

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



**INFORME TÉCNICO ENFEN**

**Año 1 N°2**

---

**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:*

Calm. (R) Germán A. Vásquez Solís Talavera  
Presidente del Consejo Directivo, Instituto del Mar del Perú (IMARPE)

*Vice-Presidente:*

Dr. Ronald Woodman Pollitt  
Presidente Ejecutivo, Instituto Geofísico del Perú (IGP)

Ing. Amelia Díaz Pabló  
Presidente Ejecutiva, Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI)

Calm. Rodolfo Sablich Luna-Victoria  
Director de Hidrografía y Navegación de la Marina de Guerra del Perú (DHN)

Ing. Juan Carlos Sevilla Gildemeister  
Jefe, Autoridad Nacional del Agua (ANA)

Gral. de Div (R) Alfredo Murgueytio Espinoza  
Jefe, Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI)

**Comité Técnico ENFEN**

*Coordinador:* Ken Takahashi (IGP)

IMARPE: Marilú Bouchón, Luis Vásquez, Carlos Quispe, Cecilia Peña, Octavio Morón,  
David Correa, Dante Espinoza, José Salcedo

DHN: Gustavo Laos, Rina Gabriel, Roberto Chauca

SENAMHI: Grinia Avalos, Juan Bazo, Miguel Saavedra, Allan Llacza

IGP: Ken Takahashi, Kobi Mosquera

ANA: Gustavo Galindo, Sigfredo Fonseca

INDECI: Marcial García Blásquez, Lourdes Gómez

**Año: 1**

**Redacción del informe:** Comité Técnico ENFEN

**Edición y Producción:** C. Grados (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). 2015.  
Informe Técnico ENFEN. Año 1, N°2, Mayo de 2015, 52 p.

El Informe Técnico ENFEN de Mayo 2015 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](mailto:st_enfen@imarpe.gob.pe).

# DIAGNÓSTICO CLIMÁTICO Y PREVISIÓN DE EL NIÑO-OSCILACIÓN DEL SUR EN EL PERÚ

Análisis mensual de los impactos de El Niño-Oscilación del Sur en las condiciones meteorológicas, oceanográficas, biológico-pesqueras e hidrológicas del mes de Mayo de 2015 en el Perú y las perspectivas de variabilidad.



## PRESENTACIÓN

---



Calm (R) Germán Vásquez Solís Talavera  
Presidente del Comité Multisectorial ENFEN  
Presidente del Consejo Directivo del IMARPE

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 actualmente en la primera y tercera semana de cada mes en períodos de contingencia como el actual, así como una versión extendida “Informe Técnico”. Este último documento que me complace presentar, incorpora ahora nuevos elementos de información 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,



Calm (R) Germán Vásquez Solís Talavera

# TABLA DE CONTENIDOS

---

	<u>Página</u>
I Sumario: Comunicado Oficial ENFEN	6
II Diagnóstico y Previsión Climática: Informe Técnico ENFEN	9
1. Resumen	10
2. Condiciones observadas en Mayo 2015	11
2.1 Temperatura superficial del aire y del mar en la costa peruana	11
2.2 Precipitaciones e hidrología en la vertiente del Pacífico	12
2.3 Nivel del mar y temperaturas subsuperficiales frente a la costa peruana	12
2.4 Circulación atmosférica en el Pacífico sudoriental	13
2.5 Circulación atmosférica y temperatura superficial en el Pacífico ecuatorial	14
2.6 Dinámica oceánica en el Pacífico ecuatorial	15
2.7 Recursos pesqueros e indicadores biológicos	15
3. Perspectivas	16
3.1 A corto plazo (semanas)	16
3.2 A mediano plazo (hasta 3 meses)	17
3.3 A largo plazo (más de 3 meses)	18
4. Conclusiones	19
5. Referencias	19
Figuras	21
2.1.1. Anomalías de las temperaturas extremas del aire (°C) en la costa peruana de enero 2014 a mayo de 2015: a) Temperatura máxima y b) Temperatura mínima. Fuente: SENAMHI.	21
2.1.2. Series de tiempo diarias de a) Temperatura superficial del mar (°C) y b) Nivel medio del mar (m) en el litoral peruano durante el mes de mayo de 2015. Fuente: DHN.	22
2.1.3. Series diarias de las anomalías de TSM registradas en las estaciones costeras del IMARPE. Procesamiento: IMARPE	22
2.1.4. Distribución espacial de las anomalías de la temperatura superficial del mar (°C) frente a Perú cada 3 días en mayo del 2015. Datos: NOAA-AVHRR-OI-v2. Procesamiento: IMARPE.	23
2.1.5. Anomalías de la temperatura superficial del mar (°C) en el océano Pacífico oriental para los días a) 5 de mayo, b) 10 de mayo, c) 16 de mayo, d) 20 de mayo, e) 25 de mayo y f) 31 de mayo de 2015. La línea sólida en color azul indica el límite externo de la región Niño 1+2. Datos: NCDC/NCEP/NOAA. Procesamiento: DHN.	24
2.1.6. a) Temperatura superficial del mar (°C) y b) su anomalía en la región Niño 1+2 según los datos de infrarrojo (negro; NOAA Daily OI SST v2 AVHRR) y de microondas (rojo; RSS Microwave OI SST v4.0). Procesamiento: IGP.	25

	<u>Página</u>
2.1.7. Anomalía de TSM (°C) para el periodo 29-31 de mayo de 2015 según los datos de: a) Infrarrojo, y b) Microondas. Fuente: NOAA Daily OI SST v2 AVHRR, y RSS Microwave OI SST v4.0, respectivamente. Procesamiento: IGP.	26
2.1.8. Diferencia entre los estimados de TSM ((°C); IR menos MW) para: a) 1, b) 15 y c) 31 de mayo 2015. Procesamiento: IGP.	26
2.2.1. Serie de tiempo de los caudales (m <sup>3</sup> /s) de los ríos a) Tumbes, b) Chira y c) Chancay-Lambayeque, en la zona norte de Perú. Fuente: ANA.	27
2.2.2. Precipitación acumulada (mm/mes) estimada por satélite TRMM durante: a) Mayo, b) Climatología multianual para mayo. Datos: TRMM NCEP/NOAA. Procesamiento: SENAMHI.	28
2.3.1. Diagrama de Hovmöller para la franja de 40 km de la anomalía de la altura del nivel medio del mar (cm) al 27 de mayo de 2015. Datos: AVISO. Procesamiento: IMARPE.	28
2.3.2. Series de tiempo de: a) Temperatura (°C), b) Salinidad (ups), y c) Oxígeno (mL/L) para la estación oceanográfica fija frente a Paita para el periodo del 30 de marzo de 2014 al 28 de mayo de 2015 y d) Anomalías de temperatura (°C) para el período climatológico 1981-2010 para el punto fijo Paita. Fuente: IMARPE.	29
2.3.3. Series de tiempo de: a) Temperatura (°C), b) Salinidad (ups), y c) Oxígeno (mL/L) para la estación oceanográfica fija frente a Chicama. Fuente: IMARPE.	30
2.3.4. Distribución vertical de a) Temperatura (°C), b) Salinidad (ups), c) Corrientes Marinas (cm/s) y d) Oxígeno (mL/L) frente a Paita. Fuente: IMARPE.	31
2.3.5. Estructura vertical de: a) Anomalías de temperatura (°C), b) Anomalías de salinidad (ups) para la sección hidrográfica frente a Paita realizada el 16-17 de mayo 2015. Fuente: IMARPE.	31
2.3.6. Distribución vertical de: a) Temperatura (°C), b) Salinidad (ups), y c) Oxígeno (mL/L) frente a Chicama. Fuente: IMARPE.	32
2.4.1. a) Velocidad del viento (m/s), b) Anomalía del viento (m/s), y c) Dirección del viento en la zona costera desde 0° hasta 20°S para el periodo de diciembre de 2014 a mayo de 2015. Fuente: ASCAT. Procesamiento: IMARPE.	33
2.4.2. Análisis de la presión atmosférica a nivel medio del mar para mayo del 2015. a) Promedio de la presión a nivel del mar, b) Anomalía de la Presión a nivel del mar. Datos: NCEP/NOAA. Procesamiento: SENAMHI.	34
2.4.3. Análisis de la presión atmosférica (hPa) a nivel medio del mar para mayo del 2015. Datos: Reanálisis de NCEP/NCAR. Procesamiento: SENAMHI.	35
2.5.1. Promedio de anomalías de la temperatura superficial del mar (°C) en el océano Pacífico tropical del 3 de mayo al 30 de mayo de 2015. Fuente: IMARPE.	36
2.5.2. a) Anomalías de la temperatura superficial del mar (°C) en el océano Pacífico ecuatorial (5°N-5°S), b) Anomalías de la temperatura superficial del mar (°C) en las regiones Niño de junio de 2014 a mayo de 2015. Fuente: NCEP/NOAA.	36
2.5.3. Evolución del Índice de Oscilación Sur. Se considera una media móvil cada 30 días. Fuente: Bureau of Meteorology, Australia.	37
2.5.4. Análisis de anomalías del viento (m/s): a) 850 hPa y b) 200 hPa. Datos: NCEP/NOAA. Procesamiento: SENAMHI.	37
2.5.5. Diagrama Hovmöller de anomalías de radiación de onda larga (W/m <sup>2</sup> ). Datos: NCEP/NOAA.	38

	<u>Página</u>
2.5.6. Diagrama Hovmöller de anomalía del viento zonal a 850 hPa para el mes de mayo del 2015. Datos: CDAS (al 29 de mayo). Procesamiento: SENAMHI.	38
2.5.7. Análisis de la circulación atmosférica ecuatorial (E-O). Fuente: NCEP-NOAA. Procesamiento: SENAMHI.	39
2.5.8. Índices de anomalías mensuales de: a-d) Temperatura superficial del mar en las regiones Niño, e) Esfuerzo de viento zonal en el Pacífico central, y f) Índice de Oscilación Sur. Los valores de mayo se indican en rojo. Preparación: IGP.	40
2.6.1. Diagrama longitud-tiempo de las anomalías de esfuerzo de viento zonal ecuatorial basado en los datos de: a) Escaterómetro ASCAT, b) Anomalía de la profundidad de la isoterma de 20°C (datos de TAO), c) Derivadores Argo, d) Nivel del mar de JASON-2, e) Anomalía de la profundidad de la termoclina calculada con el modelo LOM-IGP (forzado por ASCAT, y $\tau_{\text{aux}}=0$ para el pronóstico). Las líneas diagonales en color plomo (rojo) representan una propagación hacia el este con velocidad de 2.7 m/s (2.1 m/s) para la onda de nivel del mar (la termoclina). Datos: ASCAT, TAO/TRITON, Argo, JASON-2. Procesamiento: IGP.	41
2.6.2. Anomalías de la temperatura sub-superficial del mar (°C) en el océano Pacífico ecuatorial entre los 2°N y 2°S promediadas cada cinco días finalizando los días a) 6 de mayo, b) 11 de mayo, c) 16 de mayo, d) 21 de mayo, e) 26 de mayo y f) 31 de mayo de 2015. Fuente: TAO/NOAA.	42
2.7.1. Desembarque diario de anchoveta: a) Región Norte-Centro, b) Región Sur. Periodo: 01 de enero al 31 de mayo de 2015. Fuente: IMARPE .	43
2.7.2. Estructura vertical de: a) Fosfatos ( $\mu\text{M}$ ), b) Nitratos ( $\mu\text{M}$ ) en la estación fija Paita de marzo 2014 a mayo 2015. Fuente: IMARPE.	43
2.7.3. Estructura vertical de: a) Silicatos ( $\mu\text{M}$ ), b) Fosfatos ( $\mu\text{M}$ ), c) Clorofila ( $\mu\text{L}$ ) en la estación fija Paita de marzo 2014 a mayo 2015. Fuente: IMARPE.	44
2.7.4. Distribución de la flota industrial de anchoveta. a) mensual y b) semanal. Fuente: IMARPE.	45
2.7.5. Estructura de tamaños de anchoveta. Mayo 2015. Fuente: IMARPE.	45
2.7.6. Serie mensual de las anomalías de los indicadores reproductivos: a) Índice gonadosomático (IGS), b) Factor de condición del stock norte – centro de anchoveta. Enero 2014 – mayo 2015. Fuente: IMARPE.	46
2.7.7. Distribución de otras especies durante mayo 2015. Fuente: IMARPE.	47
2.7.8. Distribución de caballa durante mayo 2015. Fuente: IMARPE.	47
3.1.1. Diagrama Hovmöller longitud-tiempo de las ondas Kelvin en el océano Pacífico ecuatorial (0°) simuladas por un modelo oceánico lineal forzado con vientos de NCEP: a) Modo 1, b) Modo 2, c) Modos 1+2 y d) Anomalías de la altura dinámica (db.dyn cm) en el Pacífico ecuatorial (2°S y 2°N). La línea discontinua horizontal, en verde, indica el inicio del pronóstico sin el forzante de vientos. Fuente: NOAA.	48
3.2.1. Índice Niño 3.4 mensual observado y pronosticado por los modelos de NMME. Fuente: CPC/NOAA.	49
3.2.2. Índice Costero El Niño (ICEN, círculos llenos en color negro) y su valor temporal (ICEN tmp, círculo lleno en color rojo). Además, pronósticos numéricos del ICEN (media móvil de 3 meses de las anomalías pronosticadas de TSM en la región Niño 1+2) por diferentes modelos climáticos. Las líneas entrecortadas corresponden a los miembros de los "ensembles". Los pronósticos de los modelos CFSv2, CMC1, CMC2, GFDL, NASA y NCAR tienen como condición inicial el mes de mayo de 2015. El modelo ECMWF tiene como condición inicial el mes de abril de 2015. Fuente: IGP, NOAA, proyecto NMME, ECMWF.	49

## Tablas

2.1.1. Anomalías mensuales de la temperatura superficial del mar (°C) y del nivel medio del mar (cm) de enero de 2015 a mayo de 2015. Los números en color rojo indican anomalías positivas. Fuente: Estaciones costeras – DHN.	50
2.1.2. Valores del Índice Costero El Niño (ICEN) de agosto de 2014 a abril de 2015. Fuente: IGP.	50
2.2.1. Volumen de agua almacenado en los principales reservorios. Fuente: ANA	51
2.5.1. Anomalías semanales (centrados en los días 6, 13, 20 y 27 de mayo 2015) y mensuales (de abril de 2014 a mayo de 2015) de la temperatura superficial del mar (°C) en las regiones Niño. Los números en color rojo indican anomalías positivas. Fuente: NCEP/NOAA.	52

I  
**SUMARIO**  
COMUNICADO OFICIAL ENFEN

## ESTADO DEL SISTEMA DE ALERTA DE ENOS: Alerta de El Niño Costero<sup>1</sup>

El Comité Multisectorial ENFEN mantiene el estado de Alerta observando condiciones de un evento El Niño costero. Se espera que este evento alcance una magnitud entre moderada y fuerte en el invierno.

El Niño podría extenderse hasta fin de año aunque con magnitud aún incierta.

Durante el otoño e invierno no se esperan intensas lluvias en la costa, pero sí temperaturas por encima de lo normal. Los indicadores de la biología de la anchoveta indican que este recurso no ha sido impactado por El Niño.

Este estado del sistema de alerta podrá ser revisado y modificado de acuerdo a cómo se desarrollen las condiciones.

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 de la primera quincena del mes de mayo.

A lo largo del litoral, en promedio durante mayo, la temperatura superficial del mar (TSM) y las temperaturas extremas del aire (máximas y mínimas) estuvieron por encima de lo normal, con anomalías entre +1° y +4,5°C. Las anomalías de la TSM fueron mayores frente a la costa norte, alcanzando +3,7°C en Paita, y mostrando un valor en la región Niño 1+2 de +2,4°C. El valor del Índice Costero El Niño (ICEN, región Niño 1+2) para abril es de 0,68°C, correspondiente a condiciones cálidas débiles, mientras que el último estimado para mayo corresponde a condiciones cálidas moderadas<sup>2</sup>.

Se observó la continuación de las anomalías cálidas en casi todo el Pacífico ecuatorial, presentando actividad convectiva<sup>3</sup> la primera quincena de mayo, con magnitud similar a la observada en la primera quincena de marzo del 2015, así como la continuación de anomalías del oeste durante el resto del mes, extendiéndose hacia el Pacífico oriental.

Asociado a la onda Kelvin cálida generada en marzo, el promedio mensual del nivel medio del mar estuvo entre 10 y 20 cm por encima de lo normal a lo norte. La estación oceanográfica a 5 mn frente a Paita muestra que la onda Kelvin estuvo presente en la costa todo el mes, mostrando anomalías de temperatura alrededor de +4°C sobre los 80 m de profundidad, mientras que, en el perfil frente a Chicama, la termoclina<sup>4</sup> continuó más profunda que lo normal.

Con respecto a las lluvias y caudales en la costa norte del país, estas han ocurrido dentro de lo normal, aunque se notaron algunos picos puntuales en los caudales pero no muy intensos ya que mayo

<sup>1</sup> Definición de “Alerta de El Niño costero”: “Según las condiciones recientes, usando criterio experto en forma colegiada, el Comité ENFEN considera que el evento El Niño costero ha iniciado y/o el valor del ICEN<sub>tmp</sub> indica condiciones cálidas, y se espera que se consolide El Niño costero” (Nota Técnica ENFEN 01-2015).

<sup>2</sup> Las estimaciones satelitales NCEP OI SST de final de mayo presentaron una subestimación del orden de 2°C con respecto a los datos costeros, oceanográficos y de sensores satelitales de microondas.

<sup>3</sup> Actividad convectiva: Refiere a la presencia de sistemas atmosféricos de gran desarrollo vertical asociados a lluvia intensa.

<sup>4</sup> Termoclina: Capa oceánica donde de la temperatura disminuye rápidamente con la profundidad. La base de la termoclina se identifica mediante la isoterma de 15°C.

es el inicio de la temporada seca. Por otro lado, los reservorios en la costa norte y sur cuentan, en promedio, con almacenamiento al 94% y 63% de su capacidad máxima, respectivamente.

La anchoveta presentó un desplazamiento hacia el sur, distribuyéndose desde Chimbote (9°S) hasta Punta Infiernillos (15°S), así como entre Atico (16°S) y Morro Sama (18°S). Los indicadores de la biología de la anchoveta, indican que este recurso no ha sido impactado por El Niño costero, probablemente debido a la disponibilidad de nutrientes, que permite una mayor productividad primaria.

## PERSPECTIVAS

Se espera que la onda kelvin continúe su presencia en la costa hasta el mes de junio, lo cual mantendría las anomalías positivas de la temperatura superficial del mar y del aire, así como el medio del mar y la profundidad de la termoclina.

La onda Kelvin formada por el pulso de viento del oeste en la primera quincena de mayo arribará a nuestras costas a partir de mediados de junio y con el pico en julio, lo cual contribuirá a mantener las condiciones cálidas en la costa durante el invierno.

Durante otoño e invierno, el calentamiento costero no producirá efectos sustanciales en las precipitaciones por ser temporada seca, aunque no se descarta algún episodio de lluvias ligeras asociado a sistemas meteorológicos aislados en Tumbes y Piura.

Si continúa el acoplamiento entre las anomalías cálidas de la temperatura superficial y la convección atmosférica en el Pacífico ecuatorial occidental y central, persistirán las anomalías de vientos del oeste, generando nuevas ondas Kelvin cálidas, las que a su vez promoverán la persistencia de las condiciones cálidas en la costa en los siguientes meses.

Las corridas más recientes de los modelos climáticos continúan indicando que el evento El Niño costero tendría una magnitud entre moderado y fuerte (ICEN5, región Niño 1+2), con un máximo calentamiento alrededor de julio, mientras que para el Pacífico central (región Niño 3.4), los modelos globales pronostican la intensificación de las condiciones El Niño hacia fin de año con magnitudes que podrían exceder 2°C en los casos más extremos. Según esto, si bien el pronóstico para la región costera es incierto para fin de año, no se puede descartar que El Niño exceda una magnitud moderada. El pronóstico será más preciso a partir de agosto.

El Comité Multisectorial ENFEN continuará monitoreando e informando sobre la evolución de las condiciones observadas y actualizando las perspectivas.

**II**  
**Diagnóstico Climático y Previsión**  
**Informe Técnico ENFEN**

## 1. RESUMEN

En el mes de mayo, la temperatura superficial del mar (TSM) en el litoral peruano presentó anomalías positivas, superiores al mes anterior, con valores máximos en la costa norte, alcanzando +3,7 °C en Paita. Por fuera de las 40 millas náuticas (mn), se observaron núcleos superiores a +2,5°C en la TSM. Similarmente, la temperatura del aire registró valores sobre lo normal a lo largo del litoral, con anomalías entre +1° y +4,5°C.

El nivel medio del mar (NMM) en promedio se presentó entre +10 y +20 cm por encima de lo normal en toda la costa del Perú, particularmente en el norte. El NMM presentó un valor máximo (pico inicial) en la primera quincena de mayo de +25 cm en la costa norte. Asimismo se registraron anomalías de temperatura alrededor de +4°C entre la superficie y los 80 m de profundidad frente a Paita, así como la profundización de la termoclina en el perfil frente a Chicama. Estos dos hechos están asociados con la onda Kelvin generada en el mes de marzo<sup>5</sup>.

Los vientos a lo largo de la costa fueron ligeramente más fuertes que lo normal, probablemente como respuesta a la anomalía positiva de TSM frente a la costa del Perú. Adicionalmente, el Anticiclón del Pacífico Sur (APS) mostró una configuración zonal con un núcleo hacia el oeste (aprox. 120°W) con una intensidad de 1020 hPa y una anomalía de +2 hPa.

En el mes de mayo se registraron anomalías cálidas en todo el Pacífico ecuatorial, principalmente alrededor de la línea de cambio de fecha (región Niño 4). Esto favoreció la formación de nuevos pulsos de viento al oeste del Pacífico ecuatorial occidental-central en la primera quincena de mayo. Por otro lado, en el Pacífico oriental, el Índice Costero El Niño (ICEN, región Niño 1+2) de abril fue de 0.68°C, correspondiente a condiciones cálidas débiles, mientras que el valor estimado para mayo correspondió a condiciones cálidas moderadas.

En la costa norte, las lluvias y caudales se mantuvieron alrededor de lo normal, aunque a mediados de mayo se presentaron núcleos convectivos puntuales ocasionando lluvias y caudales no muy intensos, ya que mayo es el inicio de la temporada seca. Por otro lado, los reservorios de la costa norte y sur cuentan con almacenamiento al 94% y 63% de su capacidad máxima, respectivamente.

Durante el mes de mayo, la anchoveta mantuvo su distribución longitudinal dentro de las 20 mn al igual que en abril. Sin embargo, su distribución latitudinal se alteró por el ingreso de aguas cálidas en la zona norte.

Para el mes de junio se espera la continuación de anomalías positivas de la TSM, del aire y del NMM, como consecuencia del arribo de la onda Kelvin que se generó en la primera quincena de mayo. Asociado al calentamiento, no se esperan lluvias intensas en la costa por ser temporada seca.

Según las condiciones observadas, incluyendo el valor preliminar del ICEN (ICEN<sub>tmp</sub>) que -para mayo- corresponde a condiciones cálidas moderadas, así como los pronósticos de los modelos, indican que El Niño Costero se ha iniciado en abril de 2015, con duración estimada al menos hasta el invierno del presente año y con una magnitud entre moderada y fuerte. Esto estará asociado a temperaturas más elevadas que lo normal en la costa pero sin efecto en las precipitaciones por la estacionalidad. Por otro lado, no se descarta que El Niño costero y en el Pacífico central se extienda hasta el fin de año, con alta incertidumbre en la magnitud, sin descartar niveles entre débil y extraordinario.

<sup>5</sup>Comunicado Oficial ENFEN N°05-2015.

## 2. CONDICIONES OBSERVADAS EN MAYO 2015

### 2.1 Temperatura superficial del aire y del mar en la costa peruana

Durante el mes de mayo, en promedio, en gran parte de la franja costera del Perú se registraron anomalías positivas en las temperaturas extremas del aire por encima de  $+1^{\circ}\text{C}$  (Figura 2.1.1). La temperatura máxima del aire registró valores de hasta  $+4,3^{\circ}\text{C}$  en la estación de Huarney (Ancash), de  $+3,9^{\circ}\text{C}$  en el Aeropuerto Internacional (Lima), de  $+3,4^{\circ}\text{C}$  en Talara (Piura). Asimismo, las anomalías positivas de mayor magnitud de la temperatura mínima alcanzaron  $+4,2^{\circ}\text{C}$  en la estación Tacna (Tacna),  $+3,7^{\circ}\text{C}$  en la estación Huarney,  $+3,4^{\circ}\text{C}$  en la estación Talara,  $+3,3^{\circ}\text{C}$  en la estación Piura (Piura).

Las estaciones costeras de la DHN mostraron valores positivos de anomalías de TSM en la mayoría de ellas (Figura 2.1.2a). Las anomalías mensuales más altas se registraron en la costa norte, con valores de  $+3,7^{\circ}\text{C}$  (Paita),  $+3,0^{\circ}\text{C}$  (Talara),  $+2,5^{\circ}\text{C}$  (Callao),  $+2,2^{\circ}\text{C}$  en Islas Lobos de Afuera (Tabla 2.1.1). Esta información es consistente con los datos registrados por las estaciones costeras de IMARPE, cabe señalar que la estación de Pisco presentó anomalías negativas durante las últimas semanas, mientras que frente a Ilo no superaron  $+1^{\circ}\text{C}$  (Figura 2.1.3).

Frente a la costa norte del Perú, los datos de anomalía de TSM del producto NOAA Daily OI SST v2<sup>6</sup> (Reynolds et al., 2007), que combina mediciones satelitales infrarrojas (AVHRR) con mediciones *in situ*, mostraron el incremento gradual de condiciones cálidas, llegando a  $+4^{\circ}\text{C}$  en la tercera semana del mes (Figura 2.1.4). Adicionalmente se observaron varios núcleos de anomalías positivas ( $> +2^{\circ}\text{C}$ ) en zonas oceánicas, que se intensificaron hacia la tercera del mes: uno de mayor extensión ubicado entre los  $0^{\circ}$  y  $4^{\circ}\text{S}$  y otro de menor extensión de  $8^{\circ}$  a  $10^{\circ}\text{S}$ , en general asociados a una paulatina expansión de aguas con anomalías de  $+4^{\circ}\text{C}$  (Figura 2.1.4). Durante la última semana del mes, estos datos (NOAA Daily OI SST) mostraron un fuerte enfriamiento a lo largo de la costa del Perú, extendiéndose hasta 600 mn (Figuras 2.1.4, 2.1.5, 2.1.6), pero este enfriamiento es inconsistente con los datos costeros (ver arriba), el punto fijo de Paita y la sección oceanográfica en Chicama (sección 2.3). Esto se contrastó con otra estimación satelital de TSM basada solo en microondas (RSS Microwave OI SST v4.0<sup>7</sup>), que no es afectado por la nubosidad, la cual no presentó dicho enfriamiento sino más bien la persistencia de las anomalías cálidas, consistente con las observaciones (Figuras 2.1.6, 2.1.7). En mayo, las estimaciones infrarroja y microondas eran similares a inicios de mes, pero la diferencia aumentó fuertemente al final de mayo (Figura 2.1.8).

El ICEN, basado en la anomalía observada de TSM en la región Niño 1+2 ( $90^{\circ}\text{-}80^{\circ}\text{W}$ ,  $10^{\circ}\text{S-}0^{\circ}$ ), presentó un valor de  $+0,68^{\circ}\text{C}$  para abril del 2015, correspondiente a la condición cálida débil (ENFEN, 2012). Los valores temporales del ICEN (ICENtmp), basados parcialmente en los pronósticos de los modelos numéricos, son de  $+1,45^{\circ}\text{C}$  (condiciones cálidas moderadas) y  $+1,81^{\circ}\text{C}$  (condiciones cálidas fuertes), para los meses de mayo y junio 2015, respectivamente (Tabla 2.1.2).

**Discusión:** Según el ICEN (ENFEN, 2012), las condiciones climáticas en la costa peruana fueron cálidas débiles ( $0,68^{\circ}\text{C}$ ) en el mes de abril, mientras que el valor del ICENtmp de mayo fue cálido moderado. Entonces, de acuerdo con el nuevo sistema de alerta (ENFEN, 2015), el mes de mayo se mantiene el “estado de alerta de El Niño costero” iniciado en el mes de abril. El dato del ICEN confirma que el evento El Niño costero se inició en abril. Por otro lado, las anomalías de TSM, tempera-

<sup>6</sup> Fuente: <ftp://eclipse.ncdc.noaa.gov/pub/OI-daily-v2/NetCDF/2015/AVHRR>.

<sup>7</sup> Fuente: <http://www.remss.com/measurements/sea-surface-temperature/oisst-description>.

tura del aire, máximas y mínimas se mantuvieron positivas a lo largo de todo el litoral costero y la región costera. Con respecto al abrupto enfriamiento indicado por los datos de NOAA OI SST, debido a la inconsistencia con todos los demás datos y la falta de un mecanismo físico que lo explique, se concluye que estos datos fueron erróneos, posiblemente asociados a la presencia de nubosidad. Es necesario utilizar diferentes fuentes de datos de TSM, particularmente mediciones con microondas, para reducir la posibilidad de error.

## 2.2 Precipitaciones e hidrología en la vertiente del Pacífico

En la vertiente norte del Pacífico, al oeste de los Andes, las lluvias y caudales se mantuvieron alrededor de lo normal. A mediados y fines de mayo se presentaron núcleos convectivos puntuales ocasionando lluvias y caudales no muy intensos, debido al inicio de la temporada seca (Figura 2.2.1). Precipitaciones por encima de lo normal se presentaron en la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT), sur de Colombia, al noroeste del Perú (Figura 2.2.2).

Con respecto a los reservorios de la costa norte y sur, estas cuentan con almacenamiento al 94% y 63%, respectivamente. Las últimas lluvias registradas en la costa norte permitieron que el almacenamiento se mantenga similar al mes anterior. Sin embargo, en la costa sur, los reservorios han disminuido su almacenamiento debido a que las lluvias entraron en recesión por la estacionalidad. Se prevé que en el reservorio de Aguada Blanca, ubicado al sur de Arequipa, se tendrá déficit de agua ya que solo alcanzó el 23% de su capacidad al mes de mayo (Tabla 2.2.1).

**Discusión:** Las lluvias en la ZCIT fueron probablemente favorecidas por el incremento de la TSM en el Pacífico oriental. Por otro lado, debido a que las lluvias en la costa norte del Perú responden principalmente a valores absolutos de TSM (Woodman, 1999; Takahashi, 2004), a pesar de las anomalías positivas, el valor de la TSM absoluta registrado en el mes de mayo no fue favorable para intensas precipitaciones, aunque posiblemente propició que núcleos convectivos provenientes del hemisferio norte contribuyeran con lluvias puntuales.

## 2.3 Nivel medio del mar y temperaturas subsuperficiales frente a la costa peruana

A lo largo de la costa peruana, los datos mareográficos diarios de la DHN mostraron que las anomalías del NMM para el mes de mayo estuvieron por encima de lo normal, mostrando las mayores anomalías en la primera quincena del mes, con máximos de +24 cm y +25 cm para Talara y Paita, respectivamente (Figura 2.1.2 b). Durante los últimos días del mes, estas anomalías descendieron a lo largo del litoral peruano, a pesar de lo cual el promedio para el mes de mayo fue superior a +10 cm, con excepción de Mollendo (+6 cm) y Matarani, donde las anomalías fueron negativas (> -5 cm) (Figura 2.1.2 b y Tabla 2.1.1). Por otro lado, las estaciones de Talara, Paita, y Lobos de Afuera presentaron una ligera tendencia positiva en la última semana del mes (Figura 2.1.2 b).

El diagrama Hovmöller de anomalías de NMM basadas en altimetría satelital para la franja de 40 km (Figura 2.3.1), mostró valores positivos, alcanzando magnitudes mayores a +30 cm entre el 10 y 20 de mayo, principalmente al norte de 7°S, en cambio, al sur del Callao, no sobrepasaron valores de +10 a +15 cm.

La estructura térmica en el punto fijo Paita, continuó alterada en toda la columna de agua, alcanzando las máximas temperaturas (>23°C) alrededor del 10 de mayo, para disminuir ligeramente hacia fines de mes (Figura 2.3.2a), manteniendo anomalías mayores a +3°C sobre los 80 m de profundidad (Figura 2.3.2 d). La distribución halina mostró concentraciones homogéneas en la columna de agua entre 34.8 y 35 ups (Figura 2.3.2 b), consistentes con aguas de mezcla (AES, ASS y ACF<sup>8</sup>).

<sup>8</sup> AES: Aguas Ecuatoriales Superficiales, ASS: Aguas Subtropicales Superficiales, ACF: Aguas Costeras Frías.

Así mismo, se observó una columna de agua bien oxigenada, con concentraciones mayores a 2 mL/L hasta los 80 m (Figura 2.3.2 c). Con respecto al punto de fijo de Chicama, a fines del mes, la temperatura subsuperficial alcanzó valores mayores de 23°C sobre los 30 m de profundidad. La salinidad registrada en esta estación mostró el mismo comportamiento de Paita. Por otro lado, el oxígeno mantuvo un comportamiento similar a la temperatura, es decir profundización de iso-oxígenas y oxigenación en la columna de agua con presencia de la Zona Mínima de Oxígeno (ZMO) por debajo de los 100 m (Figura 2.3.3).

Los perfiles oceanográficos ejecutados por el IMARPE a mediados de mayo, mostraron una termoclina intensa (17°C-26°C) sobre los 100 m frente a Paita (Figura 2.3.4 a), más profunda que el mes pasado (Informe Técnico ENFEN N° 04-2015) con anomalías de hasta +8°C a 50 m de profundidad a partir de las 60 mn de la costa y de +4°C cerca de la costa (Figura 2.3.5 a). Sin embargo, en las capas subsuperficiales, se presentó un ascenso (aproximadamente de 30 a 40 m) de la isoterma de 15°C que se ubicó bajo la termoclina (Fig. 2.3.4a). La distribución halina presentó concentraciones consistentes con la presencia de aguas de mezcla entre los 60 y 150 m (Figura 2.3.4 b). Las anomalías halinas no mostraron muchos cambios, excepto por un núcleo con valores menores a -0.1 ups, consistente con la presencia de AES (Figura 2.3.5 b).

La circulación marina presentó dos flujos hacia el sur, 10 cm/s más débiles que el mes pasado, se ubicaron uno dentro de las 40 mn y el otro por fuera de las 70 mn, cuyo núcleo estuvo centrado alrededor de los 100 m de profundidad donde alcanzaron velocidades mayores a 30 cm/s. En cambio, los flujos al norte, se intensificaron respecto al mes de abril, presentando velocidades de más de 40 cm/s en su núcleo (Figura 2.3.4 c). Las iso-oxígenas de 3 y 4 mL/L mostraron una tendencia ascendente al acercarse a la zona costera, lo cual indicaría procesos de surgencia sobre los 50 m, en tanto, la ZMO (0,5 mL/L) se ubicó a 280 m de profundidad (Figura 2.3.4 d).

Con respecto a la sección de Chicama (Figura 2.3.6), la columna de agua se caracterizó por presentar una termoclina conformada por las isotermas de 17° a 22°C y ubicada sobre los 100 m; capa que mostró un fuerte incremento térmico en relación a lo observado en abril. Por otro lado, la isoterma de 15°C, al igual que en Paita, se hizo más somera (50 m más arriba) respecto al mes anterior debido a la intensificación de los flujos del sur. En promedio, las concentraciones de sales, indicaron procesos de mezcla sobre los 120 m por la interacción de las ACF, ASS y probablemente AES; en tanto, la columna de agua mostró una débil oxiclina y proyección a la superficie de las iso-oxígenas dentro de las 30 mn, lo cual indicaría la activación de los procesos de surgencia; la ZMO se encontró localizada por debajo de los 150 m.

Discusión: En conjunto, la información anterior indica que el núcleo de la onda Kelvin cálida formada en la primera quincena de marzo, arribó a nuestras costas a mediados de mayo, esto mantuvo las anomalías cálidas de la temperatura subsuperficial del mar, hasta +8°C frente a Paita (50 m) y +4°C en Chicama (por encima de los 150 m) e incremento en el NMM. Asimismo, pasada la quincena se registró la disminución del NMM y las capas subsuperficiales tendieron a la normalización. Por otra parte, el ascenso de la isoterma de 15°C, que podría haber estado asociada a la intensificación de la corriente Peruana, conllevó a que las anomalías por debajo de los 200 m fueran menores en casi 1°C respecto al mes pasado.

## **2.4 Circulación atmosférica en el Pacífico sudoriental**

Según los datos de vientos satelitales (ASCAT) durante mayo del 2015, la velocidad del viento frente y a lo largo de la costa peruana (hasta aproximadamente 40 km) varió entre 2 y 7 m/s; con vientos menores a 4 m/s al norte de los 4° S (Talara) y al sur de los 17° S (Atico), en cambio entre los 4° y 17° S el viento varió entre 4 y 7 m/s (Figura 2.4.1 a). Por otro lado, las anomalías de la velocidad de viento al norte de 4° S fueron predominantemente negativas (-2 m/s) en la primera y tercera semanas, con un comportamiento similar al sur de 17° S durante la segunda y cuarta semanas. En

tanto que, entre 4 °S y 17 °S, las anomalías predominantes fueron positivas con núcleos de hasta +2,5 m/s (Figura 2.4.1 b). La dirección predominante del viento a lo largo de la costa peruana fue del sudsudoeste (SSO) y sudoeste (SO) entre 0° y 4°S, del sudeste (SE) y sudsudeste (SSE) entre 4° y 15°S y del este-sudeste (ESE) entre 15° y 20°S (Figura 2.4.1 c).

En promedio, el campo de presión atmosférica frente al litoral se mostró débil y por debajo de lo normal, con anomalías de hasta -1 hPa, probablemente debido a la persistencia de las anomalías positivas de la TSM. Adicionalmente, el APS mostró una configuración zonal con un núcleo hacia el oeste (aprox. 120°W) con una intensidad de 1020 hPa, y una anomalía de +2 hPa (Figuras 2.4.2 a y b). Por otro lado, la intromisión de constantes sistemas de baja presión sobre latitudes medias y subtropicales fue modificando la configuración del APS durante el presente mes (Figura 2.4.3).

**Discusión:** Similarmente al mes anterior, a pesar de que el APS estuvo débil, la baja presión atmosférica frente a Perú, probablemente asociada a las anomalías positivas de TSM en esta región (Lindzen y Nigam, 1987; Figuras 2.1.4 y 2.1.5), habría propiciado vientos más intensos que lo normal a lo largo de la costa (Quijano, 2011). Además, la intensificación del viento costero entre 4°S y 17°S parece ser explicada en parte debido a la aproximación de un sistema anticiclónico frío.

## 2.5 Circulación atmosférica y temperatura superficial en el Pacífico ecuatorial

Las anomalías positivas de TSM continúan a lo largo de todo el Pacífico ecuatorial, con máximos valores frente a la costa de Perú (Figura 2.5.1). Todos los índices estándar de anomalías de la TSM ecuatoriales continuaron con tendencia positiva y presentaron valores positivos mensuales<sup>9</sup> de +1,1°C (Niño 4), +1,0°C (Niño 3.4), +1,2°C (Niño 3) y +2,4°C (Niño 1+2) (Figura 2.5.2, Tabla 2.5.1). La anomalía de Niño 4 es la más alta registrada para el mes de mayo desde al menos 1981 (Figura 2.5.8 d) y es cercana al valor más alto registrado (+1,3°C) en noviembre de 2009 (Lee y McPhaden, 2010). Por otro lado, la anomalía de Niño 1+2 es la cuarta más alta para mayo desde 1981, por debajo de mayo 1997 (+2,5°C), 1998 (+3,5°C), y 1983 (+4,0°C) (Figura 2.5.8 a). Además, continúan las anomalías positivas de hasta +2°C en el Pacífico norte frente a México (Figura 2.5.1).

El valor mensual de mayo del Índice de Oscilación del Sur (IOS) fue de -13,7 (Figura 2.5.3), el cual se encuentra fuera de su rango normal ( $\pm 7$ ) según la categorización realizada por el Centro Meteorológico de Australia<sup>10</sup>. Valores negativos del IOS se vienen presentando desde marzo de este año. Los actuales valores negativos estarían indicando una disminución de la presión atmosférica en la región de Tahití, lo cual se debe al relajamiento del APS en el marco del actual evento El Niño (Figura 2.4.2). Por otro lado, este valor del IOS es similar a los registrados en mayo de los años 2002 (-14,5) y 2005 (-14,5), más bajo que en mayo 1982 (-3,8) pero no bastante menos bajo que en mayo de 1997 (-22,4) (Figura 2.5.8 f).

En los niveles bajos de la tropósfera (850 hPa<sup>11</sup>) persistieron anomalías de viento del oeste sobre el Pacífico ecuatorial occidental y central durante los primeros días del mes (Figura 2.5.4 a). Además, la alta actividad convectiva a lo largo del Pacífico central y oriental que refleja el acoplamiento de la atmósfera al océano (Figura 2.5.5), promovió la ocurrencia de un nuevo pulso de viento del oeste en el Pacífico ecuatorial occidental (150°-170°E) en esta primera quincena con magnitud similar al observado en la primera quincena de marzo del 2015 (Figura 2.5.6). Después de este pulso intenso las anomalías de vientos del oeste perduraron hasta fin de mes ubicándose más hacia el este del océano Pacífico (Figura 2.5.6). Asociado a esto, la anomalía del esfuerzo de viento zonal en el Pacífico cen-

<sup>9</sup> <http://www.cpc.ncep.noaa.gov/data/indices/sstoi.indices>.

<sup>10</sup> <http://www.bom.gov.au/climate/current/soihtml1.shtml>.

<sup>11</sup> Altitud aproximada de 1,5 km.

tral (160°E-160°W, 5°S-5°N), que según Takahashi y Dewitte (2015) en el mes de agosto tendría alto potencial predictivo de El Niño extraordinario, registró un valor ligeramente inferior al mes pasado, pero corresponde al valor de mayo más alto observado desde el año 1997 (Figura 2.5.8 e).

La actividad convectiva a lo largo de todo el Pacífico ecuatorial estuvo asociada a intensos movimientos ascendentes, así como divergencia, sobre el Pacífico central-occidental (Figura 2.5.7).

**Discusión:** La persistencia de las anomalías cálidas en casi todo el Pacífico ecuatorial y la alta actividad convectiva favorecieron un nuevo pulso de viento del oeste de magnitud similar al de la quincena de marzo y durante la segunda quincena de mayo las anomalías de oeste persistieron aunque con menor magnitud y ubicadas más hacia el este. Este comportamiento es típico cuando la atmósfera y el océano están acoplados durante la fase cálida de El Niño-Oscilación Sur. Particularmente, el fuerte calentamiento en la región Niño 4, aproximadamente donde el patrón C es máximo (Takahashi et al., 2011), está asociado a anomalías positivas de uC, que de aumentar suficientemente en agosto, podría favorecer la ocurrencia de El Niño extraordinario (Takahashi y Dewitte, 2015).

## 2.6 Dinámica oceánica en el Pacífico ecuatorial

La profundidad de la isoterma de 20°C ecuatorial (aproximadamente coincidente con la termoclina), según la información in situ (TAO/TRITON y derivadores Argo), mostró anomalías de alrededor de +30 m entre 130°W-90°W, las cuales se presentaron durante todo el mes y posterior al núcleo de aproximadamente +40 m ubicado entre 130°W-110°W (Figura 2.6.1 b). Por otro lado, los datos de Argo indican una intensificación de los valores adyacentes a la costa de Sudamérica, con magnitudes superiores a +40 m y llegando hasta +50 m en la primera quincena de mes (Figura 2.6.1 c). Asimismo, ambas fuentes de datos muestran la formación durante la primera quincena de un núcleo de alrededor de +10 m cerca de la línea de cambio de fecha (180°).

En los datos de altimetría Jason-2, se observó que a lo largo del océano Pacífico ecuatorial al este de la línea de cambio de fecha (180°), el NMM mostró anomalías positivas durante todo el mes. Esta fuente de datos también muestra la formación de un núcleo de más de +18°C ubicado entre 170°W-160°W (Figura 2.6.1 d).

Por encima de los 200 m de profundidad, las temperaturas subsuperficiales ecuatoriales (TAO/TRITON) presentaron anomalías positivas al este de la línea de cambio de fecha, con un núcleo de pequeña extensión (10° de longitud) centrado en 100°W y a una profundidad de 50 m que se intensificó hasta +6°C a mediados de mes (Figura 2.6.2).

**Discusión:** La llegada del núcleo en el NMM que se produjo durante la primera quincena del mes de mayo coincidió con lo observado en los datos mareográficos, y está asociado al arribo inicial de la onda Kelvin cálida forzada a inicios de marzo (Figura 2.6.1 a). Asimismo, los datos subsuperficiales mostraron que el arribo de esta señal se produjo poco después que la llegada del núcleo positivo de NMM, lo cual es consistente con lo observado por Mosquera-Vásquez et al. (2014). Por otro lado, el último núcleo formado en la primera quincena de mayo arribará hacia nuestras costas alrededor de la quincena de julio.

## 2.7 Recursos pesqueros e indicadores biológicos

En mayo, el desembarque promedio de anchoveta en la Región Norte – Centro fue de 32 600 t, correspondiendo a un avance de cuota del 86,8%; la información diaria indicó una disminución de los desembarques de anchoveta durante los últimos días del mes, principalmente debido a que varias áreas se cerraron por una alta incidencia de juveniles. Mientras que, en la Región Sur, en el presente mes, se desembarcó un total de 5500 t, por lo que el avance de la cuota alcanzó 34,8% (Figura 2.7.1). La disponibilidad incrementó hacia finales del mes.

Este año la mezcla de masas de aguas ecuatoriales, subtropicales y costeras no alteró la disponibilidad de nutrientes favoreciendo la disponibilidad de alimento para la anchoveta. Cabe resaltar que el año pasado hubo menos anchoveta debido a que las masas de agua fueron pobres en nutrientes lo cual no favoreció a la productividad marina y por ende a los recursos pelágicos. El monitoreo oceanográfico realizado frente a Paita en mayo 2015, mostró la disminución de las concentraciones de nutrientes con las isolíneas de 1  $\mu\text{M}$  de fosfatos y 5  $\mu\text{M}$  de nitratos que abarcaron una mayor extensión; también se puede destacar el afloramiento de abril 2015 que contribuyó a la productividad (Figura 2.7.2). Además, al inicio del otoño 2015, las condiciones químicas presentaron concentraciones de fosfatos y silicatos propios de afloramiento, sosteniendo los niveles de productividad con núcleos de clorofila-a superiores a 0,5  $\mu\text{g/L}$  en la columna de agua (Figura 2.7.3).

La anchoveta en el litoral peruano mantuvo su distribución longitudinal dentro de las 20 mn al igual que el mes anterior, sin embargo, su distribución latitudinal se alteró por el ingreso de masas de agua de ASS en la zona norte, registrando un desplazamiento importante de la anchoveta hacia el sur, con agregaciones de anchoveta dentro de las 20 mn desde Chala (16°S) hasta el extremo sur (Figura 2.7.4).

Las estructuras de tallas de la anchoveta fluctuaron entre 7,5 y 17 cm de longitud total (LT), con modas entre 12,5 cm y 14,5 cm principalmente. La mayor presencia de juveniles se registró en la Región Sur con el 25,9% (Figura 2.7.5).

El índice gonadosomático (IGS), indicador reproductivo del stock norte-centro de la anchoveta, mostró que este recurso se encontró dentro de su proceso de reposo gonadal. Mientras que el incremento del Factor de Condición (FC) somática indicó que el recurso se viene recuperando (Figura 2.7.6).

Dentro de las especies no objetivo desembarcadas, se registraron las especies *Sarda chiliensis chiliensis* “bonito”, *Decapterus macrosoma* “jurel fino”, *Merluccius gayi peruanus* “merluza” y *Pleurocondes monodon* “múnida”. La merluza, especie demersal propia de la zona norte, se registró a la altura de Huacho (11°S), mientras que la múnida, especie indicadora de aguas frías, se replegó hacia el sur, registrándose de Callao a Pucusana (Figura 2.7.7). Por otro lado, la Caballa ocupó zonas cerca a la costa de Casma a Huarmey, de Supe al sur de Huacho, Chancay (Figura 2.7.8).

**Discusión:** El desplazamiento de las agregaciones de anchoveta hacia el sur se debió al ingreso de ASS en el norte. Sin embargo, el avance de la cuota de anchoveta en la primera temporada de pesca de la región Norte – Centro fue del 86,8%, mientras que en la Región Sur fue del 34,8%, esto evidencia que la anchoveta aún no ha sido totalmente perjudicada por El Niño, como lo fue el año pasado. Esta disponibilidad de la anchoveta se debe a que la presencia de las masas de agua en el litoral peruano es diferente a la del año pasado, mezcla de ACF, AES y ASS, que mantuvieron una moderada productividad.

## 3. PERSPECTIVAS

### 3.1 A corto plazo (semanas)

Según los modelos oceánicos lineales corridos en el IGP (Mosquera 2009, 2011; Figura 2.6.1 e) e IMARPE (Dewitte et al., 1999; Figura 3.1.1 c), las perturbaciones positivas en el NMM y la profundidad de la termoclina (que en estos modelos se asumen proporcionales entre sí) asociadas a ondas Kelvin, continuarán su acercamiento a la costa en el transcurso del mes de junio. Según el mo-

delo del IGP con termoclina variable (Figura 2.6.1 e), se espera que la onda Kelvin cálida generada en la primera quincena de mayo arribe a la costa a fines de junio. Asimismo, el modelo del IMARPE (Figura 3.1.1 c) presenta, para la onda Kelvin cálida generada en mayo, una ligera señal de “modo 1” que llegaría a las costas de Sudamérica en junio, mientras que la señal de “modo 2”, también ligera, llegaría a mediados de julio. En cuanto a la amplitud, el modelo del IGP indica anomalías en la profundidad de la isoterma de 20°C de hasta +30 m llegando a la costa (Figura 2.6.1 e). El modelo del IMARPE indica anomalías de NMM máximas (sobre +8 cm) en la costa (Figura 3.1.1 c). Por otro lado, la extrapolación de la señal en NMM observada considerando una velocidad empírica de 2,6 m/s (Figura 2.6.1 d) indica que el núcleo llegaría a fines de junio y con un pico (máximos valores) en julio, mientras que con una velocidad de 1,5 m/s al este de 160°W (Mosquera-Vásquez et al., 2014), el núcleo en la profundidad de la isoterma de 20°C llegaría a inicios de julio (Figura 2.6.1 c).

**Discusión:** En el transcurso del mes de junio, se espera que continúe la llegada de la nueva onda Kelvin cálida a la costa. Considerando que el modelo del IGP tiende a subestimar la amplitud en el extremo oriental, particularmente durante el periodo de formación de las ondas, mientras que el modelo de IMARPE no parece haber formado completamente la onda más reciente, y que la magnitud del pulso de viento del oeste fue comparable a su predecesor, se considera que la amplitud de la nueva onda Kelvin cálida podría ser comparable a la observada desde fines de abril (ver sección 2.3). El aumento en el nivel del mar incrementará los impactos de procesos costeros asociados a las mareas y oleajes.

Un leve ascenso en la termoclina (de las aguas frías en general) todavía mantendría reducido el efecto de enfriamiento del afloramiento costero, lo cual aún mantendría las anomalías positivas de la temperatura superficial del mar y del aire.

Por otro lado, debido a que estacionalmente las temperaturas disminuyen en esta época, las anomalías cálidas en la costa no resultarían en temperaturas absolutas suficientemente altas para generar lluvias intensas.

### **3.2 A mediano plazo (hasta 3 meses)**

Si bien a inicios del mes de mayo se observó un pulso de anomalía de vientos del oeste cerca de 170°E (sección 3.1), durante todo el mes se presentaron anomalías del oeste extendiéndose hasta 140°W (Figura 2.6.1 a). Además, las anomalías positivas en la TSM aumentaron en el Pacífico ecuatorial central (Figura 2.5.2 b) y se observó que la actividad atmosférica convectiva es más intensa en el Pacífico ecuatorial central cerca de la línea de cambio de fecha (180°), extendiéndose al oriental (Figura 2.5.5).

Por otro lado, para el Pacífico central (Niño 3.4), los pronósticos de los modelos climáticos dinámicos evaluados del proyecto NMME (Kirtman et al., 2014; Figura 3.2.1) y otros (compilación del IRI), inicializados en mayo, para los meses de julio y agosto del 2015, indican que la ATSM continuará con una tendencia positiva, alcanzando condiciones cálidas entre moderado y muy fuerte en este periodo (Figura 3.2.1).

Para el Pacífico oriental (Niño 1+2), los pronósticos de la ATSM de los modelos climáticos dinámicos evaluados (siete del proyecto NMME y el ECMWF-S4) inicializados en mayo, para los meses de julio y agosto de 2015, indican condiciones entre cálidas moderadas y fuertes (Figura 3.2.2). Para el periodo de invierno, los siete modelos evaluados indican que en el Pacífico oriental (Niño 1+2, ICEN) habrían condiciones El Niño costero iniciando en abril, con un máximo en julio, con magnitudes entre débil y fuerte, con solo el modelo CMC1 indicando moderado (1 modelo = 12,5%), los

modelos CFS2, CMC2, GFDL, NASA, GFDL FLOR, NCAR CCSM4 y ECMWF indicando fuerte (modelos = 87.5%), (Figura 3.2.2). El promedio de los modelos de NMME corresponde a El Niño fuerte.

**Discusión:** Las condiciones observadas en el Pacífico ecuatorial reflejan la presencia de la fase cálida de El Niño-Oscilación Sur, con la convección atmosférica y vientos del oeste respondiendo al calentamiento superficial, lo cual de persistir continuaría generando ondas Kelvin cálidas que mantendrían o incrementarían las anomalías cálidas. Esto es consistente con los pronósticos numéricos globales que indican que el calentamiento continuará en el Pacífico central en los próximos meses.

Para el Pacífico oriental, los datos de vientos, NMM y profundidad de la termoclina ecuatoriales observados, así como los resultados de los modelos oceánicos lineales y los pronósticos de los modelos globales indican que las condiciones cálidas observadas actualmente en la costa americana persistirían al menos por los meses de junio y julio. Además, los pronósticos de los modelos climáticos indican principalmente condiciones de El Niño costero de magnitud fuerte. Se nota que la bondad de los pronósticos para julio y agosto inicializados en mayo es intermedia, con correlaciones con lo observado alrededor de 0.65 (Reupo y Takahashi, 2014 a, b). Estos pronósticos son mejores que los inicializados en meses previos, ya que se está saliendo de la llamada “barrera de predictabilidad”.

Según lo anterior, se considera improbable que la magnitud del evento El Niño costero actual sea débil; por el momento, se considera más probable que su magnitud sea entre moderado y fuerte.

### 3.3 A largo plazo (más de 3 meses)

Hacia finales de 2015, para el Pacífico central (Niño 3.4), los pronósticos con los modelos climáticos dinámicos (NMME) indican que las condiciones cálidas continuarían aumentando hasta alcanzar anomalías de TSM en la región Niño 3.4 mayores a 3°C en promedio, con algunos miembros de los ensembles excediendo los 3,5°C (Figura 3.2.1). La excepción es el modelo CMC1 CanCM3 canadiense que continúa mostrando valores entre 0,7° y 1,2°C.

Para el Pacífico oriental (Niño 1+2, ICEN), los pronósticos promedio de los diferentes modelos indican condiciones cálidas débiles a fuertes, en general menores que los máximos alcanzados en invierno.

Para el caso de El Niño costero extraordinario, la anomalía del esfuerzo de viento zonal en el Pacífico central ( $u_C$ ; 160°E-160°W, 5°S-5°N), que en el mes de agosto puede ser un predictor de El Niño extraordinario (Takahashi y Dewitte, 2015), presentó en mayo un valor de 0,74 Nm<sup>-2</sup>. Como se ve en la Figura 2.5.8 e, en mayo este índice  $u_C$  ha disminuido ligeramente su valor con respecto a abril pero, por otro lado, este es el mes de mayo con el valor de  $u_C$  más alto desde el año 1997.

**Discusión:** El acoplamiento observado entre la atmósfera y las crecientes anomalías cálidas de la temperatura superficial del mar en el Pacífico ecuatorial occidental y central (sección 2.5) corresponde a El Niño en el Pacífico central asociado a la fase cálida de El Niño-Oscilación Sur y es probable que esto persista e incluso aumente su magnitud, como lo indican los pronósticos de los modelos dinámicos. Se nota que retrospectivamente los modelos han presentado una correlación con lo observado de alrededor de 0,7 (Reupo y Takahashi, 2014 a, b). Si bien la dispersión es alta entre los pronósticos de los modelos y no es posible determinar a priori cuál es el correcto, se debe notar que los valores más altos pronosticados exceden los valores observados en la región Niño 3.4 para los eventos 1972-73, 1982-83, y 1997-98.

En cuanto al Pacífico oriental, los pronósticos promedio de todos los modelos indican la continuación

de las condiciones cálidas hacia fines de año probablemente es consecuencia del pronóstico del crecimiento de la fase cálida ENOS en el Pacífico central. Si bien los pronósticos indican magnitudes menores a fines de año que en el invierno, se debe considerar que los modelos en general subestiman la variabilidad en el Pacífico oriental (e.g. Takahashi et al., 2014).

Si el índice  $u_C$  presentara un valor sobre  $1,5 \text{ Nm}^{-2}$  hasta agosto, se estima que habría una alta probabilidad de un evento El Niño extraordinario. Por lo pronto, el valor de mayo es solo la mitad de este. El valor de  $u_C$  entre mayo y el agosto siguiente presenta una autocorrelación de 0,71 (K. Takahashi, comunicación personal), lo cual a su vez estaría probablemente asociado a la persistencia de las anomalías de TSM. Sin embargo, en la medida que el calentamiento del Pacífico central aumente, el valor de  $u_C$  también podría hacerlo (Takahashi y Dewitte, 2015). Esto deberá seguir siendo monitoreado.

Considerando las previsiones de los modelos climáticos y las condiciones océano-atmósfera de gran escala, se considera probable que El Niño, tanto el costero como en el Pacífico central, se extienda hasta fin de año con magnitud incierta. A diferencia del año 2014, por ahora no se puede descartar la ocurrencia de El Niño fuerte a extraordinario para el verano 2015-2016. Debido a que solo han ocurrido dos eventos El Niño extraordinario en el registro moderno, no se puede realizar estimaciones de sus probabilidades solo basado en observaciones. Sin embargo, se puede considerar que el presente año, la probabilidad de ocurrencia de El Niño extraordinario es la más alta que se ha observado desde el año 1997 por lo que se puede considerar como un escenario posible aunque no necesariamente de alta probabilidad para el verano 2015-2016.

## 4. CONCLUSIONES

El análisis presentado para el mes de mayo indica que continúan las condiciones cálidas en la costa peruana debido a la influencia de la onda Kelvin cálida. Asimismo, la continuación de condiciones océano-atmósfera a escala del Pacífico ecuatorial consistente con la fase cálida de El Niño-Oscilación Sur y el pronóstico numérico que indica el aumento de estas condiciones para los próximos meses, son indicaciones de que El Niño costero inició en abril y que podría ser de condiciones entre moderadas y fuertes en los próximos meses, al menos hasta el invierno. Sin embargo, debido a que ese periodo corresponde a la temporada seca, el calentamiento no tendría efectos significativos en las precipitaciones.

Por otro lado, se considera probable que tanto El Niño Costero como El Niño en el Pacífico central, se extienda hasta fin de año. A diferencia del año 2014, por ahora no se puede descartar la ocurrencia de El Niño Costero extraordinario para el verano 2015-2016.

Cualitativamente se estima que la probabilidad de ocurrencia de El Niño extraordinario hacia finales de año es la más alta que se ha observado desde el año 1997. La precisión del pronóstico mejorará hacia agosto.

## 5. REFERENCIAS

Dewitte B., G. Reverdin and C. Maes, 1999: Vertical structure of an OGCM simulation of the equatorial Pacific Ocean in 1985-1994. *J. Phys. Oceanogr.*, 29, 1542-1570.

ENFEN, 2012: Definición operacional de los eventos El Niño y La Niña y sus Magnitudes en el Costa del Perú. *Nota Técnica ENFEN*.

ENFEN, 2015: Sistema de Alerta ante El Niño y La Niña Costeros. Nota Técnica ENFEN 01-2015

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

Lee, T., and McPhaden, M. J., 2010: Increasing intensity of El Niño in the central-equatorial Pacific. *Geophys. Res. Lett.* 37 (14), L14603, doi:10.1029/2010GL044007.

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.

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 Magister 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-Vásquez, K., Dewitte, B., Illig, S., 2014: The Central Pacific El Niño intraseasonal Kelvin wave, *J. Geophys. Res.*, doi: 10.1002/2014JC010044.

Quijano, J., 2011: Simulación de la dinámica del viento superficial sobre la costa de Ica utilizando el modelo numérico de la atmósfera de mesoescala MM5. Tesis Ing. Mecánica de Fluidos, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú, 150 pp.

Reupo, J., y Takahashi, K., 2014a: Validación de pronósticos con modelos globales: Correlaciones de TSM (1982-2010). *Bol. Tec. El Niño IGP*, 1 (1), 8-9.

Reupo, J., y Takahashi, K., 2014b: Variabilidad decadal en la bondad de los pronósticos con modelos climáticos globales. *Bol. Tec. El Niño IGP*, 1 (8), 9-10.

Takahashi, K., 2004: The atmospheric circulation associated with extreme rainfall events in Piura, Peru, during the 1997-1998 and 2002 El Niño events, *Ann. Geophys.*, 22, 3917-3926.

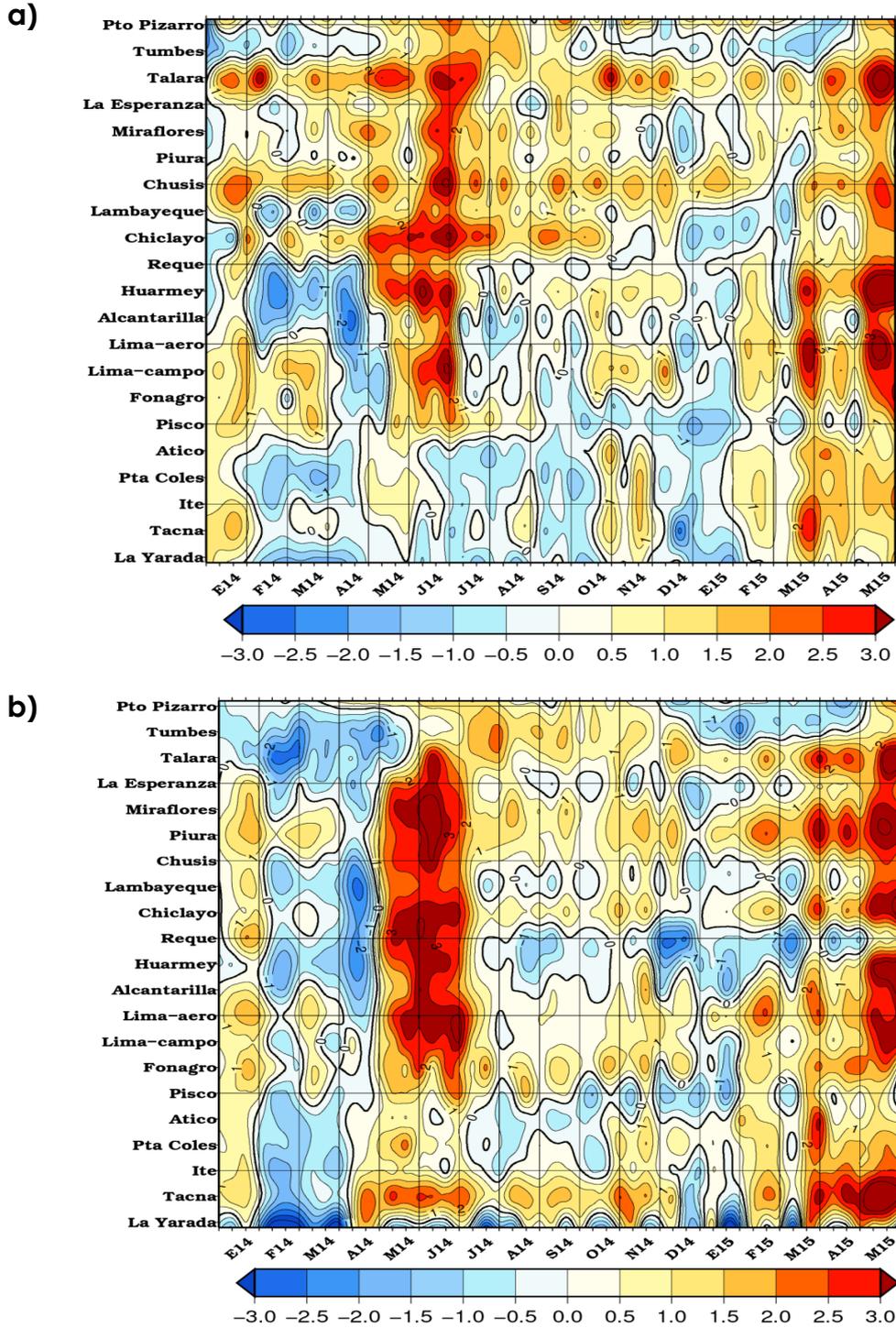
Takahashi, K., Montecinos, A., Goubanova, K., and Dewitte, B., 2011: ENSO regimes: Reinterpreting the canonical and Modoki El Niño, *Geophys. Res. Lett.*, doi: 10.1029/2011GL047364

Takahashi, K., and Dewitte, B., 2015: Strong and moderate nonlinear El Niño regimes, *Climate Dynamics*, doi:10.1007/s00382-015-2665-3.

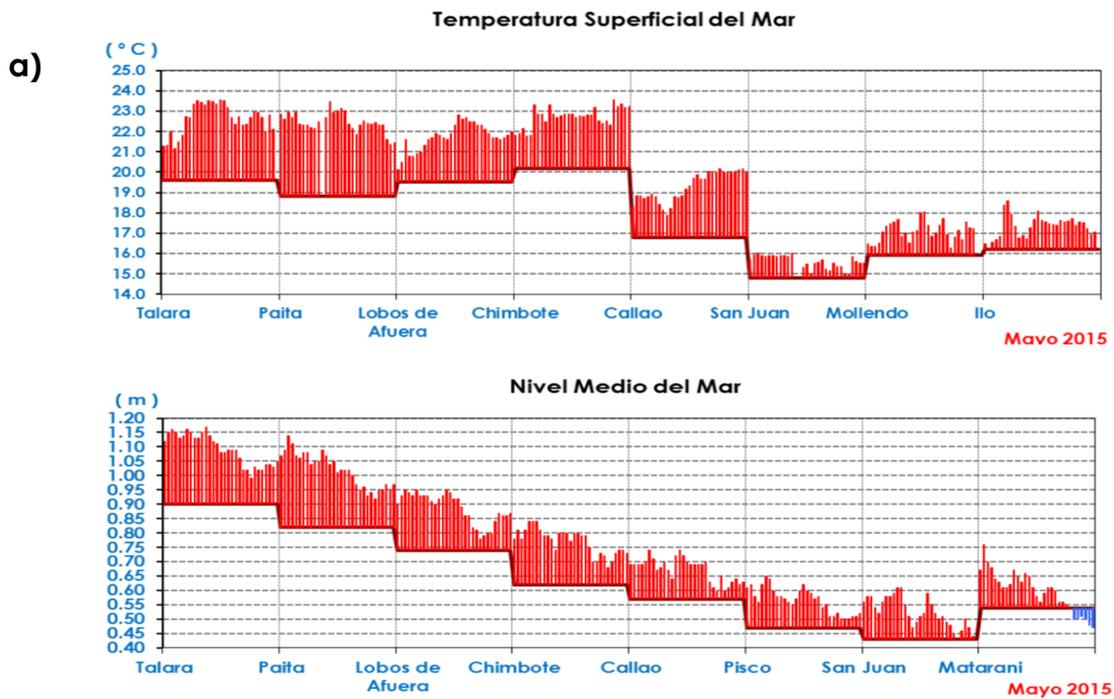
Takahashi, K., Martínez, R., Montecinos, A., Dewitte, B., Gutiérrez, D., Rodríguez-Rubio, E. 2014: White Paper 8a Regional applications of observations in the eastern Pacific: Western South America, Report of the Tropical Pacific Observing System 2020 Workshop (TPOS 2020) GCOS-184, 2, 171-205.

Woodman, R., 1999: Modelo estadístico de pronóstico de las precipitaciones en la costa norte del Perú, *El Fenómeno del Niño, Investigación para una prognosis, 1er encuentro de Universidades del Pacífico Sur: Memoria*, 93-108.

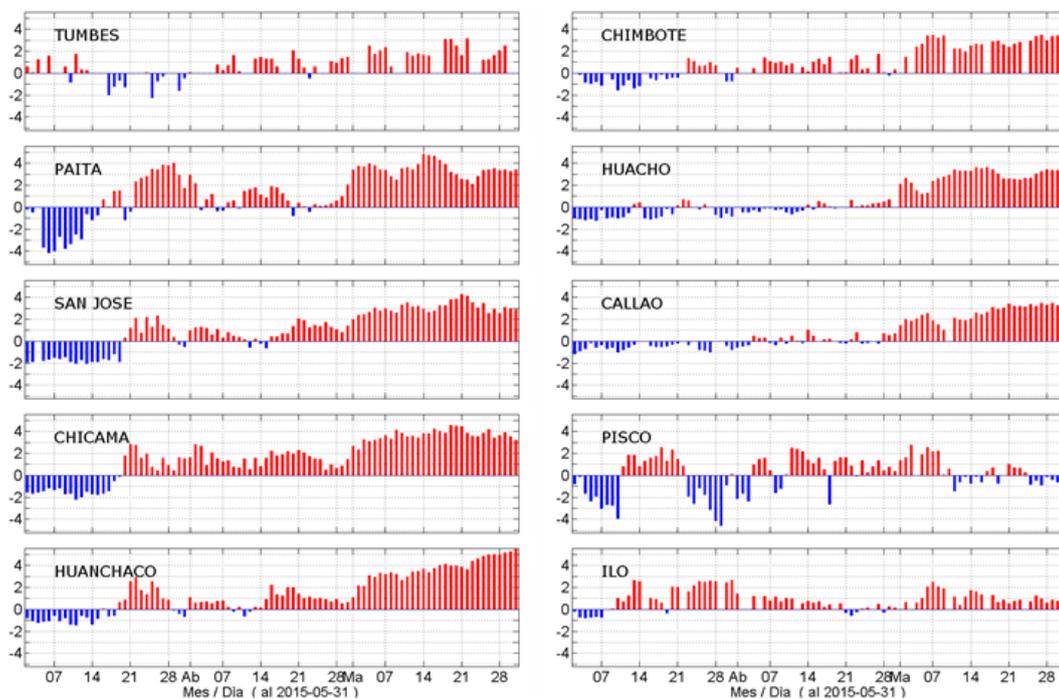
# FIGURAS



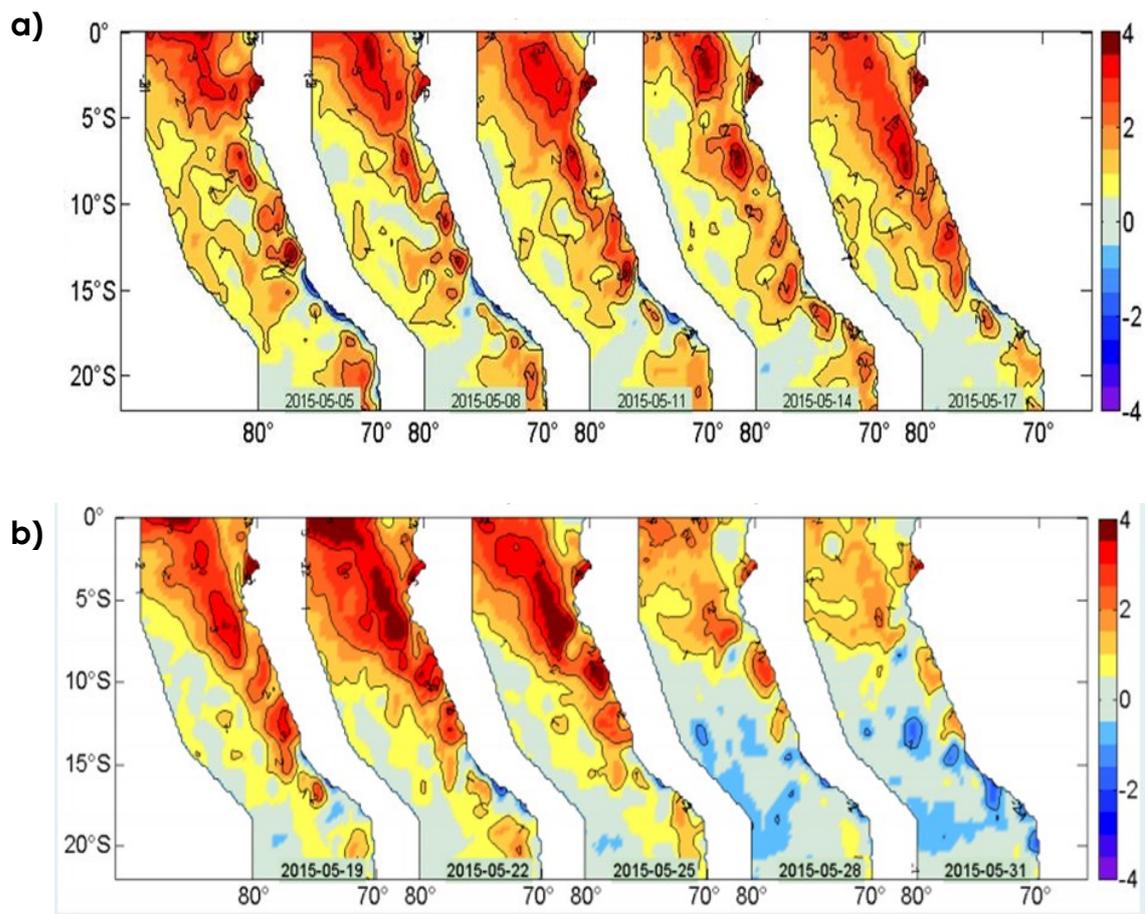
**Figura 2.1.1.** Anomalías de las temperaturas extremas del aire (°C) en la costa peruana de enero 2014 a mayo de 2015: a) Temperatura máxima, y b) Temperatura mínima. Fuente: SENAM-



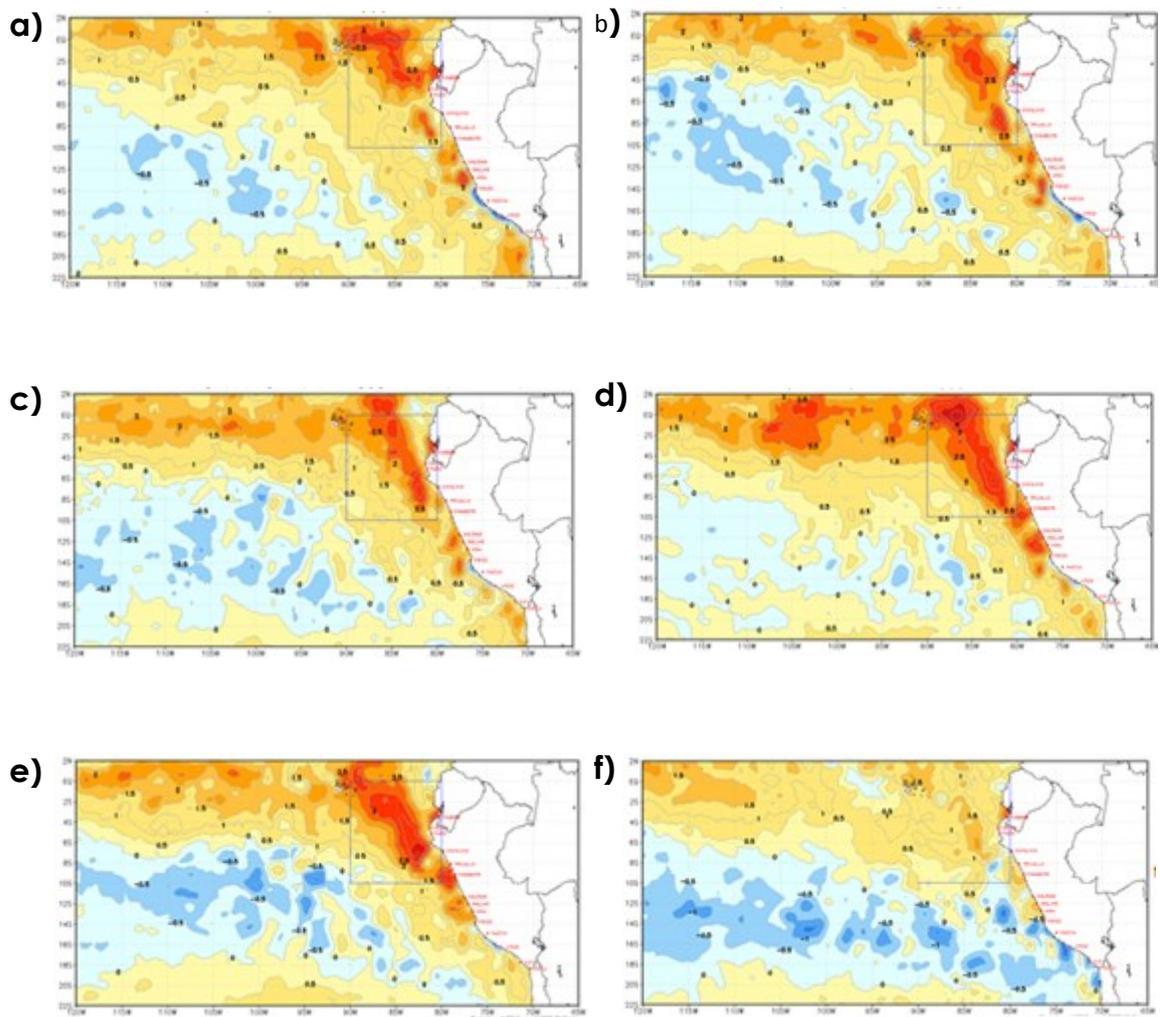
**Figura 2.1.2.** Series de tiempo diarias de: a) Temperatura superficial del mar (°C), y b) Nivel medio del mar (m) en el litoral peruano durante el mes de mayo de 2015. Procesamiento: DHN.



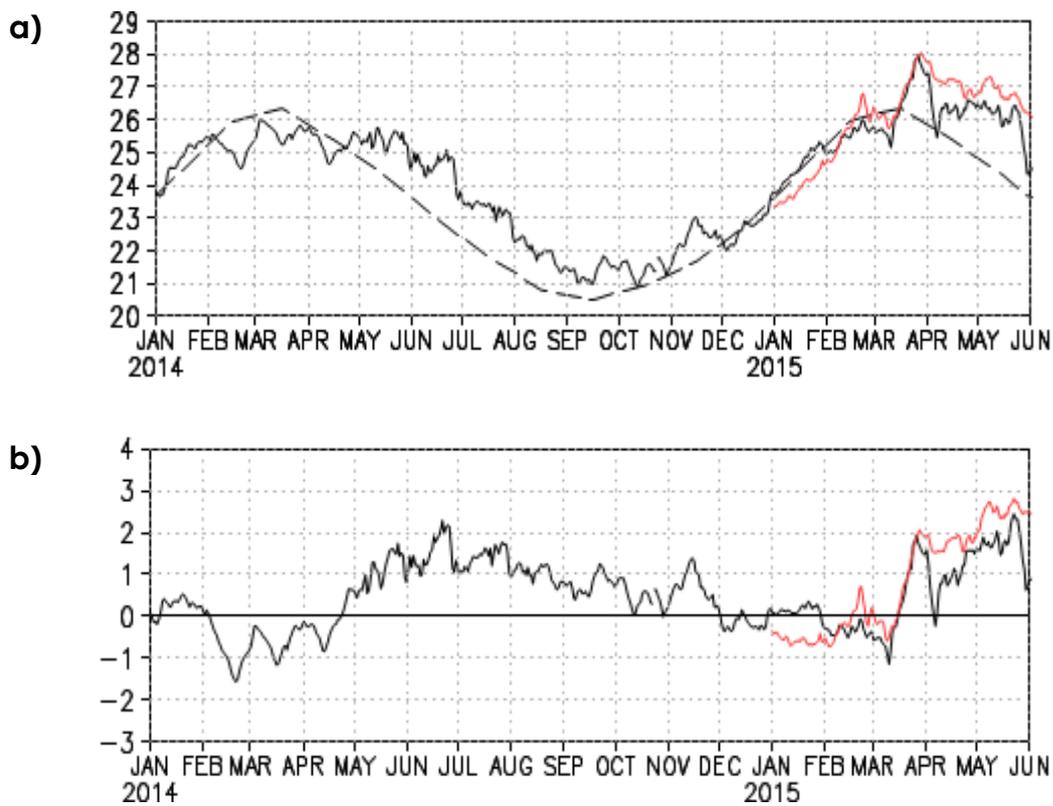
**Figura 2.1.3** Series diarias de las anomalías de TSM registradas en las estaciones costeras del IMARPE. Procesamiento: IMARPE.



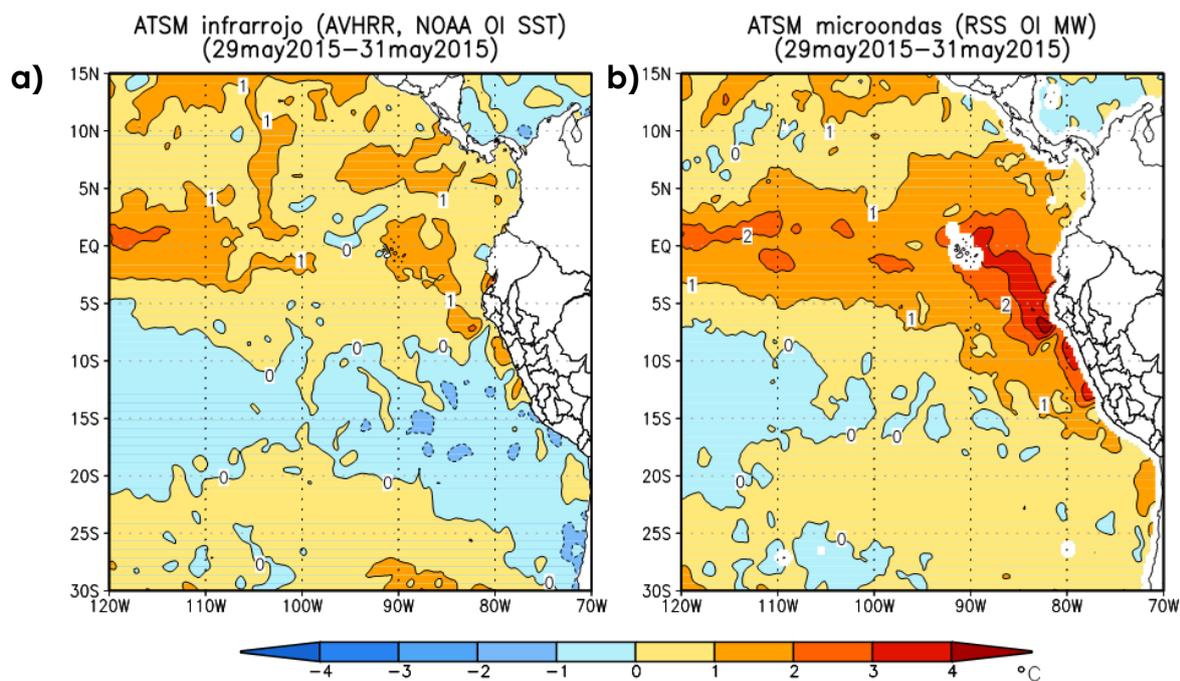
**Figura 2.1.4.** Distribución espacial de las anomalías de la temperatura superficial del mar (°C) frente a Perú cada 3 días en mayo del 2015. Datos: NOAA-AVHRR-OI-v2. Procesamiento: IMARPE.



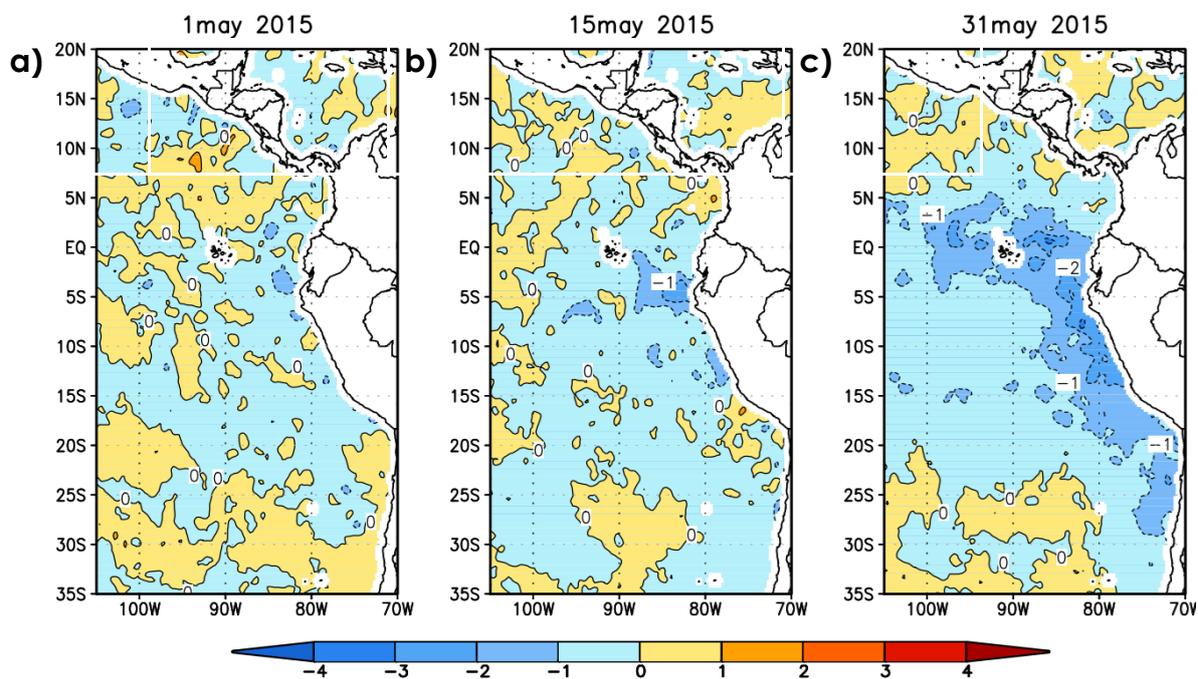
**Figura 2.1.5.** Anomalías de la temperatura superficial del mar (°C) en el océano Pacífico oriental para los días a) 5 de mayo, b) 10 de mayo, c) 16 de mayo, d) 20 de mayo, e) 25 de mayo y f) 31 de mayo de 2015. La línea sólida en color azul indica el límite externo de la región Niño 1+2. Datos: NCDC/NCEP/NOAA. Procesamiento: DHN.



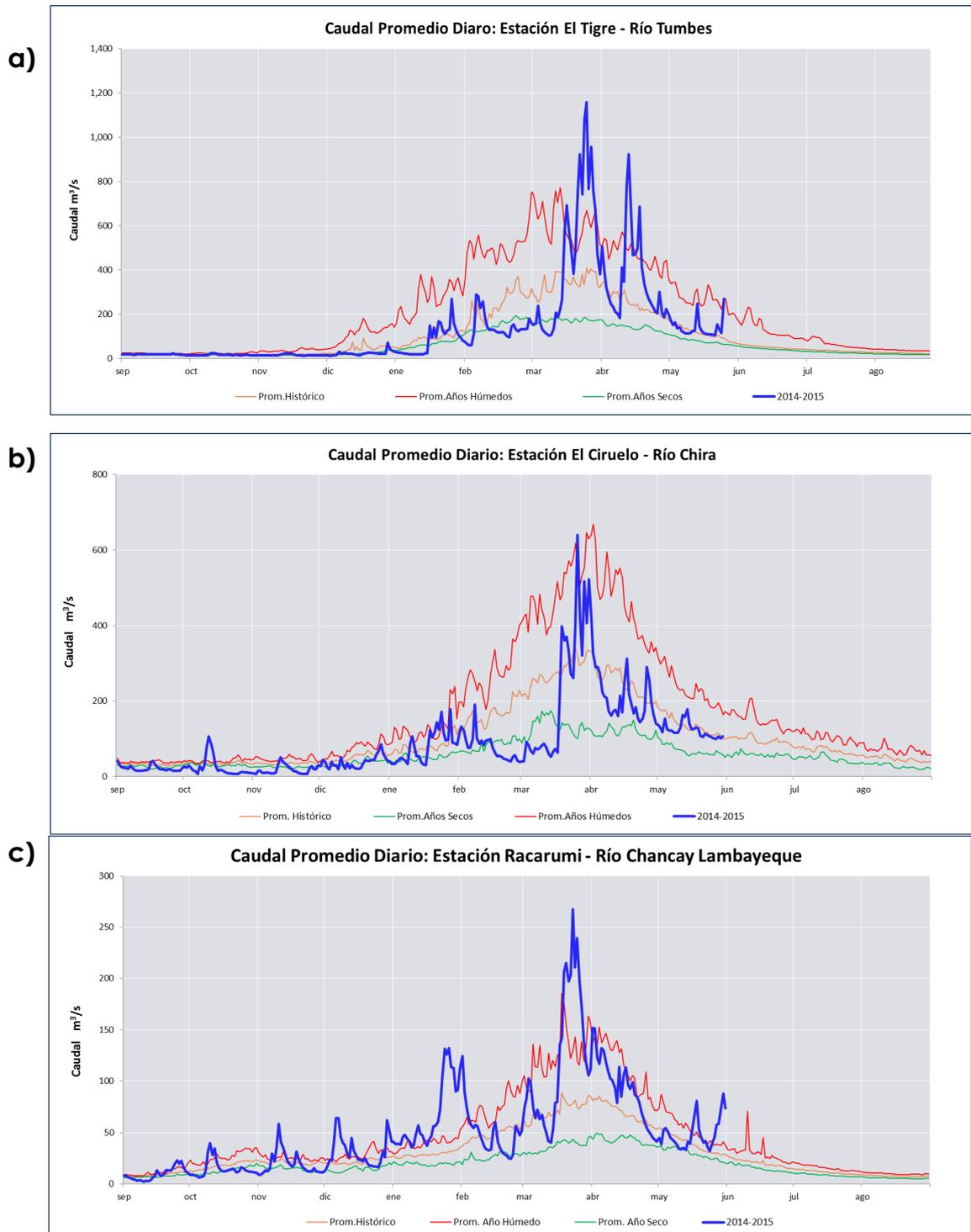
**Figura 2.1.6.** a) Temperatura superficial del mar (°C) y b) su anomalía en la región Niño 1+2 según los datos de infrarrojo (negro; NOAA Daily OI SST v2 AVHRR) y de microondas (rojo; RSS Microwave OI SST v4.0). Procesamiento: IGP.



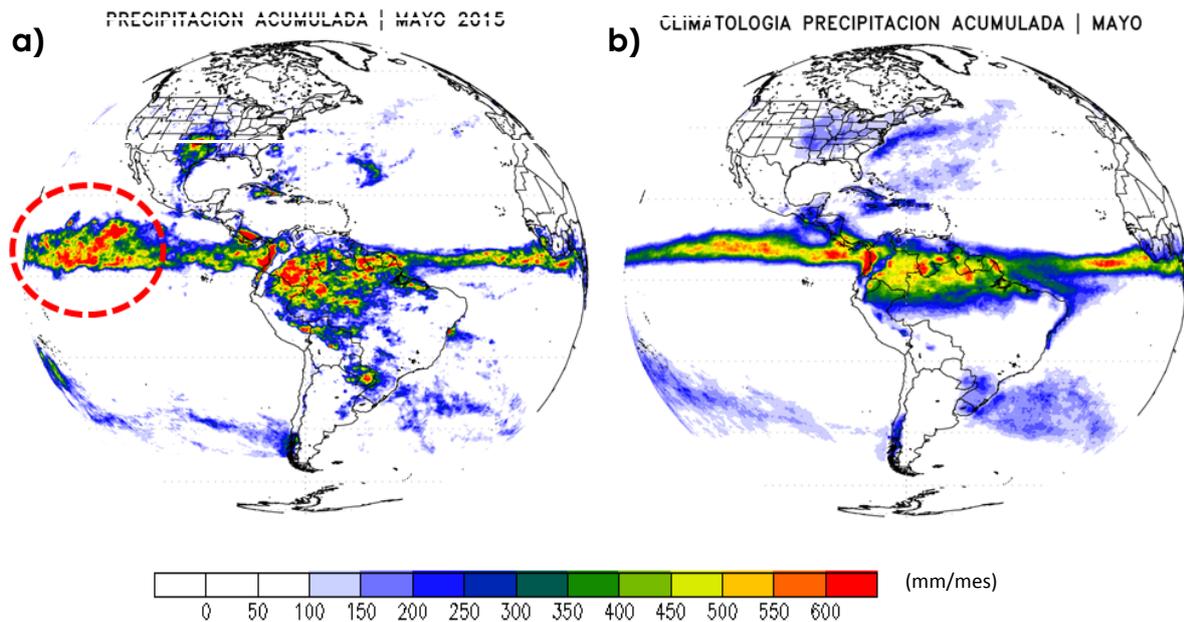
**Figura 2.1.7.** Anomalia de TSM (°C) para el periodo 29-31 de mayo de 2015 según los datos de: a) Infrarrojo, y b) Microondas. Fuente: NOAA Daily OI SST v2 AVHRR, y RSS Microwave OI SST v4.0, respectivamente. Procesamiento: IGP.



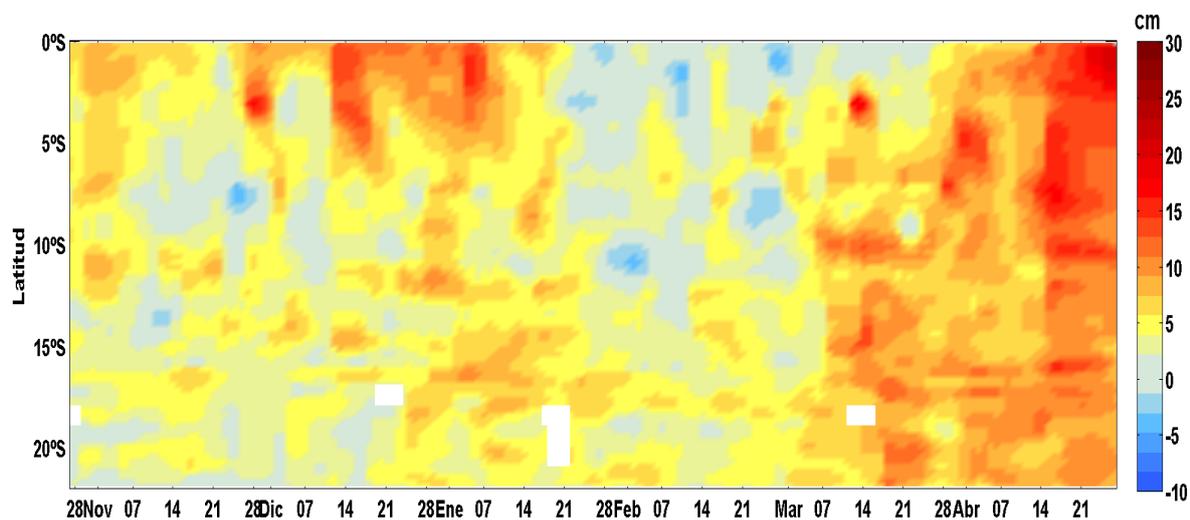
**Figura 2.1.8.** Diferencia entre los estimados de TSM (°C; IR menos MW) para el a) 1, b) 15 y c) 31 de mayo 2015. Procesamiento: IGP.



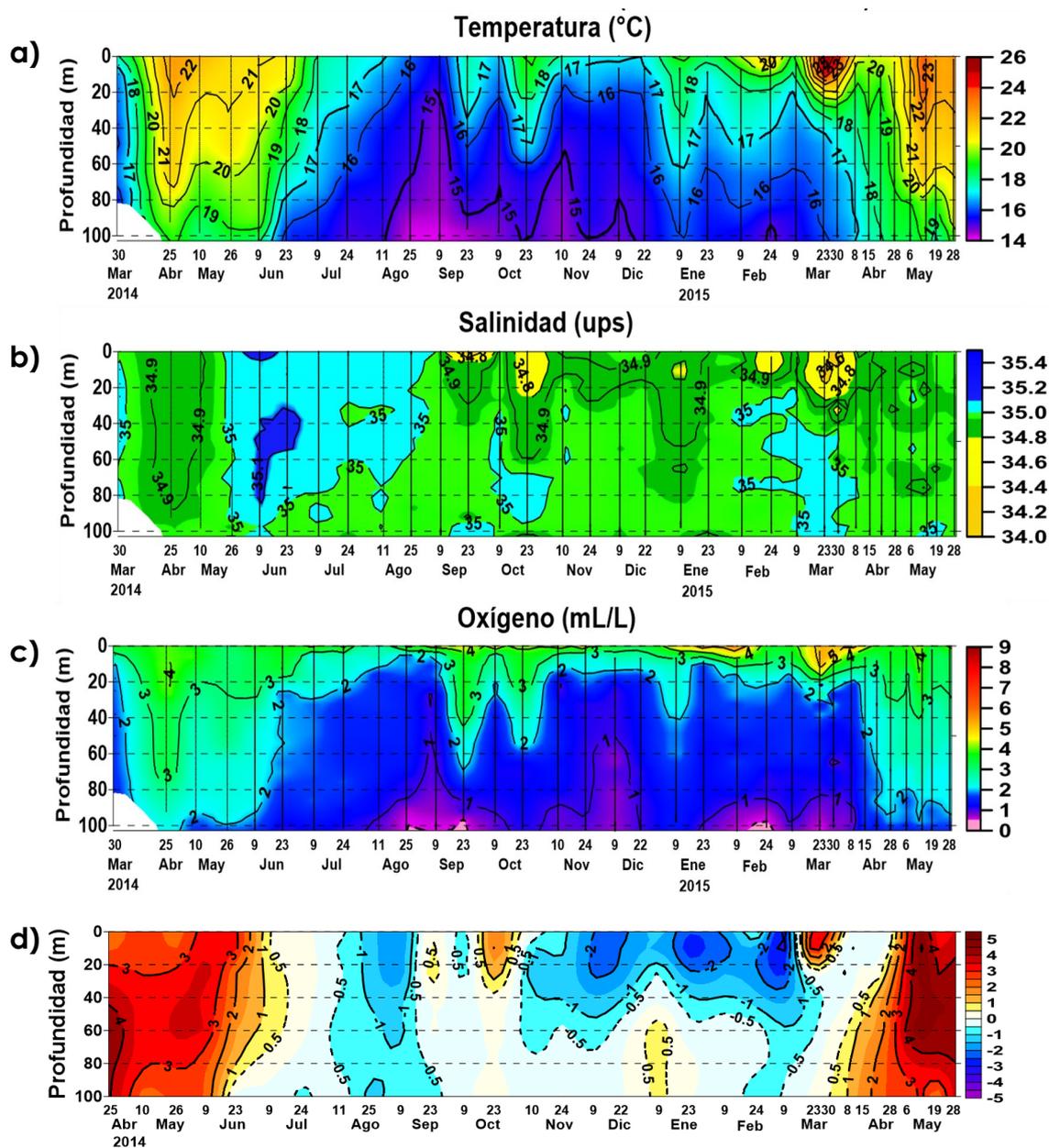
**Figura 2.2.1.** Serie de tiempo de los caudales ( $m^3/s$ ) de los ríos a) Tumbes, b) Chira y c) Chancay-Lambayeque, en la zona norte de Perú. Fuente ANA.



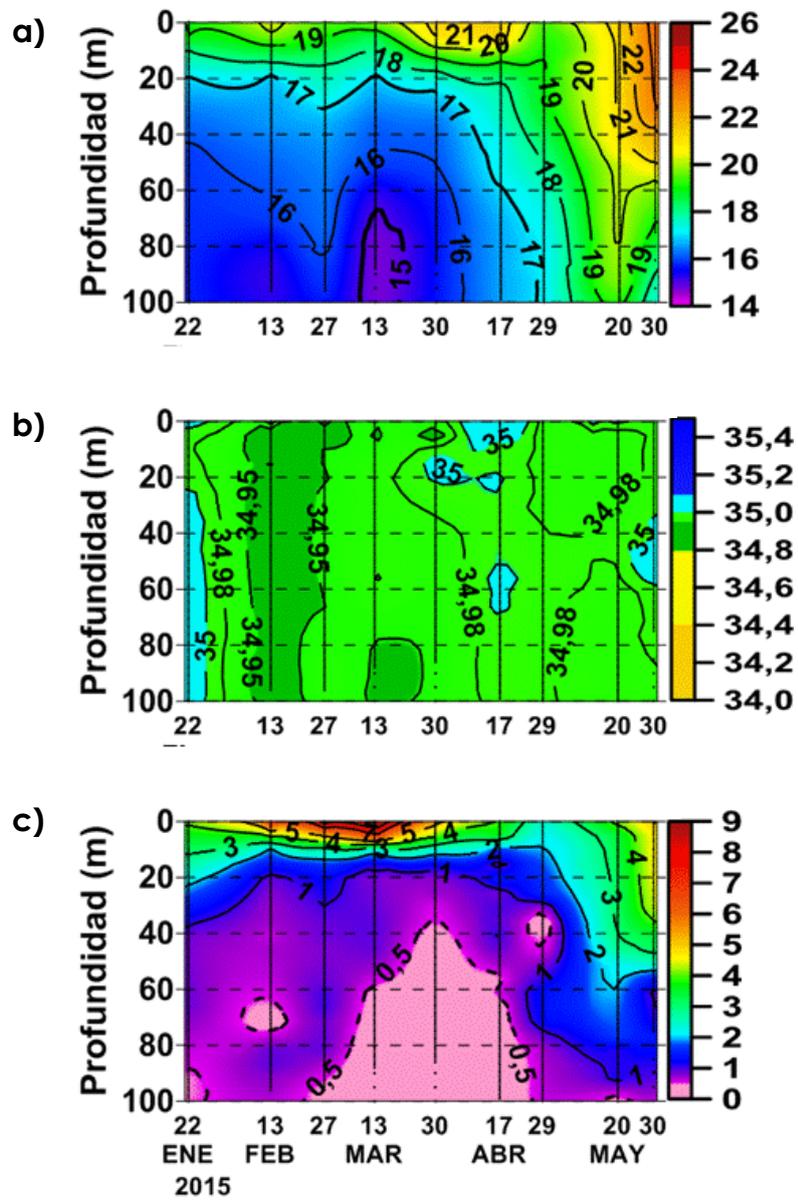
**Figura 2.2.2.** Precipitación acumulada (mm/mes) estimada por satélite TRMM durante: a) Mayo,



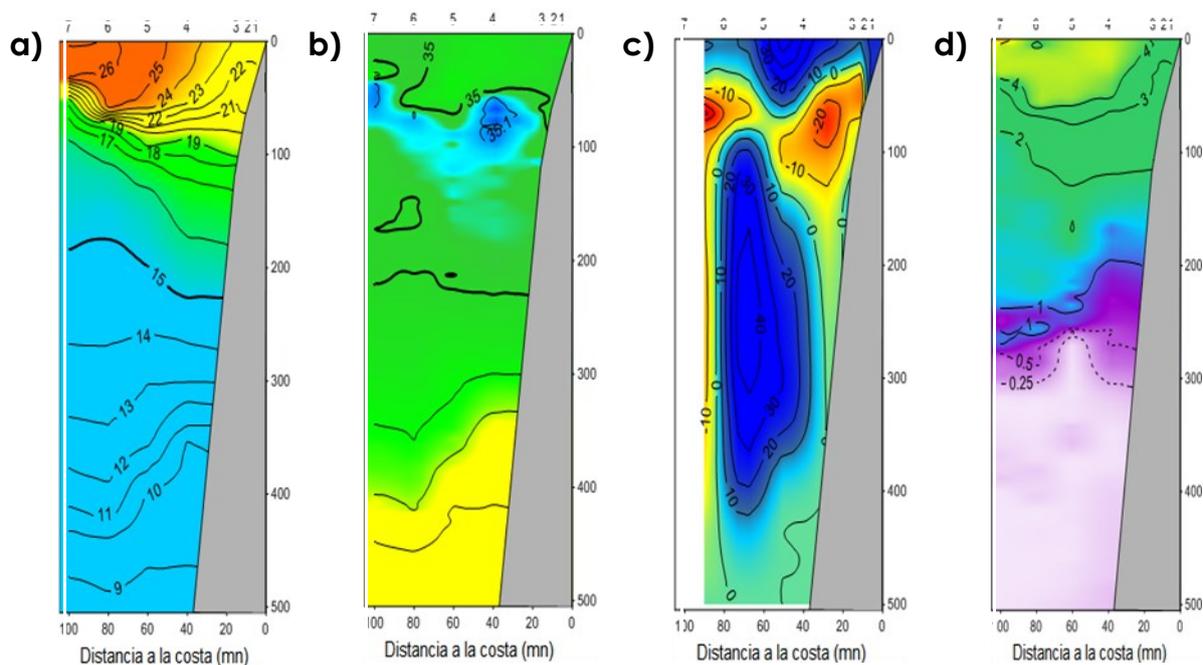
**Figura 2.3.1.** Diagrama de Hovmöller para la franja 40 Km de anomalía de altura del nivel del mar (cm) de altimetría satelital al 27 de mayo 2015. Datos: AVISO. Procesamiento: IMARPE.



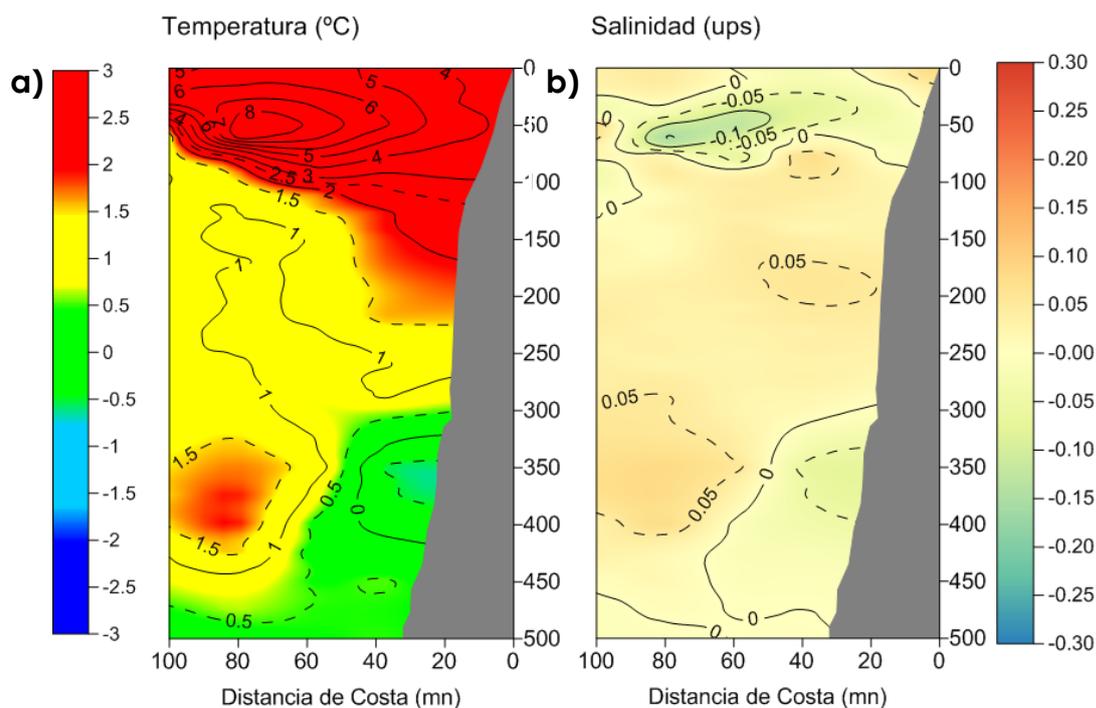
**Figura 2.3.2.** Series de tiempo de: a) Temperatura (°C), b) Salinidad (ups), y c) Oxígeno (mL/L) para la estación oceanográfica fija frente a Paíta para el periodo del 30 de marzo de 2014 al 28 de mayo de 2015, y d) Anomalías de temperatura (°C) para el período climatológico 1981-2010 para el punto fijo Paíta. Fuente: IMARPE.



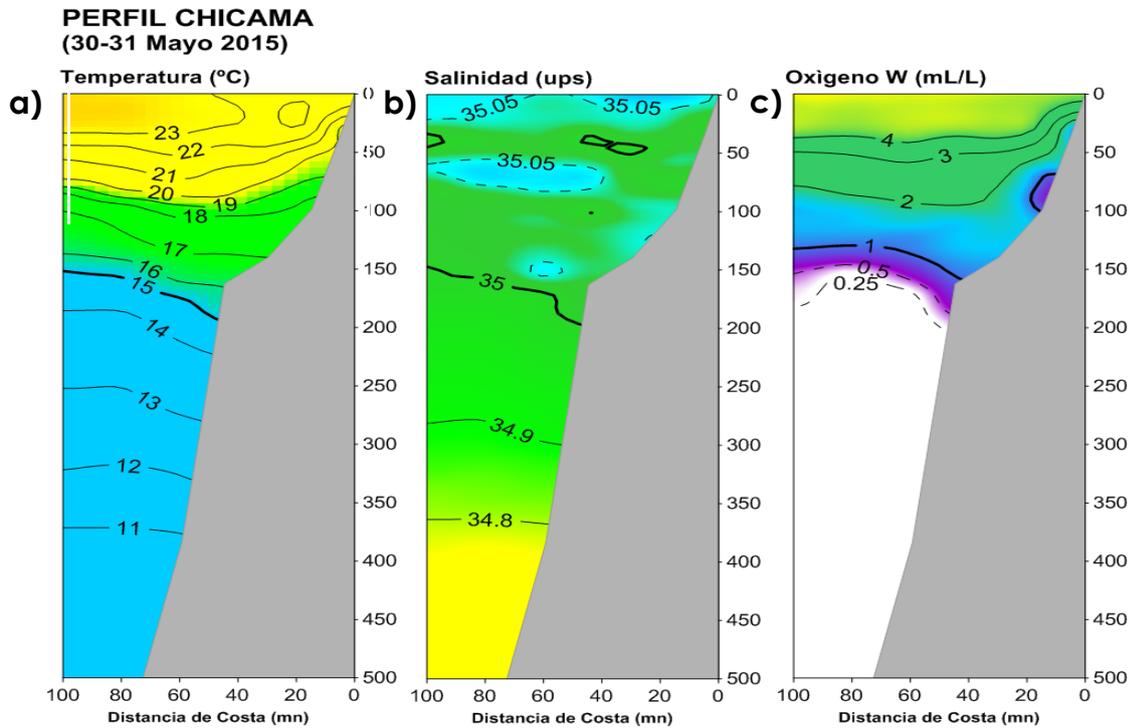
**Figura 2.3.3.** Distribución vertical de: a) Temperatura (°C), b) Salinidad (ups), y c) Oxígeno (mL/L) frente a Chicama. Fuente: IMARPE.



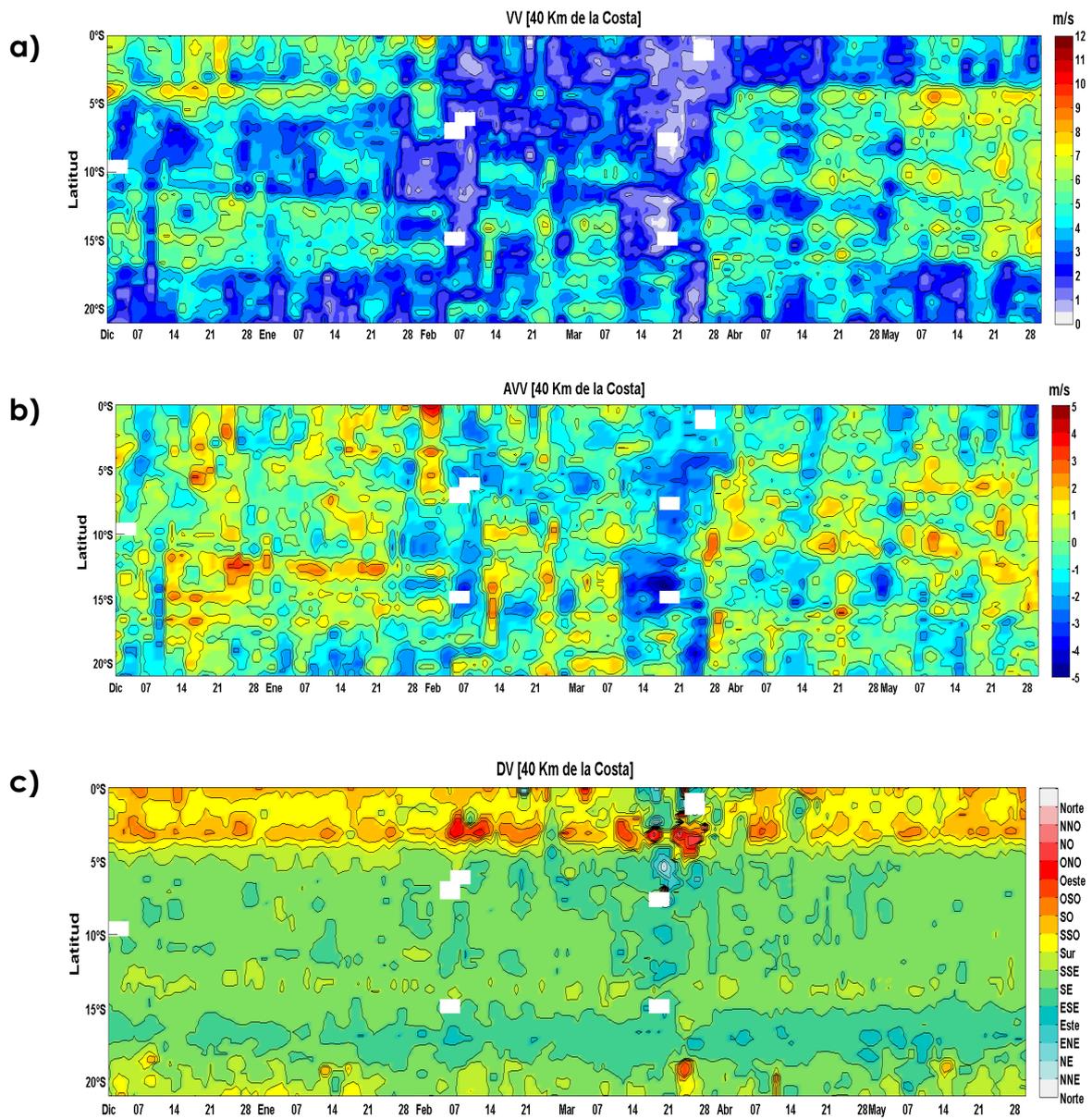
**Figura 2.3.4** Distribución vertical de: a) Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), b) Salinidad (ups), c) Corrientes Marinas (cm/s), y d) Oxígeno (mL/L) frente a Paita. Fuente: IMARPE.



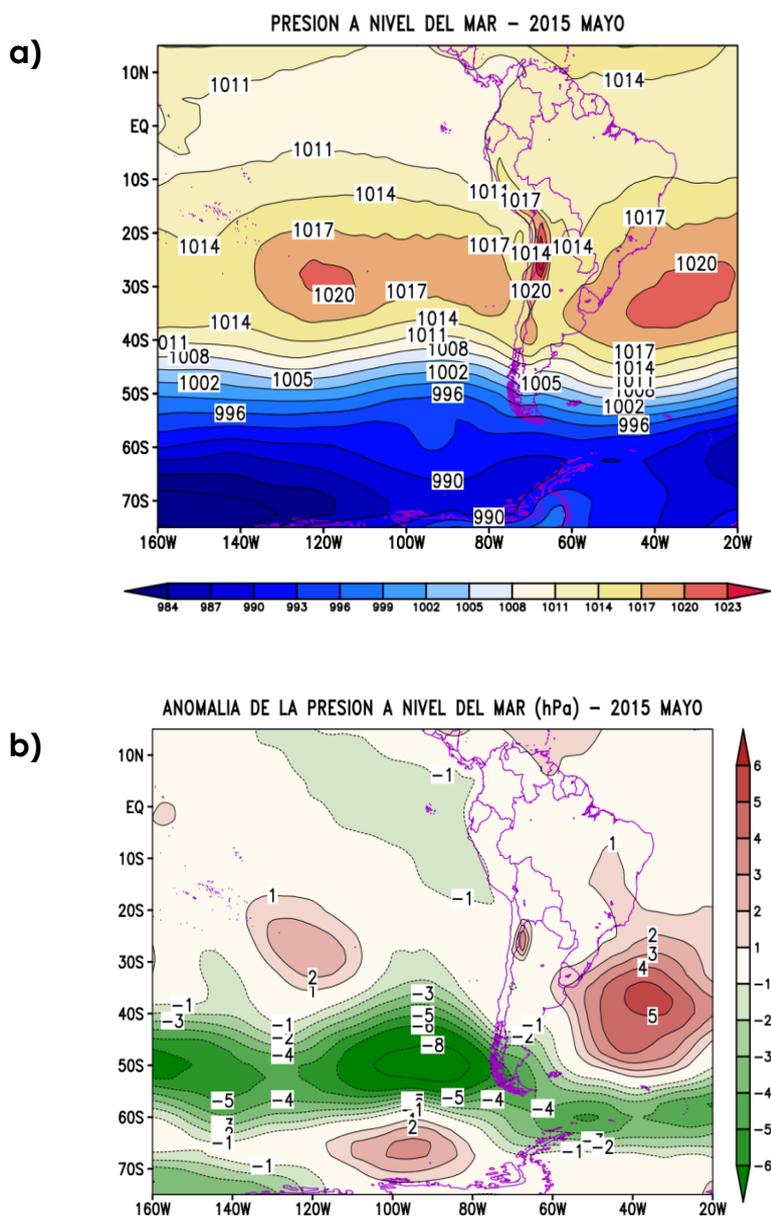
**Figura 2.3.5.** Estructura vertical de: a) Anomalías de temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), b) Anomalías de salinidad (ups) para la sección hidrográfica frente a Paita realizada el 16-17 de mayo 2015. Fuente: IMARPE.



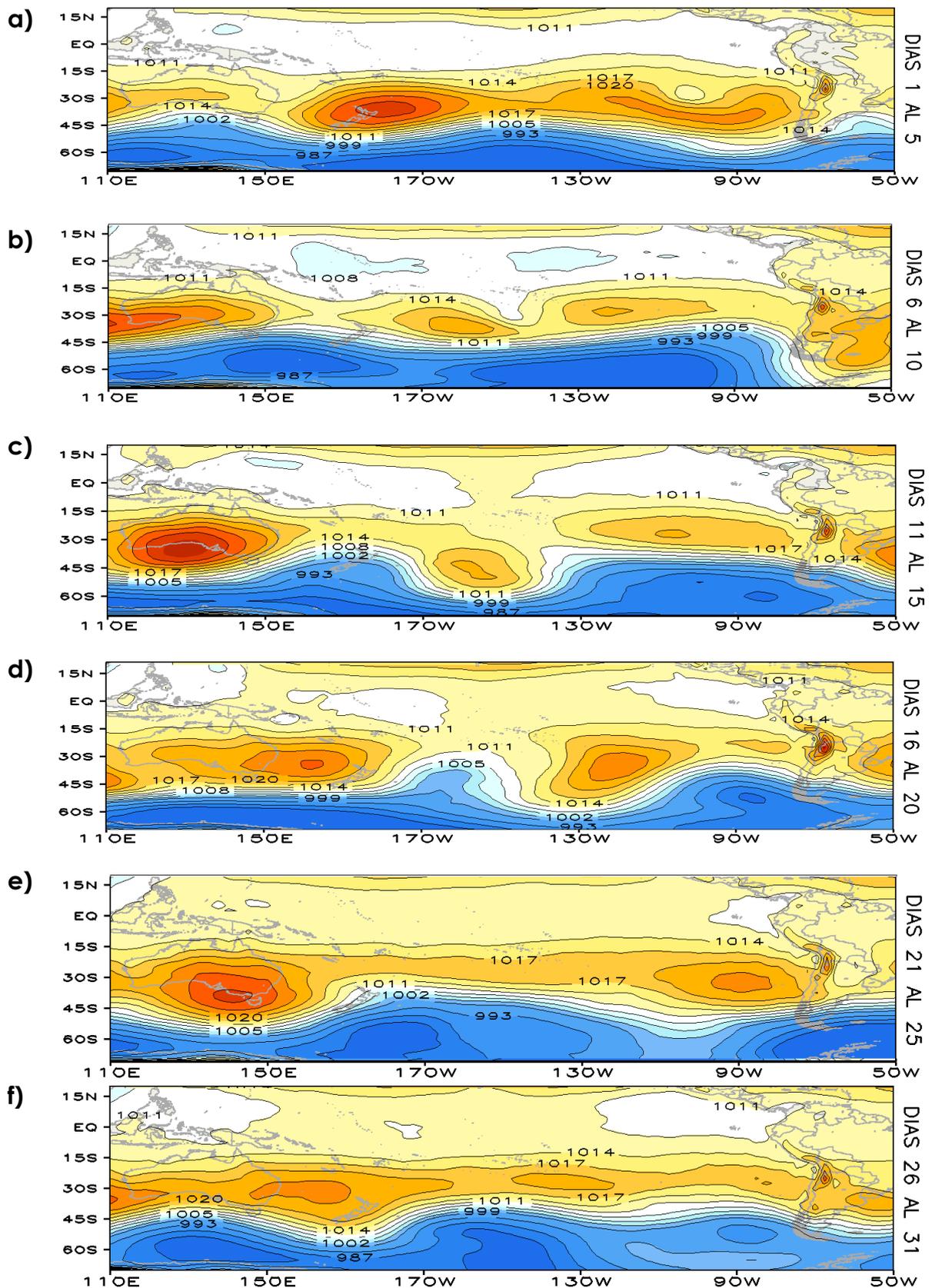
**Figura 2.3.6.** Distribución vertical de a) Temperatura (°C), b) Salinidad (ups), y c) Oxígeno (mL/L) frente a Chicama. Fuente: IMARPE.



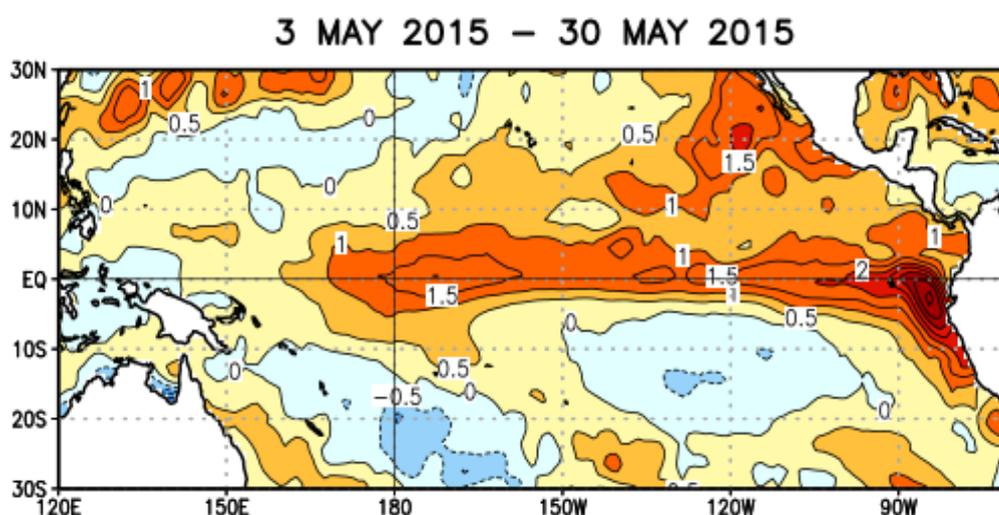
**Figura 2.4.1.** a) Velocidad del viento (m/s), b) Anomalía del viento (m/s), y c) Dirección del viento en la zona costera desde 0° hasta 20°S para el periodo de diciembre de 2014 a mayo de 2015. Fuente: ASCAT. Procesamiento: IMARPE.



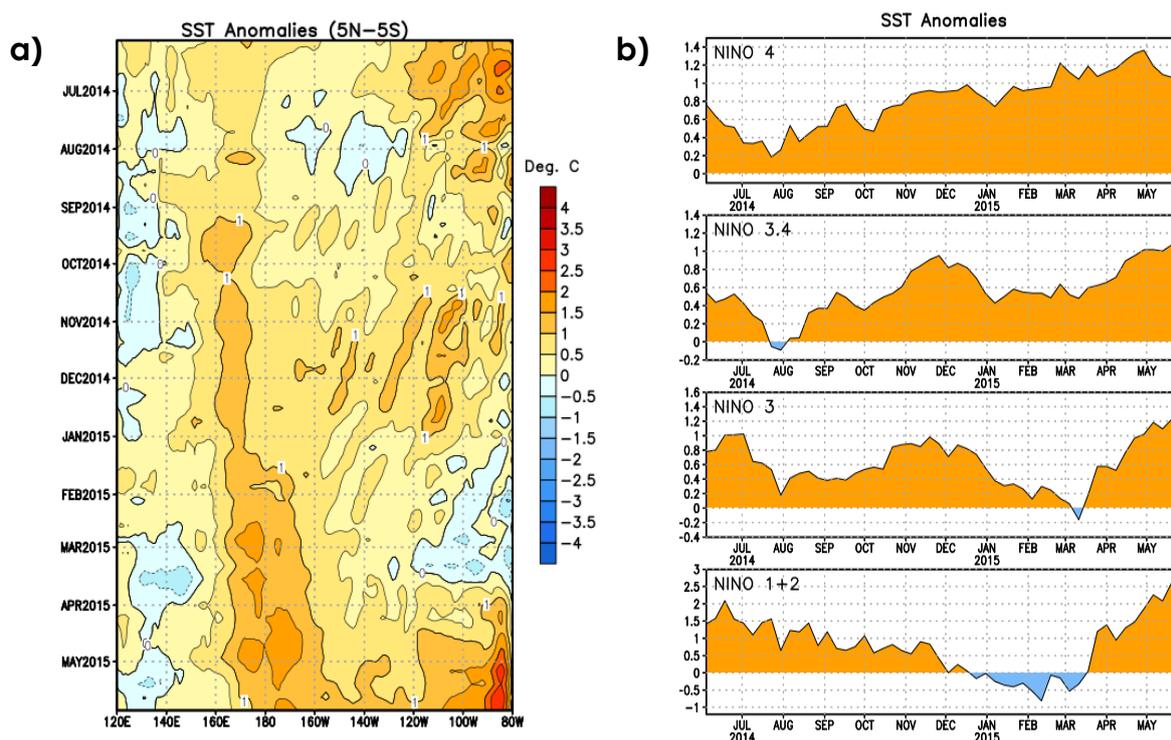
**Figura 2.4.2** Análisis de la presión atmosférica a nivel medio del mar para mayo del 2015. a) Promedio de la presión a nivel del mar, b) Anomalia de la Presión a nivel del mar. Datos: NCEP/NOAA. Procesamiento: SENAMHI.



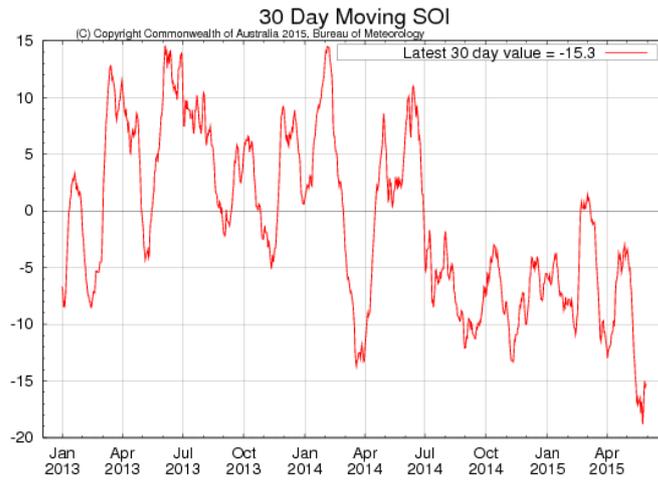
**Figura 2.4.3.** Análisis de la presión atmosférica (hPa) a nivel medio del mar para mayo del 2015. Datos: Reanálisis de NCEP/NCAR. Procesamiento: SENAMHI.



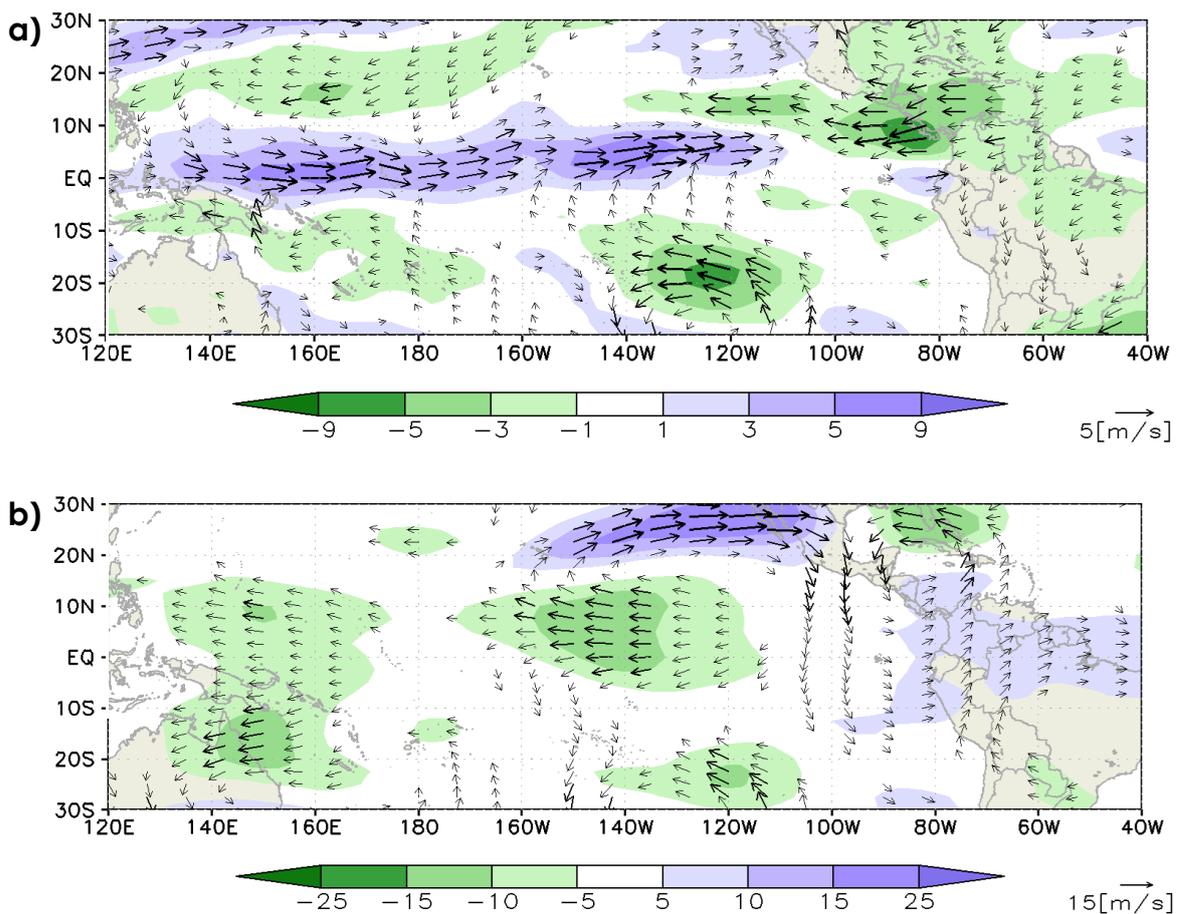
**Figura 2.5.1.** Promedio de anomalías de la temperatura superficial del mar ( $^{\circ}\text{C}$ ) en el océano Pacífico tropical del 3 de mayo al 30 de mayo de 2015. Fuente: IMARPE.



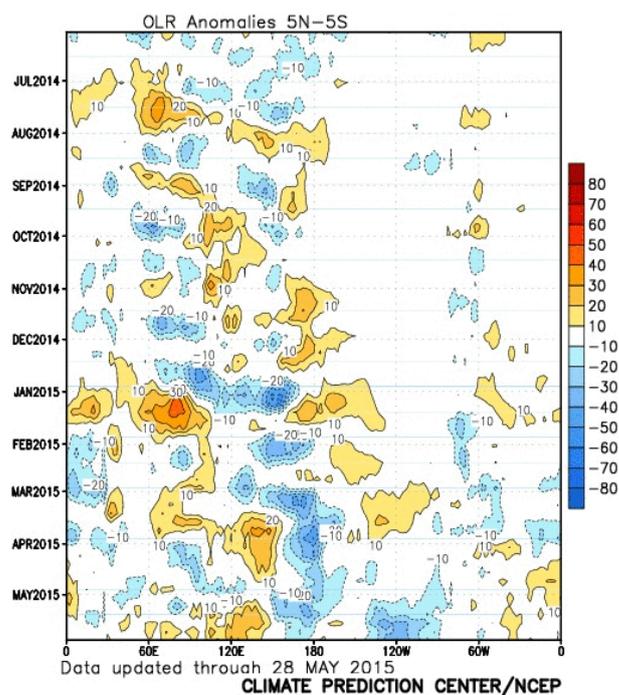
**Figura 2.5.2.** a) Anomalías de la temperatura superficial del mar ( $^{\circ}\text{C}$ ) en el océano Pacífico ecuatorial ( $5^{\circ}\text{N}$ - $5^{\circ}\text{S}$ ), b) Anomalías de la temperatura superficial del mar ( $^{\circ}\text{C}$ ) en las regiones Niño de junio de 2014 a mayo de 2015. Fuente: NCEP/NOAA.



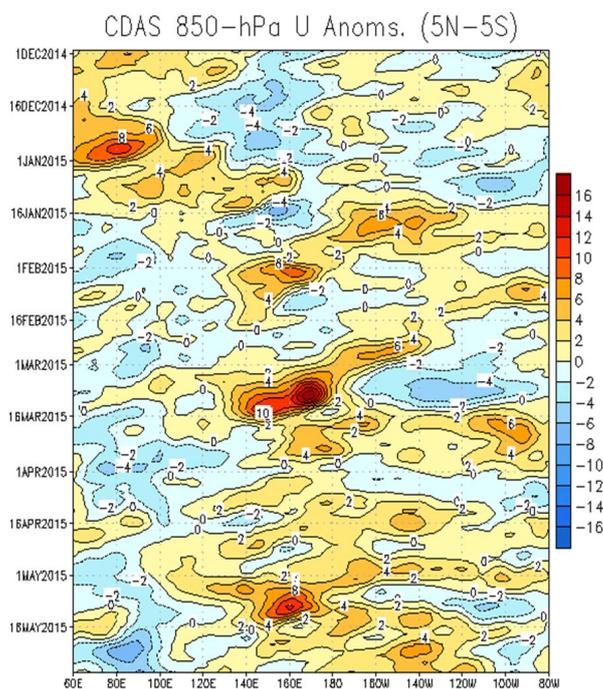
**Figura 2.5.3.** Evolución del Índice de Oscilación Sur. Se considera una media móvil cada 30 días. Fuente: Bureau of Meteorology, Australia.



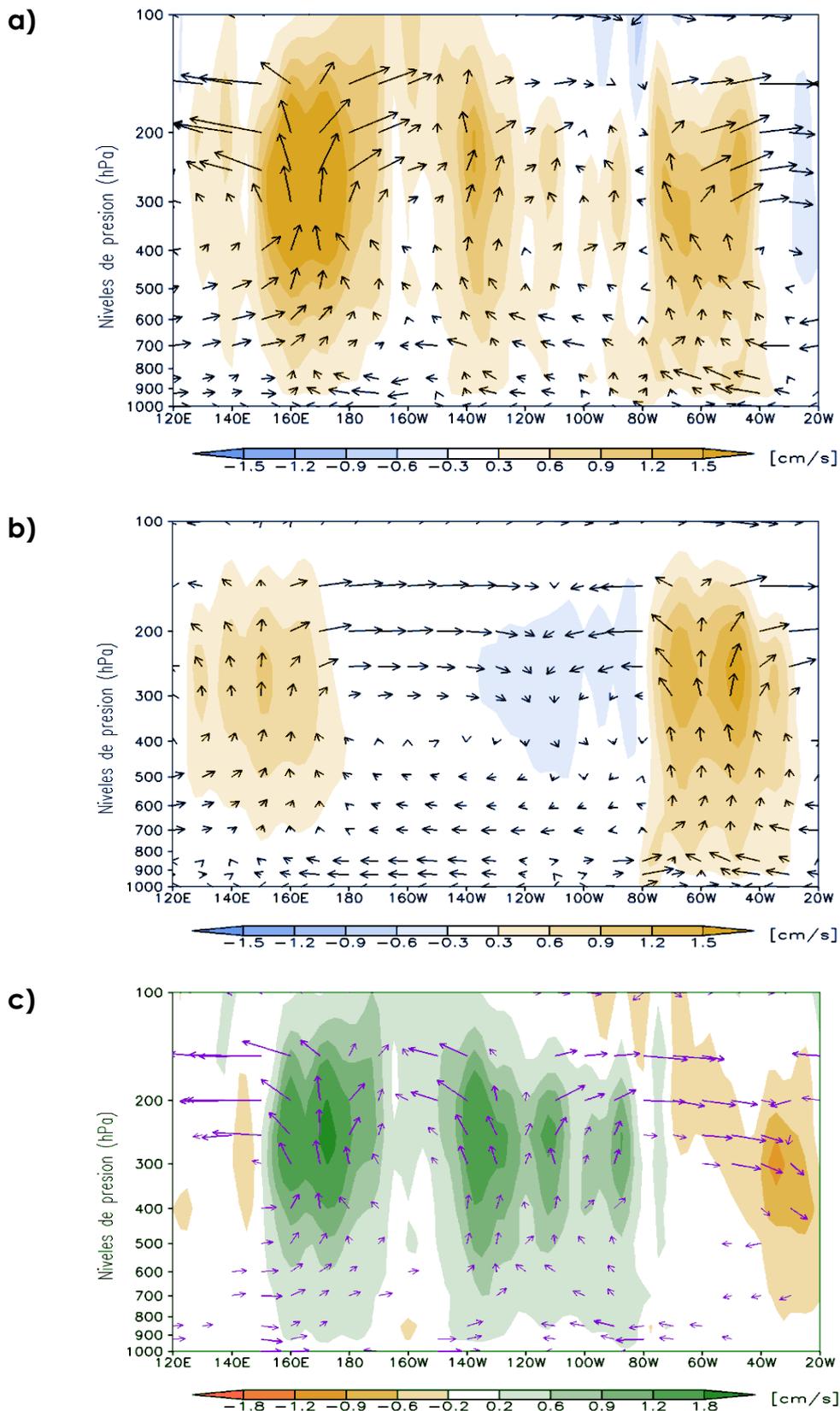
**Figura 2.5.4.** Análisis de anomalías del viento (m/s): a) 850 hPa y b) 200 hPa. Datos: NCEP/NOAA. Procesamiento: SENAMHI.



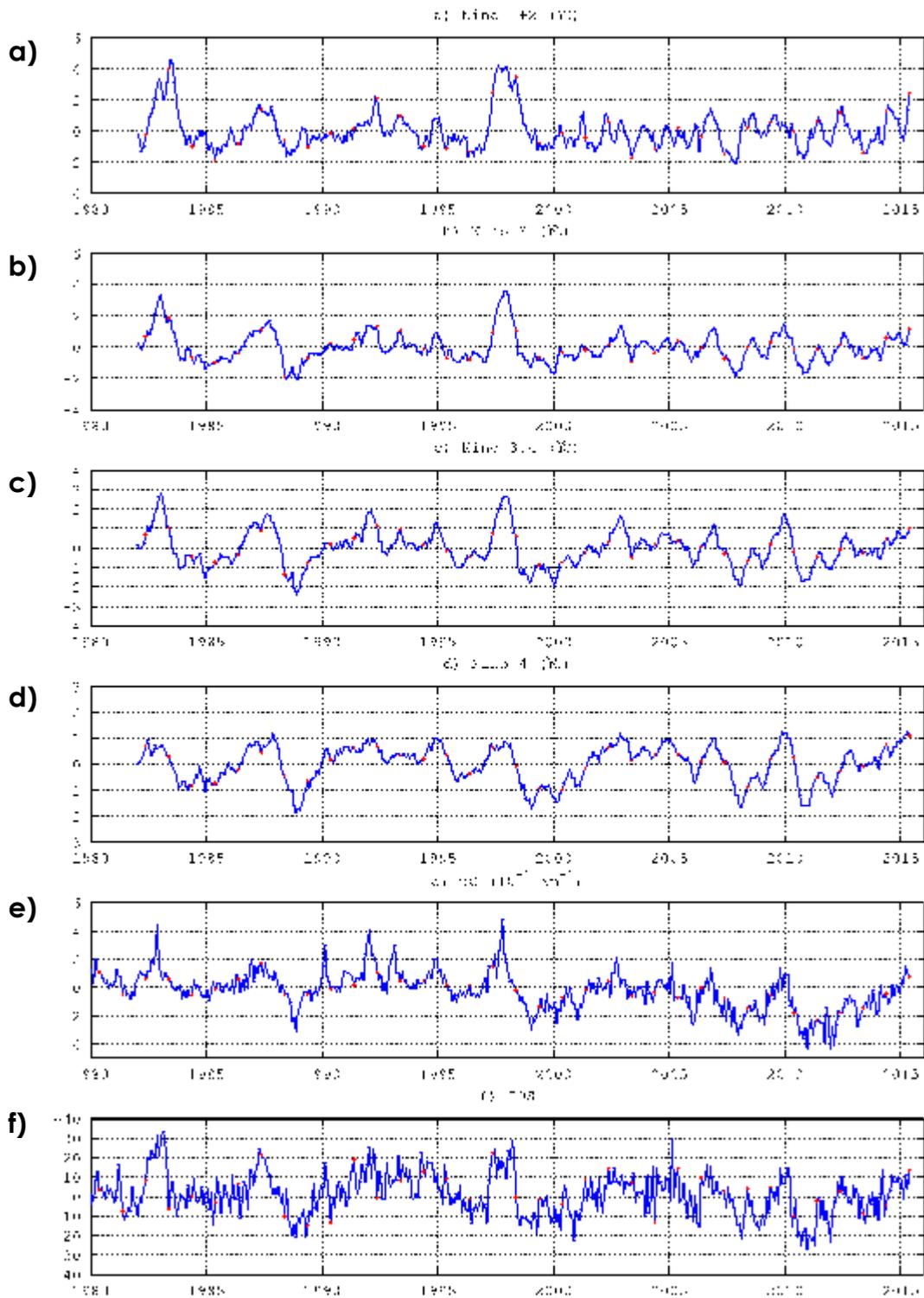
**Figura 2.5.5.** Diagrama Hovmöller de anomalías de radiación de onda larga ( $W/m^2$ ) para el mes de mayo del 2015. Datos: NCEP/NOAA.



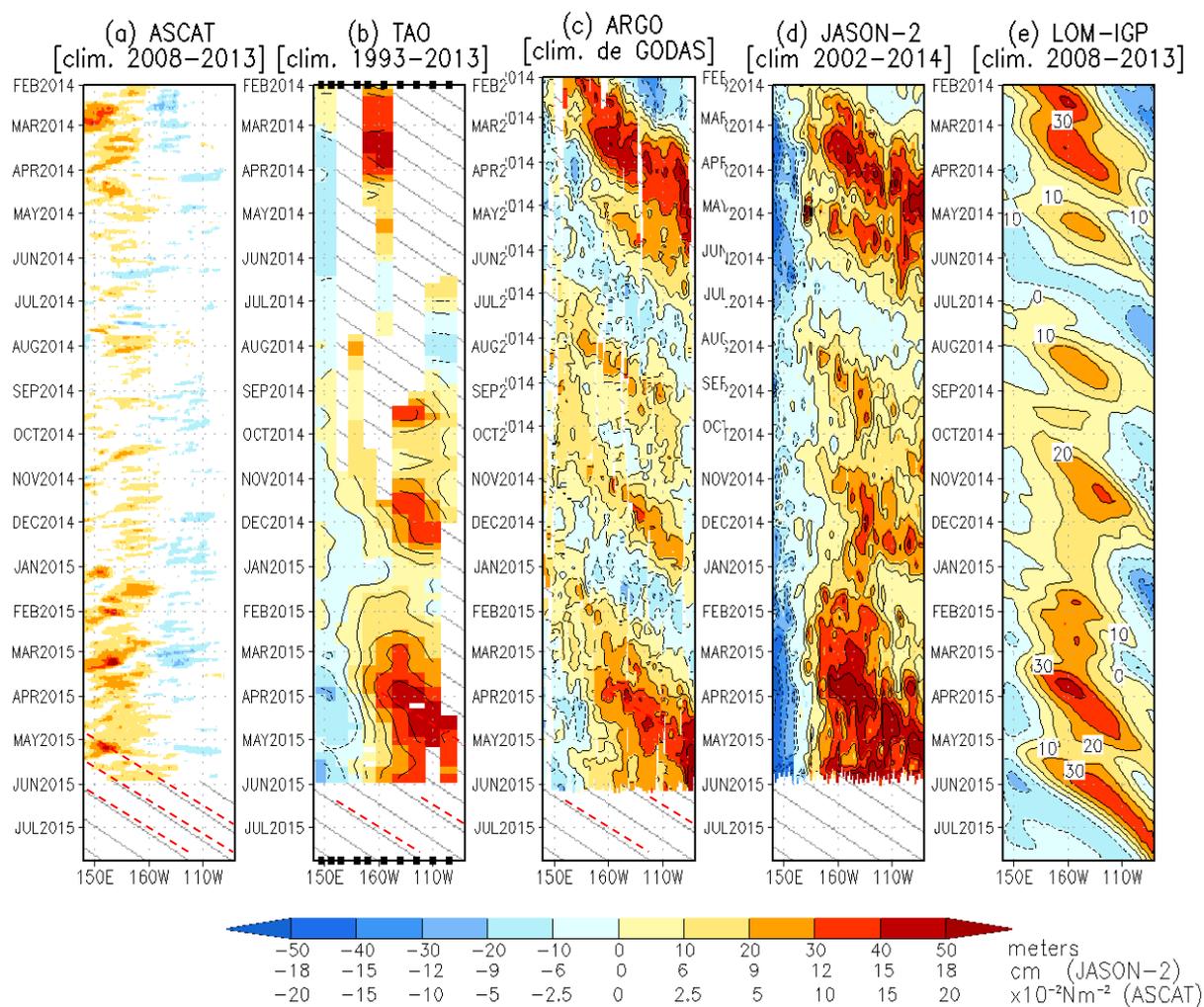
**Figura 2.5.6.** Diagrama Hovmöller de anomalía del viento zonal 850 hPa para el mes de mayo del 2015. Datos: CDAS (al 29 de mayo). Procesamiento: SENAMHI.



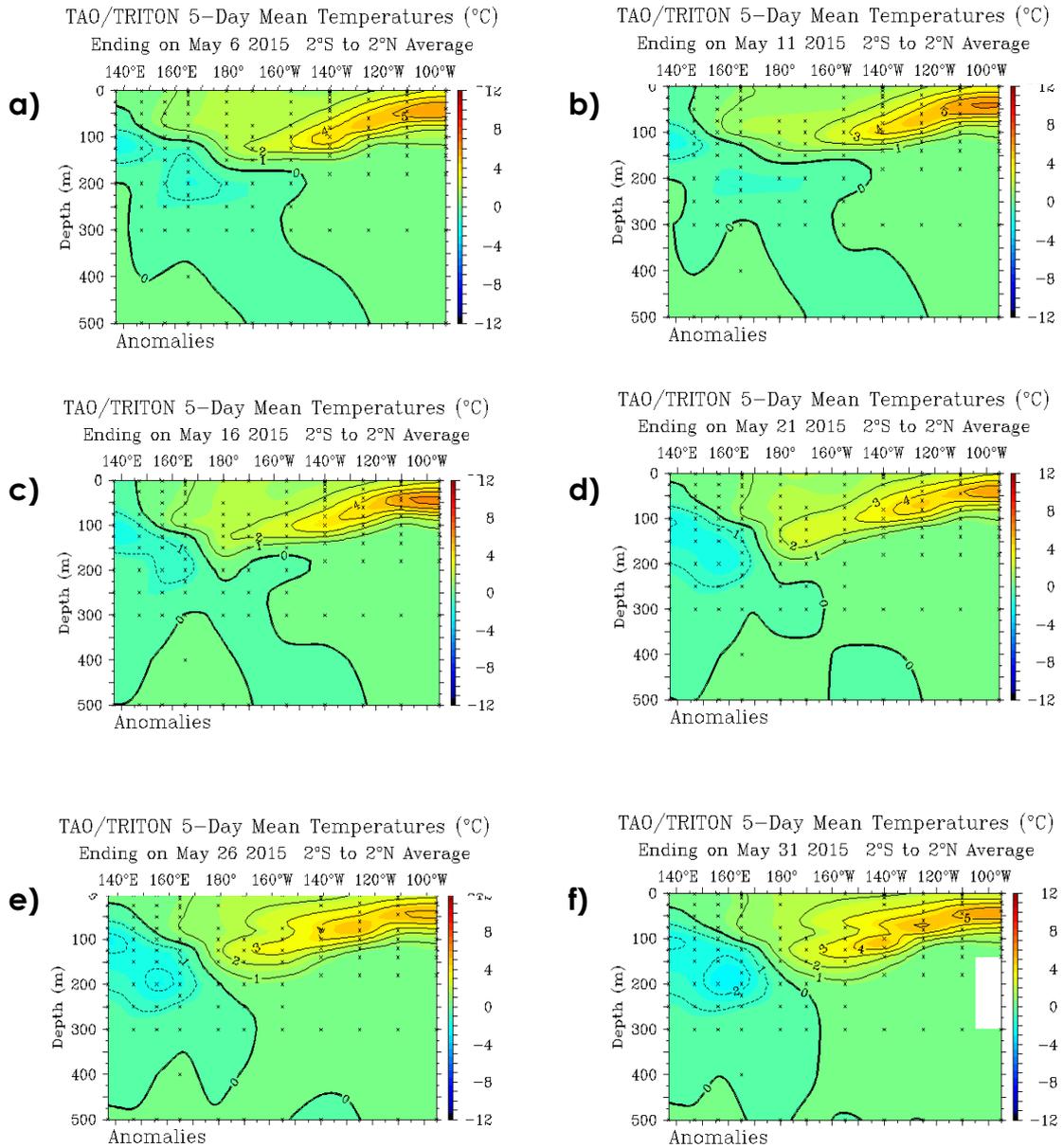
**Figura 2.5.7.** Análisis de la circulación atmosférica ecuatorial (E-O). Fuente: NCEP/NOAA. Procesamiento: SENAMHI.



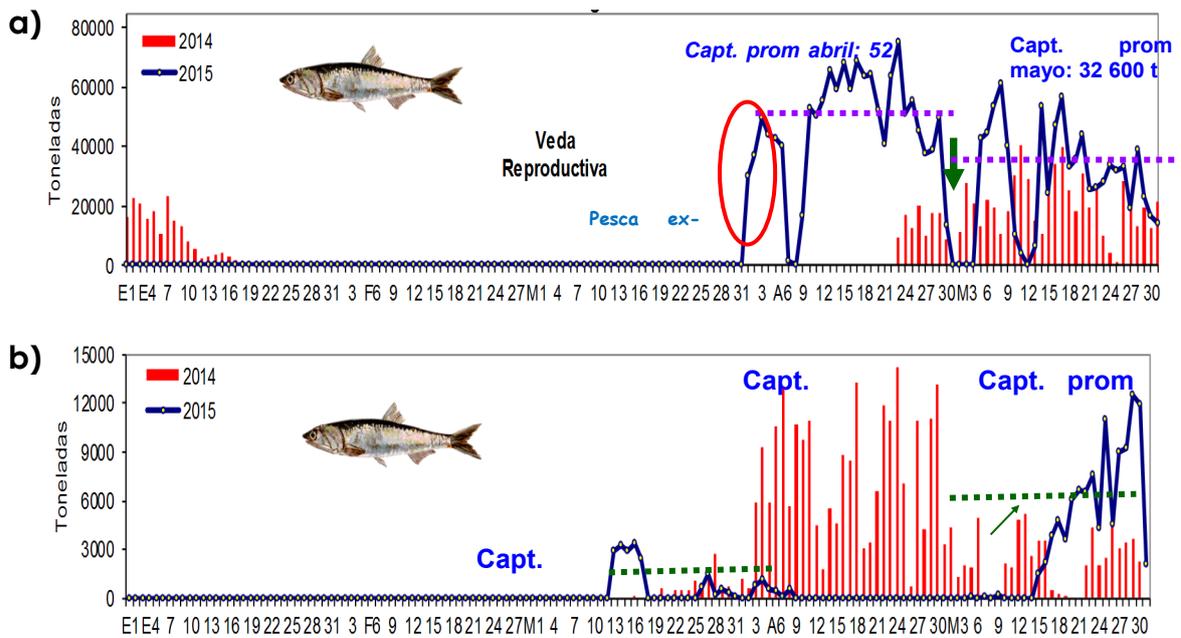
**Figura 2.5.8.** Índices de anomalías mensuales de: a-d) Temperatura superficial del mar en las regiones Niño, e) Esfuerzo de viento zonal en el Pacífico central, y f) Índice de Oscilación Sur. Los valores de mayo se indican en rojo. Preparación: IGP.



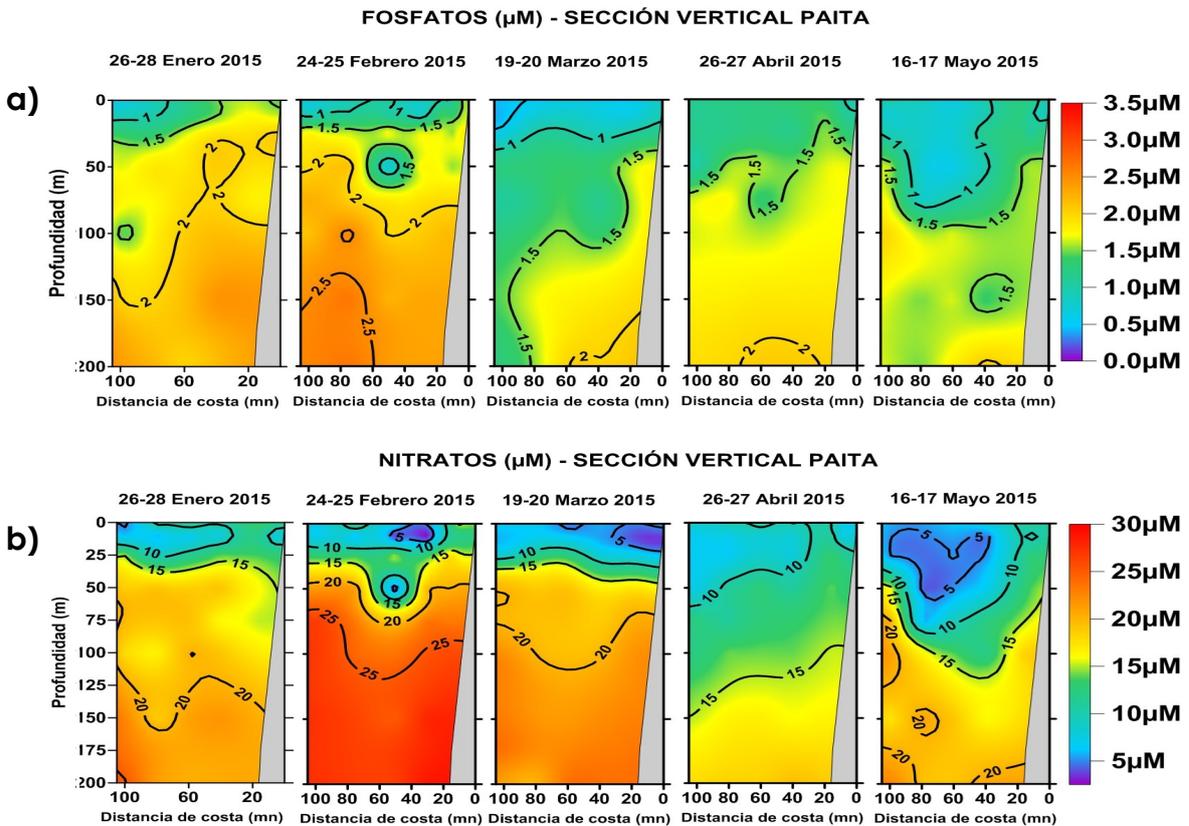
**Figura 2.6.1.** Diagrama longitud-tiempo de las anomalías de esfuerzo de viento zonal ecuatorial basado en datos de: a) escaterómetro ASCAT, b) anomalía de la profundidad de la isoterma de 20°C (datos de TAO), c) derivadores Argo, d) nivel del mar de JASON-2 (d), e) anomalía de la profundidad de la termoclina calculada con el modelo LOM-IGP (forzado por ASCAT, y  $\text{taux}=0$  para el pronóstico). Las líneas diagonales plomas (rojas) representan una propagación hacia el este con velocidad de 2.7 m/s (2.1 m/s) para la onda de nivel del mar (la termoclina). Datos: ASCAT, TAO/TRITON, Argo, JASON-2. Procesamiento: IGP.



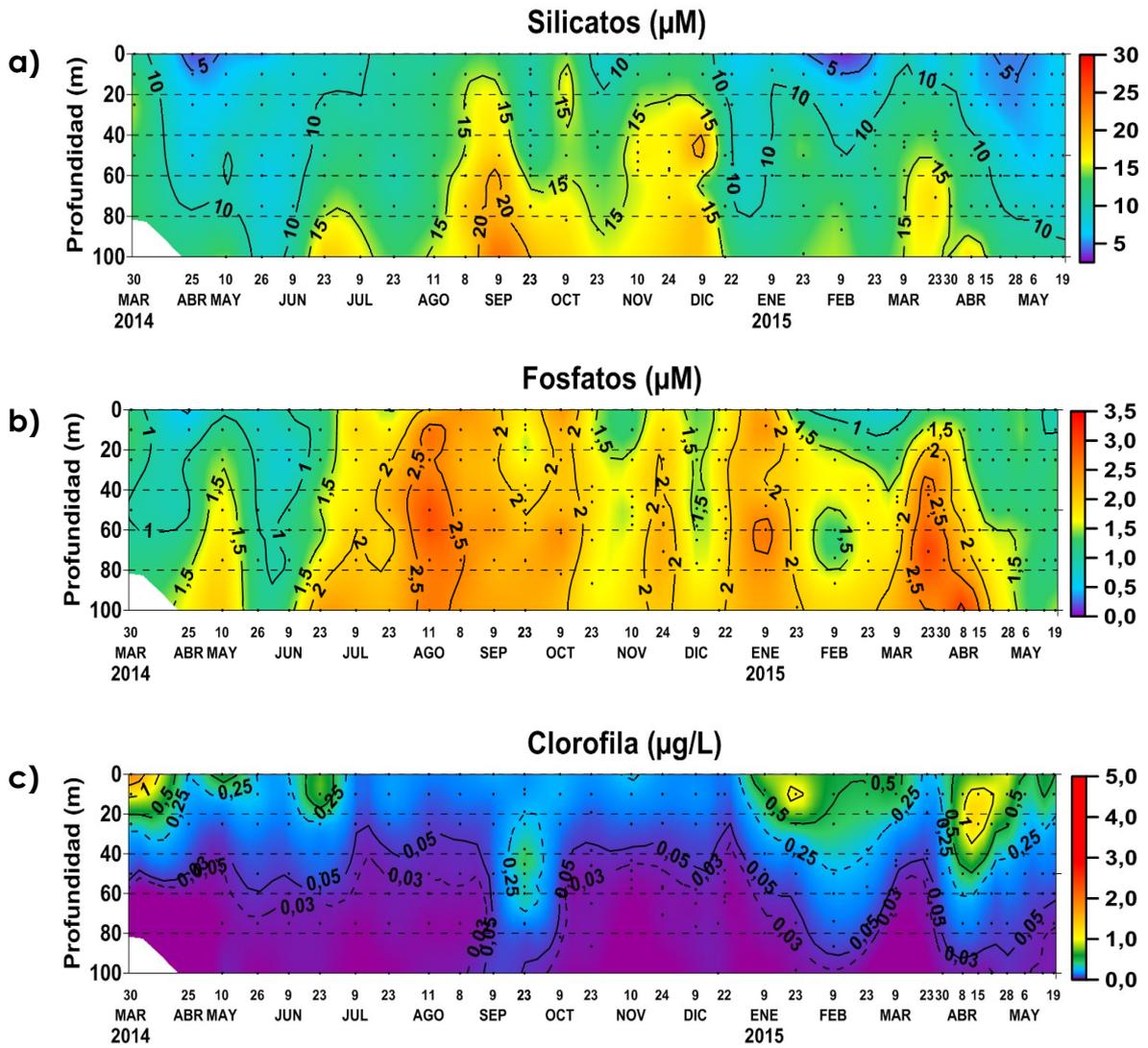
**Figura 2.6.2.** Anomalías de la temperatura sub-superficial del mar (°C) en el océano Pacífico ecuatorial entre los 2°N y 2°S promediadas cada cinco días finalizando los días a) 6 de mayo, b) 11 de mayo, c) 16 de mayo, d) 21 de mayo, e) 26 de mayo y f) 31 de mayo de 2015. Fuente: TAO/NOAA.



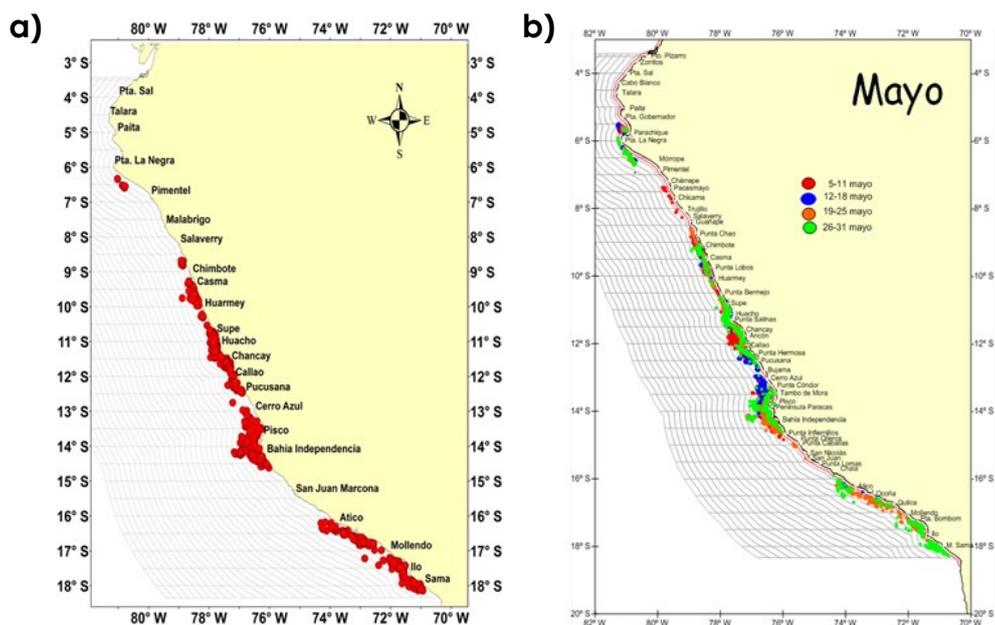
**Figura 2.7.1.** Desembarque diario de anchoveta: a) Región Norte – Centro, b) Región Sur. Periodo 01 de enero al 31 de mayo de 2015. Fuente: IMARPE.



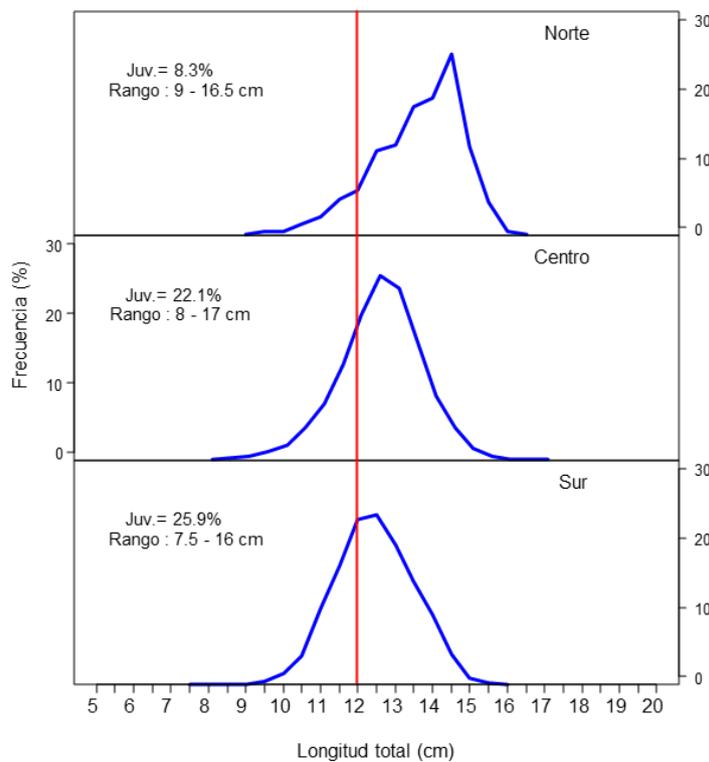
**Figura 2.7.2.** Estructura vertical de: a) Fosfatos ( $\mu\text{M}$ ), b) Nitratos ( $\mu\text{M}$ ) en la estación fija Paita de marzo 2014 a mayo 2015. Fuente: IMARPE.



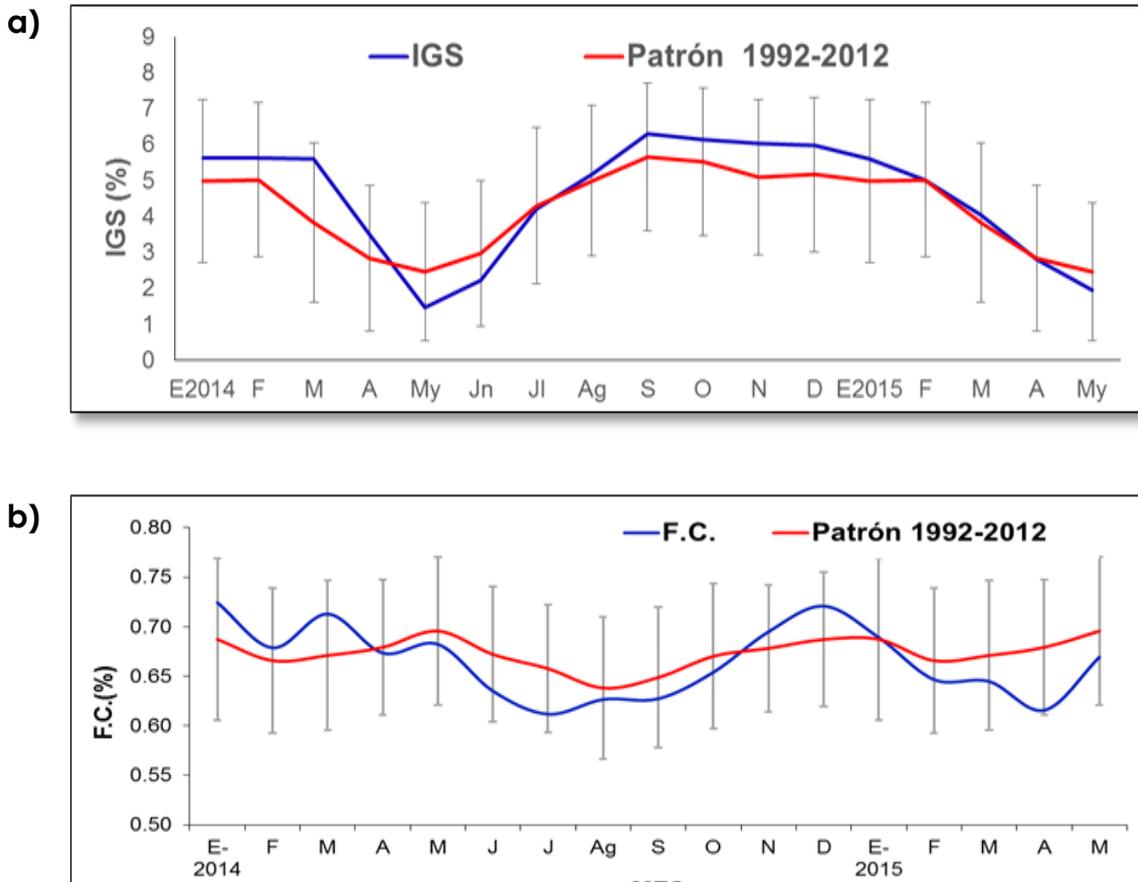
**Figura 2.7.3.** Estructura vertical de: a) Silicatos ( $\mu\text{M}$ ), b) Fosfatos ( $\mu\text{M}$ ), c) Clorofila ( $\mu\text{L}$ ) en la estación fija Paita de marzo 2014 a mayo 2015. Fuente: IMARPE.



**Figura 2.7.4.** Distribución de la flota industrial de anchoveta: a) mensual y b) semanal. Fuente: IMARPE.



**Figura 2.7.5.** Estructura de tamaños de la anchoveta. Fuente: IMARPE.



**Figura 2.7.6.** Serie mensual de las anomalías de los indicadores reproductivos: a) Índice gonadosomático (IGS), b) Factor de condición del stock norte – centro de anchoveta. Enero 2014-mayo 2015. Fuente: IMARPE.

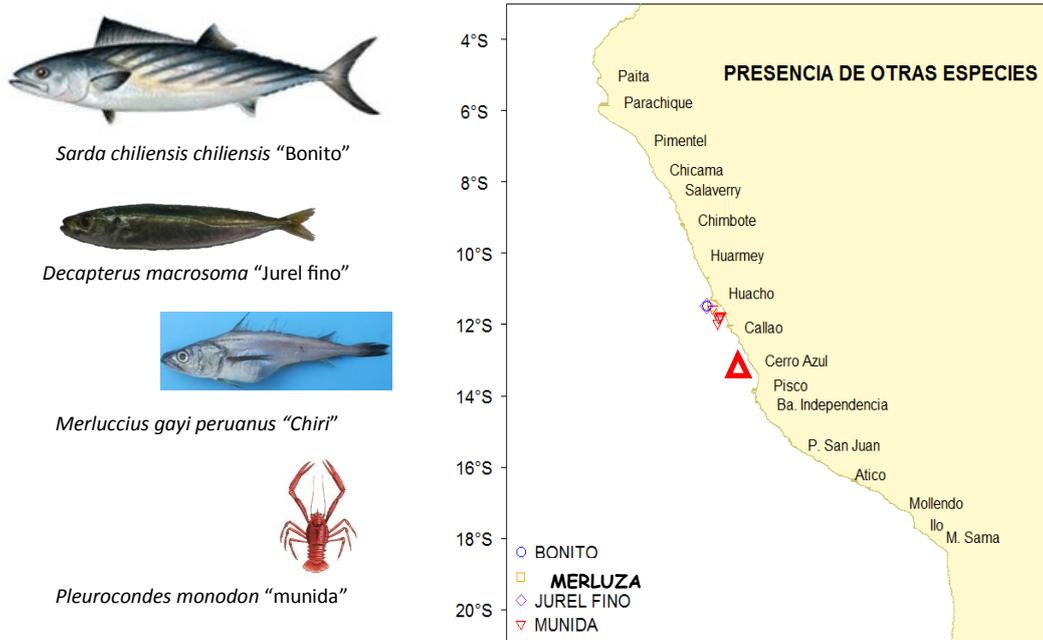


Figura 2.7.7. Distribución de otras especies durante mayo 2015. Fuente: IMARPE.

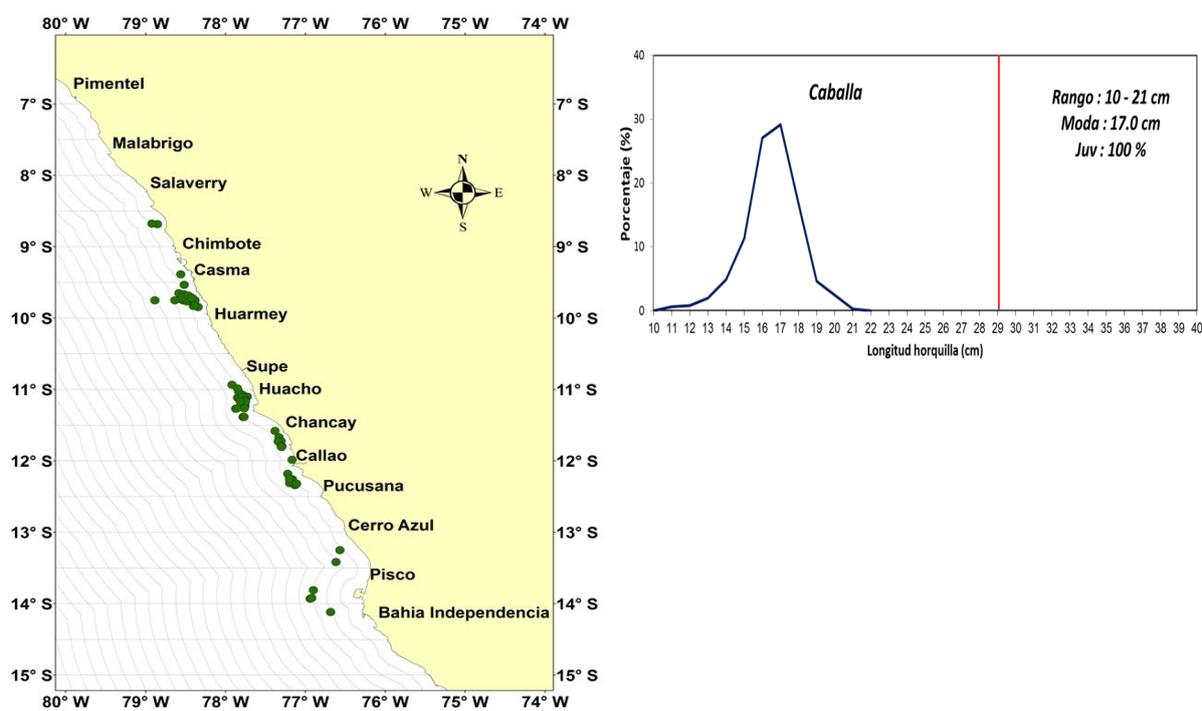
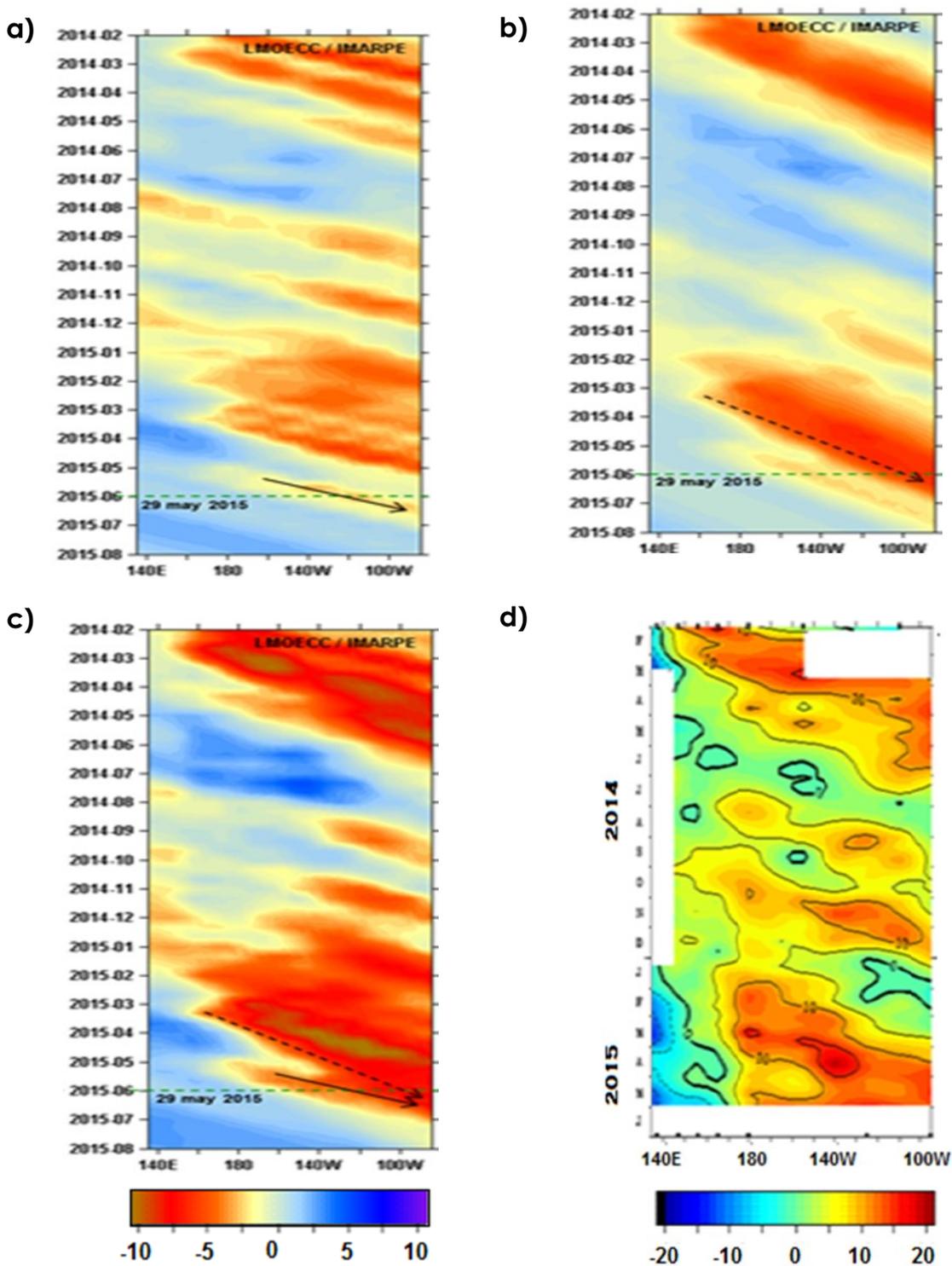
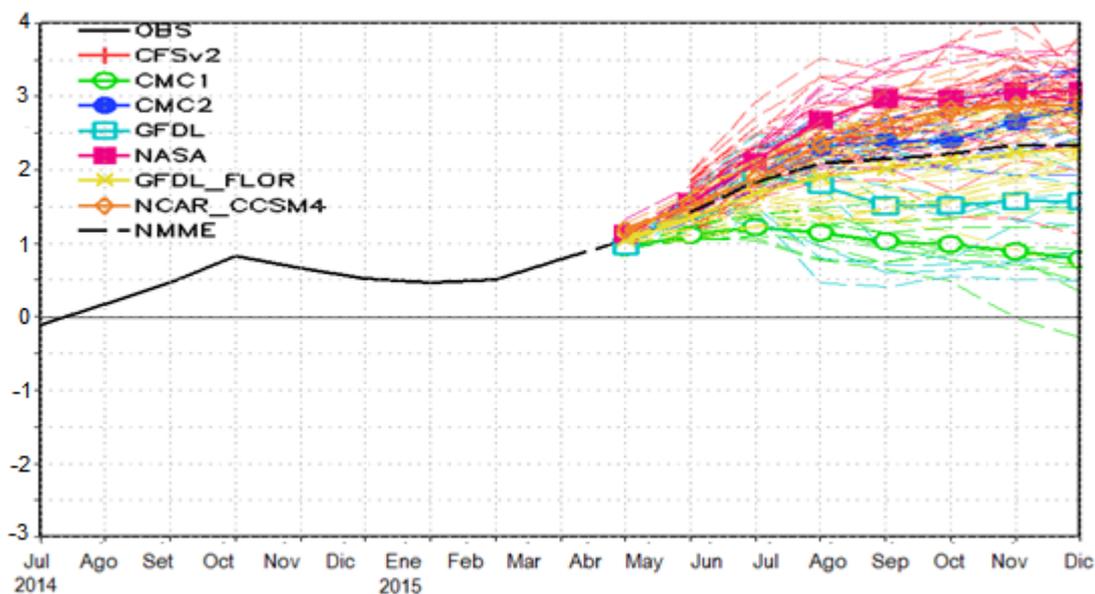


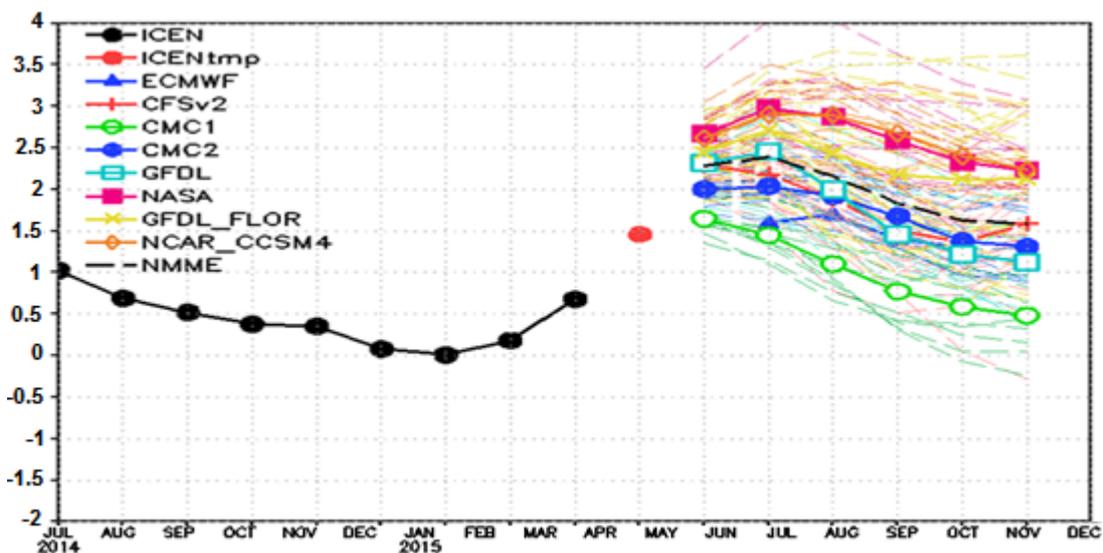
Figura 2.7.8. Distribución de caballa durante mayo 2015. Fuente: IMARPE.



**Figura 3.1.1.** Diagrama Hovmöller longitud-tiempo de las ondas Kelvin en el océano Pacífico ecuatorial ( $0^{\circ}$ ) simuladas por un modelo oceánico lineal forzado con vientos de NCEP: a) Modo 1, b) Modo 2, c) Modos 1+2 y d) Anomalías de la altura dinámica (db.dyn cm) en el Pacífico ecuatorial ( $2^{\circ}\text{S}$  y  $2^{\circ}\text{N}$ ). La línea discontinua horizontal, en verde, indica el inicio del pronóstico sin el forzante de vientos. Fuente: TAO/NOAA.



**Figura 3.2.1.** Índice Niño 3.4 mensual observado y pronosticado por los modelos de NMME. Fuente: CPC/NCEP/NOAA.



**Figura 3.2.2.** Índice Costero El Niño (ICEN, círculos llenos en color negro) y su valor temporal (ICENtmp, círculo lleno en color rojo). Además, pronósticos numéricos del ICEN (media móvil de 3 meses de las anomalías pronosticadas de TSM en la región Niño 1+2) por diferentes modelos climáticos. Las líneas entrecortadas corresponden a los miembros de los "ensembles". Los pronósticos de los modelos CFSv2, CMC1, CMC2, GFDL, NASA y NCAR tienen como condición inicial el mes de mayo de 2015. El modelo ECMWF tiene como condición inicial el mes de abril de 2015. Fuente: IGP, NOAA, proyecto NMME, ECMWF.

## TABLAS

**Tabla 2.1.1.** Anomalías mensuales de la temperatura superficial del mar (°C) y del nivel medio del mar (cm) de enero de 2015 a mayo de 2015. Los números en color rojo indican anomalías positivas. Fuente: DHN.

Estación	Anomalías de la TSM (°C)					Anomalías del NMM (cm)				
	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.
Talara	-0.2	-1.8	-0.1	1.1	3	0	-1	5	16	19
Paita	-1	-1.6	0.3	0.6	3.7	2	0	4	14	20
Isla Lobos de Afuera	0.3	-0.2	-0.4	0.6	2.2	1	-	-	11	15
Chimbote	-1.1	-0.9	-0.6	-0.6	2.5	0	1	4	10	15
Callao	-0.1	0	-0.4	0.1	2.5	-2	-3	0	7	10
San Juan	-1	-0.2	0.1	0.3	0.8	-1	-2	4	8	10
Mollendo	-0.3	0	0.5	0.7	1.2	-2	-3	3	4	6
Ilo	-0.7	-0.2	0.8	0.5	1.1	-	-	-	-	-

**Tabla 2.1.2.** Valores del Índice Costero El Niño (ICEN) de agosto de 2014 a abril de 2015. Fuente: IGP.

Mes	ICEN	Categoría
ago-14	1.02	Cálida Moderada
sep-14	0.69	Cálida Débil
oct-14	0.52	Cálida Débil
nov-14	0.38	Neutro
dic-14	0.35	Neutro
ene-15	0.08	Neutro
feb-15	0.01	Neutro
mar-15	0.18	Neutro
abr-15	0.68	Cálida Débil

Mes	ICEN <sub>tmp</sub>	Categoría
may-15	1.45 <sup>1</sup>	Cálida Moderada
jun-15	1.81 <sup>2</sup>	Cálida Fuerte

<sup>1</sup> Se usaron los datos de ERSST ( Abr. May. 2015) y NMME (Jun. 2015)

<sup>2</sup> Se usaron los datos de ERSST (May. 2015) y NMME (May. Jul. 2015)

**Tabla 2.2.1.** Volumen de agua almacenado (m<sup>3</sup>) en los principales reservorios. Fuente: ANA.

Zona	Nombre del Reservorio	Fecha Reporte	Departamento de Influencia	Capacidad Hidráulica (hm <sup>3</sup> )		Capacidad Hidráulica Disponible (%)	Capacidad Hidráulica Disponible Regionalizada(%)
				Total	Disponible		
Costa - Norte	POECHOS	29-may	Piura	490.0	419.6	86	94
	SAN LORENZO	28-may	Piura	193.0	195.0	100	
	TINAJONES	28-may	Lambayeque	330.0	309.4	94	
	GALLITO CIEGO	29-may	La Libertad	372.0	366.2	98	
Costa - Sur	CONDOROMA	31-may	Arequipa	259.0	246.6	95	63
	EL PAÑE	31-may	Arequipa	99.6	87.8	88	
	LOS ESPAÑÓLES	31-may	Arequipa	9.9	1.1	11	
	PILLONES	31-may	Arequipa	78.5	67.0	85	
	EL FRAYLE	31-may	Arequipa	127.2	83.3	65	
	AGUADA BLANCA	31-may	Arequipa	30.4	7.0	23	
	PASTO GRANDE	28-may	Moquegua	185.0	134.2	73	

**Tabla 2.5.1.** Anomalías semanales (centrados en los días 6, 13, 20 y 27 de mayo 2015) y mensuales (de abril de 2014 a mayo de 2015) de la temperatura superficial del mar (°C) en las regiones Niño. Los números en color rojo indican anomalías positivas. Fuente: NCEP/NOAA.

Regiones Niño	Anomalías de TSM semanales - 2015			
	Niño 1+2	Niño 3	Niño 3.4	Niño 4
06 May.	2.3	1.2	1	1.2
13 May.	2.1	1.1	1	1.1
20 May.	2.6	1.2	1.1	1.1
27 May.	2.6	1.4	1.3	1.1

Regiones Niño	Anomalías de TSM mensuales - 2014-2015			
	Niño 1+2	Niño 3	Niño 3.4	Niño 4
Abr. 2014	-0.37	0.23	0.24	0.63
May. 2014	1.30	0.61	0.46	0.77
Jun. 2014	1.68	0.89	0.46	0.59
Jul. 2014	1.36	0.65	0.18	0.29
Ago. 2014	1.27	0.52	0.20	0.46
Sep. 2014	0.96	0.45	0.45	0.65
Oct. 2014	0.75	0.66	0.49	0.64
Nov. 2014	0.74	0.91	0.88	0.85
Dic. 2014	0.08	0.80	0.78	0.91
Ene. 2015	-0.39	0.36	0.53	0.86
Feb. 2015	-0.55	0.18	0.56	1.02
Mar. 2015	0.06	0.15	0.58	1.13
Abr. 2015	1.35	0.67	1.23	0.78
PT <sup>3</sup>	2.4	1.23	1.1	1.13

<sup>3</sup>PT= Promedio Temporal.



# ENFEN

ESTUDIO NACIONAL DEL  
FENÓMENO "EL NIÑO"



**INDECI**  
INSTITUTO NACIONAL DE DEFENSA CIVIL