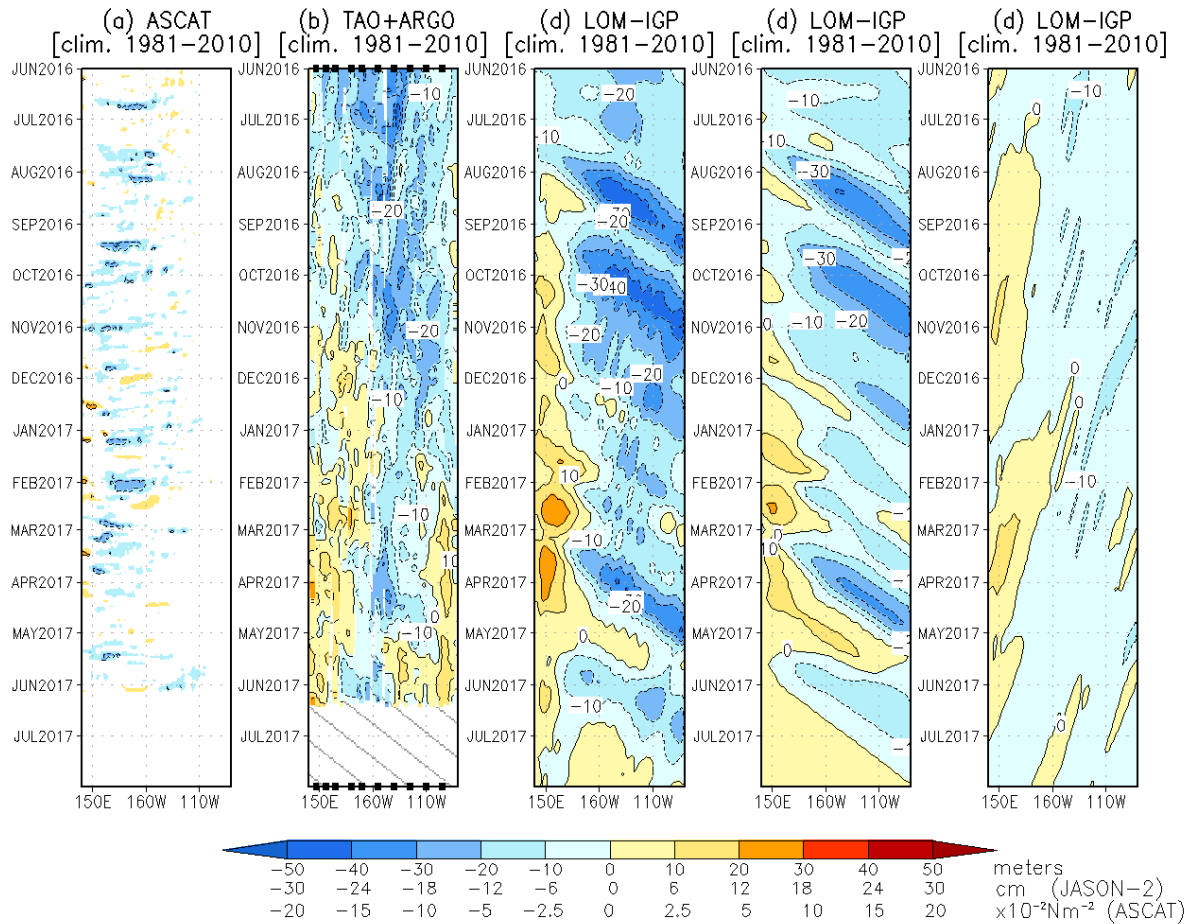


Figura 3.1.1.10. Diagrama longitud-tiempo de las anomalías de esfuerzo de viento zonal ecuatorial basado en datos del escaterómetro ASCAT (a), anomalía de la profundidad de la isoterma de 20°C datos de TAO y los derivados de ARGO (b), diagrama de la onda Kelvin y Rossby (c), diagrama de la onda Kelvin (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).

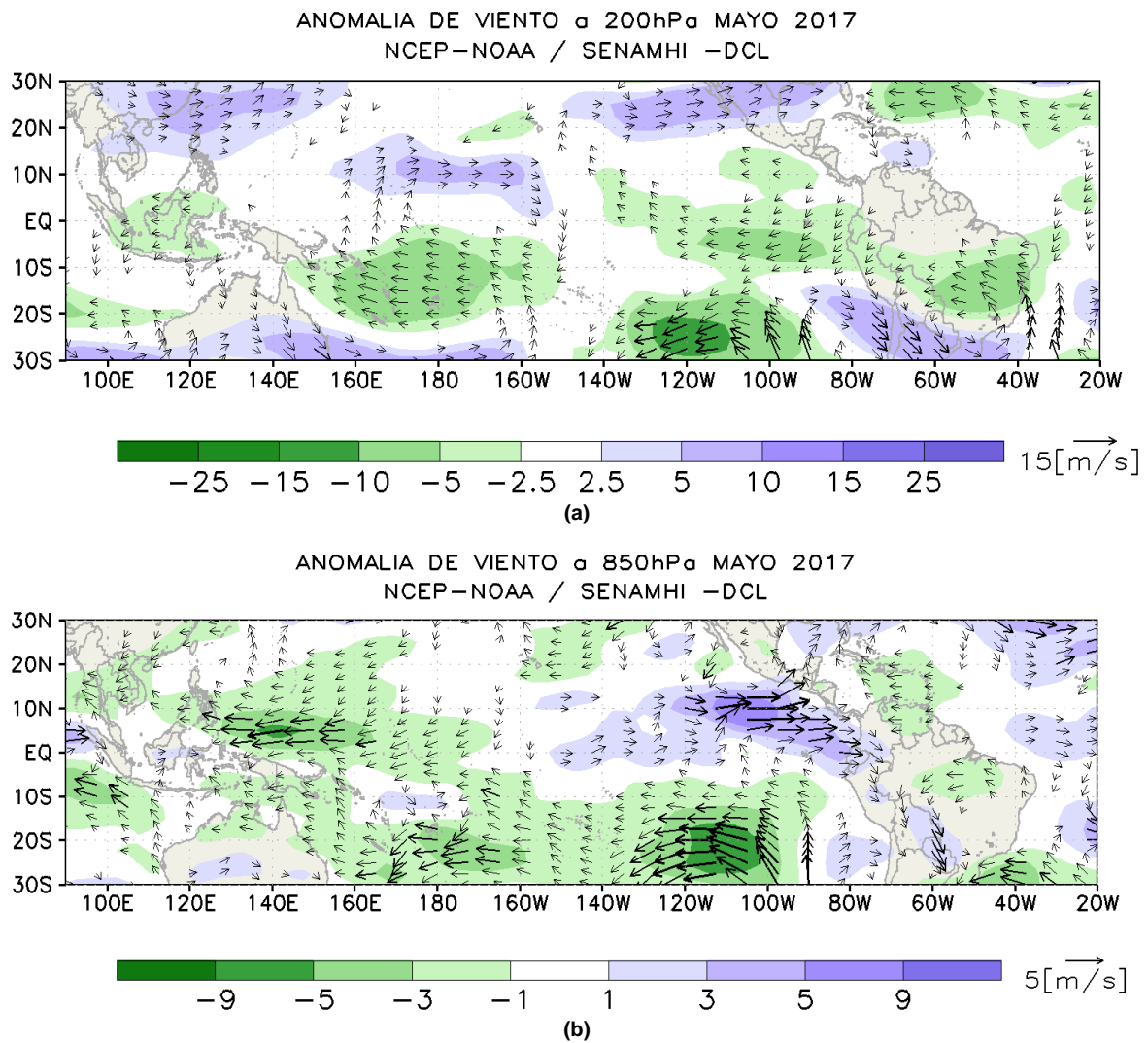


Figura 3.1.1.11. Análisis de anomalías del viento (m/s) en a) 850 hPa y b) 200 hPa para el mes de mayo del 2017. Datos: NCEP/NOAA. Procesamiento: SENAMHI – SPC.

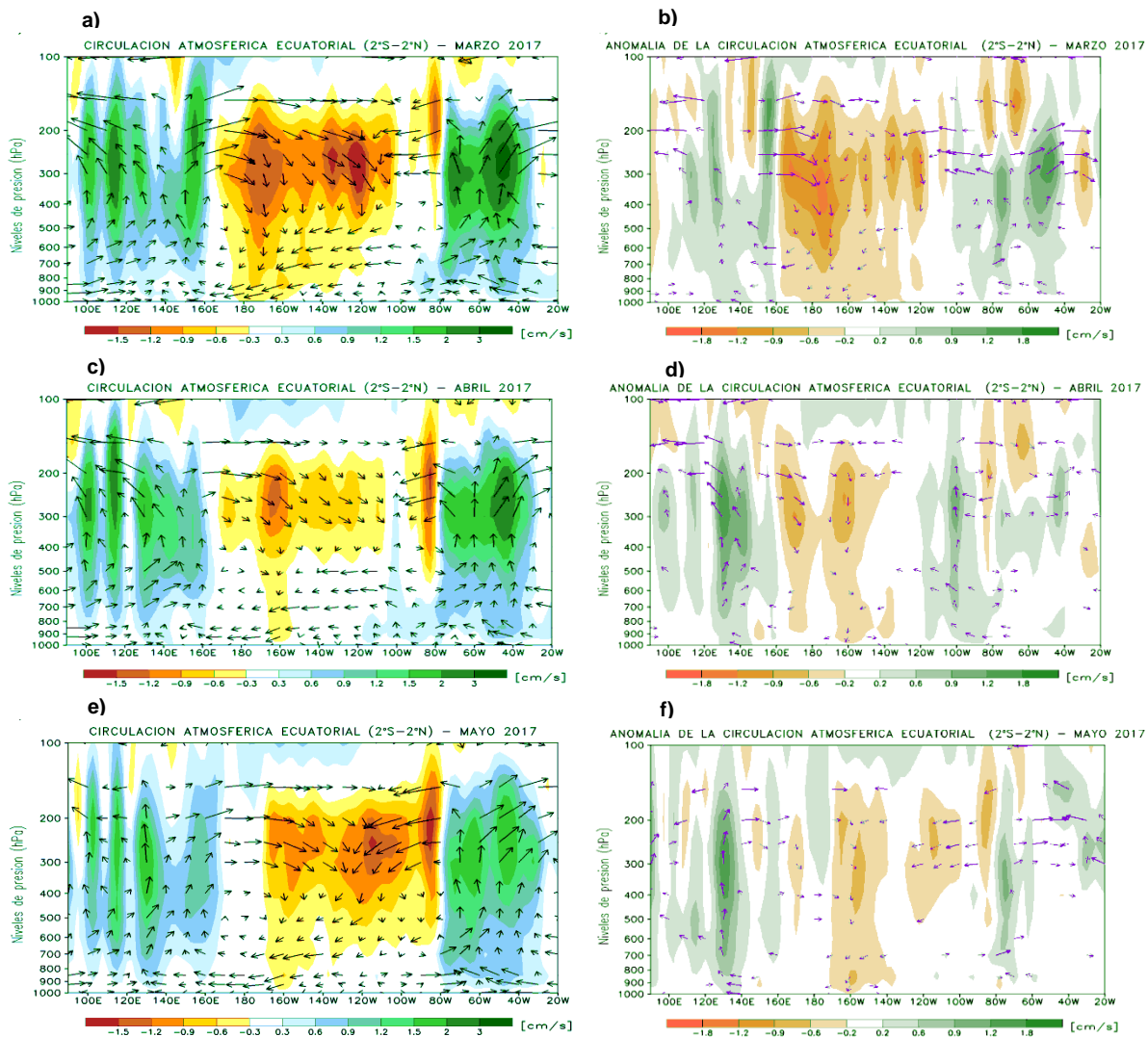


Figura 3.1.1.12. Circulación atmosférica ecuatorial promedio mensual (derecha) y su anomalía (izquierda) para el mes de marzo (a y b); abril (c y d); y mayo (e y f) del 2017, respectivamente. Fuente: SENAMHI con datos de la NCEP-NOAA.

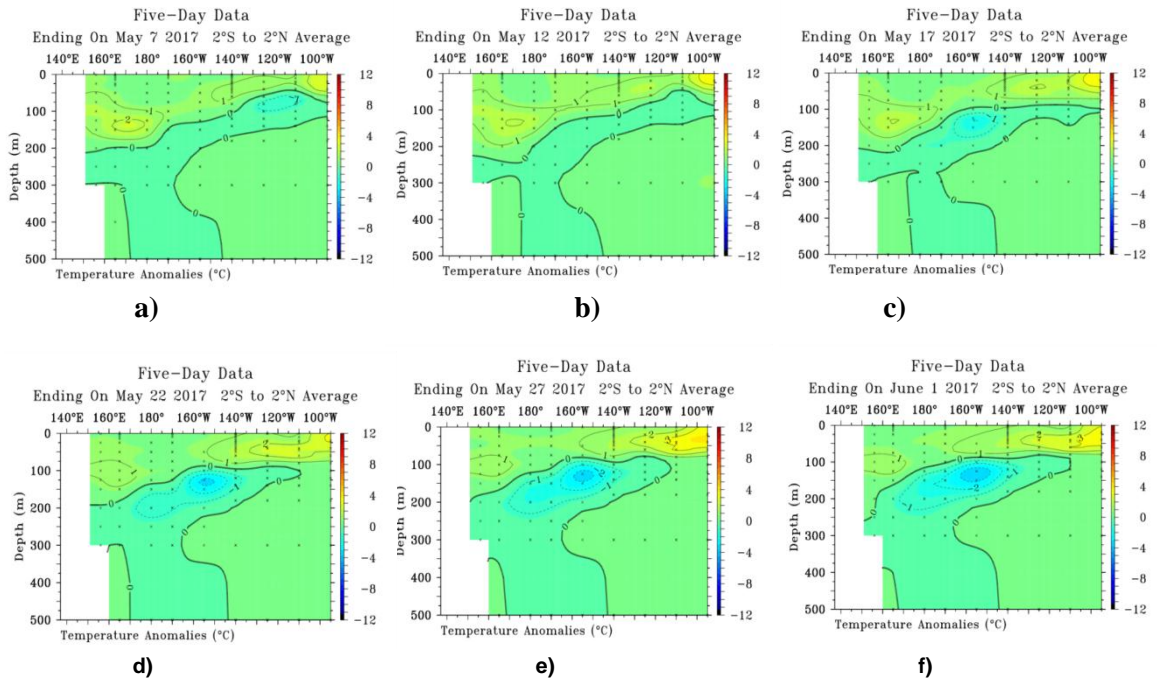


Figura 3.1.2.1. Anomalías de la temperatura sub-superficial del mar (°C) en el océano Pacífico ecuatorial entre los 2°N y 2°S promediadas cada cinco días, finalizando los días: a) 7 de mayo, b) 12 de mayo, c) 17 de mayo, d) 22 de mayo, e) 27 de mayo y f) 1 de junio de 2017. Fuente: TAO/TRITON, PMEL/NOAA

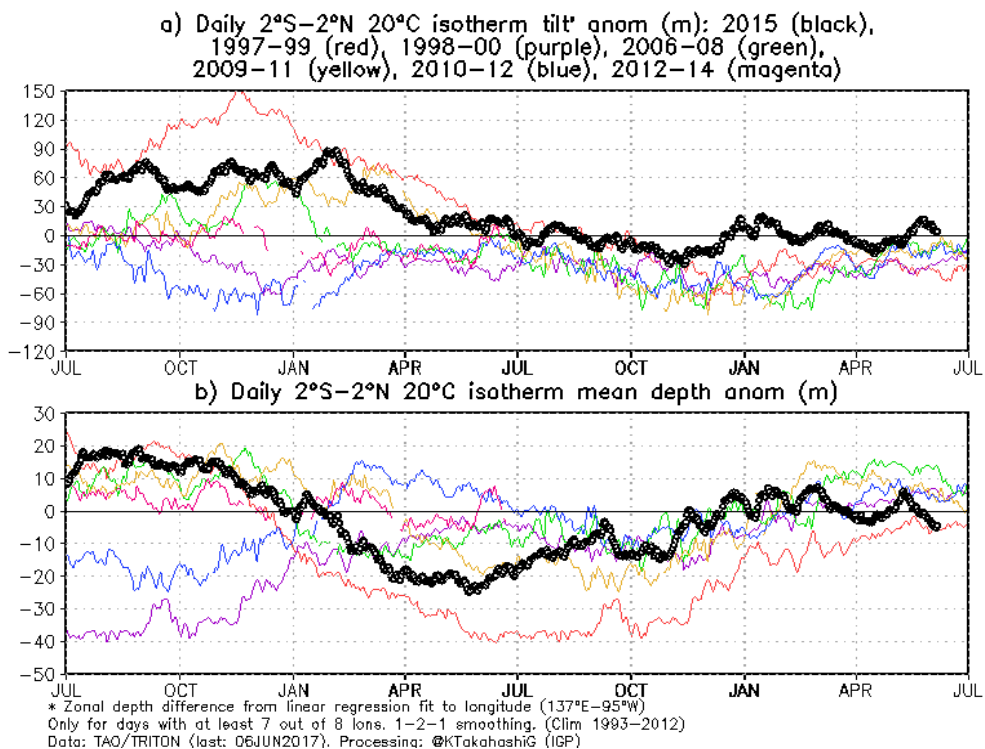


Figura 3.1.2.2. a) Inclinación de la termoclina en el Pacífico ecuatorial basado en los datos de las boyas TAO entre 2°N y 2°S. b) Contenido de calor en la región ecuatorial basado en los datos de las boyas TAO entre 2°N y 2°S. A diferencia de informes anteriores, se excluyen las boyas TRITON (Pacífico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

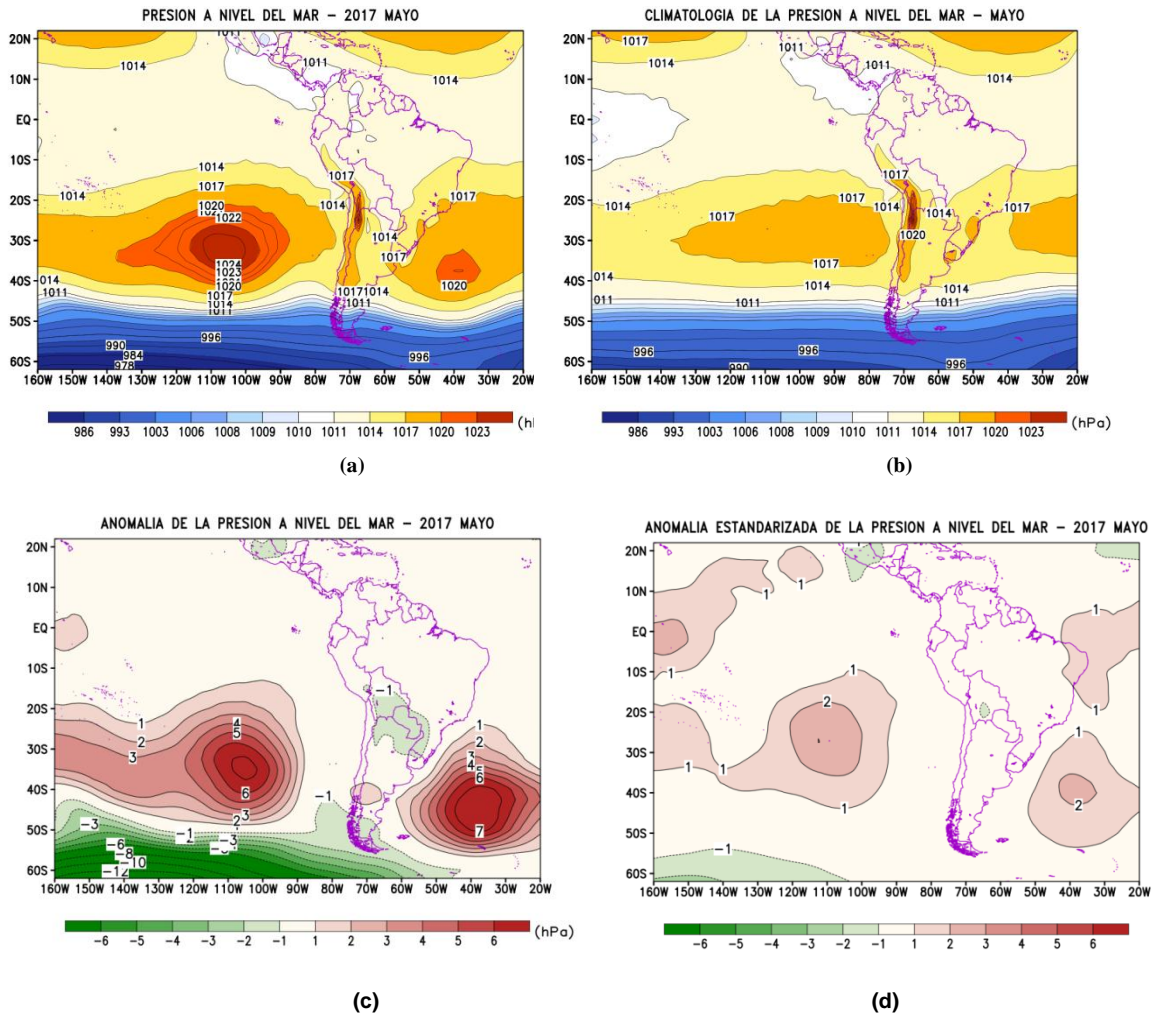


Figura 3.1.2.3. Análisis de la Presión atmosférica a nivel medio del mar para el mes de Mayo. Superior Izquierda: Promedio mensual de la Presión a nivel del mar; Superior Derecha: Distribución climatológica de la presión a nivel medio del mar durante el mes de Mayo; Inferior: Anomalia estandarizada de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

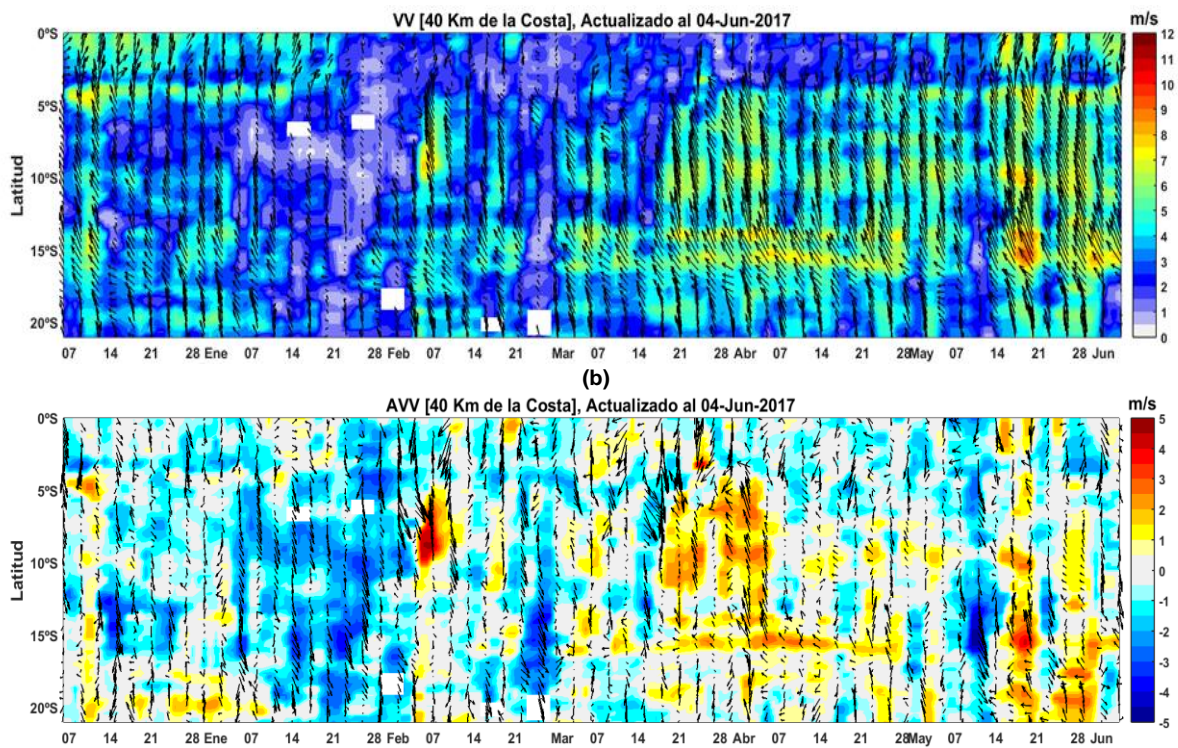


Figura 3.2.1.3. a) Velocidad del viento (m/s) y b) Anomalia del viento (m/s) desde noviembre del 2016 hasta mayo del 2017. Los vectores representan la dirección del viento y anomalía de la dirección del viento, respectivamente. Datos: ASCAT, procesamiento: IMARPE. Actualizada hasta el 01/06/2017.

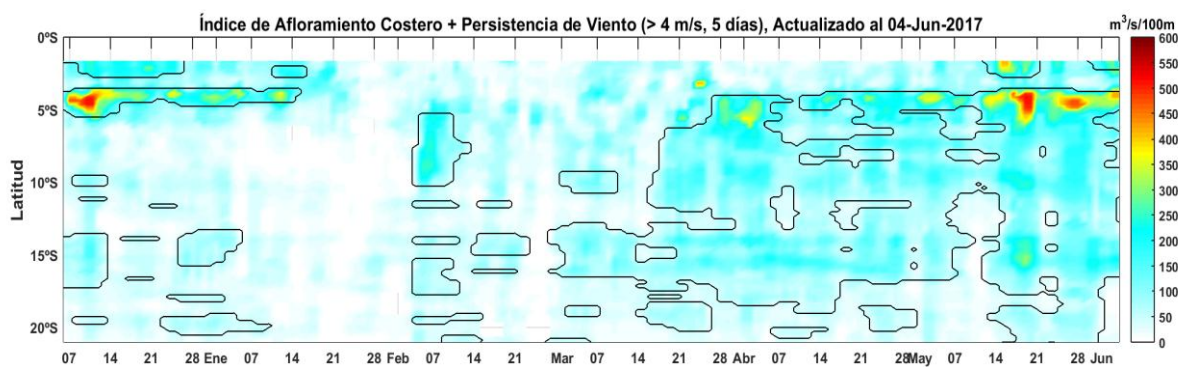


Figura 3.2.1.4. Índice de Afloramiento Costero (a partir del viento diario satelital a 40 Km frente a la costa del Perú). Las líneas encierran los períodos en los cuales persistió viento con componente sur ($v_v > 4$ m/s) al menos 05 días consecutivos. Datos: ASCAT, Procesamiento: IMARPE. Actualizada hasta el 01/06/2017.

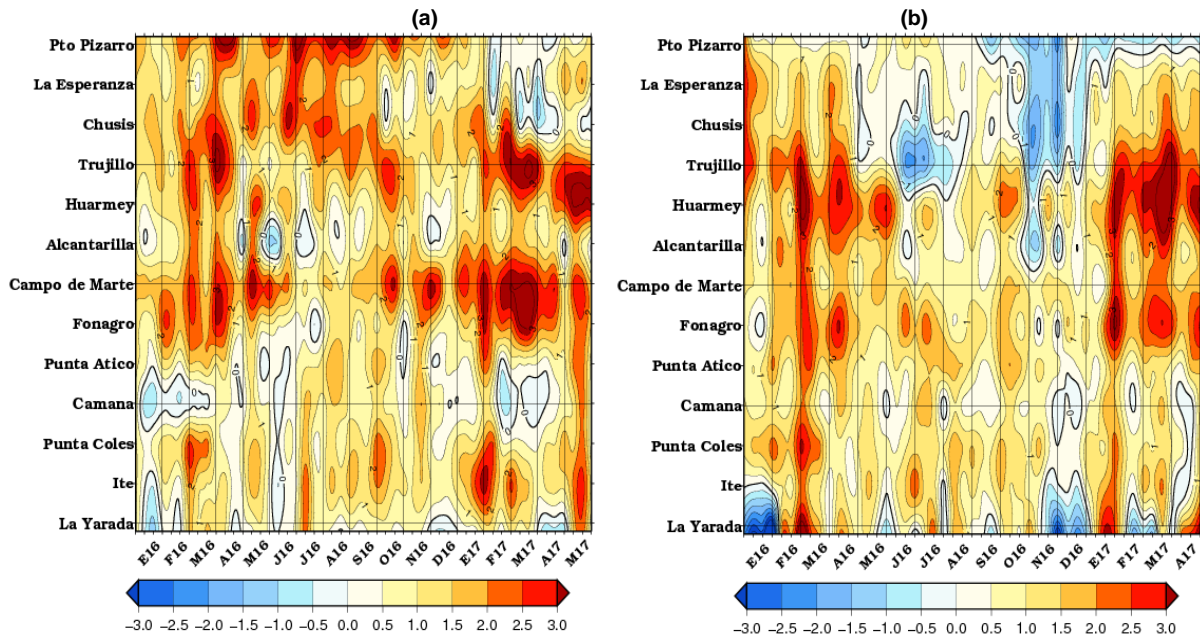


Figura 3.2.2.1. Anomalías de las temperaturas extremas del aire (°C) en la costa peruana desde enero 2016 a enero del 2017. a) Temperatura máxima y b) Temperatura mínima. Fuente: SENAMHI.

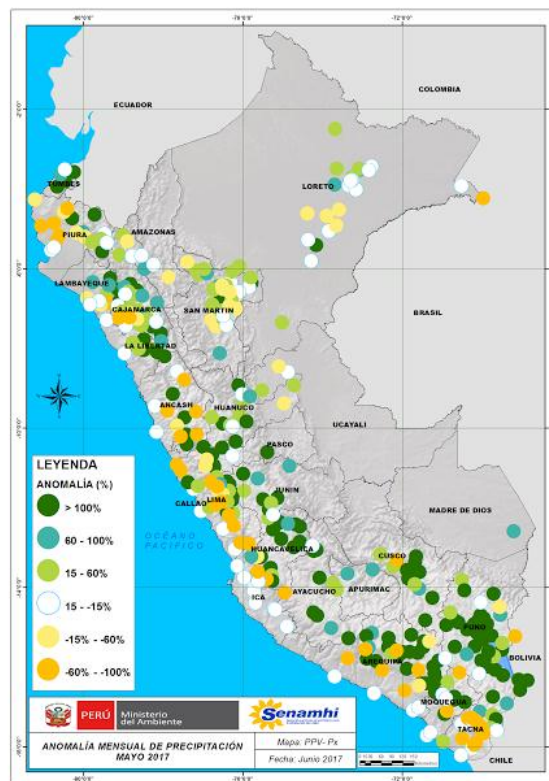


Figura 3.2.3.1. Mapas de anomalías de precipitación acumulada mensual (%) para mayo 2017, registradas en estaciones meteorológicas. Fuente SENAMHI.

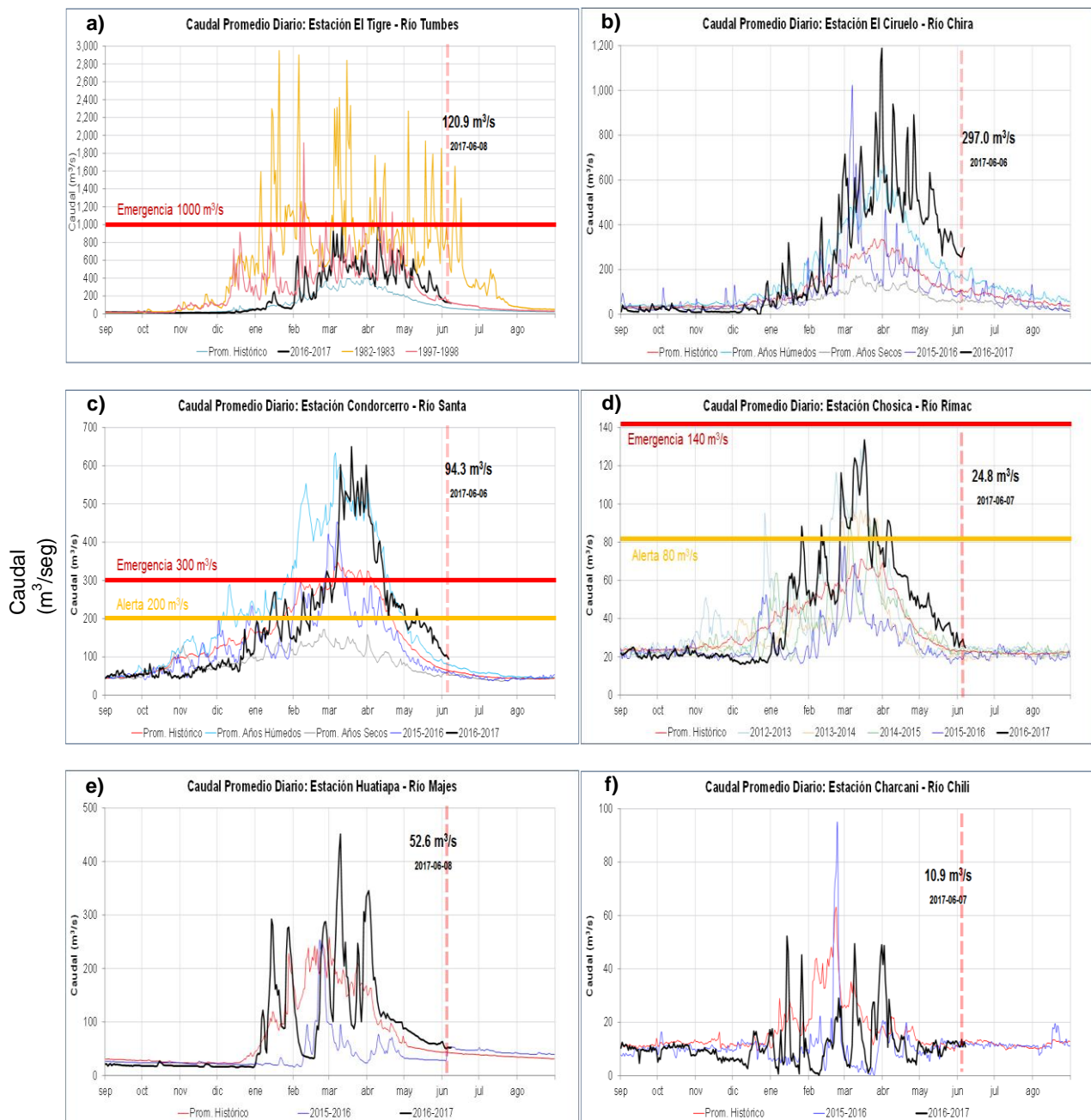


Figura 3.2.3.2. Series de tiempo actualizados a fines de mayo del 2017, de los caudales diarios (m^3/s) de los principales ríos del Perú, entre los meses de setiembre a agosto: a) Tumbes, b) Chira, c) Santa, d) Rímac, e) Majes, f) Chili, de la vertiente del Pacífico; g) Huancané y h) Ramis, de la cuenca 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.

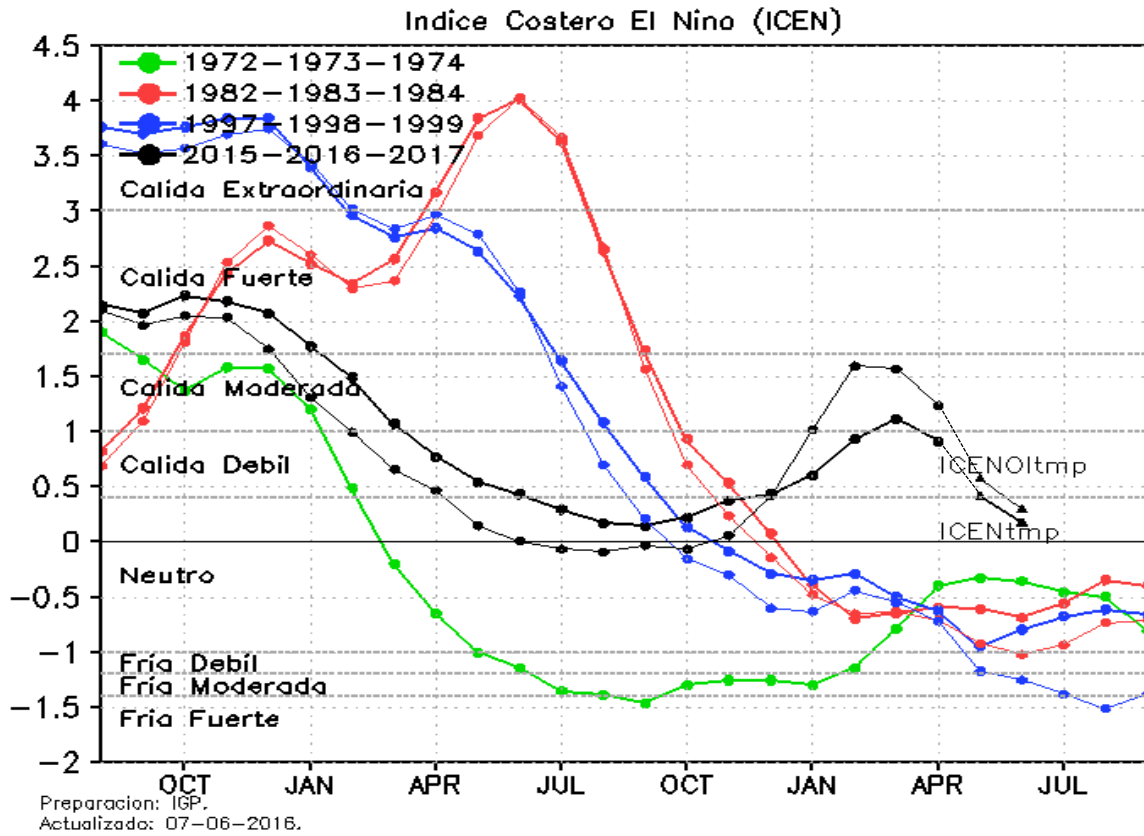


Figura 3.2.4.1. Índice Costero El Niño para los años 1972-1973 (verde), 1982-1983 (rojo), 1997-1998 (azul) y 2015-2016-2017 (negro). Fuente IGP.

Cambios cada 3 días de las Anomalías de la Temperatura Superficial del Mar entre el 01-mayo y 03-junio del 2017 – OSTIA

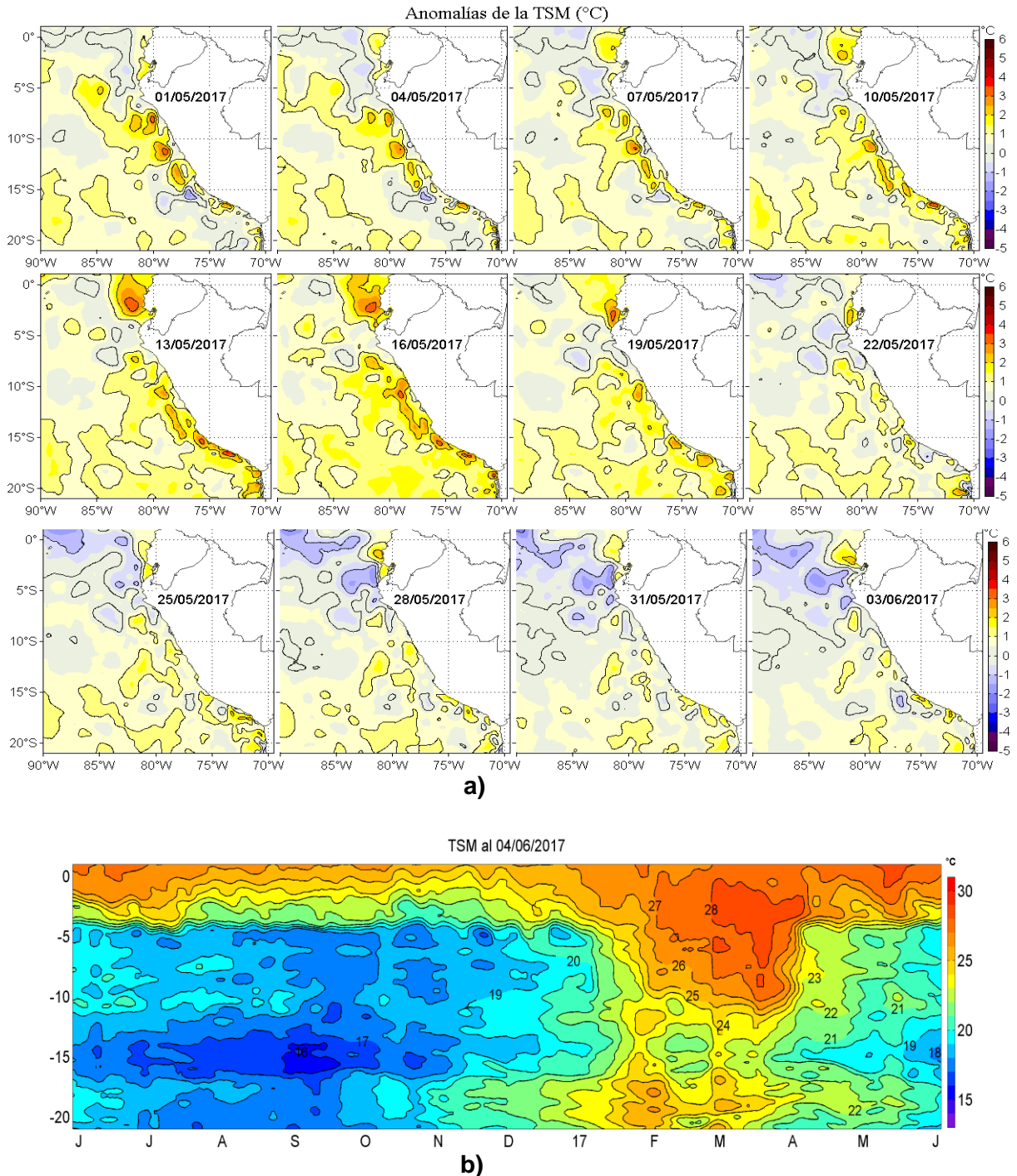


Figura 3.2.4.2. Condiciones térmicas del océano frente a Perú, a) Anomalías de la TSM (°C) cada tres días durante mayo del 2017 y b) Diagrama de Hovmoeller de TSM (°C) para la franja de ~50 mn adyacentes al litoral peruano el periodo junio 2016/mayo 2017. Fuente: OSTIA. Procesamiento IMARPE.

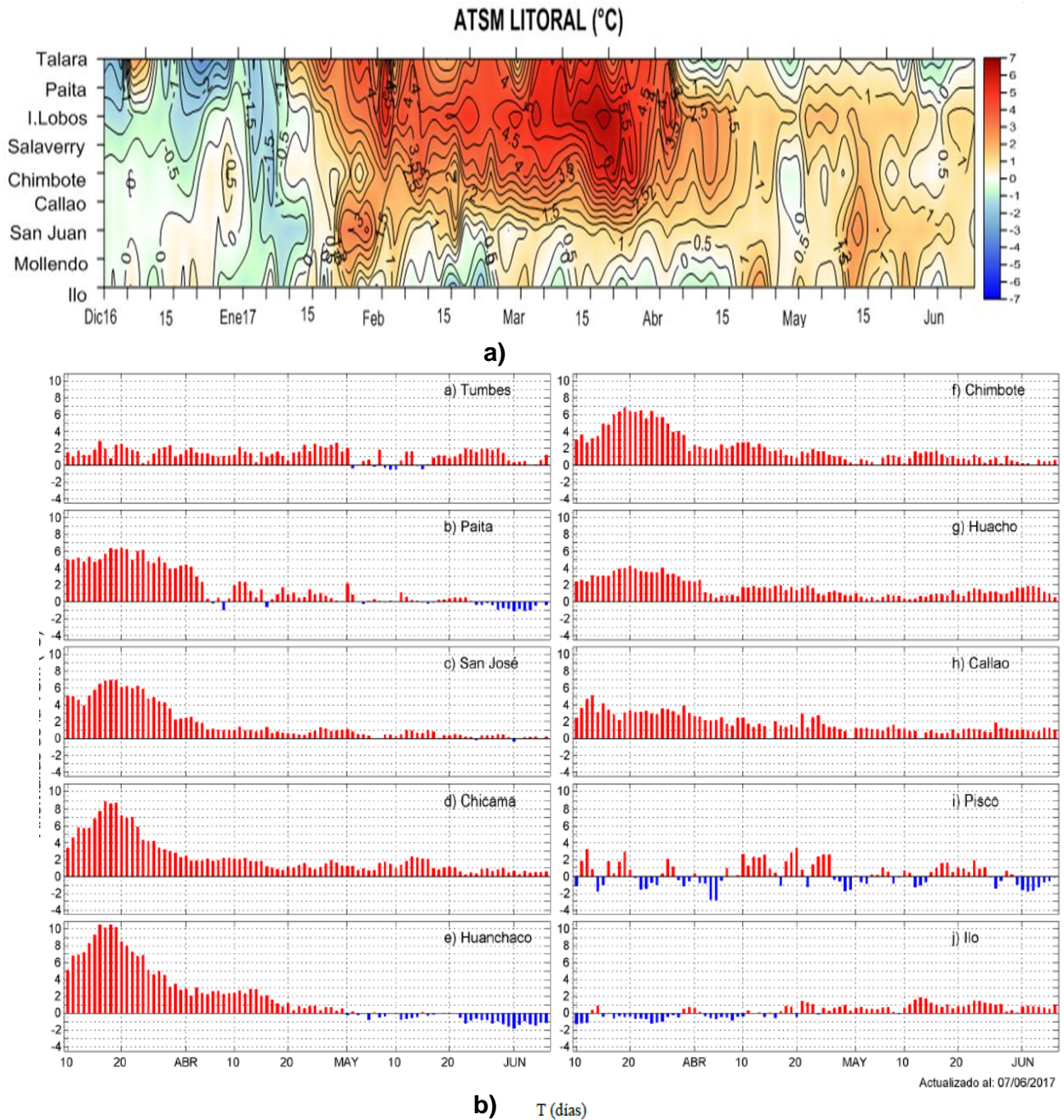


Figura 3.2.4.3. Anomalías de Temperatura Superficial del Mar (ATSM), registradas en estaciones del litoral costero de Perú, hasta mayo del 2017; a) Diagrama Hovmöller durante el último bimestre, en estaciones de IMARPEa DHN, b) Series diarias durante el último trimestre, en estaciones del IMARPE.

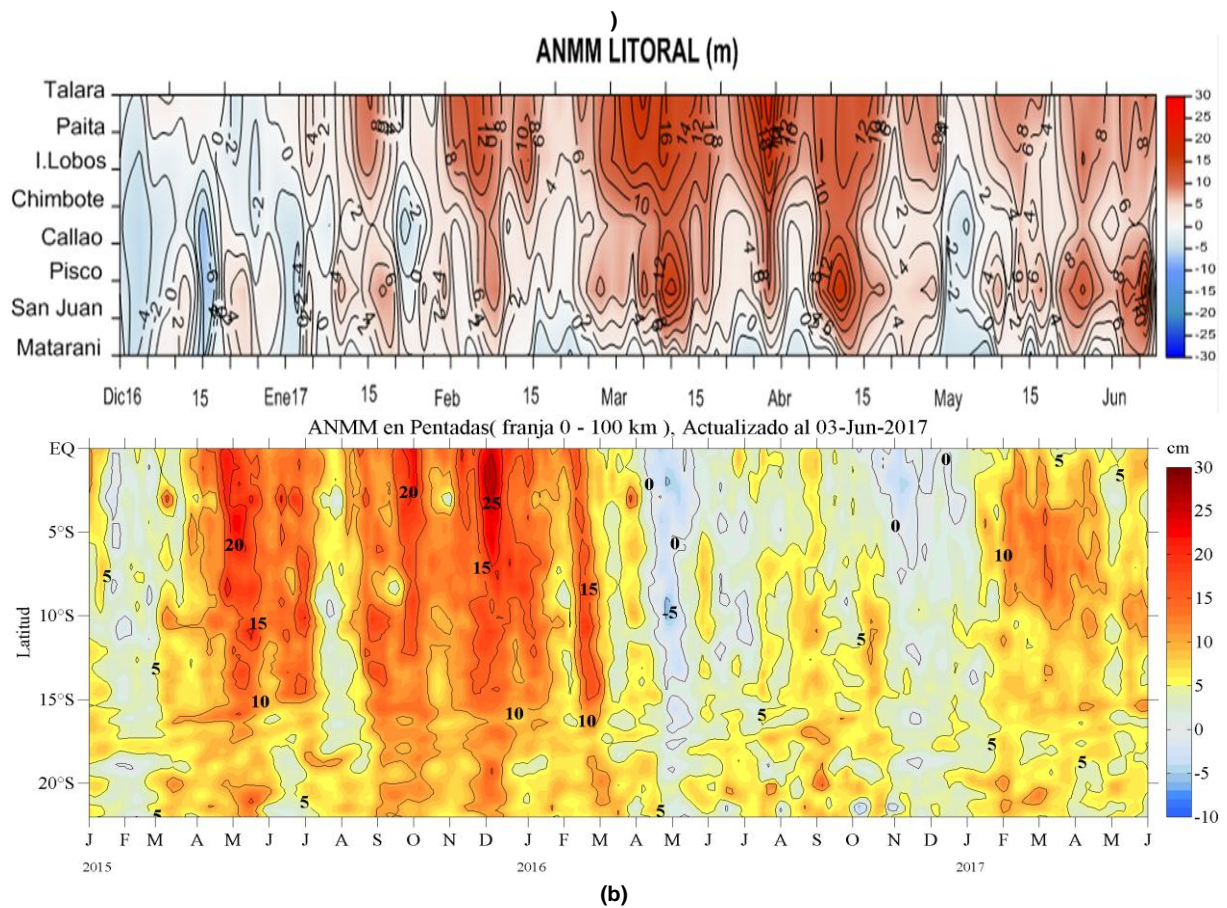


Figura 3.2.4.4. Anomalías del Nivel Medio del Mar, actualizados a mayo del 2017, a) Hovmöller durante el último bimestre en estaciones costeras de la DHN y b) Hovmöller en franja costera de 0-100 km, entre 2015-2017; Fuente AVISO – IMARPE.

SECCIÓN PAITA (19-20 mayo del 2017)

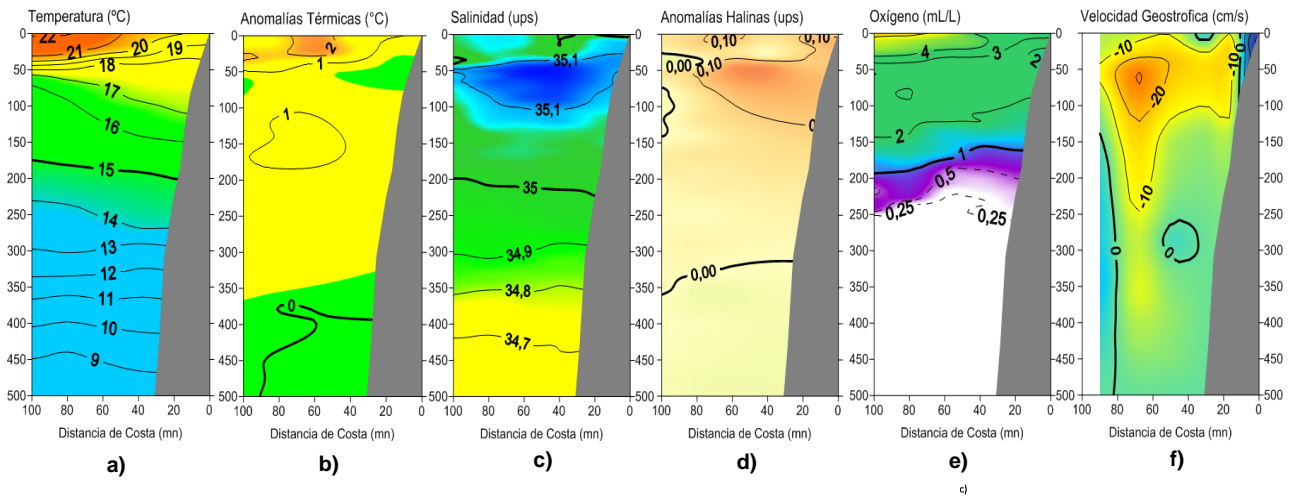


Figura 3.2.5.1 Distribución vertical de: a) temperatura (°C), b) anomalía de temperatura (°C), c) salinidad (ups), d) anomalía de salinidad (ups); e) oxígeno (mL/L); f) velocidad geostrofica (cm/s), frente a Paíta, realizada durante el 19 y 20 de mayo. Fuente: IMARPE.

SECCION CHICAMA (17-18 de mayo del 2017)

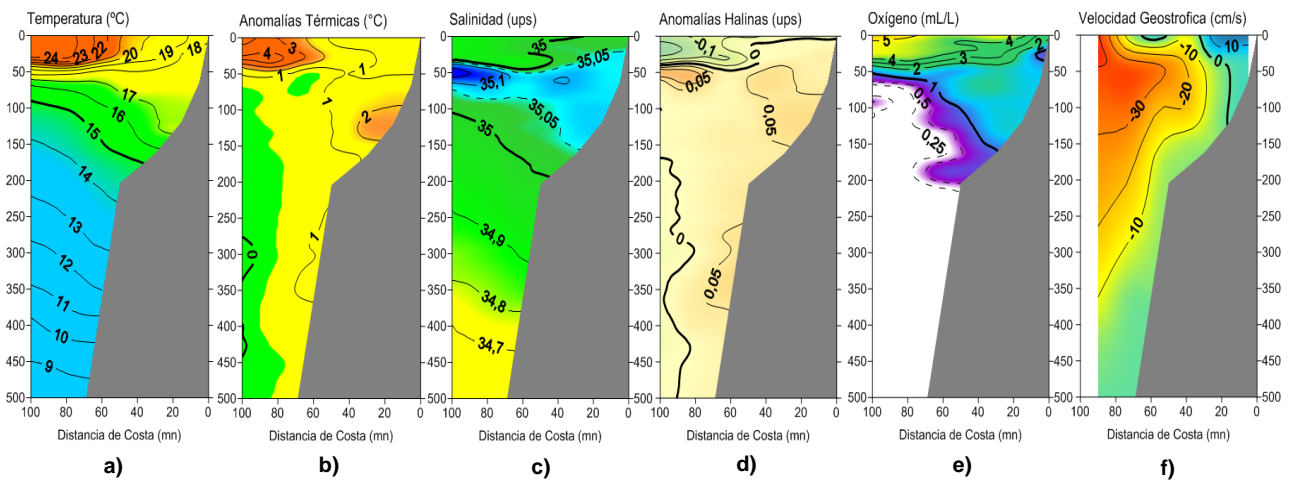


Figura 3.2.5.2 Distribución vertical de: a) temperatura (°C), b) anomalía de temperatura (°C), c) salinidad (ups) y d) anomalía de salinidad (ups) e) oxígeno (mL/L); f) velocidad geostrofica (cm/s), frente a Chicama, realizada durante el 17 y 18 de mayo del 2017. Fuente: IMARPE.

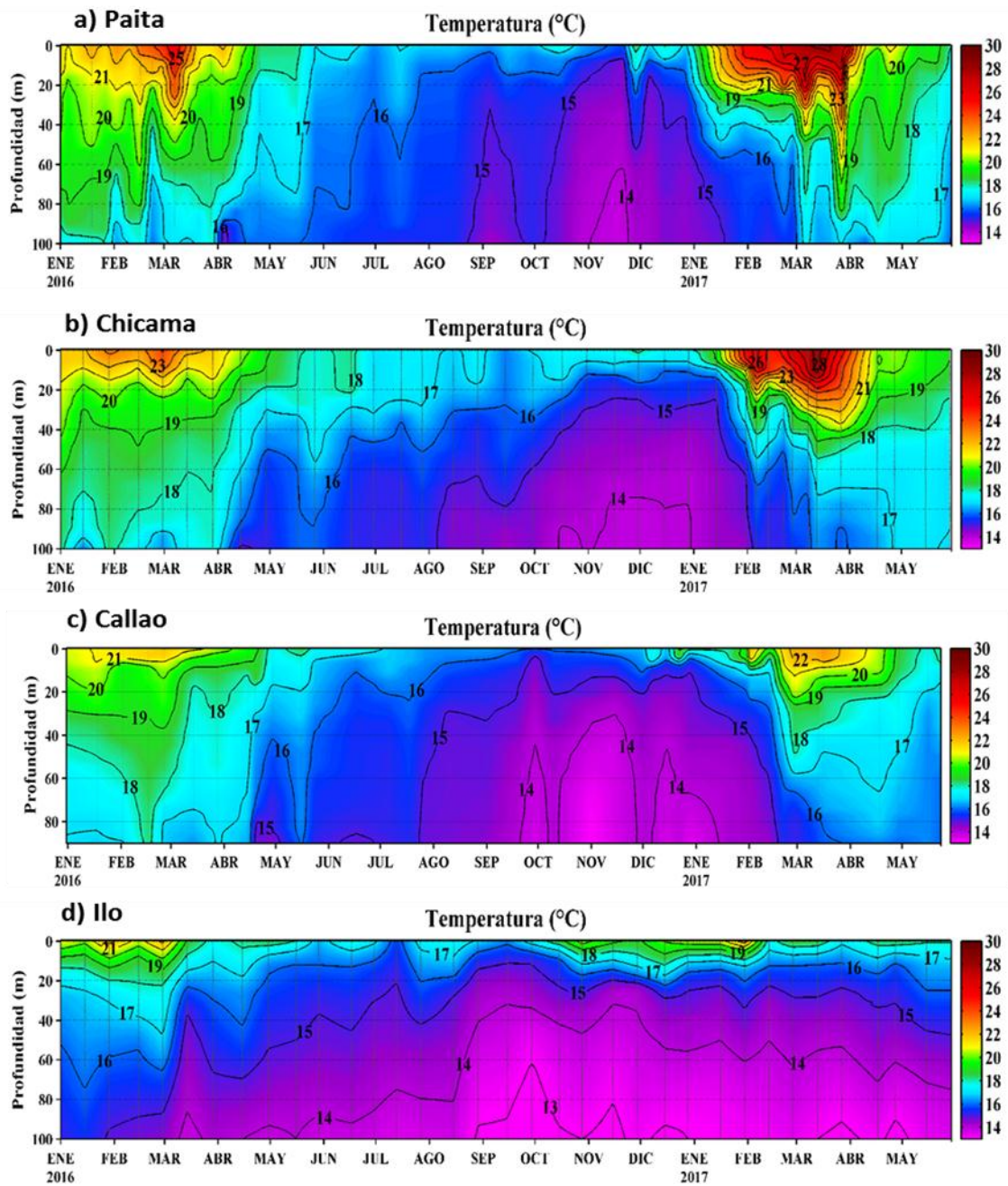


Figura 3.2.5.3. Series de tiempo de la estructura térmica en las estaciones fijas de: a) Paita, b) Chicama, c) Callao, y d) Ilo de enero de 2016 a mayo del 2017. Climatología: 1994-2010. Fuente: LHFMDGIOCC/IMARPE.

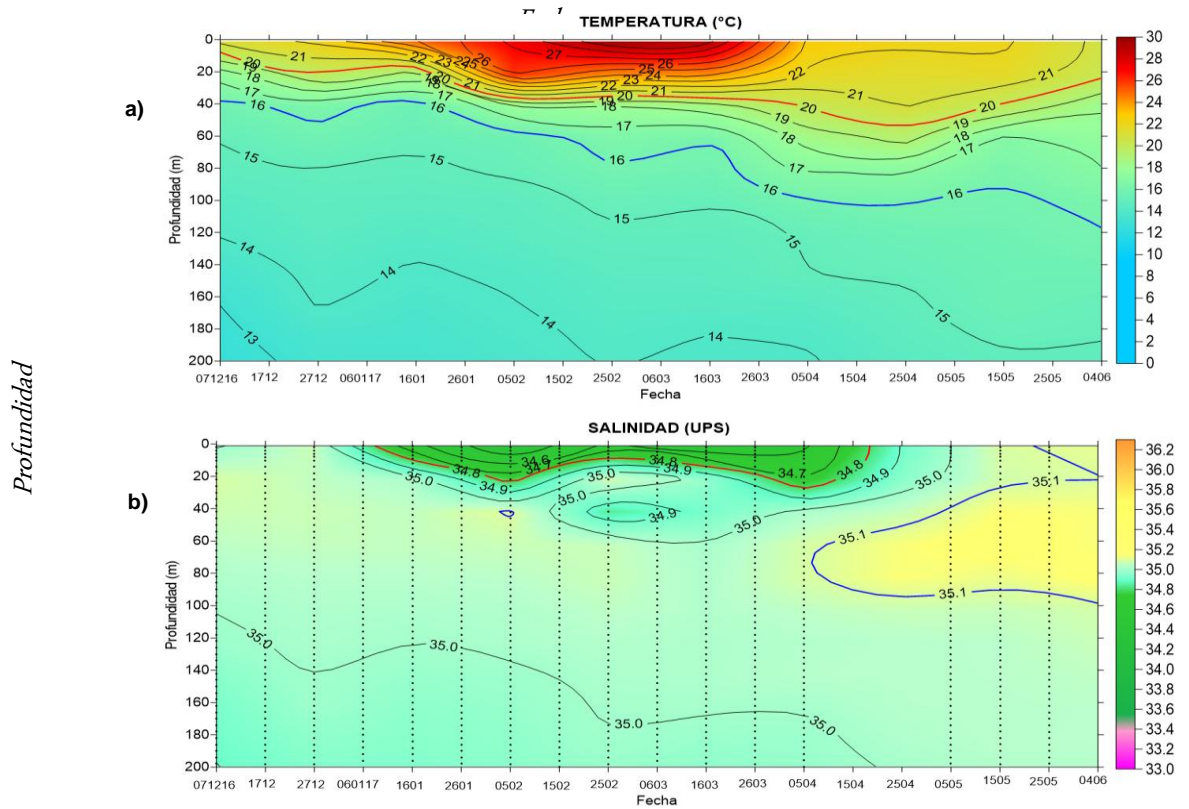


Figura 3.2.5.4. a) Diagrama de la estructura térmica y b) diagrama de estructura halina, del 7 de diciembre de 2016 al 4 de junio de 2017, hasta los 200 m de profundidad. El grafico inferior de la izquierda indica el punto de monitoreo. Fuente: Datos: ARGO, Grafico: DHN.

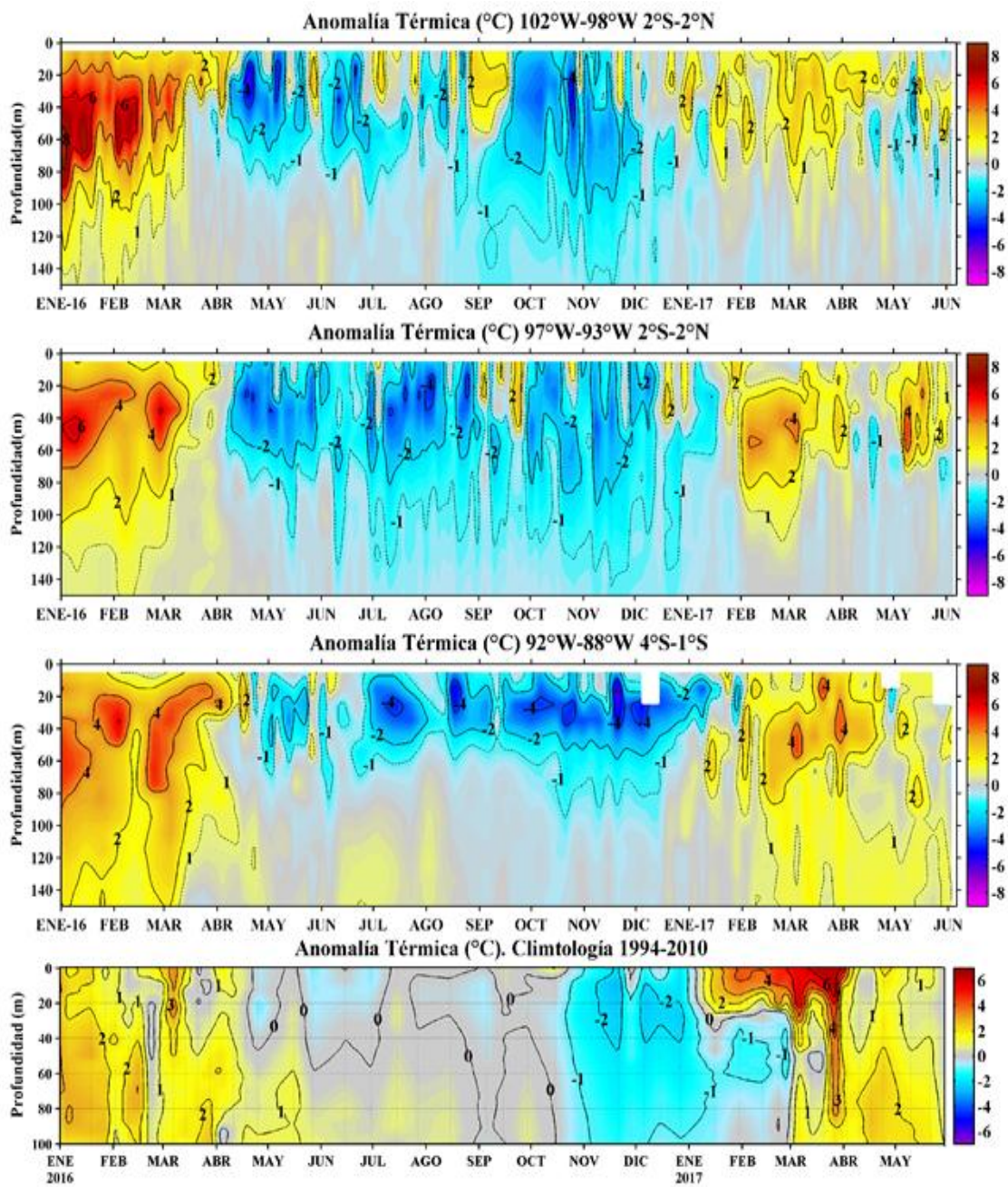


Figura 3.2.5.5. Series de tiempo serie de anomalía térmica usando datos Argo y climatología GODAS (1993-2015) en la zona ecuatorial (a – c) y anomalía térmica de la estación fija de Paita. Fuente: IMARPE.

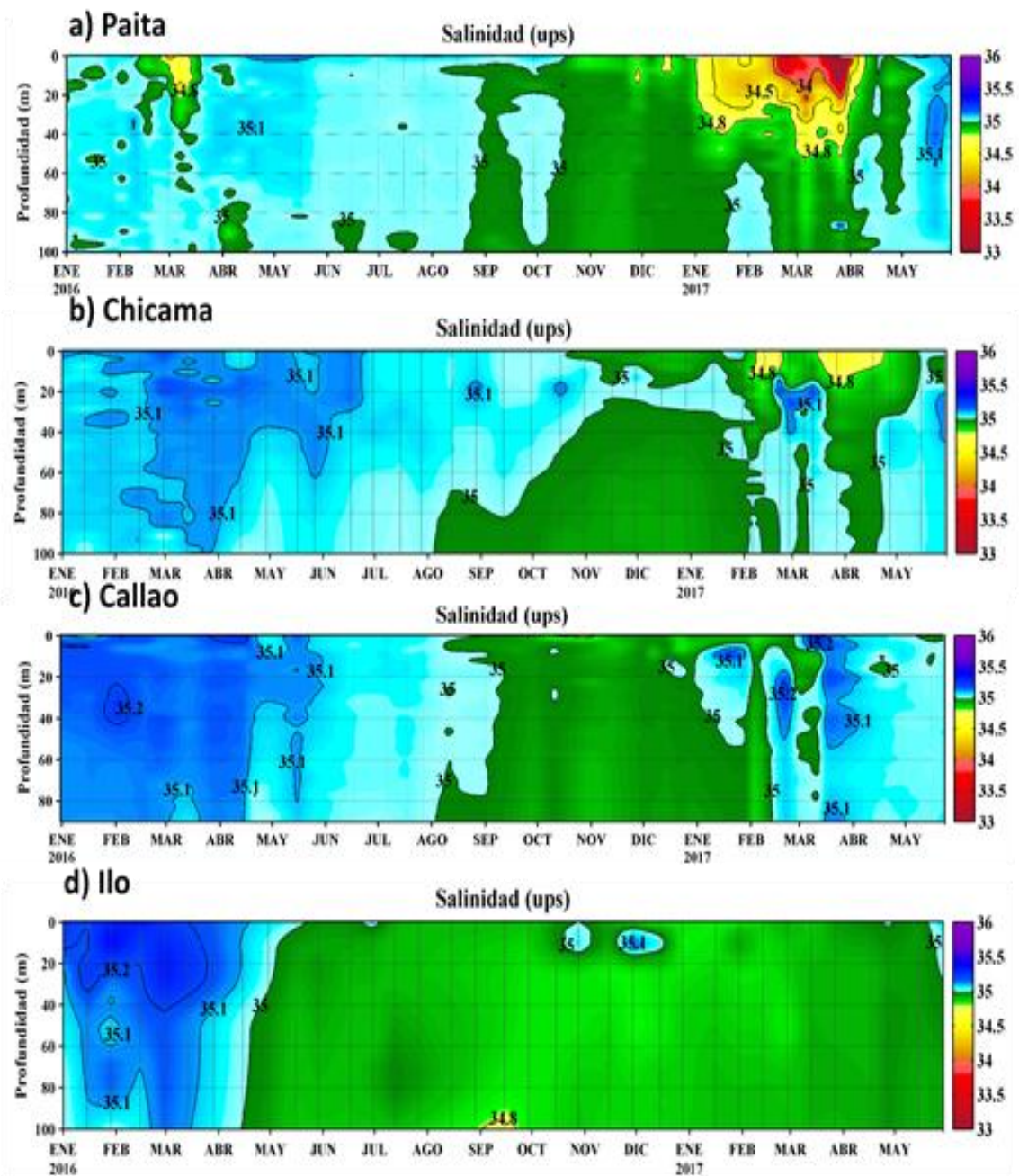


Figura 3.2.5.6. Series de tiempo de la Salinidad del agua de mar (UPS) en las estaciones fijas Paita, Chicama, Callao e Ilo entre enero de 2016 y mayo de 2017. Fuente: IMARPE.

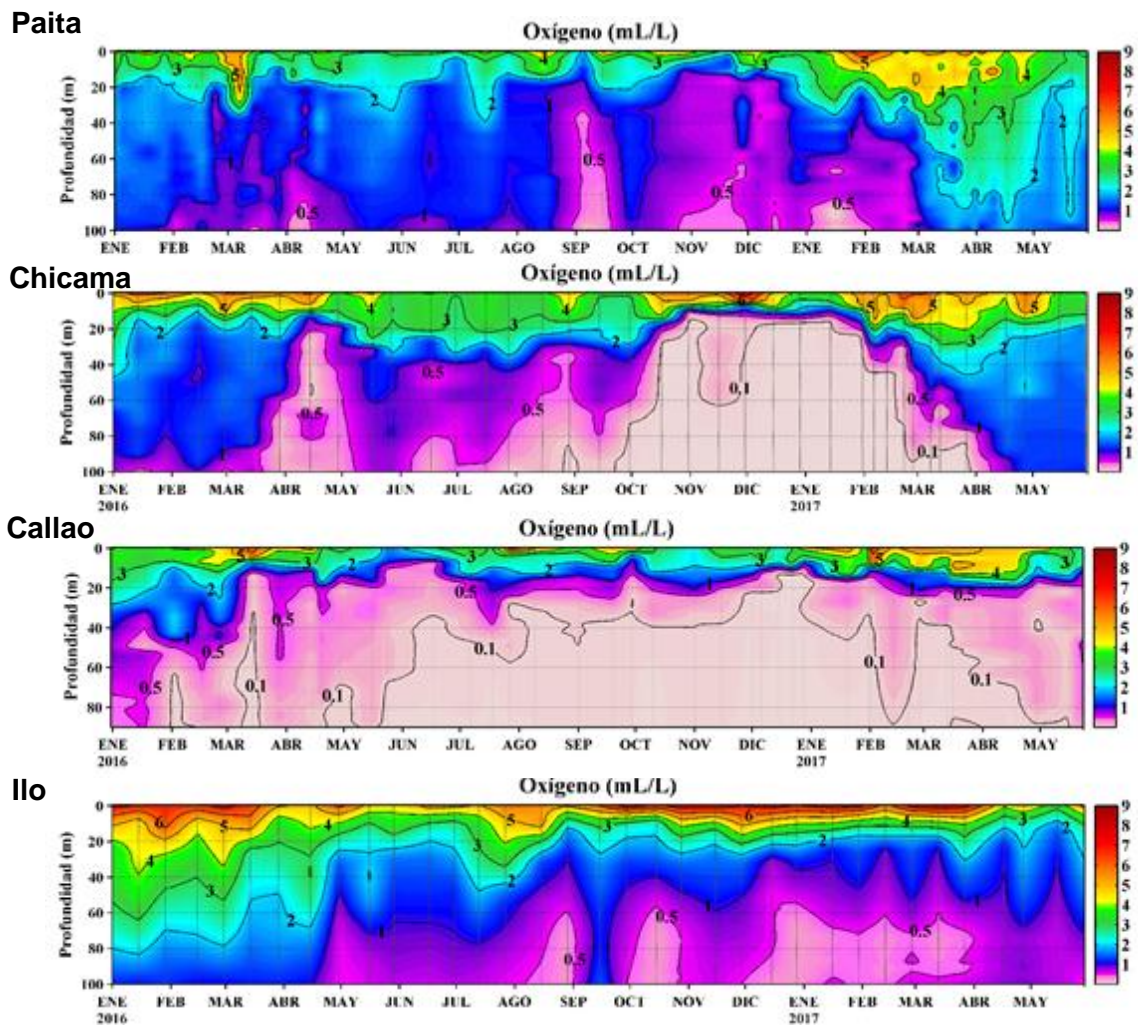


Figura 3.2.5.7. Series de tiempo del Oxígeno disuelto en el agua de mar (mL/L) en las estaciones fijas Paita, Chicama, Callao e Ilo de enero de 2016 a mayo de 2017. Fuente: IMARPE.

Paita 19-20 Mayo 2017

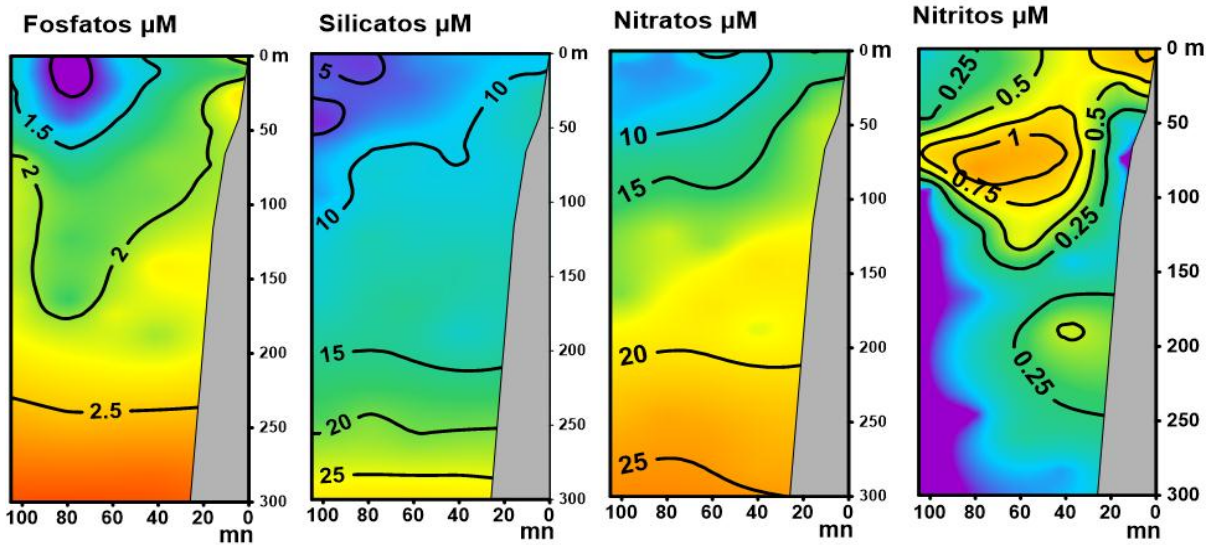


Figura 3.2.5.8. Distribución vertical de: a) fosfatos (μM), b) silicatos (μM), c) nitratos (μM), d) nitritos (μM) frente a Paita 1705. BIC. Fuente: IMARPE.

Chicama (17-18 Mayo 2017)

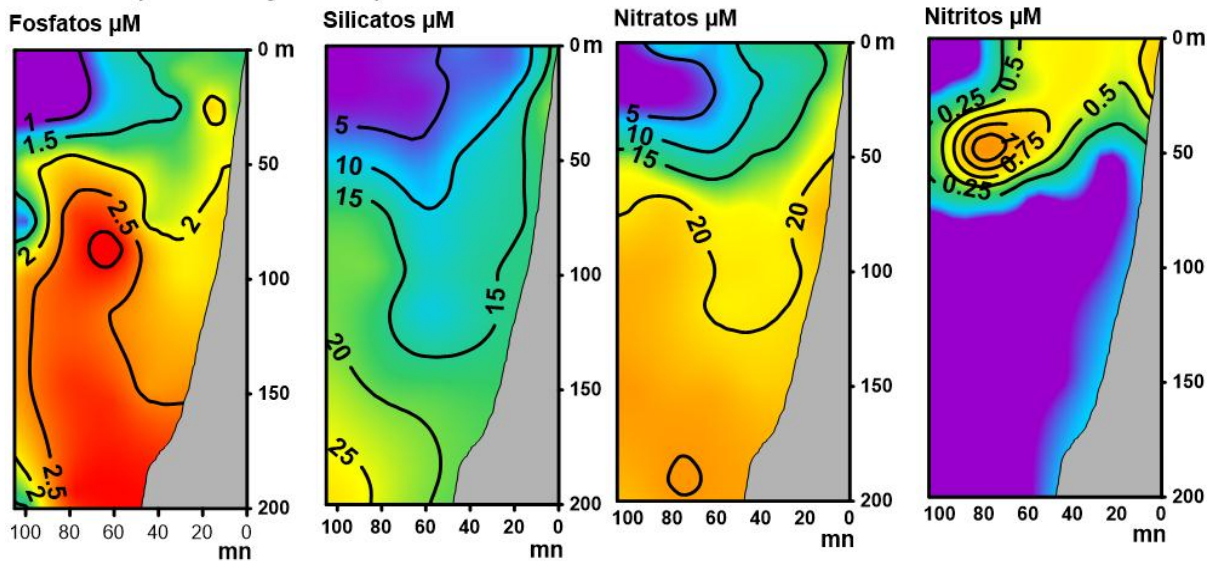


Figura 3.2.5.9. Distribución vertical de: a) fosfatos (μM), b) silicatos, c) nitratos y d) nitritos frente a Chicama. Monitoreo Bio-Oceanográfico frente a Chicama y Paita 1705. BIC. Fuente: IMARPE.

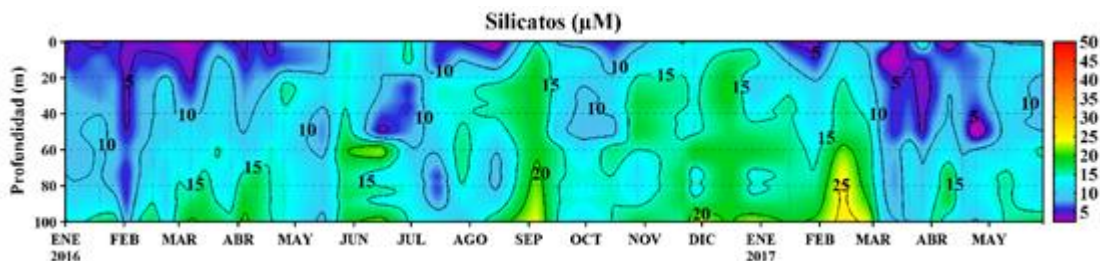


Figura 3.2.5.10. Series de tiempo de silicatos (μM) en la estación fija Paita de enero de 2016 a mayo de 2017.

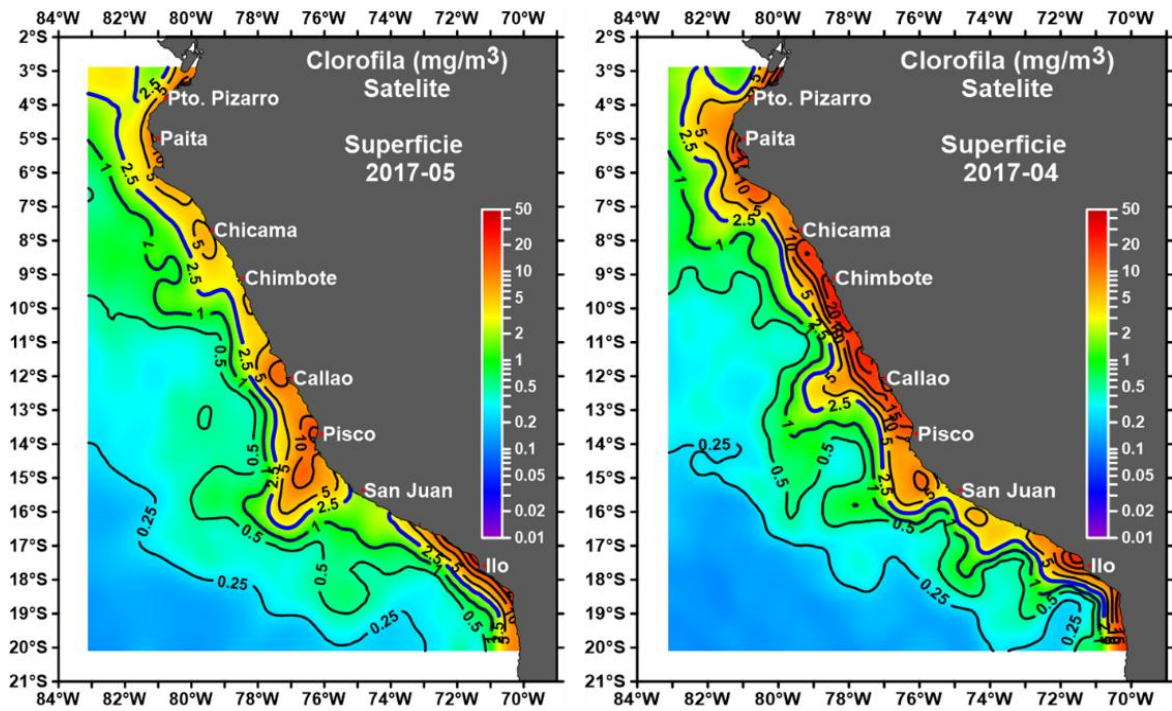


Figura 3.2.6.1. Distribución espacial de la clorofila “a” frente a la costa peruana durante abril y mayo del 2017. Fuente: MODIS, Procesamiento: IMARPE.

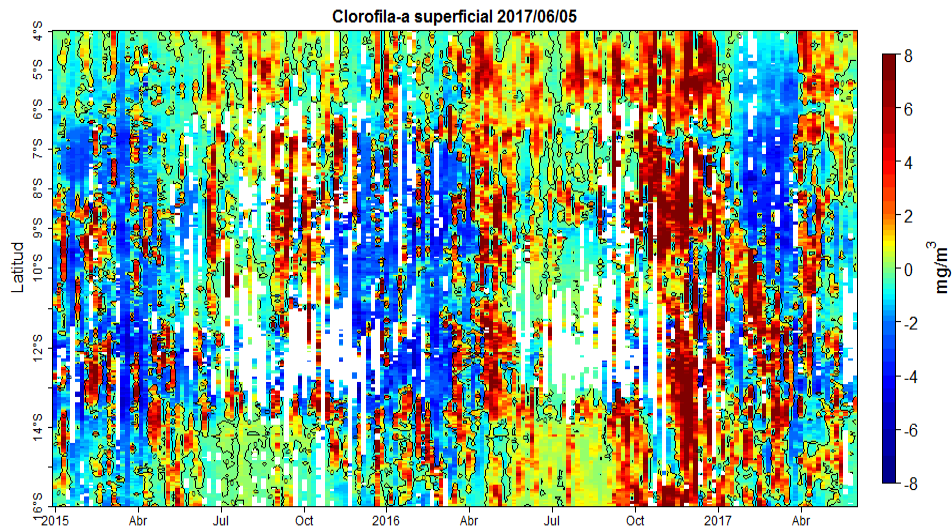
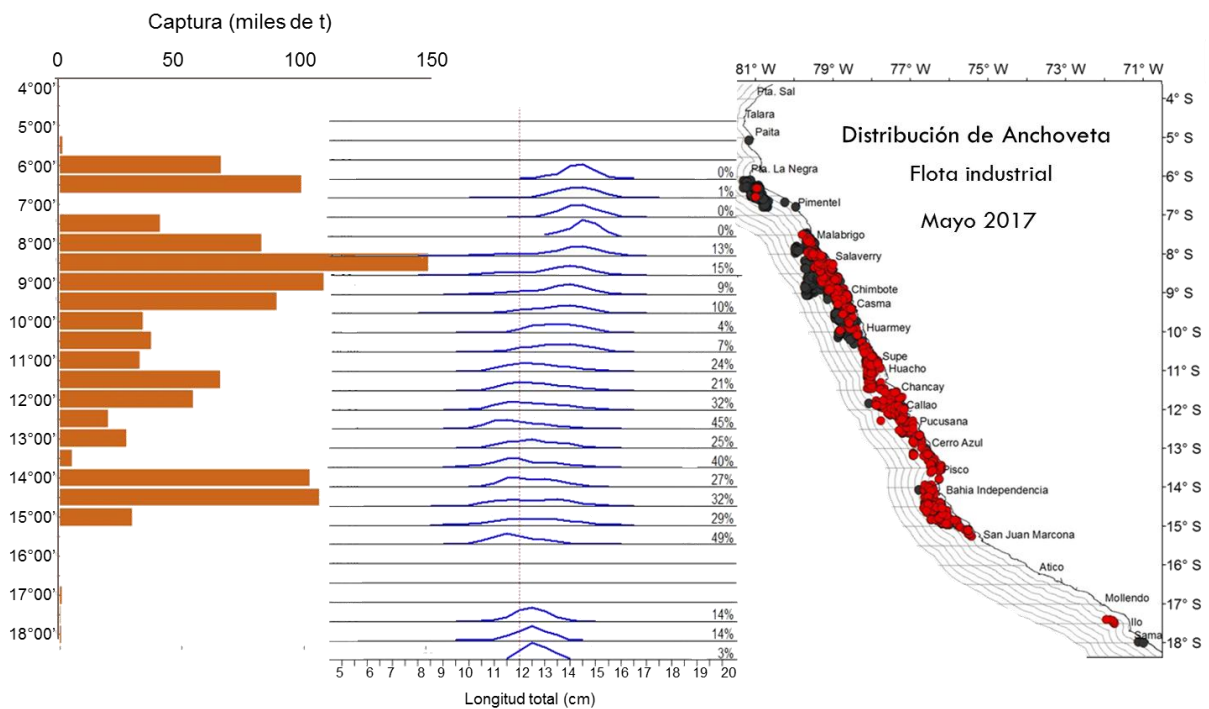
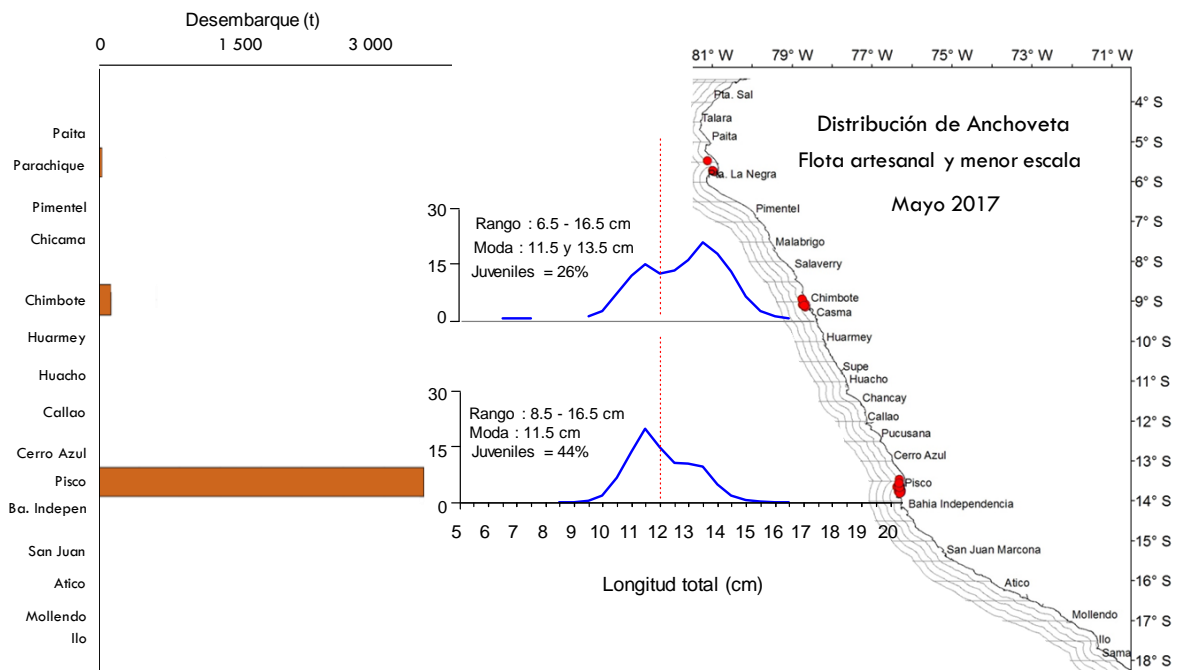


Figura 3.2.6.2. Diagrama Hovmöller de las anomalías pentadales de clorofila-a superficial entre los 04°S y 16°S (0-100km). Fuente: MODIS, Procesamiento: IMARPE.



(a)



(b)

Figura 3.2.7.1. Captura, estructura de tallas y distribución de anchoveta por la flota industrial (a) y correspondiente a la pesca de menor escala y artesanal (b) durante la primera temporada de pesca 2017. Mayo. Fuente: AFIRNP.

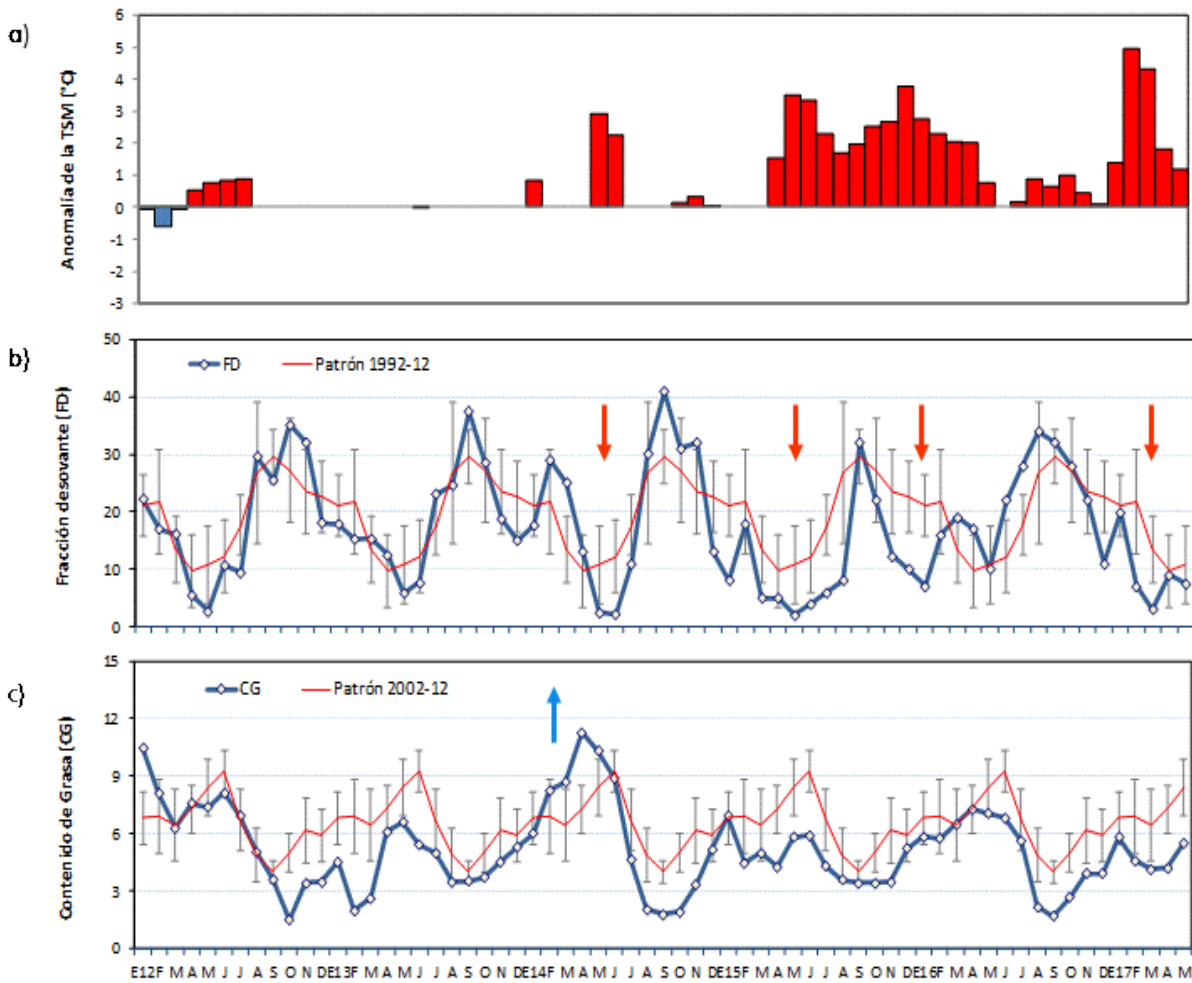
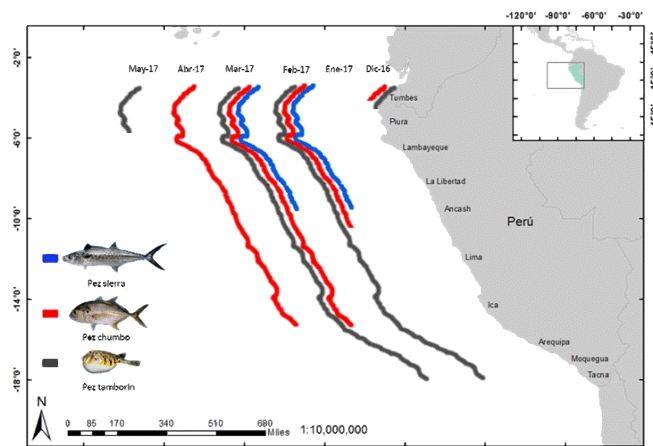
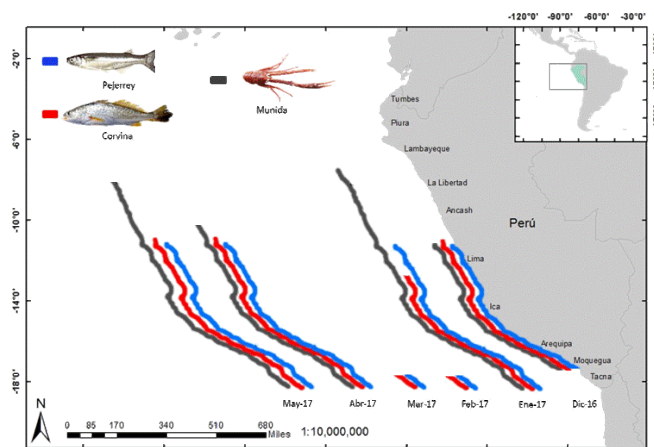


Figura 3.2.7.2. Efecto de los cambios oceanográficos en la biología de anchoveta, a) Anomalía de la temperatura de mar (ATSM) de la estación Chicama, b) Fracción Desovante (FD) y c) Contenido Graso del stock norte – centro de anchoveta. Serie mensual: Enero 2012 – Mayo 2017. Fuente: LBR/IMARPE.



(a)



(b)

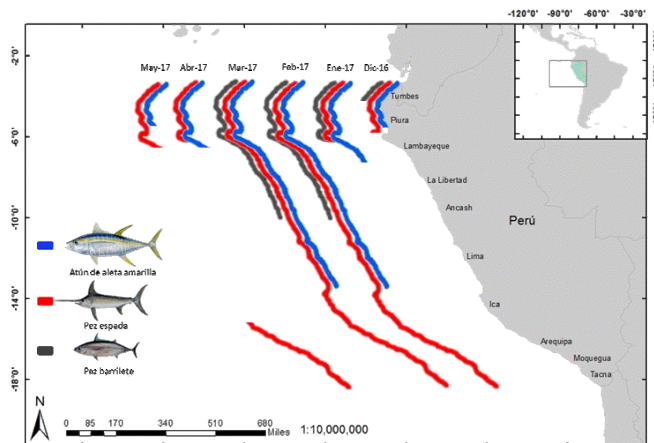


Figura 3.2.7.3. Cambios mensuales en la distribución latitudinal de especie indicadoras de aguas tropicales/ecuatoriales (a), aguas costeras frías (b), y aguas oceánicas (c) durante mayo 2017. Fuente: AFIB, Bitácoras de Pesca/AFDPERP y Seguimiento de las pesquerías (AFIRNP y AFIPDBL).

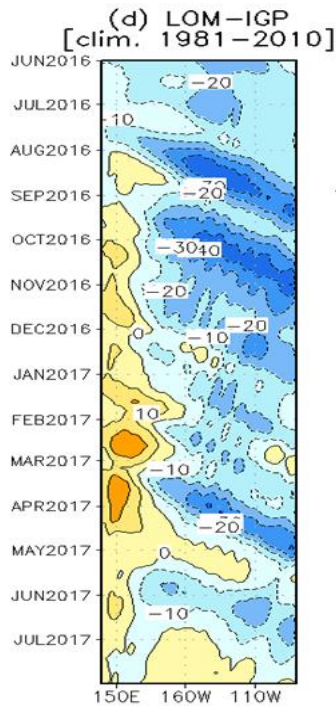


Figura 4.2.1 Diagrama Hovmöller longitud-tiempo mostrando las simulaciones de las ondas Kelvin en el Océano Pacífico ecuatorial. Modelo oceánico lineal (LOM-IGP, suma de componentes Kelvin y Rossby).

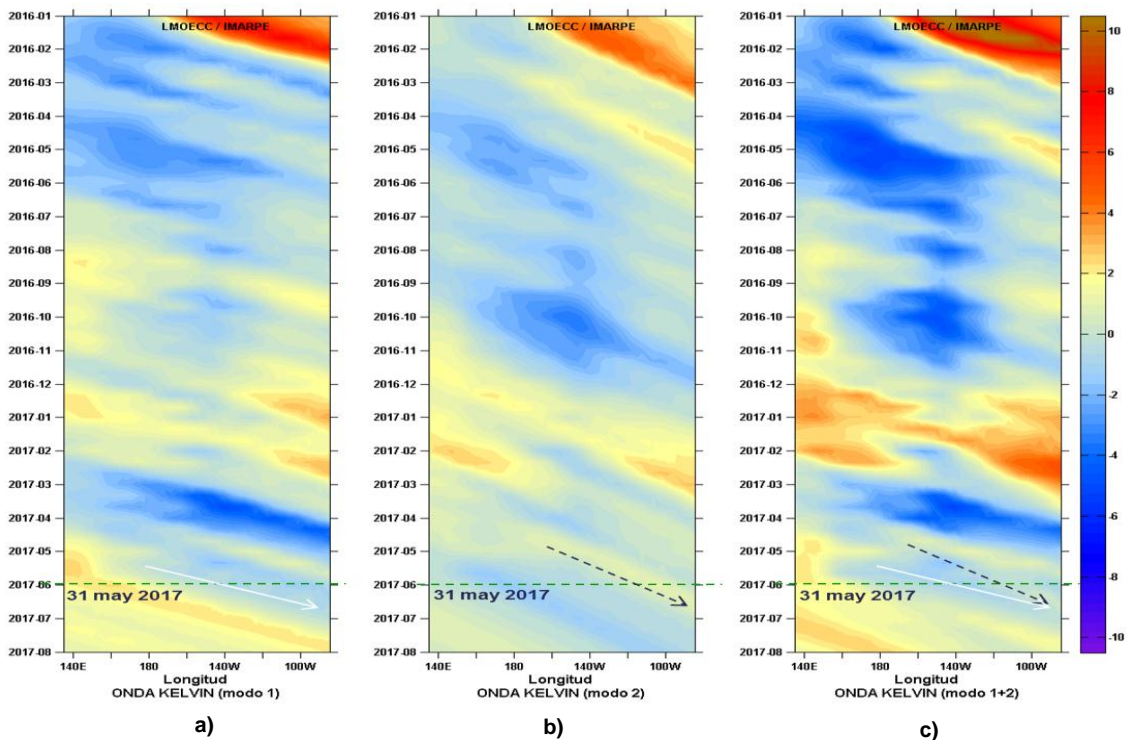


Figura 4.2.2. Diagrama Hovmöller longitud-tiempo de las ondas Kelvin en el océano Pacífico ecuatorial (0°N): (a) Modo 1, (b) Modo 2, (c) Modos 1+2. La línea discontinua horizontal, en verde, indica el inicio del pronóstico sin el forzante de vientos. Fuente: IMARPE, forzado con vientos de NCEP (Figuras a-c).

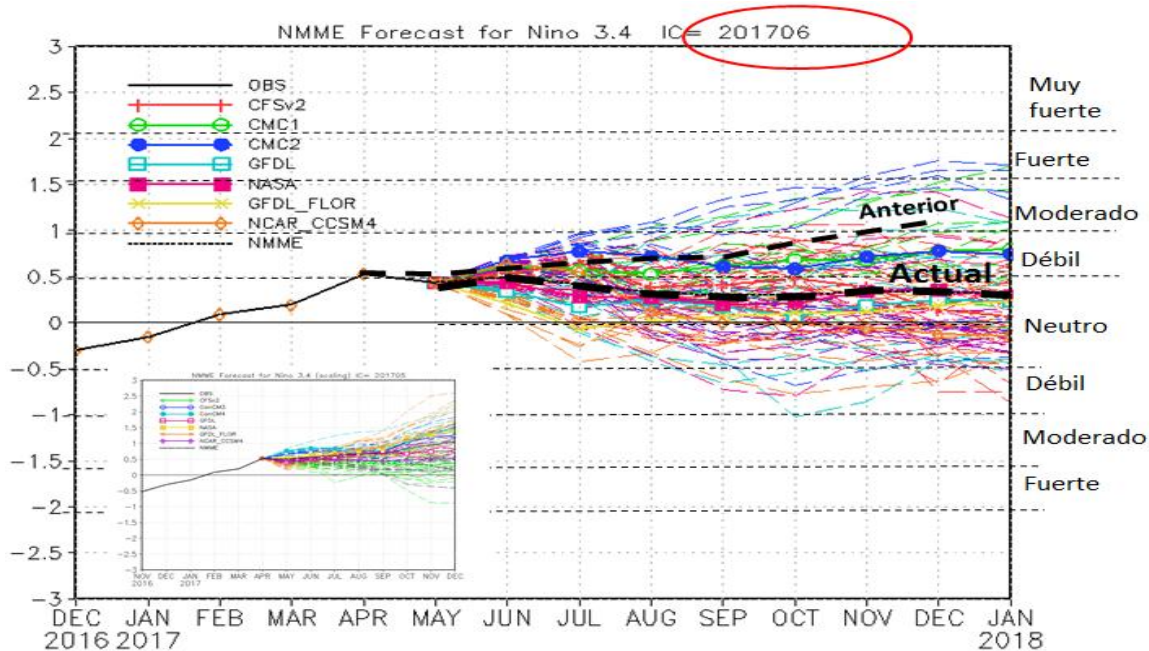


Figura 4.2.3. Índice Niño 3.4 mensual observado y pronosticado por los modelos de NMME. Fuente: CPC/NCEP/NOAA.

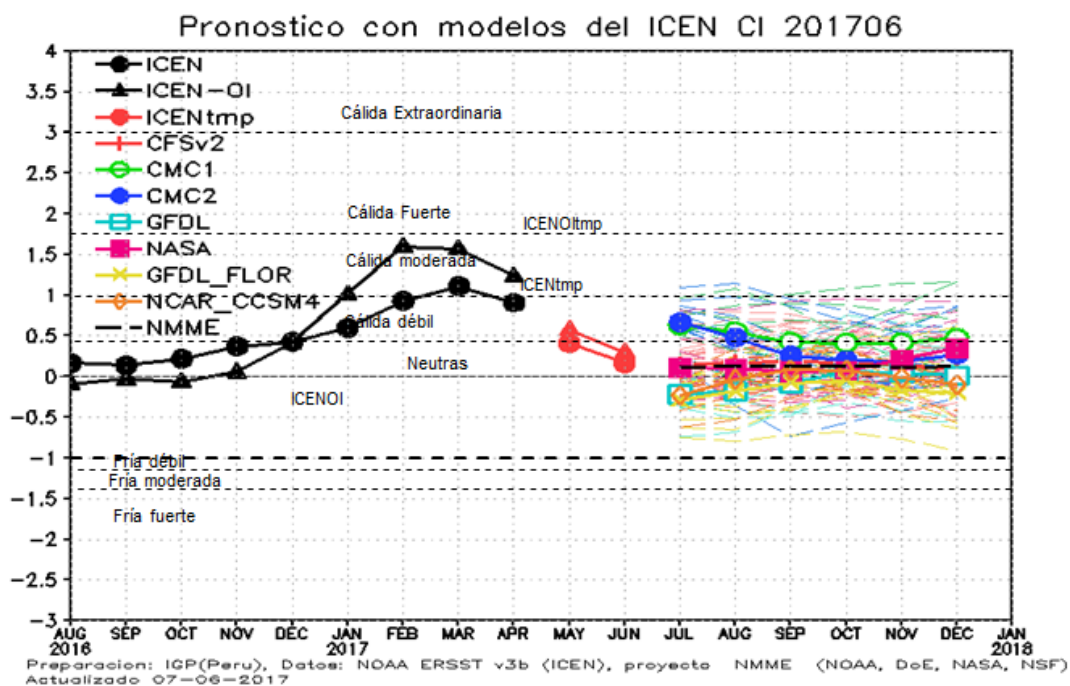


Figura 4.2.4. Índice Costero El Niño (ICEN, negro con círculos llenos) y su valor temporal (ICENtmp, rojo con círculo lleno). Además, pronósticos numéricos del ICEN (media móvil de 3 meses de las anomalías pronosticadas de TSM en Niño 1+2) por diferentes modelos climáticos. Los pronósticos de los modelos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

Zona	Reservorio	Fecha Reporte	Departamento de Influencia	Capacidad Hidráulica (hm ³)		Capacidad Hidráulica Almacenada (%)
				Útil	Almacenada	
Costa - Norte	Poechos	08-jun	Piura	396.1	387.3	97.8
	San Lorenzo	08-jun	Piura	193.0	192.9	99.9
	Tinajones	08-jun	Lambayeque	319.0	331.3	100.0
	Gallito Ciego	08-jun	La Libertad	366.0	366.6	100.0
Costa - Centro	Viconga	07-jun	Lima	30.0	30.0	100.0
Costa - Sur	Choclococha	07-jun	Ica	131.1	122.2	93.2
	Condorama	08-jun	Arequipa	259.0	255.8	98.8
	El Pañe	08-jun	Arequipa	99.6	93.8	94.1
	Dique Los Españoles	08-jun	Arequipa	9.1	1.6	17.7
	Pillones	08-jun	Arequipa	78.5	79.7	100.0
	El Frayle	08-jun	Arequipa	127.2	123.5	97.0
	Aguada Blanca	08-jun	Arequipa	30.4	19.4	63.8
	Chalhuanca	08-jun	Arequipa	25.0	22.5	89.9
	Bamputañe	08-jun	Arequipa	40.0	30.9	77.4
	Pasto Grande	08-jun	Moquegua	175.0	86.4	49.3
	Paucarani	01-jun	Tacna	10.5	6.9	65.5
	Laguna Aricota	08-jun	Tacna	260.0	193.0	74.2
	Jarumas	31-may	Tacna	12.5	12.5	100.0
	Sierra - Centro	Cuchoquesera	07-jun	Ayacucho	60.0	80.0
Sierra - Sur	Lagunillas	06-jun	Puno	500.0	458.0	91.6
	Sibinacocha	08-jun	Cusco	110.0	91.7	83.4

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

Mes	ONI	Categoría
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
04/2017	0.41	Neutra

La Niña en el Pacífico Central duró hasta diciembre →

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

Mes	ONItmp	Categoría
05/2017	0.51*	Cálida Débil
06/2017	0.50**	Neutra

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

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

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

Valores del **ICENOI**

Mes	ICENOI	Categoría
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
04/2017	1.24	Cálida Moderada

Mes	ICENOItmp	Categoría
05/2017	0.58*	Cálida Débil
06/2017	0.30**	Neutra

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

** Se usaron los datos de may. 2017 (SST-OI), Jun. Y Jul 2017 (NMME)
NMME CI 2017 06

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

Estación	ATSM (°C)					ANMM (cm)				
	2017					2017				
	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.
Talara	1.0	3.0	4.3	0.0	-0.1	4	8	14	10	7
Paita	2.4	4.6	5.7	2.3	1.4	6	11	15	10	8
Isla Lobos de Afuera	0.7	4.2	5.8	2.1	0.0	3	7	11	8	4
Salaverry	0.0	4.5	5.5	1.7	1.0	-	-	-	-	-
Chimbote	-0.2	2.6	4.4	1.4	0.7	1	7	11	9	4
Callao	0.2	1.9	2.9	1.8	1.1	-1	1	4	3	1
San Juan	0.5	0.6	0.9	0.6	1.4	5	3	7	6	6
Mollendo	-0.2	-1.3	-0.1	0.3	1.7	-	-	-	-	-
Matarani	-	-	-	-	-	1	-1	0	1	-1
Ilo	0.1	-0.6	0.0	0.3	0.7	-	-	-	-	-

Tabla 4.2.1 Pronósticos de ONI por modelos de NMME (promedios trimestrales de los pronósticos de las anomalías en Niño 3.4).

Modelo	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDE
CFS2		0.18	0.14	0.17	0.19	0.17	0.14	0.09
CMC1		0.56	0.63	0.55	0.43	0.41	0.41	0.48
CMC2		0.63	0.67	0.48	0.26	0.20	0.19	0.27
GFDL		-0.03	-0.22	-0.18	-0.08	0.05	0.05	0.01
NASA		0.13	0.11	0.10	0.06	0.07	0.21	0.35
GFDL_FLOR		-0.12	-0.29	-0.18	-0.07	-0.05	-0.16	-0.20
NCAR_CCISM4		-0.14	-0.23	-0.03	0.08	0.08	-0.01	-0.10
NMME		0.17	0.12	0.13	0.12	0.13	0.12	0.13
ICENTmp	0.41							

Tabla 4.2.2 Pronósticos de ICEN por modelos de NMME (promedios trimestrales de los pronósticos de las anomalías en Niño 1+2).

Modelo	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDE
CFS2		0.61	0.50	0.47	0.42	0.42	0.32	0.17
CMC1		0.60	0.57	0.57	0.62	0.67	0.73	0.77
CMC2		0.69	0.72	0.70	0.63	0.63	0.69	0.75
GFDL		0.37	0.26	0.21	0.17	0.14	0.16	0.22
NASA		0.42	0.29	0.22	0.21	0.25	0.31	0.33
GFDL_FLOR		0.25	0.04	-0.03	-0.01	0.01	0.04	0.09
NCAR_CCSM4		0.59	0.42	0.20	0.01	-0.04	-0.08	-0.12
NMME		0.50	0.40	0.33	0.29	0.30	0.31	0.32
ONItmp	0.51							

ENFEN
Callao, junio de 2017.
Lima-Perú