

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



**INFORME TÉCNICO ENFEN**

**Año 1 N°1**

---

**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°1, Abril de 2015, 47 p.

El Informe Técnico ENFEN de Abril 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 Abril 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 incorpora ahora nuevos elementos de información que tengo el honor de presentar, esperando que contribuya a mejorar el conocimiento y a adoptar decisiones y acciones oportunas hacia una eficiente y eficaz gestión del riesgo asociado a El Niño-Oscilación del Sur en nuestro país.

Cordialmente,



Calm (R) Germán Vásquez Solís Talavera

# TABLA DE CONTENIDOS

---

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | <u>Página</u> |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| I Sumario: Comunicado Oficial ENFEN                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 5             |
| II Diagnóstico y Previsión Climática: Informe Técnico ENFEN                                                                                                                                                                                                                                                                        | 8             |
| 1. Resumen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 9             |
| 2. Condiciones observadas en Abril 2015                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 10            |
| 2.1 Temperatura superficial del aire y del mar en la costa peruana                                                                                                                                                                                                                                                                 | 10            |
| 2.2 Precipitaciones e hidrología en la vertiente del Pacífico                                                                                                                                                                                                                                                                      | 11            |
| 2.3 Nivel del mar y temperaturas subsuperficiales frente a la costa peruana                                                                                                                                                                                                                                                        | 11            |
| 2.4 Circulación atmosférica en el Pacífico sudoriental                                                                                                                                                                                                                                                                             | 12            |
| 2.5 Circulación atmosférica y temperatura superficial en el Pacífico ecuatorial                                                                                                                                                                                                                                                    | 12            |
| 2.6 Dinámica oceánica en el Pacífico ecuatorial                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 13            |
| 2.7 Recursos pesqueros e indicadores biológicos                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 14            |
| 3. Perspectivas                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 15            |
| 3.1 A corto plazo (semanas)                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 15            |
| 3.2 A mediano plazo (hasta 3 meses)                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 16            |
| 3.3 A largo plazo (más de 3 meses)                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 17            |
| 4. Conclusiones                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 17            |
| 5. Referencias                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 18            |
| Figuras                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |               |
| 2.1.1. Anomalías de las temperaturas extremas del aire (°C) en la costa peruana de enero 2014 a abril de 2015: a) Temperatura máxima y b) Temperatura mínima. Fuente: SENAMHI.                                                                                                                                                     | 20            |
| 2.1.2. Series de tiempo diarias de a) anomalías mensuales de la temperatura superficial del mar (°C), b) Temperatura superficial del mar (°C), c) anomalías mensuales del nivel medio del mar de enero 2013 a abril de 2015 y d) Nivel medio del mar (m) en el litoral peruano en abril de 2015. Fuente: DHN.                      | 21            |
| 2.1.3. Distribución espacial de la temperatura superficial del mar (°C) frente a Perú cada 3 días durante abril del 2015. Datos: NOAA-AVHRR-OI-v2. Procesamiento: IMARPE.                                                                                                                                                          | 22            |
| 2.1.4. Anomalías de la temperatura superficial del mar (°C) en el océano Pacífico oriental para los días a) 5 de abril, b) 11 de abril, c) 15 de abril, d) 20 de abril, e) 25 de abril y f) 2 de mayo de 2015. La línea sólida en color azul indica el límite externo de la región Niño 1+2. Datos: NCEP/NOAA. Procesamiento: DHN. | 23            |
| 2.1.5. Distribución espacial de las anomalías de la temperatura superficial del mar (°C) frente a Perú cada 3 días en abril del 2015. Datos: NOAA-AVHRR-OI-v2. Procesamiento: IMARPE.                                                                                                                                              | 24            |
| 2.2.1. Series 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.                                                                                                                                                                       | 25            |
| 2.2.2. Precipitación acumulada (mm/mes) estimada por satélite TRMM. Datos: TRMM NCEP/NOAA. Procesamiento: SENAMHI.                                                                                                                                                                                                                 | 26            |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | <u>Página</u> |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| 2.3.1. Diagrama de Hovmöller de la anomalía de la altura del nivel medio del mar (cm) al 27 de abril de 2015. Datos: AVISO. Procesamiento: IMARPE.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 27            |
| 2.3.2. Series de tiempo de: a) Temperatura (°C), b) Salinidad (ups) y c) Oxígeno (mL/L) en la estación oceanográfica fija frente a Paita para el periodo del 30 de marzo de 2014 al 28 de abril de 2015. Fuente: IMARPE.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 28            |
| 2.3.3. Distribución vertical de: a, d) Temperatura (°C), b, f) Salinidad (UPS) y c, g) Oxígeno (mL/L) frente a Paita y Chicama. Fuente: IMARPE.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 29            |
| 2.4.1. a) Velocidad del viento (m/s) y b) Anomalía del viento (m/s) en la zona costera de 0° a 20°S de octubre de 2014 al 26 de abril de 2015. Fuente: ASCAT. Procesamiento: IMARPE.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 30            |
| 2.4.2. Análisis de la presión atmosférica (hPa) a nivel medio del mar en abril del 2015. a) Promedio de la presión atmosférica (hPa) a nivel del mar, b) Distribución climatológica de la presión atmosférica (hPa) a nivel medio del mar y c) Anomalía de la presión (hPa) a nivel del mar. Datos: Reanálisis de NCEP/NCAR. Procesamiento: SENAMHI.                                                                                                                                                                                                                                                      | 31            |
| 2.5.1. Promedio de anomalías de la temperatura superficial del mar (°C) en el océano Pacífico tropical del 5 de abril al 2 de mayo de 2015. Fuente: NCDC/NCEP/NOAA.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 32            |
| 2.5.2. Anomalías de: a) temperatura superficial del mar (°C) en el océano Pacífico ecuatorial (5°N-5°S), b) temperatura superficial del mar (°C) en las regiones Niño de mayo de 2014 a abril de 2015. Fuente: NCEP/NOAA.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 32            |
| 2.5.3. Evolución del Índice de Oscilación Sur (IOS). La serie de tiempo considera la media móvil cada 30 días. Fuente: Bureau of Meteorology.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 33            |
| 2.5.4. Análisis de las anomalías del viento (m/s) en 850 hPa en la primera semana de marzo del 2015. Datos: NCEP/NOAA. Procesamiento: SENAMHI.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 33            |
| 2.5.5. Análisis de las anomalías del viento a: a) 500 hPa y b) 200 hPa en abril de 2015. Datos: NCEP/NOAA. Procesamiento: SENAMHI.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 34            |
| 2.5.6. Análisis de la circulación atmosférica ecuatorial de este a oeste en abril de 2015. Datos: NCEP/NOAA. Procesamiento: SENAMHI.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 35            |
| 2.6.1. Diagrama longitud-tiempo de: a) anomalías de esfuerzo del viento zonal ecuatorial basado en datos del escaterómetro ASCAT, b) anomalía de la profundidad de la isoterma de 20°C (m) de TAO, c) derivadores de Argo, d) datos del nivel del mar de JASON-2 (d). Finalmente en (e) se muestra la 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 representan una propagación hacia el este con velocidad de 2.6 m/s. Datos: ASCAT, TAO/TRITON, Argo, JASON-2. Procesamiento: IGP. | 36            |
| 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) 3 de abril, b) 8 de abril, c) 13 de abril, d) 18 de abril, e) 23 de abril y f) 2 de mayo de 2015. Fuente: TAO PMEL/NOAA.                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 37            |
| 2.7.1. Especies del zooplancton indicadoras de masas de agua en los perfiles oceanográficos: a) Callao, b) Pisco y c) a 50 mn. Fuente: IMARPE.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 38            |
| 2.7.2. Desembarque diario de anchoveta en las regiones: a) Norte – Centro y b) Sur del 01 de enero al 30 de abril de 2015. Fuente: IMARPE.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 38            |
| 2.7.3. Distribución de la flota industrial de anchoveta: a) mensual y b) semanal en abril de 2015. Fuente: IMARPE.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 39            |
| 2.7.4. Distribución vertical de anchoveta en abril 2015. Fuente: IMARPE.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 39            |
| 2.7.5. Estructura de tamaños de la anchoveta en abril de 2015. Fuente: IMARPE.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 39            |
| 2.7.6. Anomalías de los indicadores reproductivos: a) Índice gonadosomático (IGS), b) Fracción Desovante (FD) y los indicadores somáticos, c) Factor de condición y d) Contenido Graso (CG) del stock norte – centro de anchoveta de enero de 2014 a abril de 2015. Fuente: IMARPE.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 40            |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | <u>Página</u> |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| 2.7.7. Especies indicadoras de masas de: a) agua cálidas (merluza) y b) aguas frías (múnida) en abril 2015. Fuente: IMARPE.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 41            |
| 2.7.8. Dieta de guanay en islas de la región Norte - Centro del litoral en abril 2015. Fuente: IMARPE.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 41            |
| 3.1.1. Diagrama Hovmöller longitud-tiempo de las ondas Kelvin en el océano Pacífico ecuatorial (0°N) 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: TAO/PMEL/NOAA. Preparación: IGP.                                                                                                                                                                                   | 42            |
| 3.2.1. Índice Niño 3.4 mensual observado y pronosticado por los modelos de NMME. Fuente: CPC/NCEP/NOAA.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 43            |
| 3.2.2. Índice Costero El Niño (ICEN, círculos llenos en color negro) y sus valores temporales (ICEN <sub>tmp</sub> , círculos llenos 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 abril de 2015. El modelo ECMWF tiene como condición inicial el mes de abril de 2015. Fuente: IGP, NOAA, proyecto NMME, ECMWF. | 43            |
| 3.3.1. Anomalía mensual de esfuerzo de viento zonal en el Pacífico central, con algunos años seleccionados en color y los datos más recientes en línea negra gruesa. La línea en guiones indica el umbral aproximado que, si es excedido en agosto, implica altas probabilidades de El Niño costero extraordinario según Takahashi y Dewitte (2015). Datos: Reanálisis de NCEP/NCAR. Preparación: IGP.                                                                                                                                                                                                                                 | 44            |

## Tablas

|                                                                                                                                                                                                                                                                                 |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 2.1.1. Anomalías mensuales de la temperatura superficial del mar (°C) y del nivel medio del mar (cm) de enero a abril de 2015. Los números en color rojo indican anomalías positivas. Fuente: DHN.                                                                              | 45 |
| 2.1.2. Valores del Índice Costero El Niño (ICEN) de julio de 2014 a marzo de 2015. Fuente: IGP.                                                                                                                                                                                 | 45 |
| 2.2.1. Volumen de agua almacenado (m <sup>3</sup> ) en los principales reservorios. Fuente: ANA.                                                                                                                                                                                | 46 |
| 2.5.1. Anomalías semanales (centradas en los días 1, 8, 15, 22 y 29 de abril de 2015) y mensuales (de abril de 2014 a marzo de 2015) de la temperatura superficial del mar (°C) en las regiones Niño. Los números en color rojo indican anomalías positivas. Fuente: NCEP/NOAA. | 47 |
| 2.7.1. Desembarque (t) acumulado de recursos pelágicos proveniente de la flota industrial del 01 de enero al 30 de abril de 2015. Fuente: IMARPE.                                                                                                                               | 47 |

# I SUMARIO

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

El Comité Multisectorial ENFEN cambia del estado de Vigilancia al estado de Alerta de El Niño Costero debido a que ya se observan condiciones típicas del inicio de un evento **El Niño Costero de magnitud moderada, que durará al menos hasta el invierno. No se esperan lluvias en la costa** durante este periodo debido a la estacionalidad. Sin embargo, en la primera quincena de mayo se esperan algunos episodios aislados de lluvias en la región nor-occidental (Tumbes y Piura).

El estado del sistema de alerta podrá ser revisado y modificado según el desarrollo de las condiciones océano-atmosféricas.

---

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 del mes de abril.

Este mes, los vientos a lo largo de la costa fueron ligeramente más fuertes que lo normal. Asimismo, la temperatura del mar en la franja costera estuvo alrededor de lo normal, mientras que por fuera de las 40 millas náuticas (mn), se observaron anomalías cálidas con núcleos de hasta dos grados en la superficie del mar. Similarmente, la temperatura del aire registró valores a lo largo del litoral sobre lo normal.

El promedio del nivel medio del mar estuvo por encima de lo normal en toda la costa del Perú, particularmente en el norte, donde se registraron anomalías del orden de 15 cm en promedio. El nivel del mar presentó un pico en la primera quincena de abril, que junto con la profundización de la termoclina<sup>2</sup> frente a la costa, está asociado al arribo de la onda Kelvin a fines de marzo<sup>3</sup>. Hacia la segunda quincena del mes se observó un nuevo incremento del nivel del mar que alcanzó valores de alrededor de 20 cm en la zona norte, asociado a la llegada de la otra onda Kelvin cálida esperada, cuyo principal impacto en la termoclina se observará durante mayo.

Asimismo se observaron anomalías cálidas en casi todo el Pacífico ecuatorial, principalmente alrededor de la línea de cambio de fecha (región Niño 4). Esto indujo la presencia de ligeras anomalías de viento del oeste en el Pacífico ecuatorial occidental-central a lo largo del mes. Por otro lado, en el Pacífico oriental, el índice Costero El Niño (ICEN, región Niño 1+2) de marzo correspondió al rango neutral, pero el valor estimado para abril corresponde a condiciones cálidas débiles.

En la vertiente del Pacífico al oeste de los Andes, las lluvias y caudales se mantuvieron alrededor de lo normal, aunque a mediados de abril se presentaron eventos puntuales de lluvias y caudales considerables en la región Tumbes. Por otro lado, los reservorios cuentan con almacenamiento al 80% de su capacidad máxima, lo que asegura el abastecimiento de agua para el año 2015.

En el transcurso del mes, la anchoveta se replegó progresivamente hacia la costa (de 40 mn a 15 mn) principalmente entre Chicama (7°S) y Huarmey (10°S), manteniendo una amplia distribución entre Supe (10°40'S) y Callao (12°S) así como frente a Pisco (13°S). Asimismo, la distribución de la an-

---

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

<sup>3</sup> Condiciones costeras moderadas= ICEN entre 1 y 1,7, fuerte = ICEN entre 1,7 y 3 (Nota Técnica ENFEN, 2012).

choveta se mantuvo más profunda que lo normal (11 m), alcanzando hasta 30 m, en promedio, en la costa norte. Sin embargo, estos cambios no han repercutido en la condición biológica (reproductiva y corporal) de la anchoveta que se mantiene saludable debido a la moderada productividad que mantiene el océano. Actualmente se registra un desembarque promedio de anchoveta de 50,000 t/día.

## PERSPECTIVAS

En la primera quincena de mayo, se esperan algunos episodios de lluvias aislados en la región noroccidental (Tumbes y Piura) debido a las anomalías positivas de la temperatura superficial del mar.

En el transcurso del mes de mayo la onda Kelvin cálida continuará su llegada a la costa e intensificará las anomalías positivas de la temperatura superficial del mar, del aire y del nivel medio del mar, con mayor profundización de la termoclina. Sin embargo, para los meses siguientes no se esperan efectos en las precipitaciones por ser temporada seca.

De continuar el acoplamiento entre la atmósfera y las anomalías cálidas de la temperatura superficial 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.

Por lo anterior y dado que el valor preliminar del ICEN (ICENtmp) de abril corresponde a condiciones cálidas débiles, el Comité Multisectorial ENFEN declara el estado de ‘alerta de El Niño Costero’, al menos hasta el invierno del presente año.

Considerando las previsiones de los modelos climáticos y que las condiciones cálidas frente a la costa peruana se han presentado con mayor intensidad a lo previsto, el ENFEN eleva la magnitud estimada de El Niño Costero a moderada, sin descartar que a futuro se pueda incrementar la magnitud. Este evento estará asociado a temperaturas por encima de lo normal en la costa, pero sin efectos significativos en las precipitaciones por corresponder a la temporada seca. No se descarta que este evento pueda extenderse hasta fines del presente año, aunque con magnitud por determinarse.

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

Durante el mes de abril, la temperatura superficial del aire y del mar registró valores sobre lo normal a lo largo del litoral, así como núcleos cálidos con anomalías superiores a +2°C más allá de las 40 millas náuticas (mn) y en zonas oceánicas y se observaron núcleos de hasta dos grados centígrados en la superficie del mar. El Índice Costero El Niño (ICEN) estimado para abril corresponde a condiciones cálidas débiles.

Las lluvias y caudales en la vertiente occidental estuvieron dentro de lo normal, aunque con algunos eventos puntuales en Tumbes asociados al calentamiento del mar. Los reservorios culminaron el mes a 85% de su capacidad.

El nivel medio del mar, en promedio, excedió en más de +5 cm su normal en casi todo el litoral, con un pico en la primera quincena y una tendencia a incremento en la segunda. Asimismo, los datos oceanográficos registrados en la columna de agua frente a la costa peruana indican la profundización de las isotermas y las iso-oxígenas. Esto indica la llegada de las dos ondas Kelvin cálidas esperadas, aunque la influencia de la segunda aún no se ha presentado en su totalidad.

En promedio, los vientos a lo largo de la costa fueron ligeramente más fuertes que lo normal, posiblemente como respuesta a la temperatura superficial del mar (TSM) elevada frente a la costa del Perú, lo cual podría contrarrestar parcialmente la influencia de las ondas Kelvin cálidas.

En abril se observaron anomalías cálidas en casi todo el Pacífico ecuatorial, principalmente en la región Niño 4 (alrededor de la línea de cambio de fecha) y Niño 1+2. Asimismo el Índice de Oscilación Sur se presentó ligeramente negativo, mientras que persistieron anomalías del oeste en el viento ecuatorial en niveles bajos y movimientos ascendentes anómalos en la región central-occidental. Todo esto es consistente con el acoplamiento océano-atmósfera asociado a la fase cálida de El Niño-Oscilación Sur.

En el transcurso del mes, la anchoveta se replegó progresivamente hacia la costa (de 40 mn a 15 mn). Asimismo, la distribución de la anchoveta se mantuvo más profunda que lo normal (11 m), alcanzando hasta 30 m, en promedio, en la costa norte. Sin embargo, estos cambios no han repercutido en la condición biológica (reproductiva y corporal) de la anchoveta que se mantiene saludable debido a la moderada productividad que mantiene el océano.

En el transcurso del mes de mayo se espera que la onda Kelvin cálida continúe su llegada a la costa e intensifique las anomalías positivas de la temperatura superficial del mar, del aire y del nivel medio del mar, con mayor profundización de la termoclina. Sin embargo, para los meses siguientes no se esperan efectos en las precipitaciones por ser temporada seca, aunque en la primera quincena de mayo se esperan algunos episodios de lluvias aislados en la región nor-occidental (Tumbes y Piura) debido a las anomalías positivas de la temperatura superficial del mar.

De continuar el acoplamiento entre la atmósfera y las anomalías cálidas de la temperatura superficial 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.

Considerando las previsiones de los modelos climáticos y que las condiciones cálidas frente a la costa peruana se han presentado con mayor intensidad a lo previsto, se eleva la magnitud estimada

de El Niño Costero a moderada, sin descartar que a futuro se pueda incrementar la magnitud a fuerte. Este evento estará asociado a temperaturas por encima de lo normal en la costa, pero sin efectos significativos en las precipitaciones por corresponder a la temporada seca. Por otro lado, se considera posible que El Niño costero y en el Pacífico central se extienda hasta el fin de año, aunque su magnitud para entonces es muy incierta.

## 2. CONDICIONES OBSERVADAS EN ABRIL 2015

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

Durante el mes de abril del 2015, según los datos de las temperaturas del aire de las estaciones meteorológicas del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI), en gran parte de la franja costera del Perú se presentaron anomalías positivas de la temperatura máxima de hasta +2,3°C en la estación La Cruz (Tumbes), +2,2°C en la estación de Talara (Piura) y 1,7°C en la estación Chusis (Piura). Asimismo, las anomalías positivas de mayor magnitud de la temperatura mínima alcanzaron +2,6 °C en la estación de Piura (Piura), +2,4 °C en la estación Talara (Piura), +2,2°C en la estación Chiclayo (Lambayeque) (Figura 2.1.1).

Las anomalías de la TSM registradas en las estaciones costeras de la Dirección de Hidrografía y Navegación (DHN) mostraron valores positivos en la mayoría de ellas, con excepción de Chimbote (Figura 2.1.2). Los promedios mensuales más altos fueron en la costa norte, con valores de +1,1°C, +0,6°C, y +0,6°C, en Talara, Paita, e Islas Lobos de Afuera, respectivamente (Tabla 2.1.1).

Frente a la costa peruana, la TSM según datos satelitales (AVHRR OI v2) mostró predominio de condiciones cálidas desde la segunda semana del mes (Figura 2.1.3), con una lengua de agua cálida delimitada por la isoterma de 27°C, expandiéndose por fuera de las 110 mn, hasta los 12° S, en tanto que las aguas delimitadas por la isoterma de 24 °C, durante la primera semana de abril, llegaron a expandirse a lo largo de toda la costa hasta unirse con el núcleo de 24 °C ubicado en el sur frente a Ilo, cuya expansión en la segunda quincena de abril se fue disipando y contrayendo hacia el Noroeste, hasta ubicar su extremo a los 16° S. Asimismo, las aguas delimitadas por la isoterma de 22°C, estuvieron expandidas a lo largo de toda la zona costera, hallándose bastante cerca al litoral a inicios de mes, mostrando luego hacia finales del mes, un desplazamiento hacia zonas oceánicas, en mayor proporción frente a la zona de Pisco, asociado a la expansión de aguas de menor temperatura (19 °C) desde el litoral hacia zonas oceánicas (Figura 2.1.3).

En términos de la anomalía de TSM, se observaron varios núcleos de anomalías positivas (> +2 °C) en zonas oceánicas, que se intensificaron hacia finales del mes: uno de mayor extensión ubicado entre 2° y 3°S y otro de menor extensión a 7°S, en general asociados a una paulatina expansión de aguas con anomalías de +1°C (Figuras 2.1.4 y 2.1.5). En zonas costeras, entre 5° y 16°S predominaron condiciones ligeramente frías y cálidas, cuyas anomalías negativas de mayor intensidad (-1°C) se presentaron durante la primera quincena del mes de abril, mostrándose luego muy replegadas hacia la costa; contrario a ello, en la zona sur entre 16° y 20° S se presentaron anomalías positivas que alcanzaron +1°C, así como al norte de 5° S donde las anomalías superaron +2 °C. Al culminar el mes, en la zona costera de Perú se observó el predominio de anomalías positivas muy cerca del litoral, a excepción de la zona de Pisco, donde aún permanecieron aguas con condiciones neutras (Figura 2.1.4 y 2.1.5).

El Índice Costero El Niño (ICEN), basado en la anomalía observada de TSM en la región Niño 1+2 (90°W-80°W, 10°S-0°), presentó un valor de 0.18°C para marzo del 2015, correspondiente a condiciones neutras (ENFEN, 2012). Los valores temporales del ICEN (ICENtmp), basados parcialmente

pronósticos de los modelos numéricos, son  $+0,72^{\circ}\text{C}$  (condiciones cálidas débiles) y  $+1,30^{\circ}\text{C}$  (condiciones cálidas moderadas), para los meses de abril y mayo 2015, respectivamente (Tabla 2.1.2).

**Discusión:** Si bien los valores del ICEN aún no confirmarían las condiciones El Niño según los criterios dados anteriormente por el ENFEN (2012), esto no sería necesario según el nuevo sistema de alerta (ENFEN, 2014), dado que el “estado de vigilancia de El Niño Costero” estaba activo, el valor “cálido” del ICEN<sub>tmp</sub> de abril conlleva la activación del “estado de alerta de El Niño Costero”, mediante lo cual el evento El Niño Costero se considera que inició en abril. Esto corresponde a un mes antes que lo esperado debido a que el calentamiento somero observado en marzo contribuyó a elevar la anomalía de TSM de la región Niño 1+2. Además, el impacto de las ondas Kelvin cálidas en el océano costero frente a Sudamérica parecen tener, este año, una mayor influencia en el aumento de la TSM que en el año 2014.

## 2.2 Precipitaciones e hidrología en la vertiente del Pacífico

En la vertiente del Pacífico, al oeste de los Andes, las lluvias y caudales se mantuvieron alrededor de lo normal, aunque a mediados de abril se presentaron eventos puntuales de lluvias y caudales considerables en la región Tumbes (Figura 2.2.1). La Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT) en el Pacífico siguió el patrón climatológico del mes, con una posición hacia el norte (aprox. alrededor de los  $5^{\circ}\text{N}$ ) y una configuración del doble ramal, pero esta no presentó una prolongación hacia la costa peruana, como sí ocurrió durante el mes de marzo (Figura 2.2.2). La ZCIT, en su extensión hacia el continente sudamericano influyó en la formación de focos convectivos en la zona noroccidental de Ecuador y Colombia.

Por otro lado, los reservorios cuentan con almacenamiento al 85% de su capacidad máxima, lo que asegura el abastecimiento de agua para el año 2015 (Figura 2.2.1 y Tabla 2.2.1)

**Discusión:** Debido a que la precipitación responde más a la TSM absoluta que a sus anomalías (Woodman, 1999; Takahashi, 2004), a pesar de que abril presentó anomalías positivas de TSM, en general hubo una reducción de la TSM absoluta debido a la estacionalidad, lo cual no habría sido tan favorable para las precipitaciones como las anomalías cálidas de marzo, resultando en la normalización de la posición de la ZCIT. Sin embargo, en el extremo norte, en Tumbes, las condiciones climatológicamente cálidas habrían permitido la ocurrencia de los eventos de lluvias puntuales.

## 2.3 Nivel 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 nivel medio del mar (NMM) estuvieron por encima de lo normal en todos los días del mes, con un pico en la primera quincena y un aumento mayor en la segunda quincena, particularmente en la costa norte y centro (Figura 2.1.2 d). La anomalía del NMM mensual fue superior a +5 cm en todo el litoral excepto en Ilo (+4 cm), mientras que la máxima anomalía fue de +16 cm en Talara (Figura 2.1.2).

Por otro lado, la información del altímetro satelital JASON-2 también muestra valores positivos en las anomalías de NMM, aunque con mayor magnitud que los datos de los mareógrafos. Desde la segunda semana del mes, los valores fueron superiores a los +10 cm e incluso, en algunos puntos, alcanzaron +25 cm (entre las latitudes  $5^{\circ}$  y  $3^{\circ}\text{S}$ ) entre los días 21 y 27 abril. Estos valores han ido disminuyendo hacia el sur hasta llegar a 10 cm entre  $15^{\circ}$  y  $20^{\circ}\text{S}$  (Figura 2.3.1).

La serie de tiempo de temperatura del agua de mar en los primeros 100 m de profundidad frente a Paita, mantenida por el Instituto del Mar del Perú (IMARPE) desde el año 2014, mostró la profun-

dización de las isotermas correspondientes a 16°-19°C en el transcurso del mes de abril (Figura 2.3.2 a). También se observó una profundización de las iso-oxígenas con una semana de retraso con respecto a las isotermas (Figura 2.3.2 c).

Los datos oceanográficos a cargo del IMARPE<sup>4</sup> mostraron que, entre el 26 y el 27 de abril, la profundidad de la isoterma de 15°C frente a Paita fue 100 m mayor a la del mes pasado. Además, se observó la profundización de la isohalina de 35.0 ups y la ausencia de la Zona de Mínima de Oxígeno (Figura 2.3.3 a-c). Similares condiciones se observaron frente a Chicama entre el 23 y 24 de abril, excepto por los altos valores de oxígeno cerca a la superficie (Figura 2.3.3 d-f).

Discusión: En conjunto, la información anterior indica la llegada de dos ondas Kelvin cálidas. Considerando que existe una menor velocidad de propagación de la señal de las ondas Kelvin en la profundidad de la termoclina que en el NMM, particularmente en el Pacífico oriental (Mosquera-Vásquez et al., 2014), el primer pico en la serie del NMM y el inicio de la profundización de las isotermas frente a Paita estarían asociados a la onda forzada por el pulso de vientos del oeste de inicios de febrero del 2015, mientras que el segundo pulso en la serie del NMM (durante la segunda quincena del mes) y, parcialmente, la profundización de las isotermas e iso-oxígenas a finales de abril, estarían asociados al inicio de la llegada de la onda forzada a inicios de marzo del 2015 (Gutiérrez et al., 2008). La señal de esta segunda onda en la temperatura subsuperficial del mar aún no se habría manifestado totalmente. Los altos valores de oxígeno frente a Chicama podrían haber estado asociados a una floración algal tipo marea roja (Sánchez et al., 2015).

## 2.4 Circulación atmosférica en el Pacífico sudoriental

Según los datos de viento satelitales (ASCAT), durante el mes de abril del 2015, la velocidad del viento (VV), frente y a lo largo de la costa peruana (hasta aproximadamente 40 km), varió entre 3,0 y 7,0 m/s, con valores menores a 3,0 m/s al norte de los 4°S (Figura 2.4.1 a). Las anomalías de VV fueron principalmente positivas durante este mes, con un rango entre -2,0 y +2,0 m/s (Figura 2.4.1 b). El viento presentó dirección del sudeste (SE) y este-sudeste (ESE) a lo largo de la costa (entre Ilo y Paita); al norte de Talara, se presentaron vientos de dirección del sur (S), sudsudoeste (SSO) y sudsudeste (SSE).

Según la presión atmosférica a nivel del mar, en abril, el anticiclón del Pacífico sur (APS) mostró en promedio una configuración zonal y un debilitamiento en su núcleo (Figura 2.4.2 a y b), mostrando anomalías de hasta -3 hPa entre las latitudes de 35°S y 50°S (Figura 2.4.2 c). Además, se observó una anomalía de baja presión (< -1 hPa) frente a las costas de Perú y Ecuador (Figura 2.4.2 c).

Discusión: A pesar de que el APS estuvo débil, la baja presión 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). El incremento de la magnitud de los vientos costeros durante El Niño es conocido (Wyrтки, 1975; Enfield, 1981; Rasmusson y Carpenter, 1982). En este caso, esto podría producir un incremento de la surgencia y una reducción de la TSM en la franja costera, contrarrestando el calentamiento asociado a las ondas Kelvin.

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

El Pacífico ecuatorial presentó anomalías positivas de TSM, con máximos valores frente a Sudamérica y cerca de la línea de cambio de fecha (Figura 2.5.1). Todos los índices estándar de anomalías de TSM ecuatoriales continuaron con tendencia positiva y presentaron valores positivos mensuales de +1,3°C (región Niño 4), +0,8°C (región Niño 3.4), +0,8°C (región Niño 3) y +1,4°C (región

<sup>4</sup> Monitoreo bio-oceanográfico 1504 frente a Paita y Chicama.

Niño 1+2) (Figura 2.5.2, Tabla 2.5.1). Además, se resaltan anomalías positivas de hasta +2°C en el Pacífico norte frente a México (Figura 2.5.1).

El valor mensual del Índice de Oscilación del Sur (IOS) (del 5 de abril al 4 de mayo), tuvo un valor de -4.7 (Figura 2.5.3), el cual se encuentra dentro de su rango normal ( $\pm 7$ ) según la categorización realizada por el Centro Meteorológico de Australia<sup>5</sup>. Cabe resaltar que los valores negativos del IOS se vienen presentando desde marzo de este año y estarían relacionados, principalmente, a la reducción de la presión atmosférica asociada al Anticiclón del Pacífico Sur (Figura 2.4.2).

En los niveles bajos de la tropósfera (850 hPa<sup>6</sup>) persistieron anomalías de viento del oeste sobre el Pacífico ecuatorial occidental y central (Figura 2.5.4), aunque sin presencia de pulsos intensos del oeste, como el observado en marzo. Sobre el norte del Pacífico ecuatorial oriental persistieron anomalías de vientos del este (Figura 2.5.4).

La circulación atmosférica en niveles medios y altos de la tropósfera (500 y 200 hPa<sup>7</sup>), presentó anomalías similares. En el nivel de 200 hPa, se observaron dos circulaciones anticiclónicas en ambos lados del ecuador (Figura 2.5.5b), asociadas a intensos movimientos ascendentes, así como divergencia, sobre el Pacífico central-occidental (Figura 2.5.6c).

**Discusión:** Si bien este mes no se observaron pulsos intensos de vientos del oeste, la persistencia de anomalías del oeste en niveles bajos, movimientos ascendentes, y divergencia en niveles altos (200 hPa), en el Pacífico ecuatorial central (160°E-120°W), donde las anomalías de TSM continúan con valores sobre +1°C (Figura 2.5.1), indican que continúa un fuerte acoplamiento entre la atmósfera y el océano consistente con la fase cálida de El Niño-Oscilación Sur. Por otro lado, las anomalías de vientos del este al norte del Pacífico ecuatorial oriental podrían haber propiciado el repliegue de las masas de aire cálidas frente a la zona norte del país (Figura 2.5.4).

## 2.6 Dinámica oceánica en el Pacífico ecuatorial

A lo largo del océano Pacífico ecuatorial, el NMM mostró la proyección de un núcleo de anomalías positivas hacia el este, ubicado entre 160°W y 130°W a inicios de mes, hacia la costa sudamericana desde mediados de mes, con magnitudes de más de +18 cm.

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 la proyección hacia el este de un núcleo de las anomalías positivas, ubicado aproximadamente en 135°W a inicios de mes y alrededor de 110°W a finales de mes, con una magnitud de alrededor de +40 m (Figura 2.6.1 b, c). Por otro lado, los datos de Argo indican una intensificación de los valores adyacentes a la costa de Sudamérica, excediendo los +40 m en la segunda quincena de mes (Figura 2.6.1 c).

Por encima de los 200 m de profundidad, las temperaturas subsuperficiales ecuatoriales (TAO/TRITON) presentaron anomalías positivas al oeste de la línea de cambio de fecha (180°), con un núcleo de más de +5°C en 150°-140°W a inicios de mes, que se desplazó hasta 100°W a finales de mes, emergiendo desde una profundidad de 150 m hasta la de 50 m (Figura 2.6.2). A inicios del mes también se observó un pequeño núcleo de +4°C alrededor de 100°W a 50 m de profundidad (Figura 2.6.2).

**Discusión:** La llegada del núcleo en el NMM a la costa americana a partir de mediados de mes, coincide con lo observado en los datos mareográficos y está asociado al inicio de la llegada de la onda Kelvin cálida forzada a inicios de marzo (Figura 2.6.1 a), prevista para el mes de mayo. Sin embargo, los datos subsuperficiales sugieren que la señal en la termoclina de esta onda aún no habría arribado

<sup>5</sup> <http://www.bom.gov.au/climate>.

<sup>6</sup> Altitud aproximada de 1,5 km.

<sup>7</sup> Altitudes aproximadas de 5,8 y 12,4 km, respectivamente.

a la costa. Este retraso sería consistente con el reportado por Mosquera-Vásquez et al. (2014). Por otro lado, el incremento en la profundidad de la termoclina observada en el extremo oriental sugiere una amplificación de la señal asociada a la onda Kelvin cálida (Figura 2.6.1 a).

## 2.7 Recursos pesqueros e indicadores biológicos

El Crucero Intensivo Oceanográfico (CRIO) ejecutado por el IMARPE, realizado frente a Callao y Pisco en abril 2014, registró especies del zooplancton indicadoras de Aguas Costeras frías (ACF), que se distribuyeron a lo largo de los perfiles de Callao (12°S) y Pisco (13°S) desde la costa hasta las 50 mn. Mientras que especies indicadoras de Aguas Subtropicales Superficiales (ASS) se localizaron por fuera de las 40 mn frente a Callao y a 10 mn y 50 mn frente a Pisco (Figura 2.7.1).

Por otro lado, el desembarque de los recursos pelágicos proveniente de la flota industrial en el litoral peruano del 01 de enero al 30 de abril ascendió a 1 415 650 t. La especie de mayor desembarque fue *Engraulis ringens* “anchoveta” con el 99,89% (Tabla 2.7.1).

En abril, el desembarque promedio de anchoveta en la Región Norte – Centro fue de 52 000 t, correspondiendo a un avance de cuota del 54%; la información diaria indicó una disminución de los desembarques de anchoveta, durante los últimos días del mes, principalmente debido al oleaje anómalo que se presentó frente a la costa. Mientras que, en la Región Sur, se desembarcó un total de 22 049 t, con capturas realizadas durante los primeros días del mes, ascendiendo el avance de la cuota a 5,9% (Figura 2.7.2).

La flota de anchoveta se distribuyó en tres zonas de pesca a lo largo del litoral peruano. La zona de pesca de mayor cobertura se registró entre Chérrepe (7°S) y Punta Infiernillos (15°S) dentro de las 40 mn, y las otras zonas, de menor cobertura, se presentaron frente a Punta La Negra (5°S) y entre Ilo (17°S) y Vila Vila (18°S). Se observó un gradual desplazamiento de las embarcaciones anchoveteras hacia la costa (Figura 2.7.3).

En la columna de agua, se registró una profundización del recurso, mayor a su promedio histórico de 11 m, alcanzando los 25 m de profundidad promedio y 44 m de profundidad máxima (Figura 2.7.4). Las estructuras de tallas de la anchoveta fluctuaron entre 7,0 y 18,5 cm de longitud total (LT), con modas entre 12,5 cm y 13,5 cm principalmente. La mayor presencia de juveniles se registró en la Región Centro con el 25,5% (Figura 2.7.5).

Las anomalías de los indicadores reproductivos del stock norte-centro de anchoveta, índice gonadosomático (IGS) y fracción desovante (FD) mostraron valores positivos, lo que muestra condiciones normales durante los tres últimos meses. Además los indicadores somáticos, Factor de Condición (FC) e Índice de Grasa (IG) reflejaron un grado de bienestar positivo para la época (Figura 2.7.6).

Dentro de las especies “no objetivo” desembarcadas, se registraron las especies *Merluccius gayi peruanus* “merluza”, *Pleurocondes monodon* “múnida”. La merluza, especie demersal propia de la zona norte, se registró a la altura de Supe (10°S), mientras que la múnida, especie indicadora de aguas frías, presentó un repliegue hacia el sur, registrándose de Callao a Pucusana (Figura 2.7.7).

Según la información preliminar de la “Evaluación de Dieta y Ecología de Aves Guaneras” realizada por el IMARPE, de las islas Macabí (7°S), Guañape (8°S) y Pescadores (12°S), la dieta alimenticia de la especie *Phalacrocorax bougainvillii* “guanay” se encontró basada en un 98 % en la especie anchoveta, tanto juveniles como adultos. A excepción de Isla Mazorcas (11°S) donde el 57% de la dieta estuvo constituida por anchoveta. Otras especies en la dieta del guanay fueron *Odonthestes regia regia* “pejerrey”, *Anchoa nasus* “samasa”, *Sciaena deliciosa* “lorna” y el género *Peprilus*

“pampanito” (Figura 2.7.8).

Discusión: La profundización de la distribución de la anchoveta probablemente fue una respuesta a la llegada de la onda Kelvin (Bertrand et al., 2008).

La presencia de indicadores biológicos de aguas cálidas (merluza) y aguas frías (munida) sugieren la presencia de aguas de mezcla debido al ingreso de masas de ASS y a la presencia de núcleos de afloramiento costero principalmente frente a San Juan (14°S). La presencia de merluza probablemente está asociada a un ingreso subsuperficial de la Extensión Sur de la Corriente de Cromwell (ESCC), Morón (2000).

## 3. PERSPECTIVAS

### 3.1 A corto plazo (semanas)

Según los modelos oceánicos lineales corridos en el Instituto Geofísico del Perú (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 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 mayo. Según el modelo del IGP con termoclina variable (Figura 2.6.1 e), la señal presentaría un máximo a finales de mayo y se extendería hasta finales de junio, mientras que en el modelo del IMARPE (Figura 3.1.1 c) el máximo sería a inicios de mayo y la extensión hasta mediados de junio. En cuanto a la amplitud, el modelo del IGP indica anomalías en la profundidad de la isoterma de 20°C de hasta +40 m llegando a la costa, aunque este modelo tiende a subestimar la amplitud (Figura 2.6.1 e). El modelo de IMARPE indica anomalías de NMM máximas en la costa sobre +10 cm (Figura 2.3.1 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 en la primera quincena de mayo, mientras que con una velocidad de 1,5 m/s al este de 120°W (Mosquera-Vásquez et al., 2014), el núcleo en la profundidad de la isoterma de 20°C llegaría a mediados de mayo (Figura 2.6.1 c).

Discusión: En el transcurso del mes de mayo, se espera que continúe la llegada de la onda Kelvin cálida a la costa. Su amplitud será probablemente mayor que la observada en el ecuador (+18 cm en NMM, +40 m en profundidad de 20°C; ver sección 2.6), tanto por el efecto de la somerización de la termoclina (Long y Chang, 1990) como de la reducción en el radio de deformación de Rossby entre ondas ecuatoriales y costeras (ej. Philander 1990). Es necesario realizar una validación sistemática de los modelos de ondas en relación a los tiempos de llegada y amplitud de las ondas Kelvin, diferenciando la señal en NMM y profundidad de la termoclina.

El aumento en el NMM incrementará los impactos de procesos costeros asociados a las mareas y oleajes.

La profundización de la termoclina (de las aguas frías en general) reducirá el enfriamiento asociado al afloramiento costero, lo cual intensificará 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, por lo que solo se esperarían algunos episodios de lluvias aislados en la región nor-occidental (Tumbes y Piura) en la primera quincena de mayo.

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

Durante el mes de abril no se han observado nuevos pulsos en la profundidad de la termoclina o nivel del mar ecuatorial asociados a ondas Kelvin, pero sí se observó la continuación de anomalías positivas al este de la línea de cambio de fecha ( $180^\circ$ ; Figura 2.6.1b-d). Esto coincide con la persistencia de las anomalías de vientos del oeste en el Pacífico ecuatorial occidental (al oeste de  $160^\circ\text{W}$ ; Figura 2.6.1 a).

Según los resultados del modelo lineal del IGP con termoclina variable (Mosquera 2009, 2011), forzado con vientos de ASCAT hasta el 28 de abril, esto resultaría en una extensión en la duración de la influencia de la onda Kelvin cálida sobre la costa hasta el mes de junio, aunque con menor amplitud (Figura 2.6.1 e). Este efecto no es claro en el modelo de dos modos verticales corrido en IMARPE (Dewitte et al., 1999) con esfuerzo de vientos de NCEP/NCAR Reanalysis (Figura 3.1.1 c), pero este modelo tampoco muestra la persistencia observada en las variables oceánicas indicadas en el párrafo anterior.

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<sup>8</sup>), inicializados en abril, para los meses de junio y julio del 2015, indican que la ATSM continuará con una tendencia positiva, alcanzando condiciones cálidas entre débiles y fuertes 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 abril, para los meses de junio y julio de 2015, indican condiciones entre cálidas débiles y cálidas 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 CFSv2 indicando débil (1 modelo = 12.5%), los modelos CMC1, CMC2, GFDL, ECMWF indicando moderado (4 modelos = 50%), y los modelos NASA, GFDL FLOR, NCAR CCSM4 indicando fuerte (3 modelos = 37.5%; Figura 3.2.2). El promedio de los modelos de NMME corresponde a El Niño moderado.

Discusión: Según los datos de vientos, NMM y profundidad de la termoclina ecuatoriales observados, así como los resultados de los modelos oceánicos lineales, se sugiere que las condiciones cálidas observadas actualmente en la costa americana persistirían al menos por todo el mes de junio. Esto como consecuencia de la influencia de las anomalías de la profundización de la termoclina que son producto de la presencia de la onda Kelvin cálida que actualmente está incidiendo en la costa. Por otro lado, dado que el reciente calentamiento superficial en el Pacífico oriental (Niño 1+2) es mayor que el observado en mayo de 2014 bajo la influencia de una onda Kelvin cálida similar, no se puede descartar que el calentamiento máximo sea también mayor.

Además, los pronósticos de los modelos climáticos indican una intensificación de las anomalías de la TSM en el Pacífico oriental, dominando condiciones El Niño con magnitud entre débil y fuerte. Se nota que la bondad de los pronósticos para junio y julio inicializados en abril es intermedia, con correlaciones con lo observado alrededor de 0,6 (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”, que corresponde a aquellos meses a través de los cuales los pronósticos tienen menor certeza.

Según lo anterior, se considera improbable que la magnitud del evento El Niño Costero actual sea débil, sino que, por el momento, se considera más probable que será entre moderado y fuerte, con mayor probabilidad de moderado.

<sup>8</sup> <http://iri.columbia.edu/our-expertise/climate/forecasts/enso/2015-April-quick-look/>

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

Para el Pacífico central (Niño 3.4), los pronósticos con los modelos climáticos dinámicos (NMME) hasta noviembre indican que las condiciones cálidas continuarían aumentando hasta alcanzar anomalías de TSM en la región Niño 3.4 cerca de 2°C en promedio, con algunos miembros de los *ensembles* excediendo los 3°C (Figura 3.2.1). La excepción es el modelo CMC1 CanCM3 canadiense que continúa mostrando valores entre 0,5° y 1°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, un predictor recientemente propuesto es la anomalía del esfuerzo de viento zonal en el Pacífico central ( $u_C$ ; 160°E-160°W, 5°S-5°N) en el mes de agosto (Takahashi y Dewitte, 2015). Como se ve en la Figura 3.3.1, en marzo del 2015 este índice  $u_C$  ha presentado valores comparables a marzo 1997, aunque el mes de abril del 2015 se ha reducido. Por otro lado, el índice continúa bastante superior a lo observado el año 2014 en los mismos meses.

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, el que los pronósticos promedio de todos los modelos indican continuación de las condiciones cálidas hacia final 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 (ej. Takahashi et al., 2014).

Si el alto valor del índice  $u_C$  se mantuviera hasta agosto, se estima que habría una alta probabilidad de un evento El Niño extraordinario. La persistencia, indicada por la correlación pasada entre los valores de  $u_C$  de mayo y el agosto siguiente, es de 0,48 (K. Takahashi, *comunicación personal*), lo cual a su vez estaría asociado a la persistencia de las anomalías de TSM. 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, aunque en agosto el indicador  $u_C$  podría dar mejor indicación.

## 4. CONCLUSIONES

El análisis presentado para el mes de abril 2015 indica que continúan las condiciones cálidas en la costa peruana y la influencia de las ondas Kelvin cálidas. 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 por los próximos meses, son indicaciones de que El Niño costero habría iniciado en abril de 2015 y que podría alcanzar una magnitud entre moderada y fuerte 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 El Niño, tanto el costero como 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 fuerte a extraordinario para el verano 2015-2016, pero el pronóstico mejoraría hacia agosto.

## 5. REFERENCIAS

Bertrand S, Dewitte B, Tam J, Díaz E, Bertrand A. 2008. Impacts of Kelvin wave forcing in the Peru Humboldt Current system: Scenarios of spatial reorganizations from physics to fishers. *Progress in Oceanography* 79 (2008) 278–289.

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, 2014: Sistema de Alerta ante El Niño y La Niña Costeros. *Nota Técnica ENFEN* 01-2015.

Enfield, D., 1981: Thermally driven wind variability in the planetary boundary layer above Lima, Peru, *J. Geophys. Res.*, **86** (C3), 2005-2016.

Gutierrez D, Enríquez E, Purca S, Quipúzcoa L, Marquina R, Flores G, Graco M, 2008: Oxygenation episodes on the continental shelf of central Peru: Remote forcing and benthic ecosystem response, *Progr. Oceanogr.*, doi:10.1016/j.pocean.2008.10.025.

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: <http://dx.doi.org/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.

Long, B., and Chang, P., 1990: Propagation of an equatorial Kelvin wave in a varying thermocline. *J. Phys. Oceanogr.* 20, 1826-1841.

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.

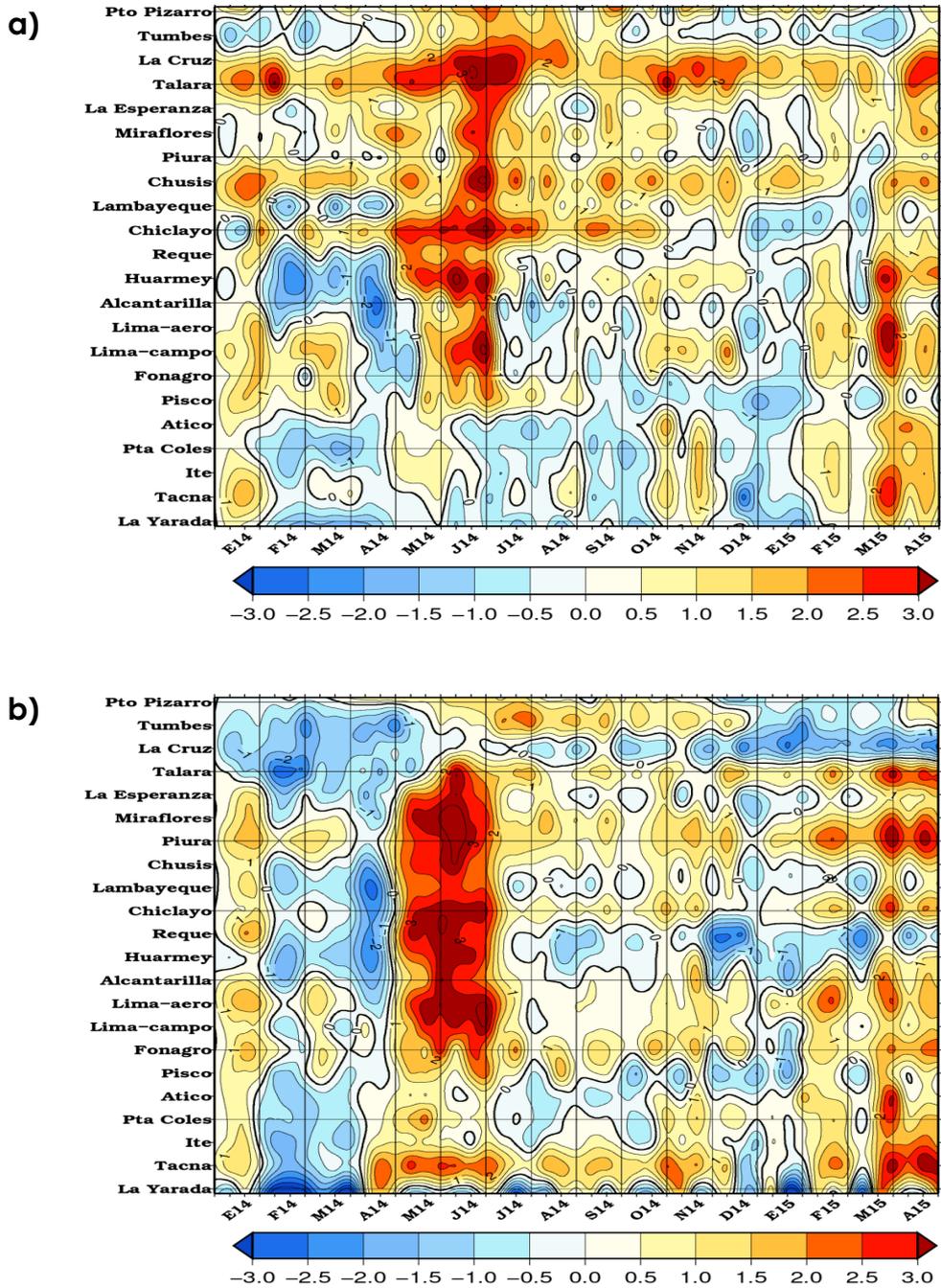
Morón 2000. Características del ambiente marino frente a la costa peruana. *Bol. Inst. Mar Perú*, vol. 19, n°1-2, p 179-204

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.

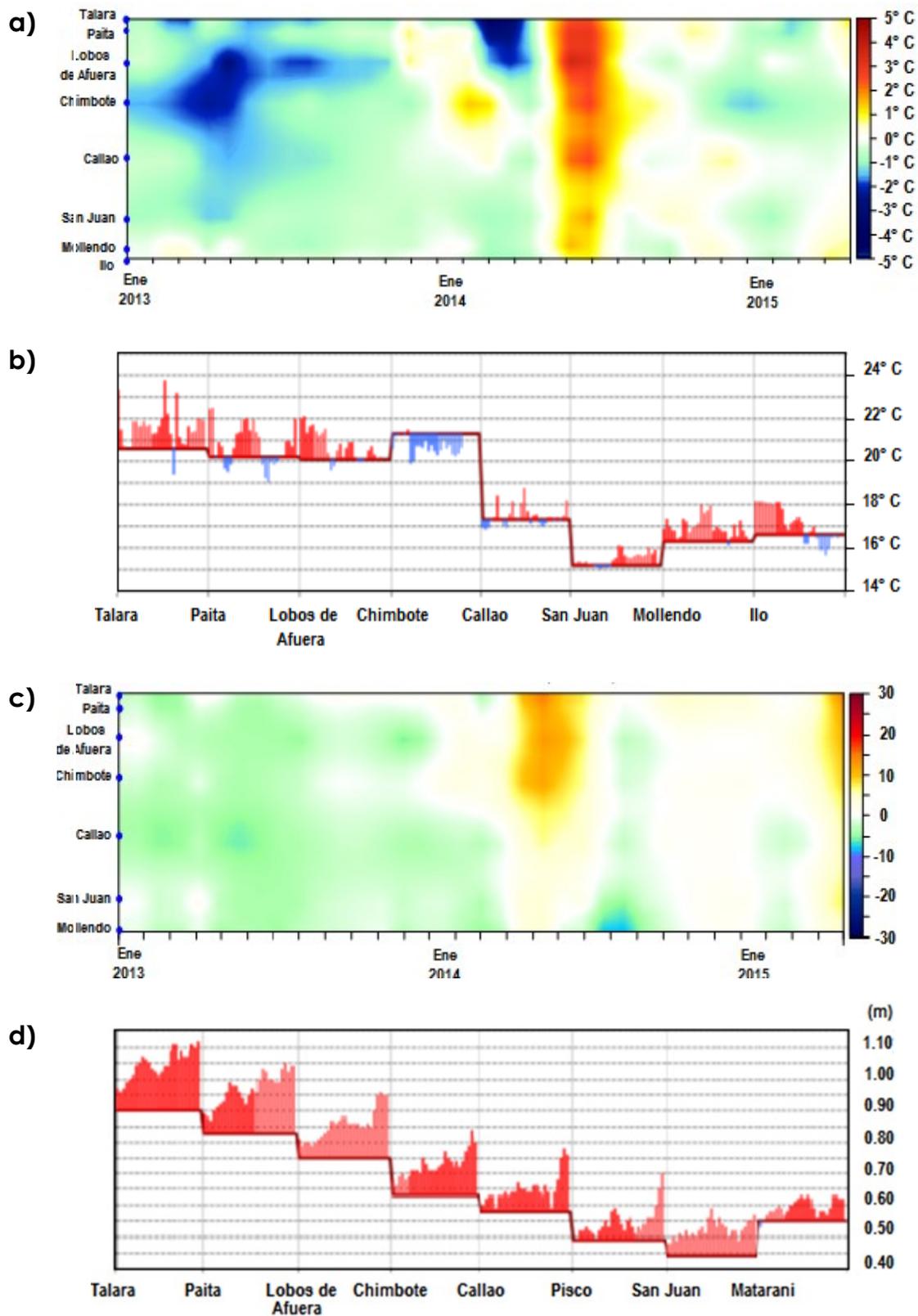
Mosquera-Vásquez, K., Dewitte, B., Illig, S., 2014: The Central Pacific El Niño intraseasonal Kelvin wave, *J. Geophys. Res.*, doi:10.1002/2014JC010044.

- Philander, S. G., 1990: *El Niño, La Niña, and the Southern-Oscillation*, Academic Press, 293 pp.
- 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.
- Rasmusson, E. M. and Carpenter, T. H., 1982: Variations in tropical sea surface temperature and surface wind fields associated with the Southern Oscillation/El Niño, *Mon. Wea. Rev.*, **110**, 354-384.
- 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.
- Sánchez, S., Delgado, E., Bances, S., Quintana, P., Huamaní, A., 2015: Floraciones algales en aguas costeras del mar peruano (Paíta-Ilo, enero-marzo 2015). Informe IMARPE ([http://www.imarpe.pe/imarpe/archivos/informes/imarpe/imarpe\\_flor\\_alga\\_paíta\\_ilo\\_ene\\_mar\\_2015.pdf](http://www.imarpe.pe/imarpe/archivos/informes/imarpe/imarpe_flor_alga_paíta_ilo_ene_mar_2015.pdf))
- 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., and Dewitte, B., 2015: Strong and moderate nonlinear El Niño regimes, *Climate Dynamics*, aceptado.

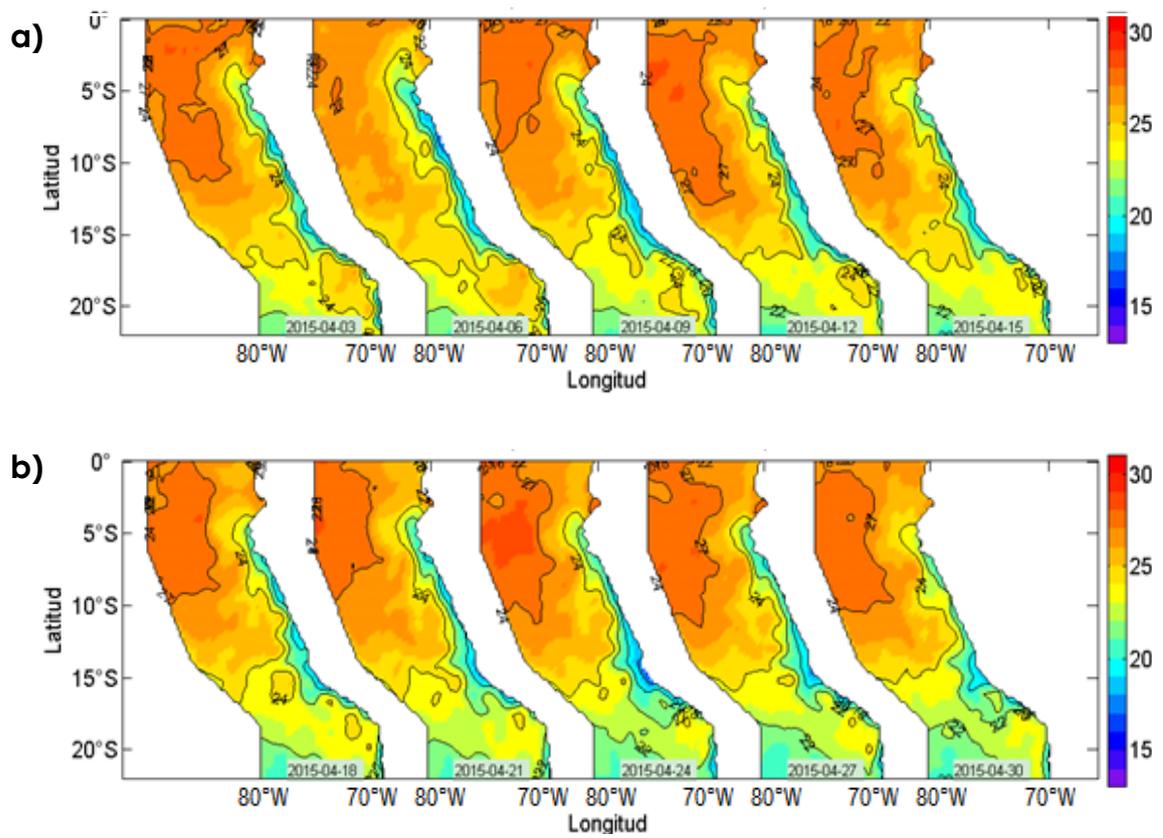
# FIGURAS



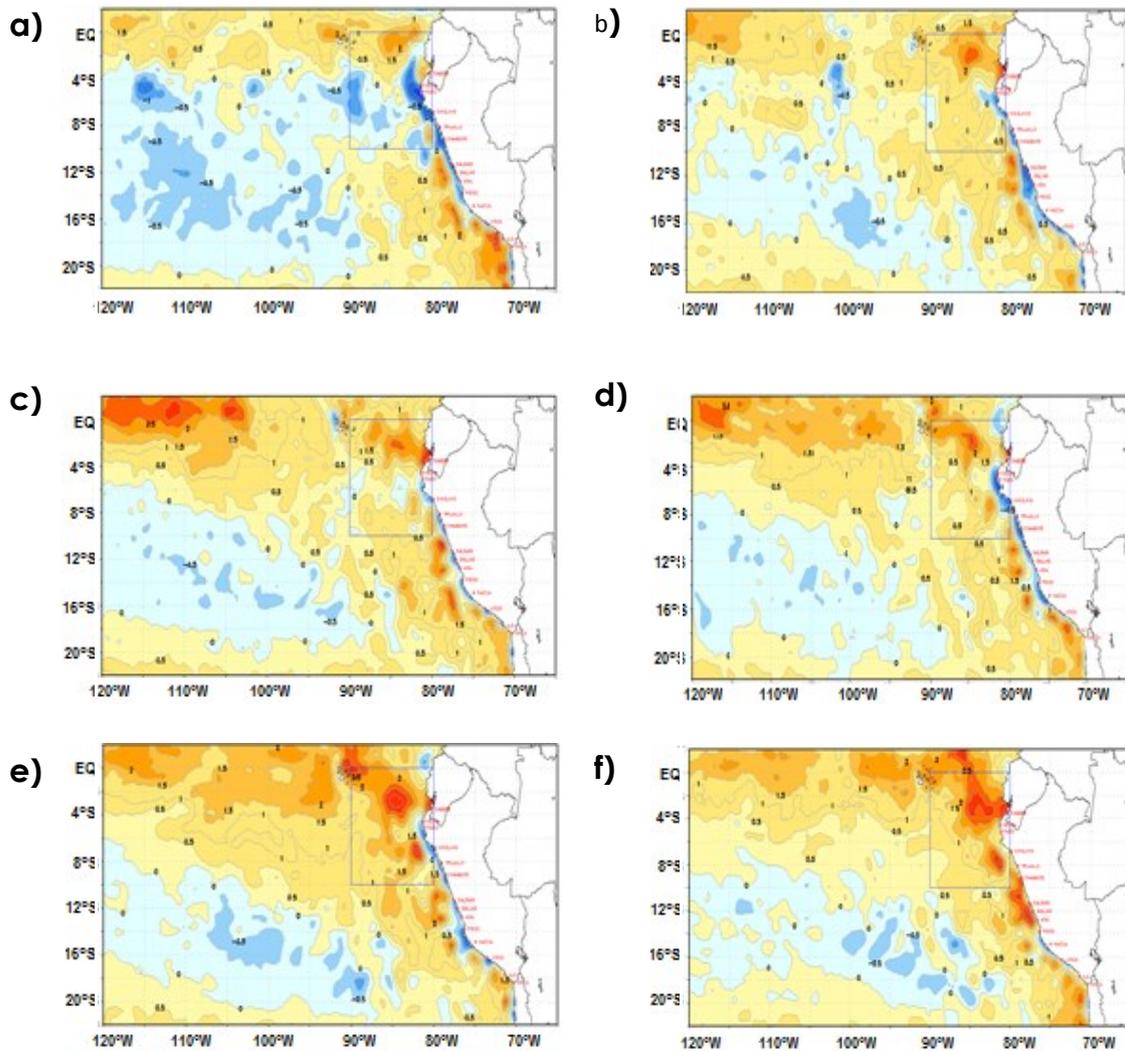
**Figura 2.1.1.** Anomalías de las temperaturas extremas del aire (°C) en la costa peruana de enero 2014 a abril de 2015: a) Temperatura máxima y b) Temperatura mínima. Fuente: SENAM-



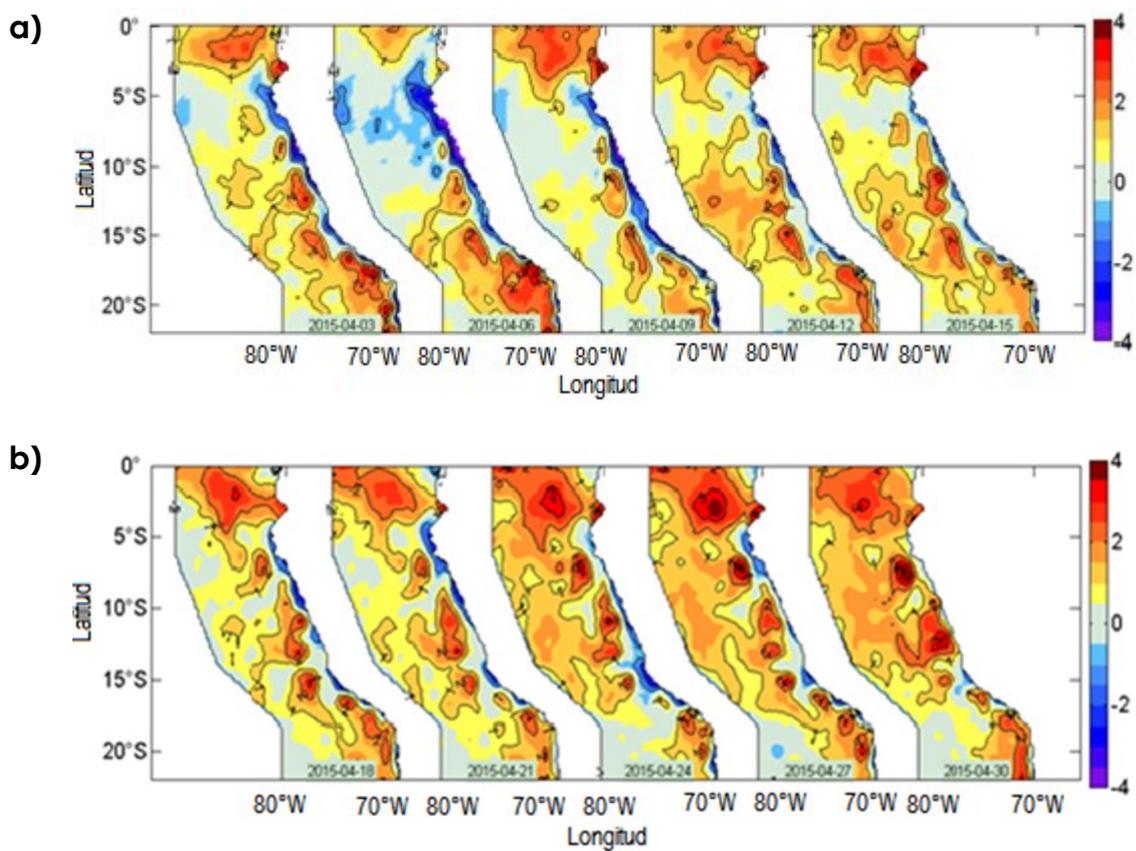
**Figura 2.1.2.** Series de tiempo diarias de a) anomalías mensuales de la temperatura superficial del mar (°C), b) Temperatura superficial del mar (°C), c) anomalías mensuales del nivel medio del mar de enero 2013 a abril de 2015 y d) Nivel medio del mar (m) en el litoral peruano en abril de 2015. Fuente: DHN.



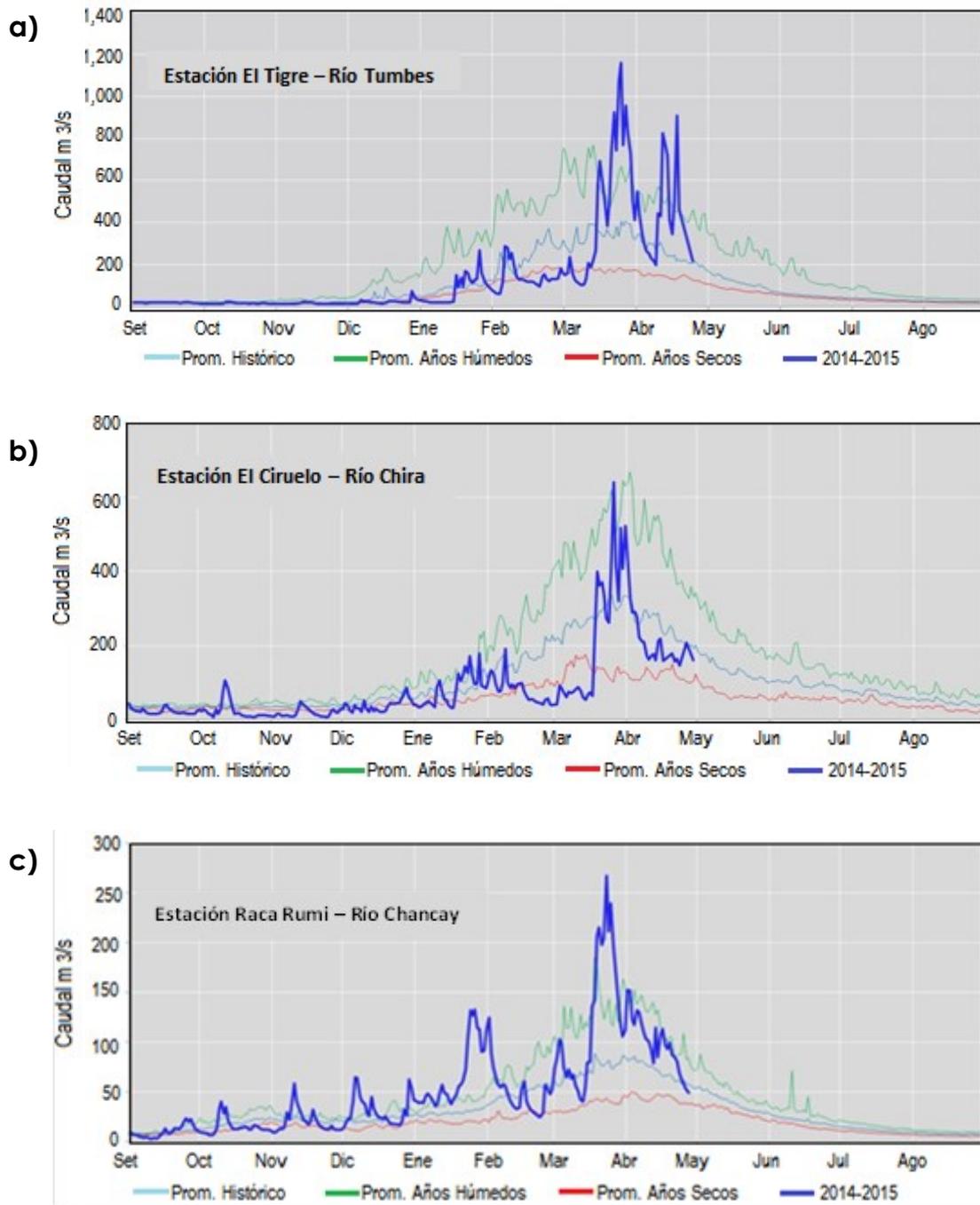
**Figura 2.1.3.** Distribución espacial de la temperatura superficial del mar (°C) frente a Perú cada 3 días durante abril del 2015. Datos: NOAA-AVHRR-OI-v2. Procesamiento: IMARPE.



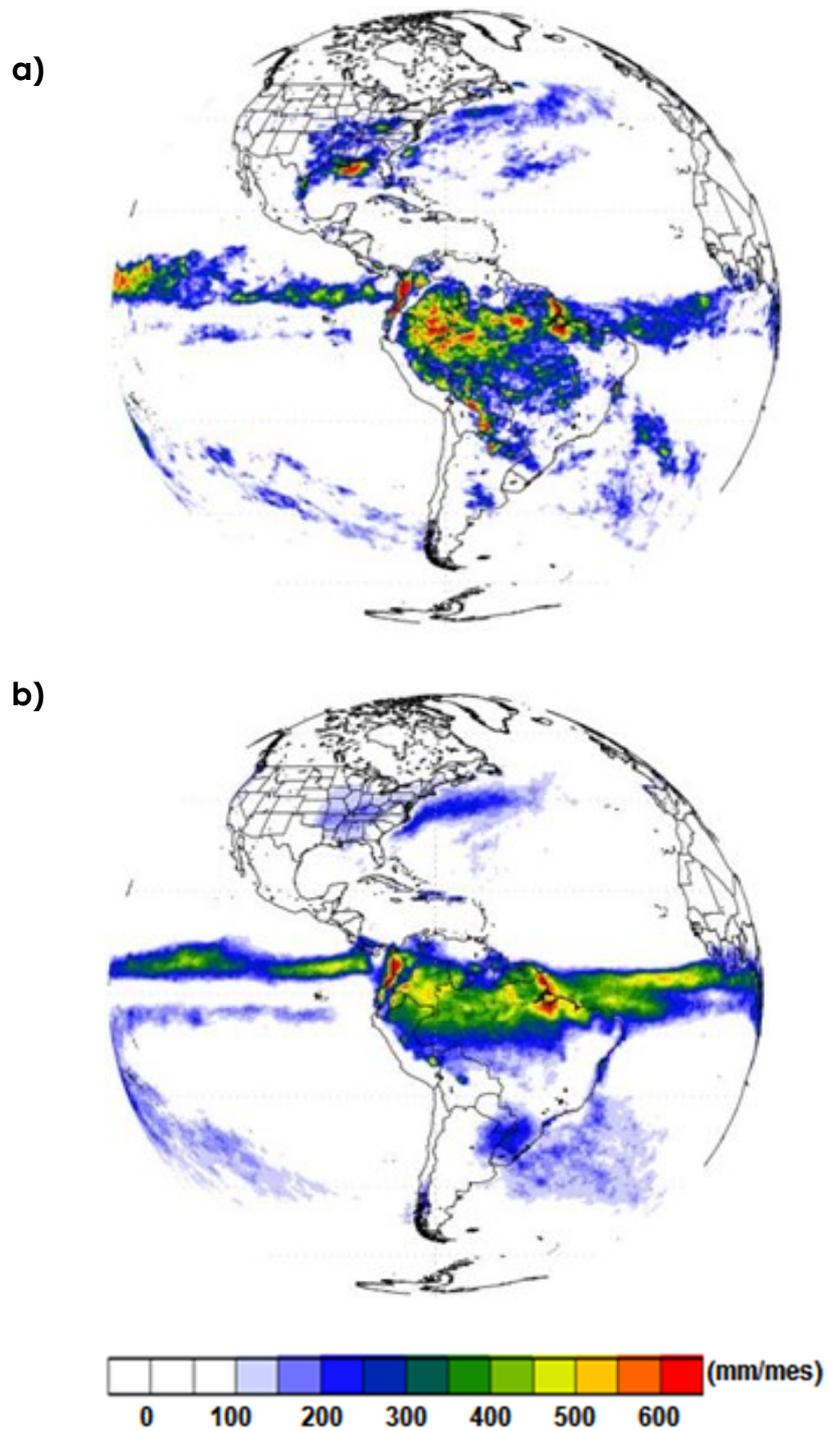
**Figura 2.1.4.** Anomalías de la temperatura superficial del mar (°C) en el océano Pacífico oriental para los días a) 5 de abril, b) 11 de abril, c) 15 de abril, d) 20 de abril, e) 25 de abril y f) 2 de mayo de 2015. La línea sólida en color azul indica el límite externo de la región Niño 1+2. Datos: NCEP/NOAA. Procesamiento:



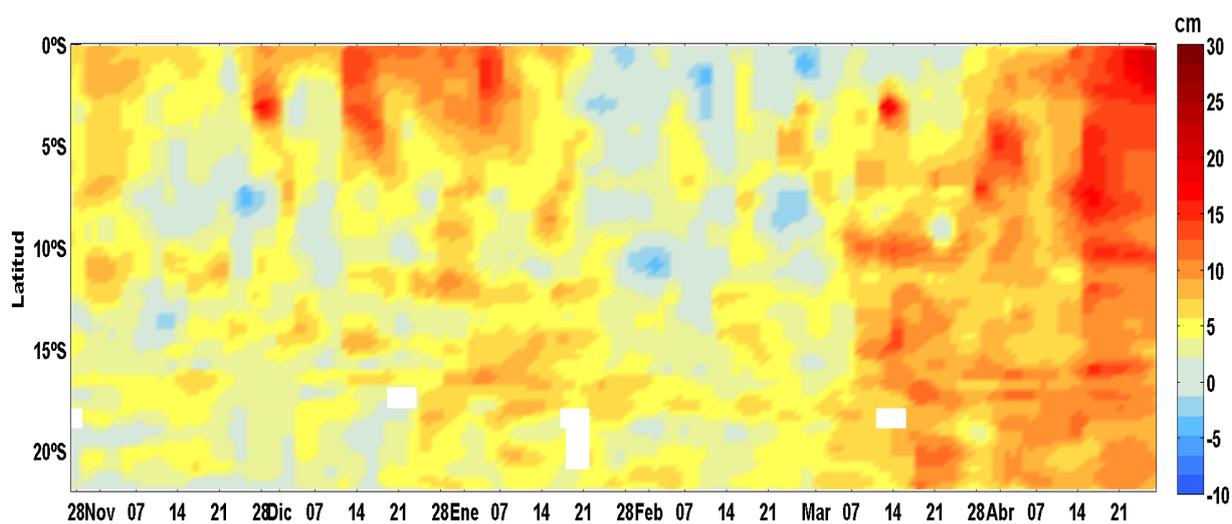
**Figura 2.1.5.** Distribución espacial de las anomalías de la temperatura superficial del mar (°C) frente a Perú cada 3 días en abril del 2015. Datos: NOAA-AVHRR-OI-v2. Procesamiento: IMAR-PE.



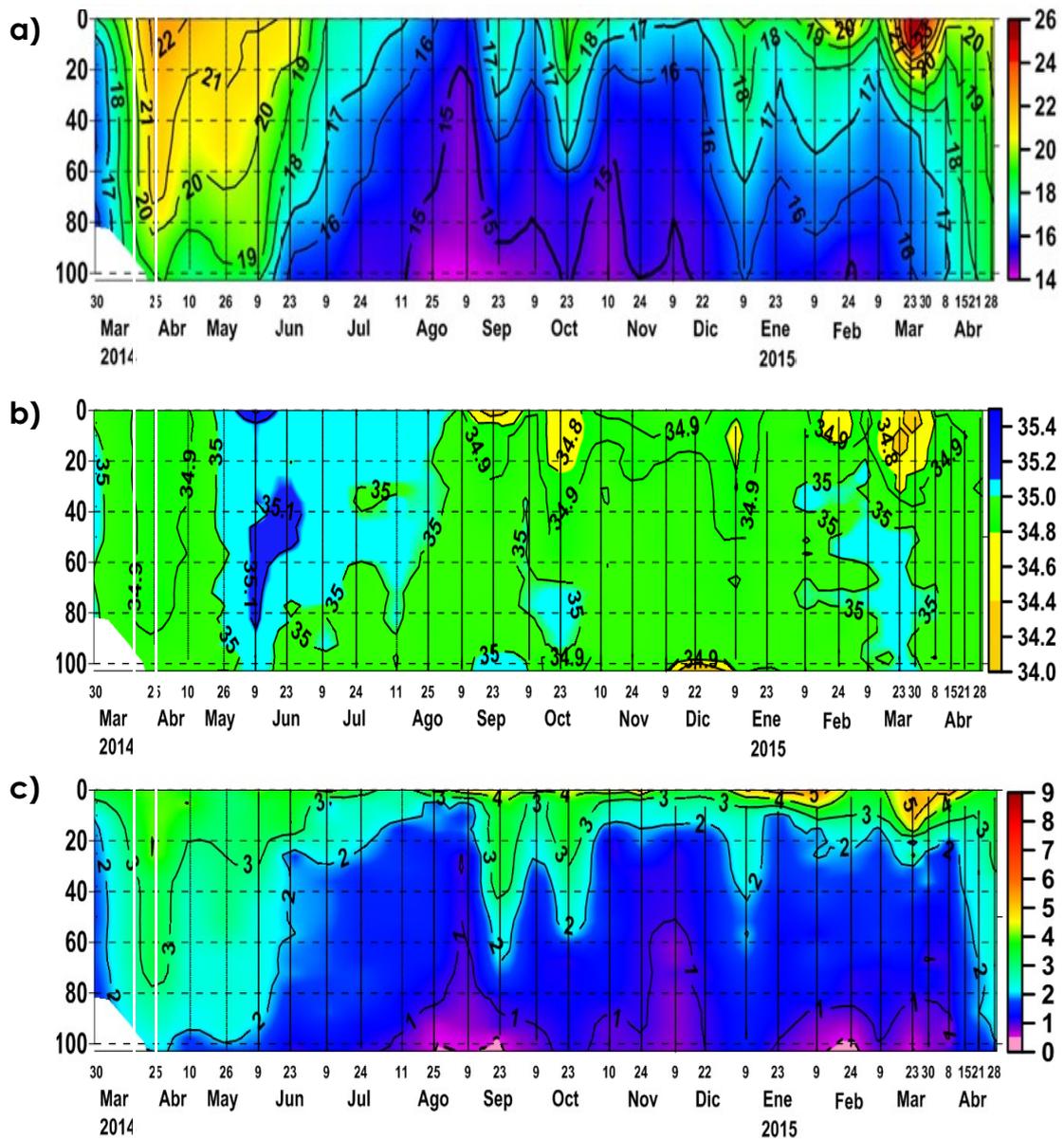
**Figura 2.2.1.** Series de tiempo de los caudales ( $m^3/s$ ) de los ríos: a) Tumbes, b) Chira y c) Chancay-Lambayeque, en la zona norte de Perú. Fuente: ANA.



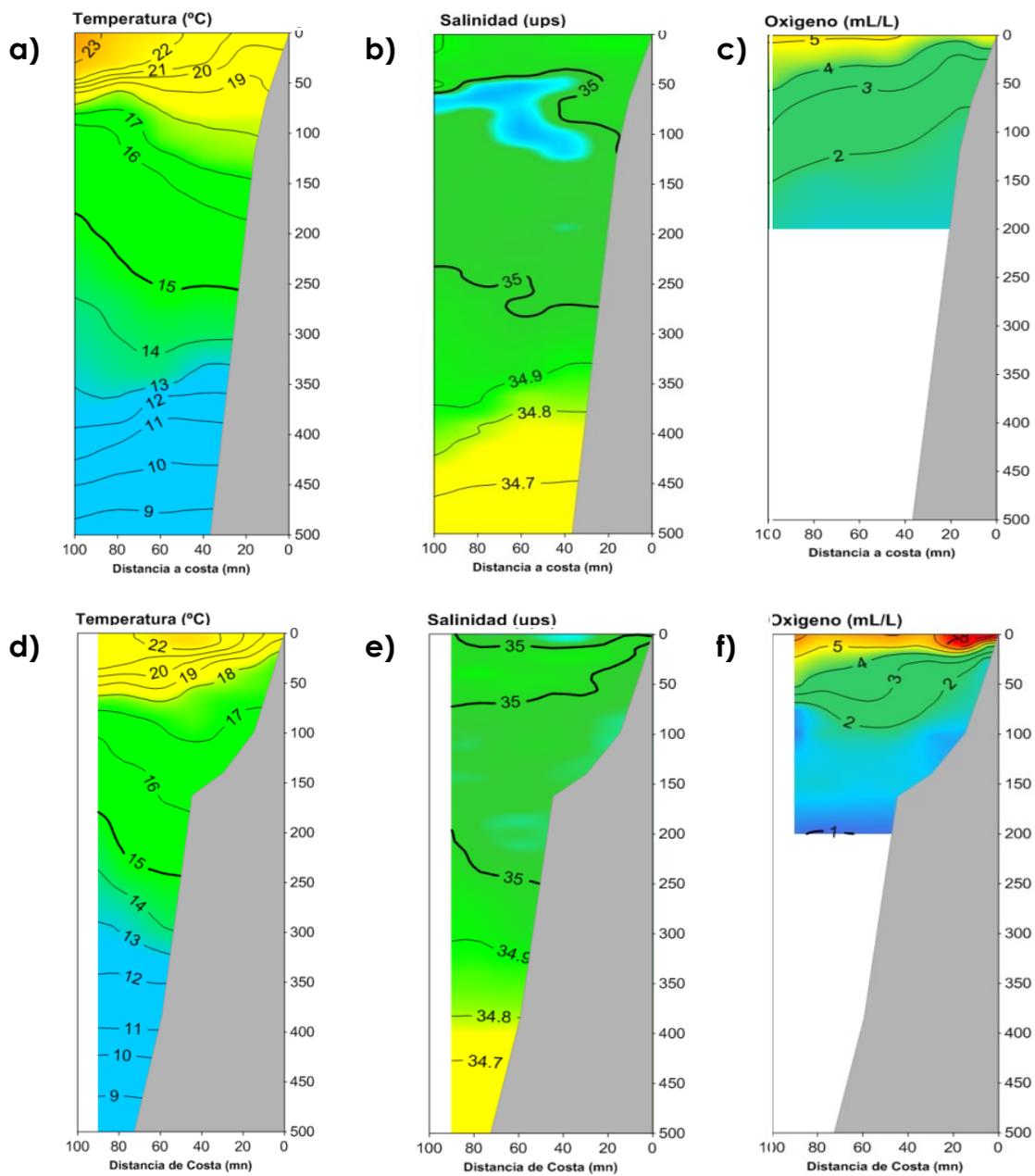
**Figura 2.2.2.** Precipitación acumulada (mm/mes) estimada por satélite TRMM: a) Abril 2015, b) Climatología multianual para abril. Datos: TRMM NCEP/NOAA. Procesamiento: SENAMHI.



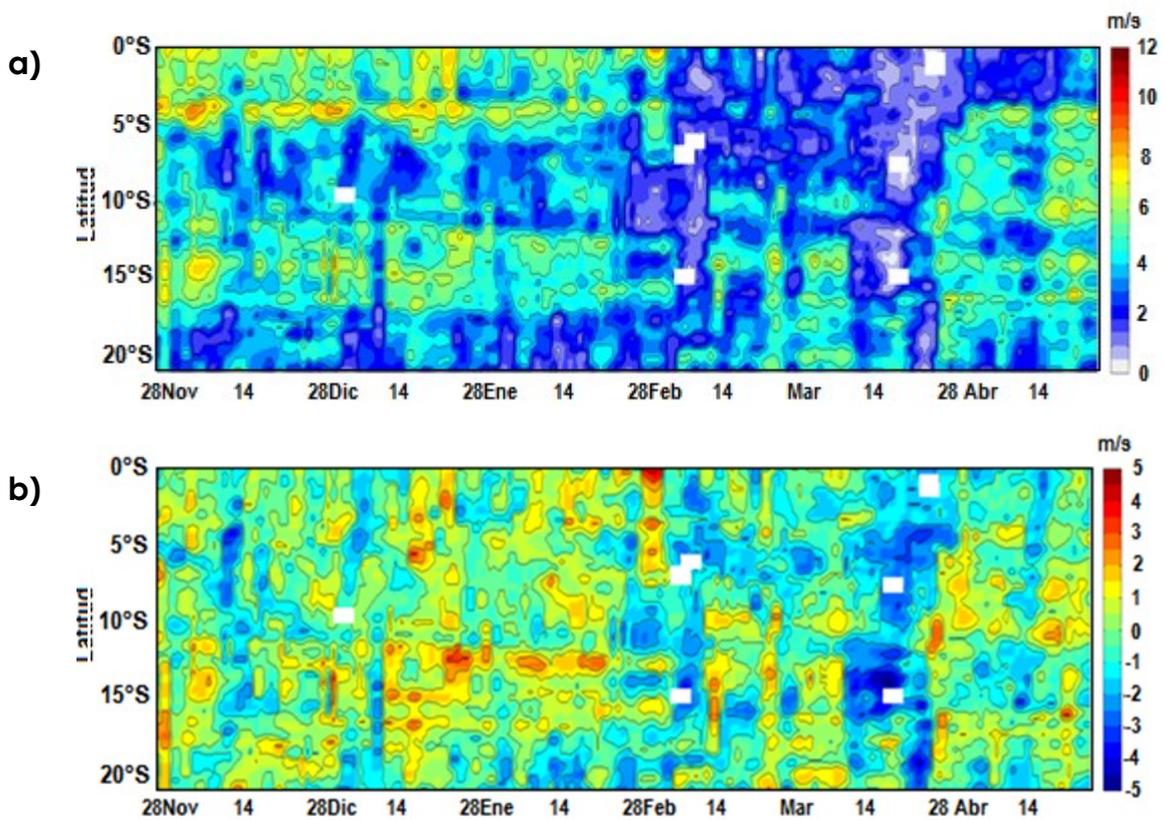
**Figura 2.3.1.** Diagrama de Hovmöller de la anomalía de la altura del nivel medio del mar (cm) al 27 de abril de 2015. Datos: AVISO. Procesamiento: IMARPE.



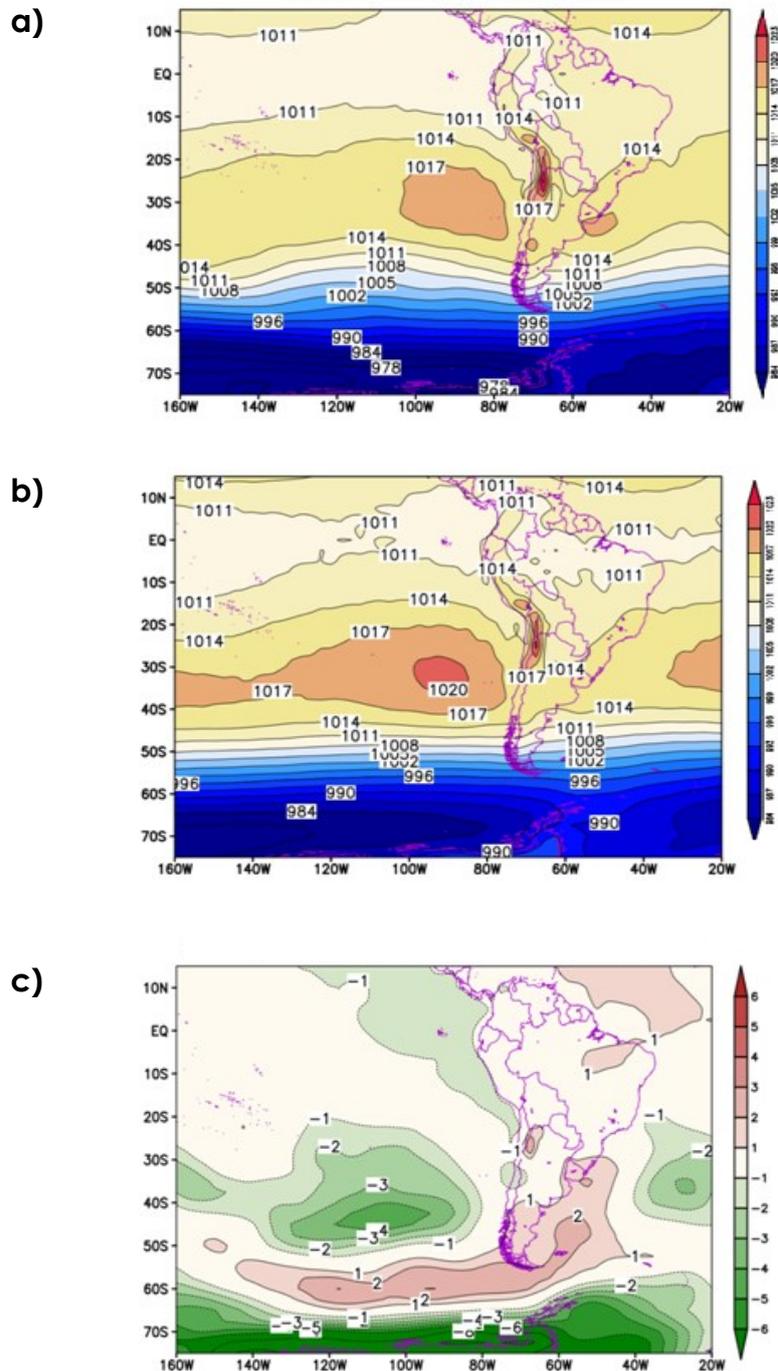
**Figura 2.3.2.** Series de tiempo de: a) Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), b) Salinidad (ups) y c) Oxígeno (mL/L) en la estación oceanográfica fija frente a Paita para el periodo del 30 de marzo de 2014 al 28 de abril de 2015. Fuente: IMARPE.



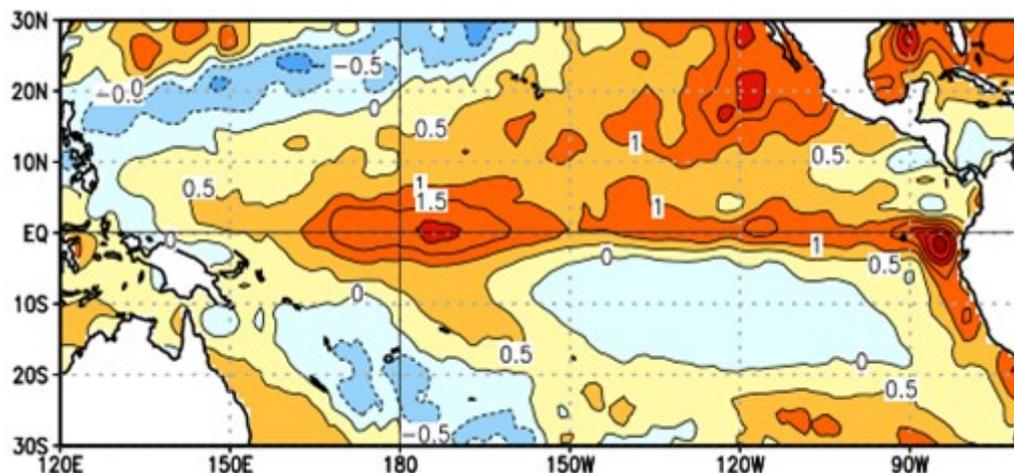
**Figura 2.3.3.** Distribución vertical de: a, d) Temperatura (°C), b, f) Salinidad (UPS) y c, g) Oxígeno (mL/L) frente a Paita y Chicama. Fuente: IMARPE.



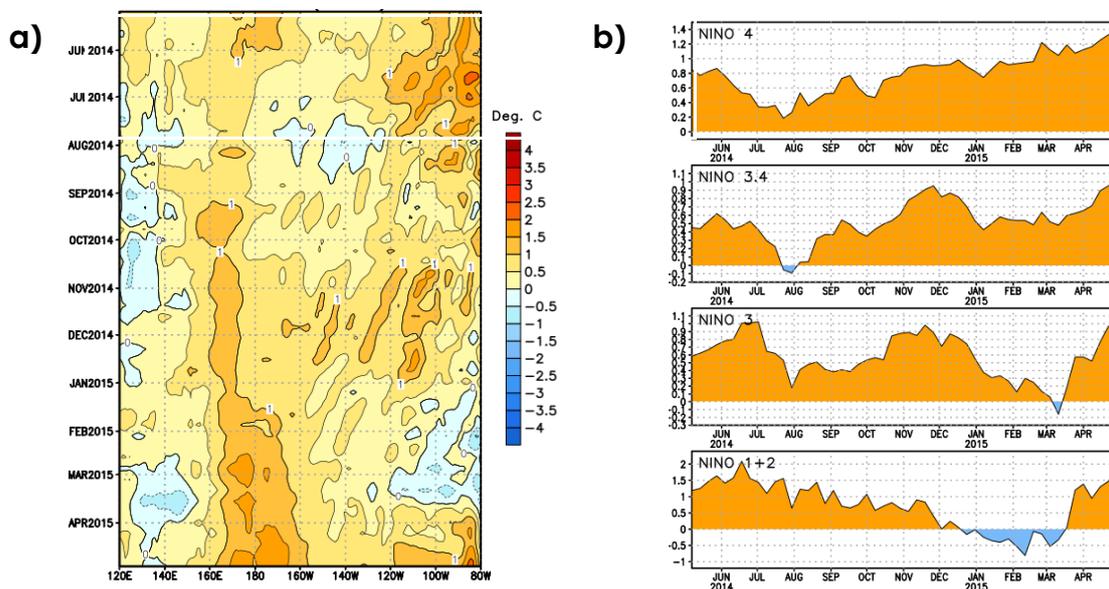
**Figura 2.4.1.** a) Velocidad del viento (m/s) y b) Anomalía del viento (m/s) en la zona costera de 0° a 20°S de octubre de 2014 al 26 de abril de 2015. Fuente: ASCAT. Procesamiento: IMARPE.



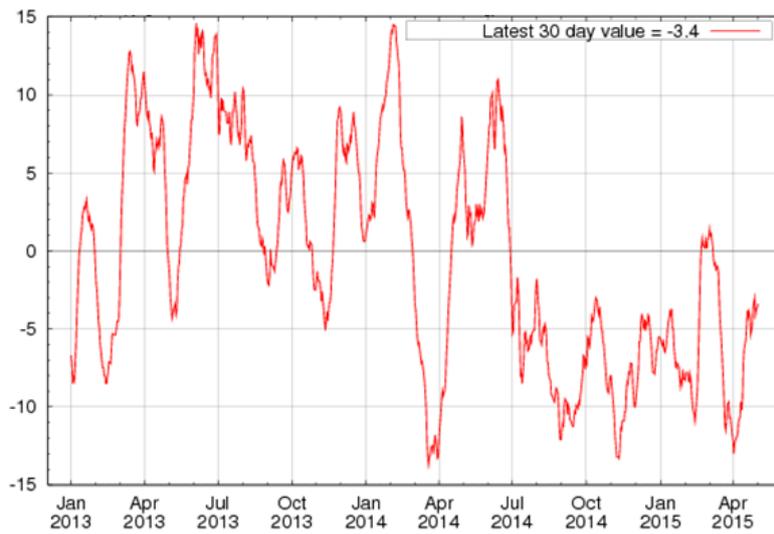
**Figura 2.4.2** Análisis de la presión atmosférica (hPa) a nivel medio del mar en abril del 2015. a) Promedio de la presión atmosférica (hPa) a nivel del mar, b) Distribución climatológica de la presión atmosférica (hPa) a nivel medio del mar y c) Anomalia de la presión (hPa) a nivel del mar. Datos: Reanálisis de NCEP/NCAR. Procesamiento: SENAMHI.



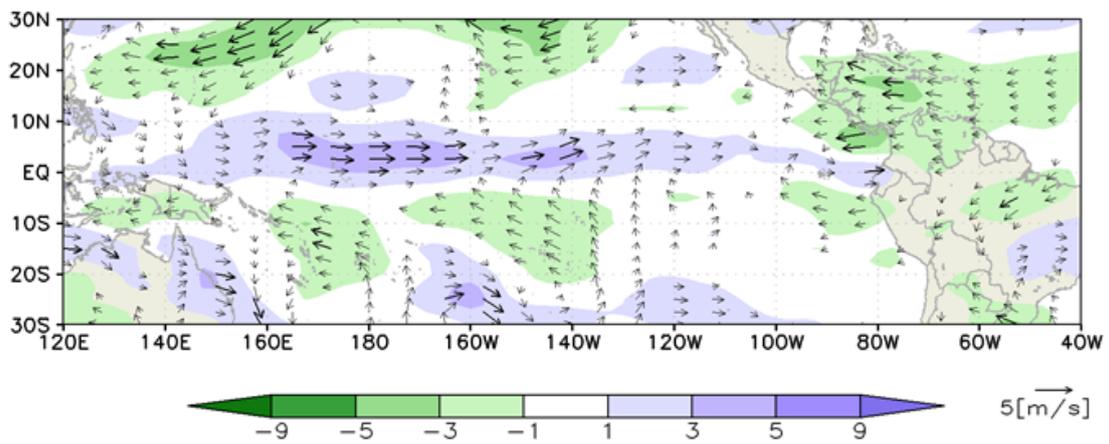
**Figura 2.5.1.** Promedio de anomalías de la temperatura superficial del mar (°C) en el océano Pacífico tropical del 5 de abril al 2 de mayo de 2015. Fuente: NCDC/NCEP/NOAA.



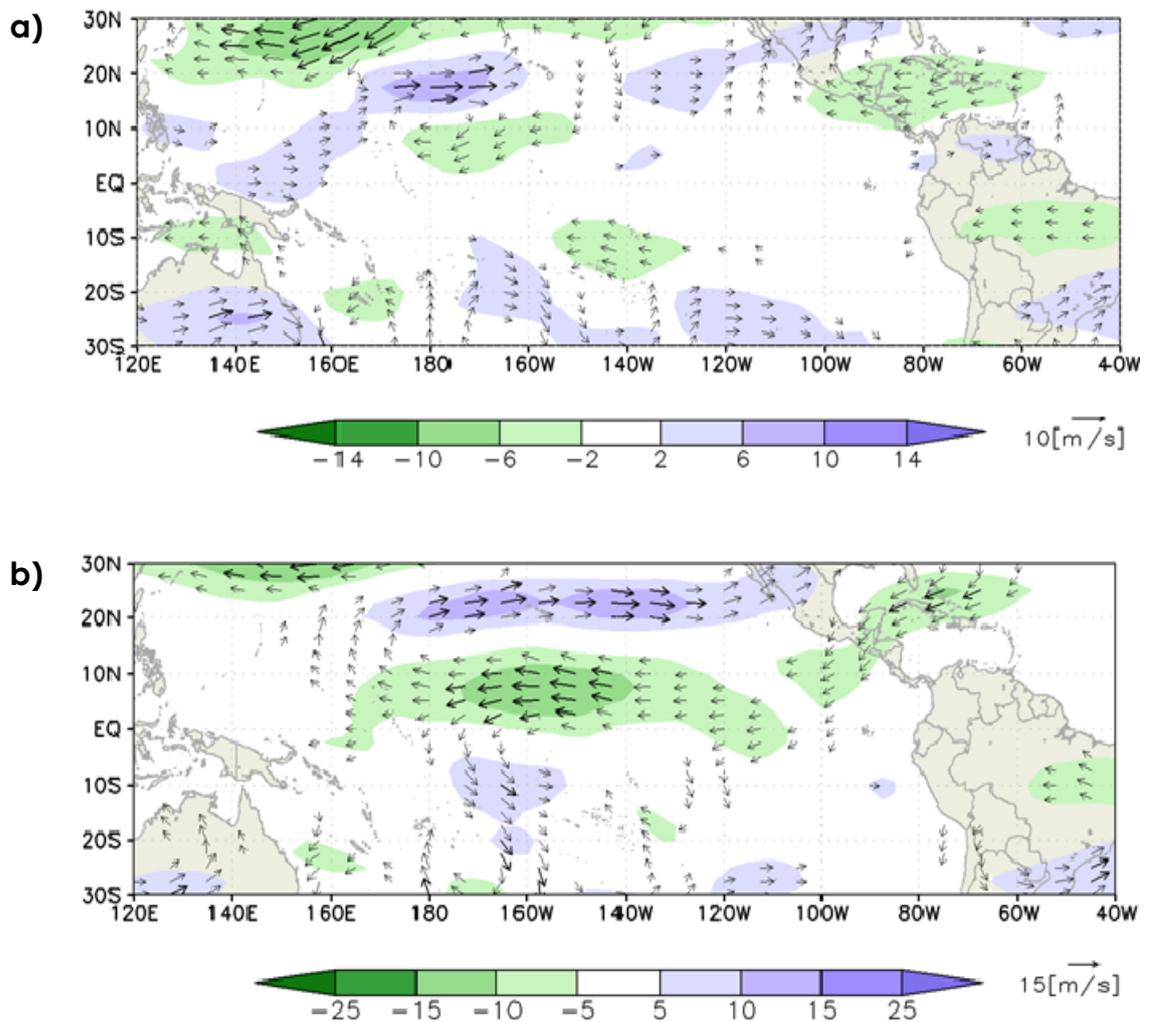
**Figura 2.5.2.** Anomalías de: a) temperatura superficial del mar (°C) en el océano Pacífico ecuatorial (5°N-5°S), b) temperatura superficial del mar (°C) en las regiones Niño de mayo de 2014 a abril de 2015. Fuente: NCEP/NOAA.



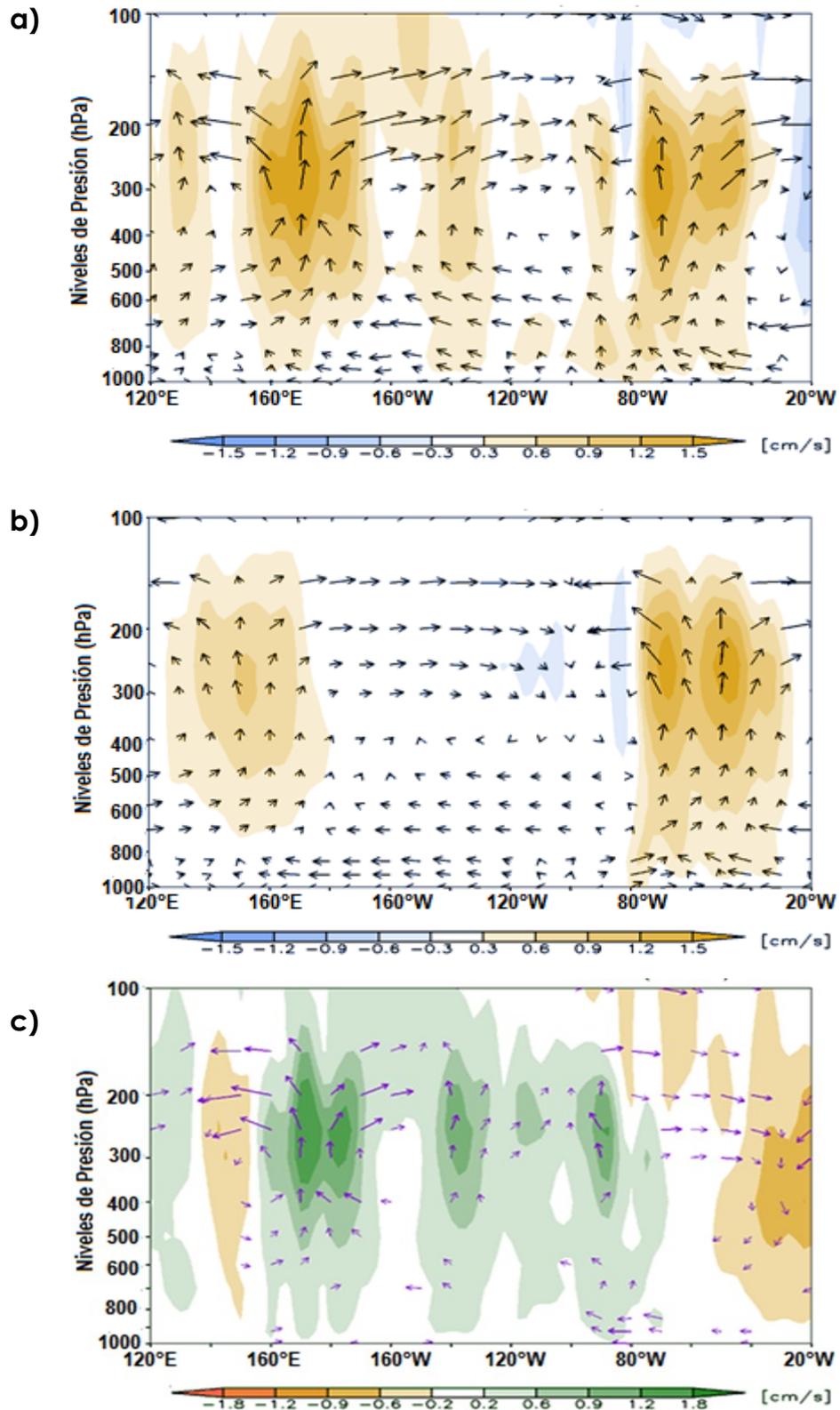
**Figura 2.5.3.** Evolución del Índice de Oscilación Sur (IOS), considerando la media móvil cada 30 días. Fuente: Bureau of Meteorology.



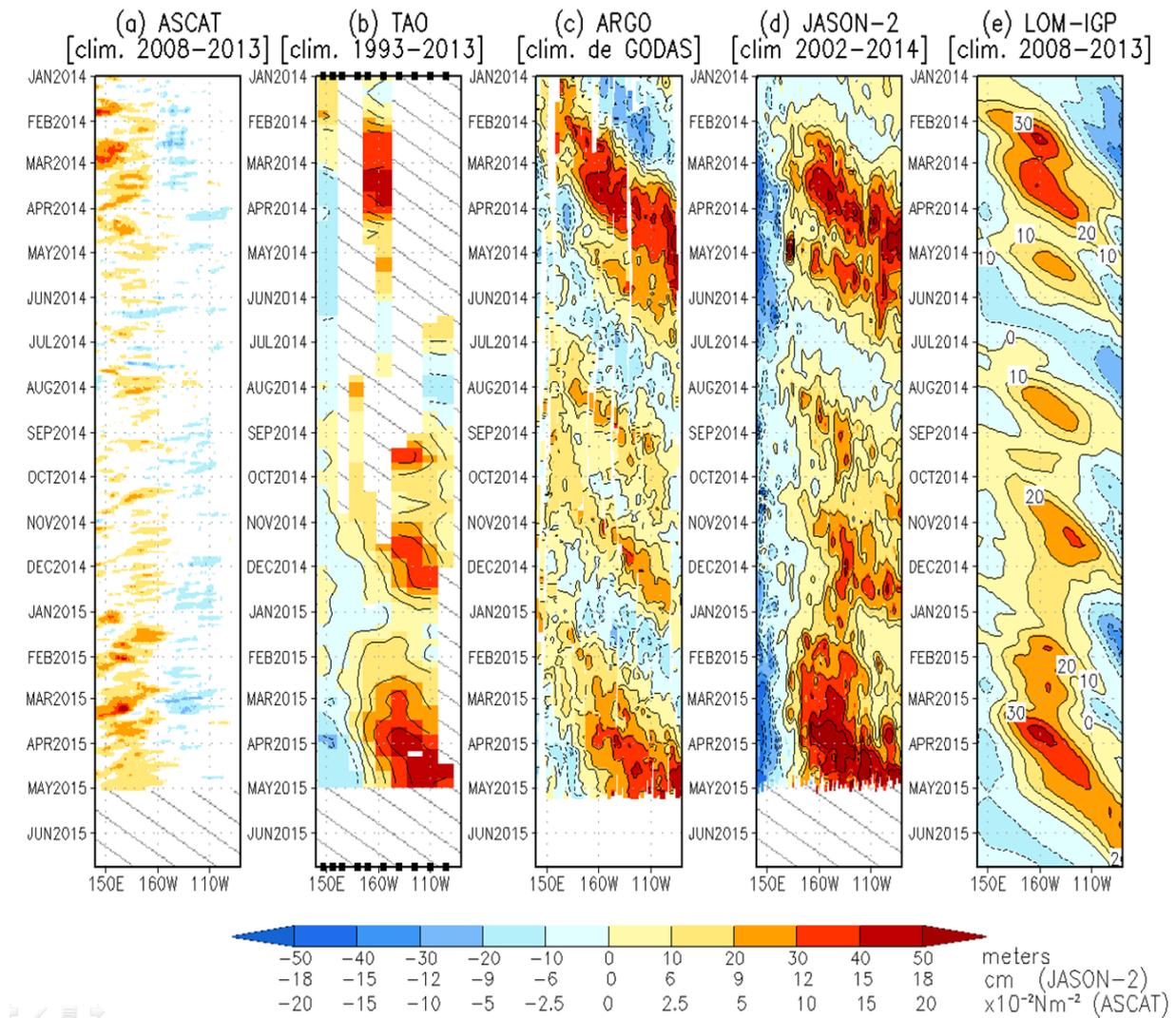
**Figura 2.5.4.** Análisis de las anomalías del viento (m/s) en 850 hPa en la primera semana de marzo del 2015. Datos: NCEP/NOAA. Procesamiento: SENAMHI.



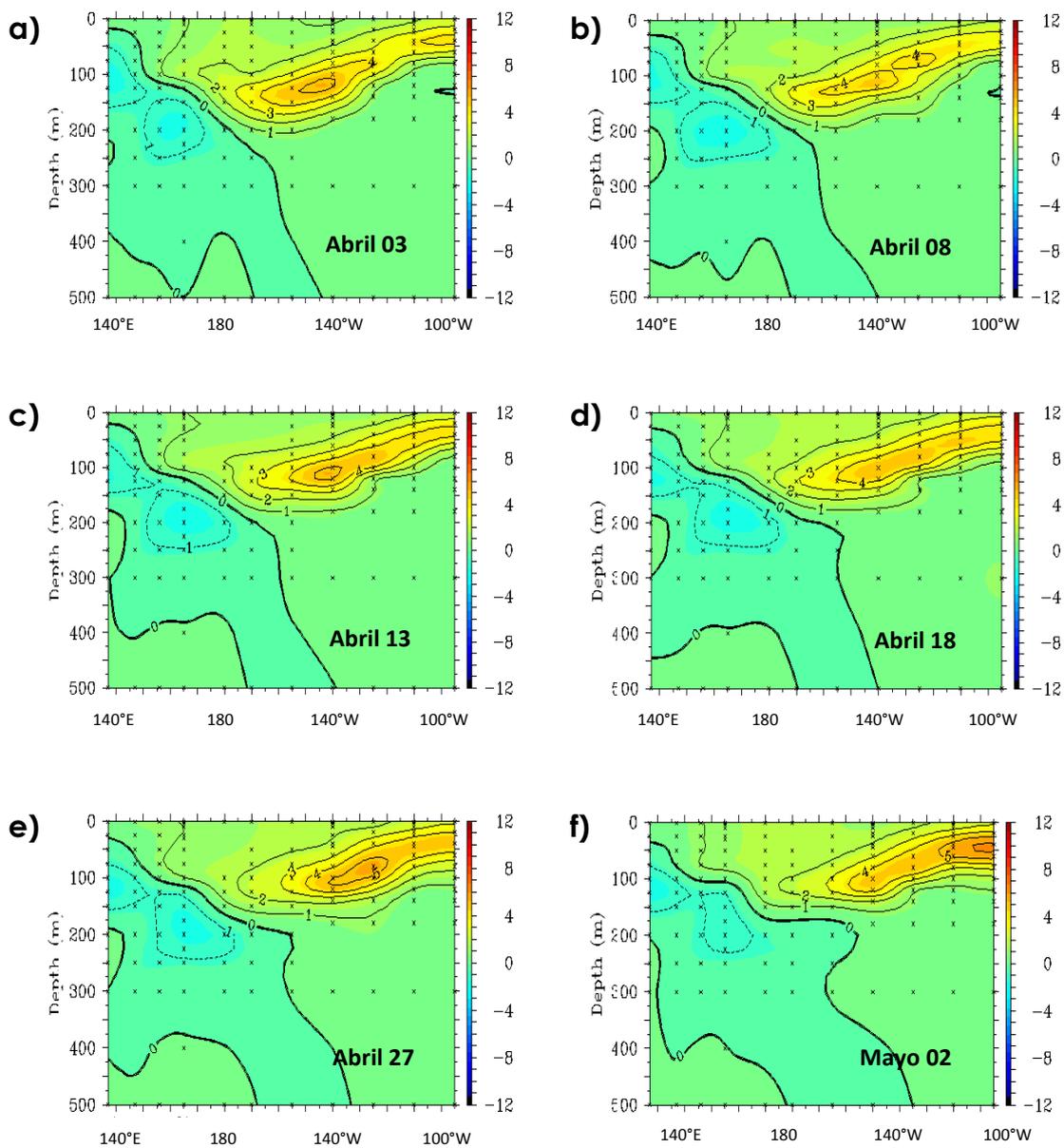
**Figura 2.5.5.** Análisis de las anomalías del viento a: a) 500 hPa y b) 200 hPa en abril de 2015. Datos: NCEP/NOAA. Procesamiento: SENAMHI.



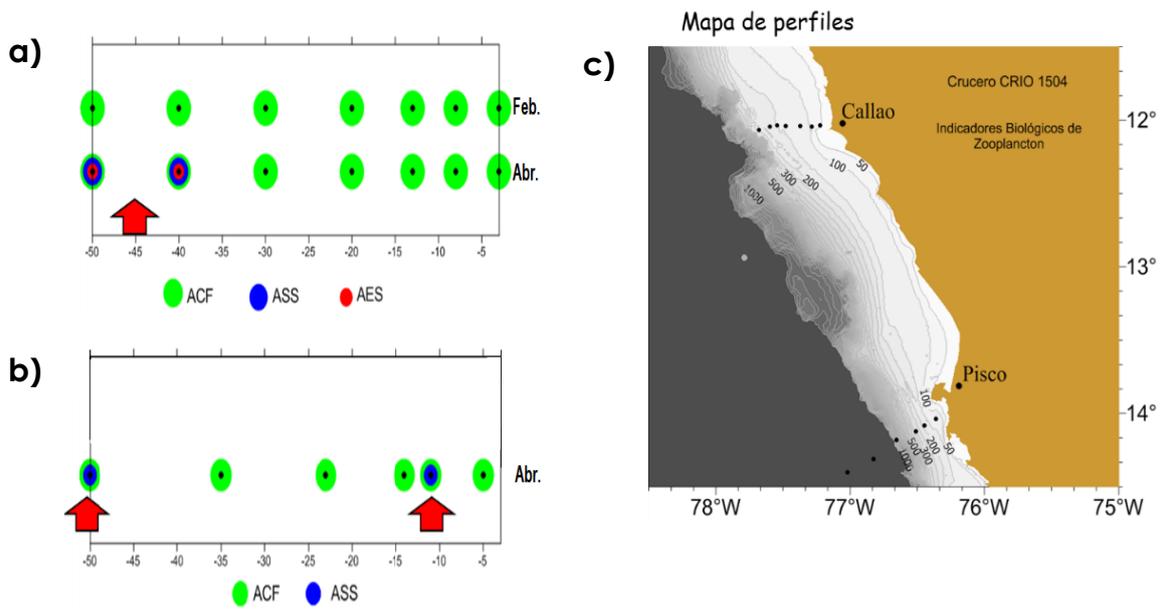
**Figura 2.5.6.** Análisis de la circulación atmosférica ecuatorial de este a oeste en abril de 2015. Datos: NCEP/NOAA. Procesamiento: SENAMHI.



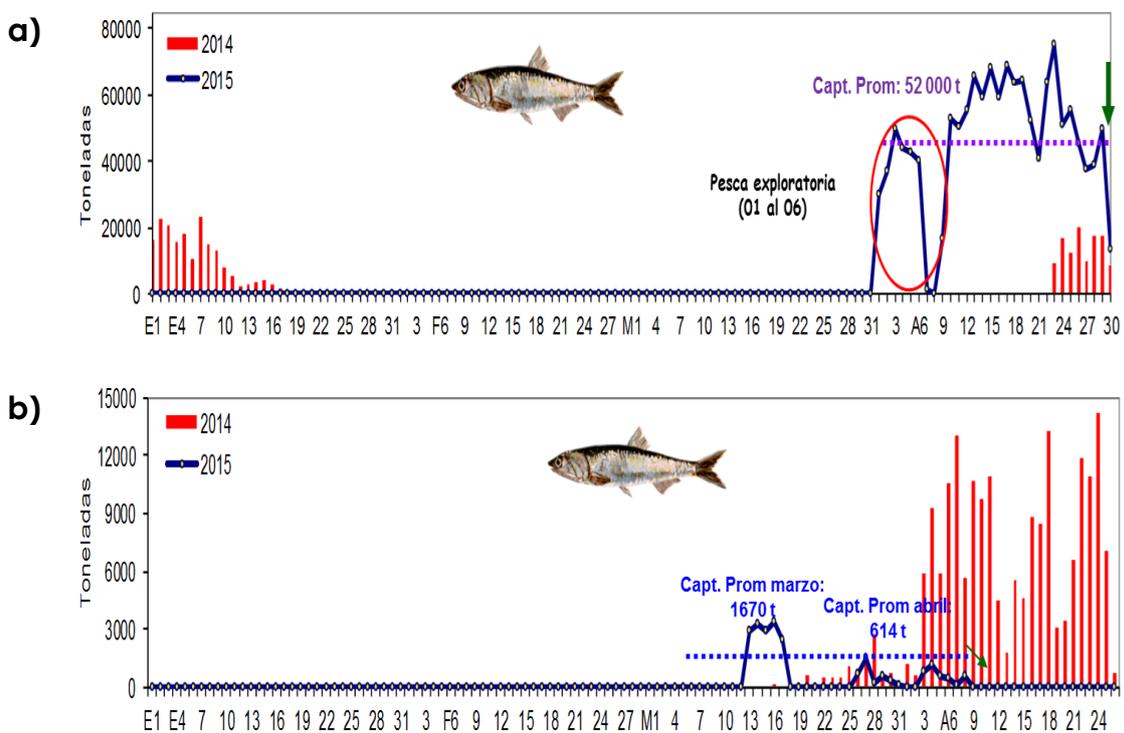
**Figura 2.6.1.** Diagrama longitud-tiempo de: a) anomalías de esfuerzo del viento zonal ecuatorial basado en datos del escaterómetro ASCAT, b) anomalía de la profundidad de la isoterma de 20°C (m) de TAO, c) derivadores de Argo, d) datos del nivel del mar de JASON-2 (d). Finalmente en (e) se muestra la 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 representan una propagación hacia el este con velocidad de 2,6 m/s. Datos: ASCAT, TAO/TRITON, Argo, JASON-2. Procesamiento: IGP.



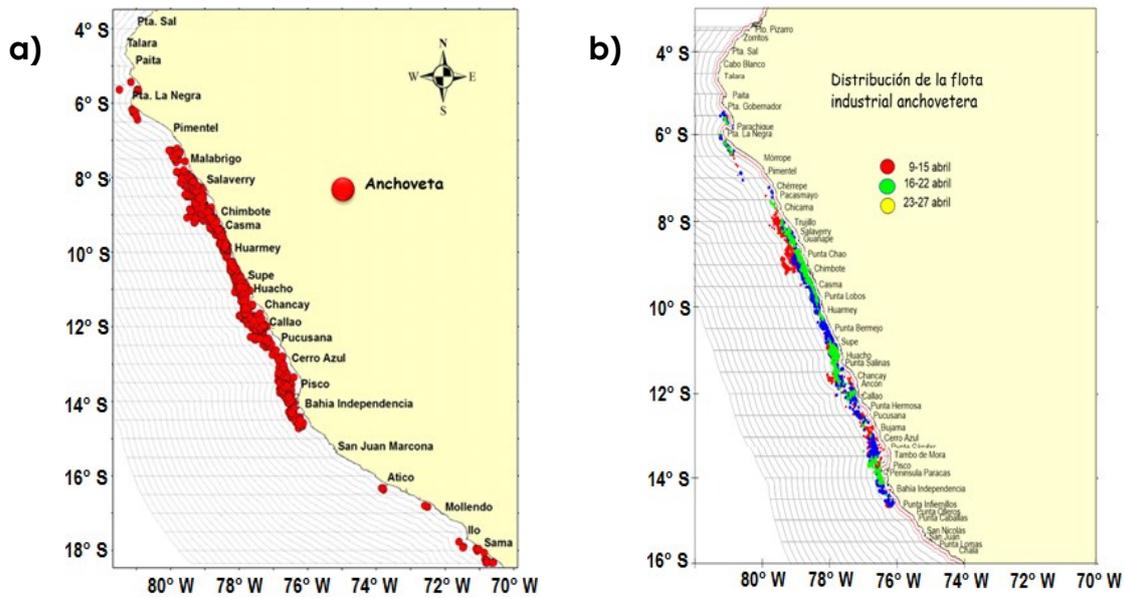
**Figura 2.6.2.** Anomalías de la temperatura sub-superficial del mar (°C) en el océano Pacífico ecuatorial entre los 2°N y 2°S promediadas cada cinco días finalizando los días a) 3 de abril, b) 8 de abril, c) 13 de abril, d) 18 de abril, e) 23 de abril y f) 2 de mayo de 2015. Fuente: TAO PMEL/NOAA.



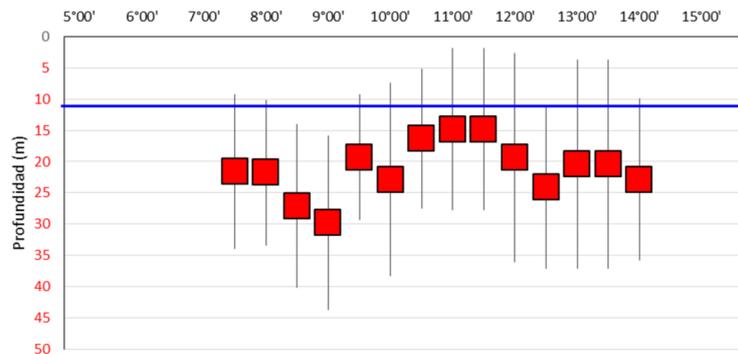
**Figura 2.7.1.** Especies del zooplancton indicadoras de masas de agua en los perfiles oceanográficos: a) Callao, b) Pisco, y c) A 50 mn. Fuente: IMARPE.



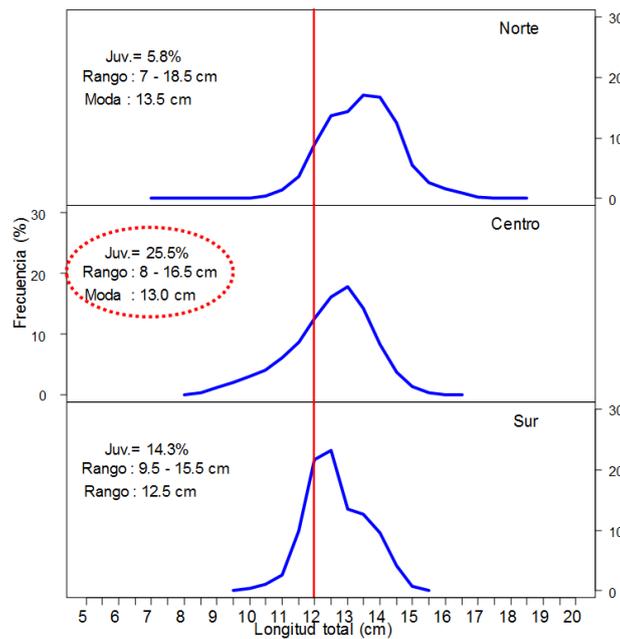
**Figura 2.7.2.** Desembarque diario de anchoveta en las regiones: a) Norte – Centro y b) Sur del 01 de enero al 30 de abril de 2015. Fuente: IMARPE.



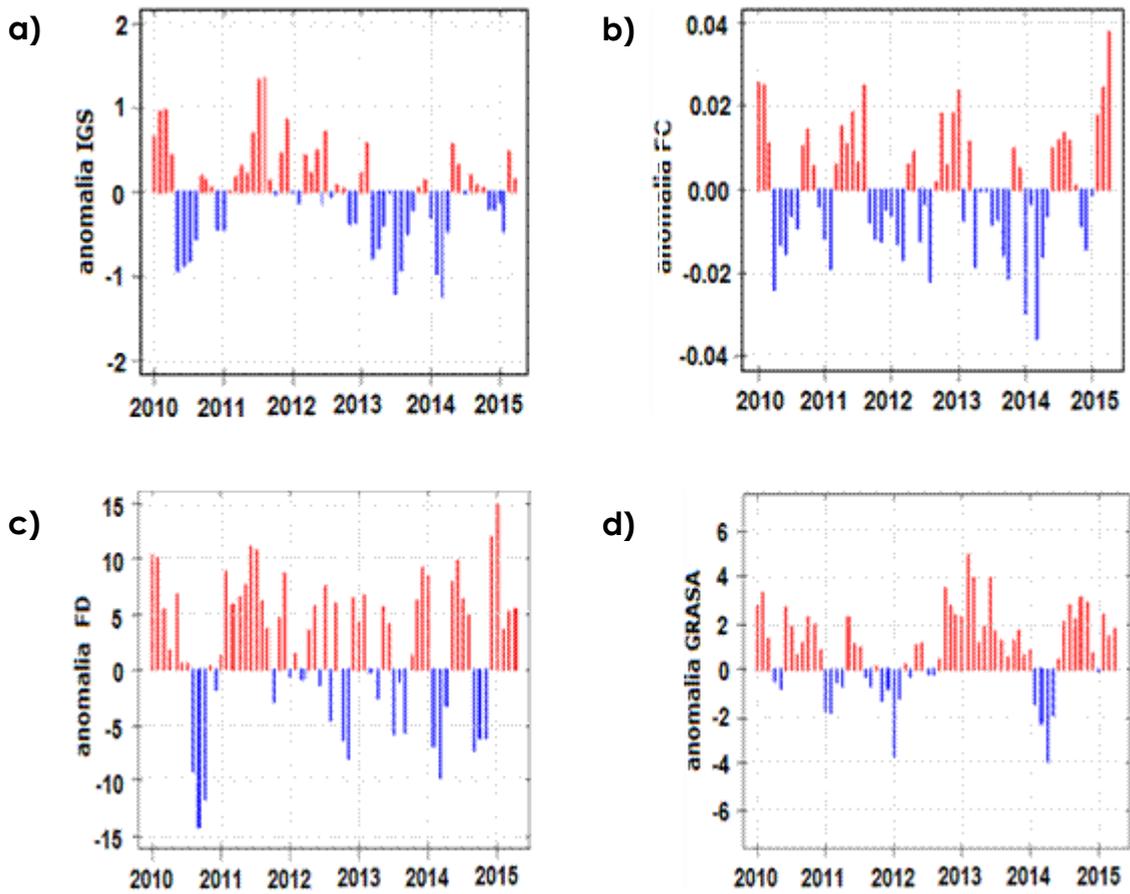
**Figura 2.7.3.** Distribución de la flota industrial de anchoveta: a) mensual y b) semanal en abril de 2015. Fuente: IMARPE.



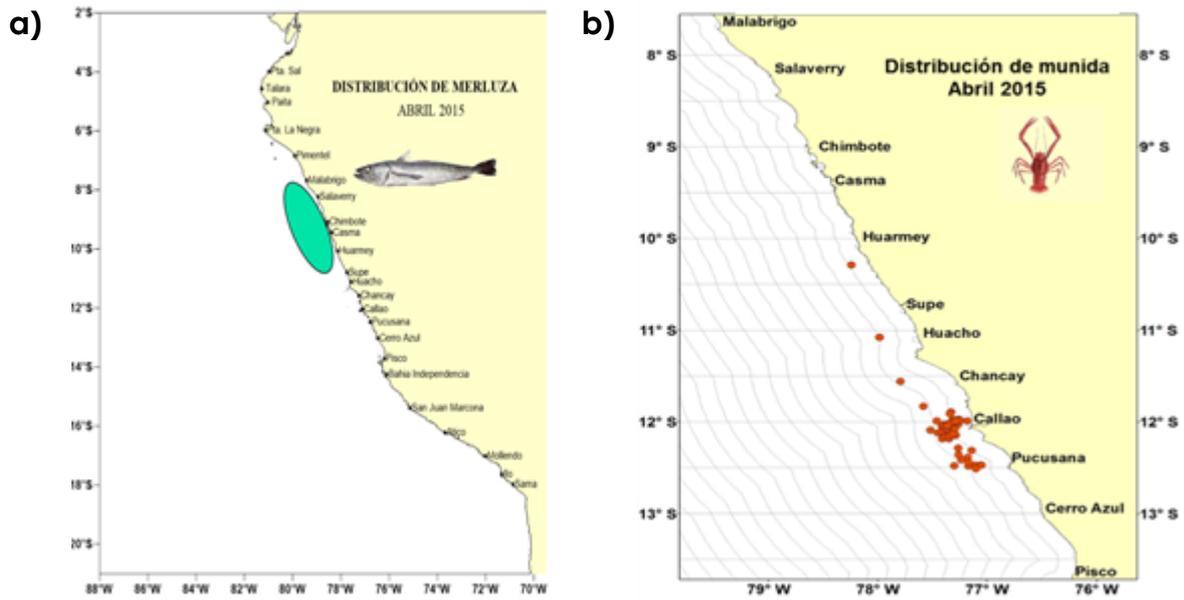
**Figura 2.7.4.** Distribución vertical de anchoveta en abril 2015. Fuente: IMARPE.



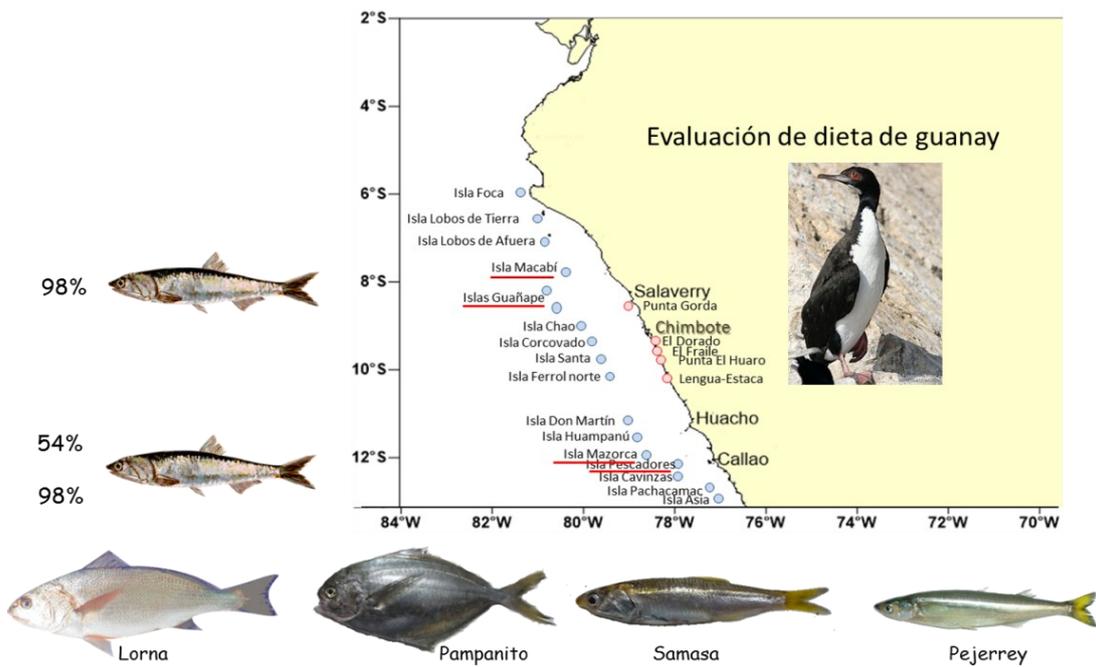
**Figura 2.7.5.** Estructura de tamaños de la anchoveta en abril de 2015. Fuente:



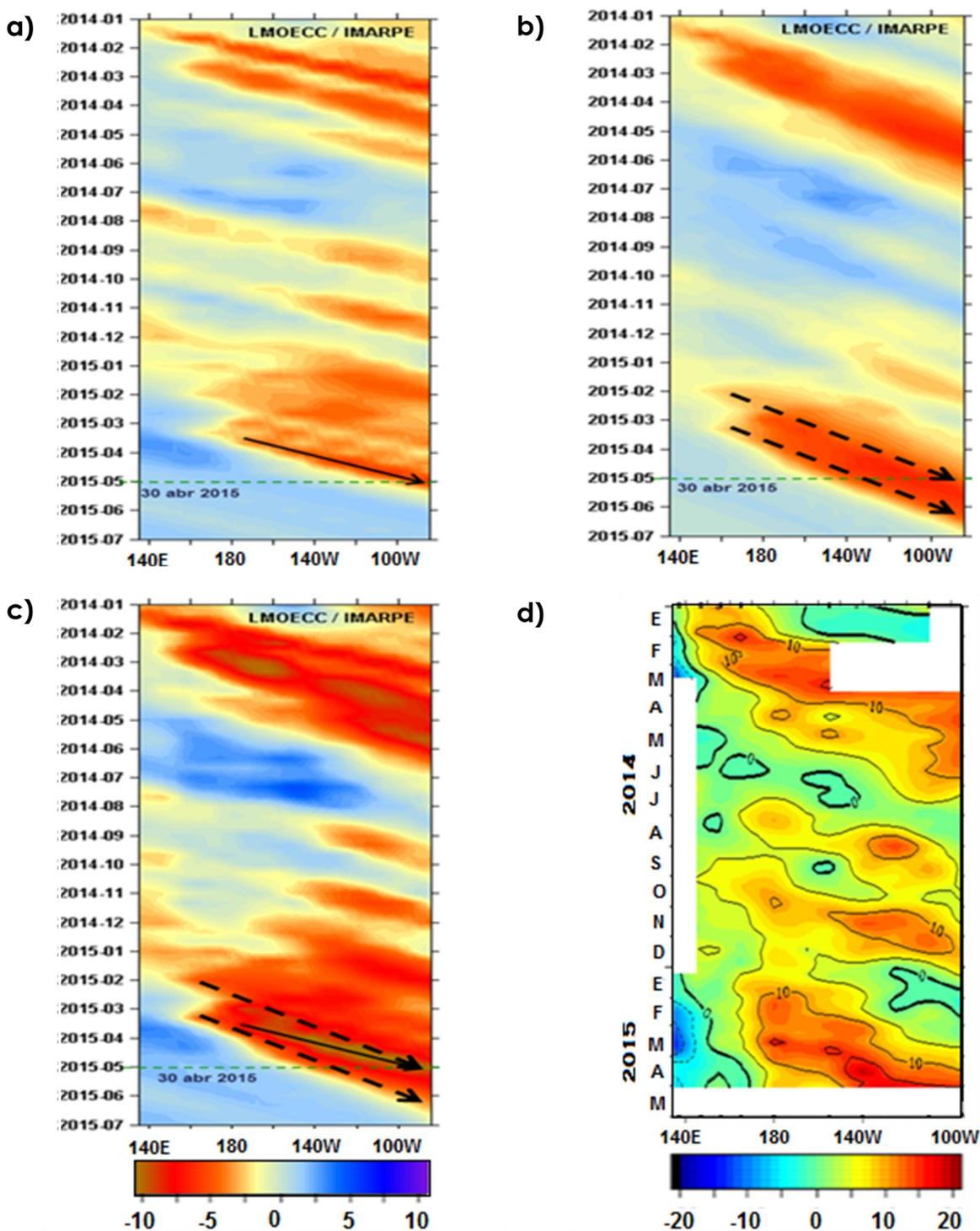
**Figura 2.7.6.** Anomalías de los indicadores reproductivos: a) Índice gonadosomático (IGS), b) Fracción Desovante (FD) y los indicadores somáticos c) Factor de condición y d) Contenido Graso (CG) del stock norte – centro de anchoveta de enero de 2014 a abril de 2015. Fuente: IMARPE.



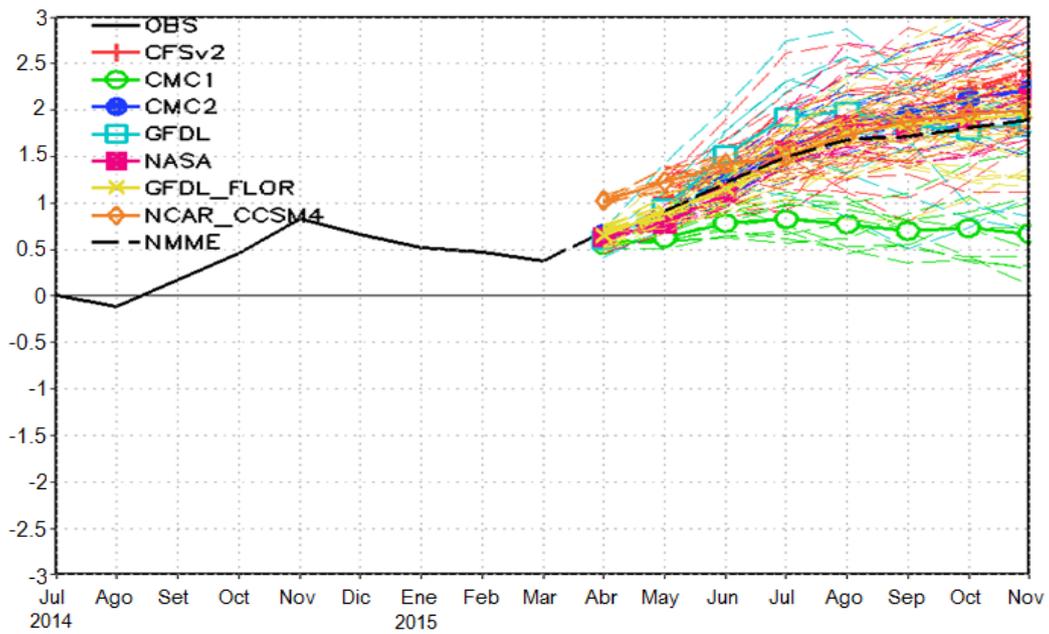
**Figura 2.7.7.** Especies indicadoras de masas de: a) agua cálidas (merluza) y b) aguas frías (múnida) en abril 2015. Fuente: IMARPE.



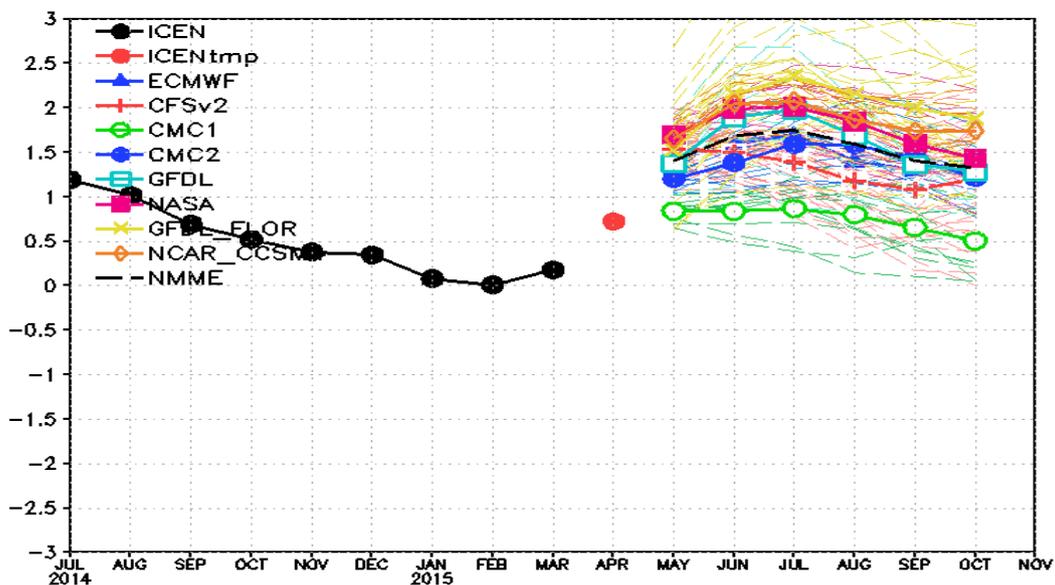
**Figura 2.7.8.** Dieta de guanay en islas de la región Norte - Centro del litoral en abril 2015. Fuente: IMARPE.



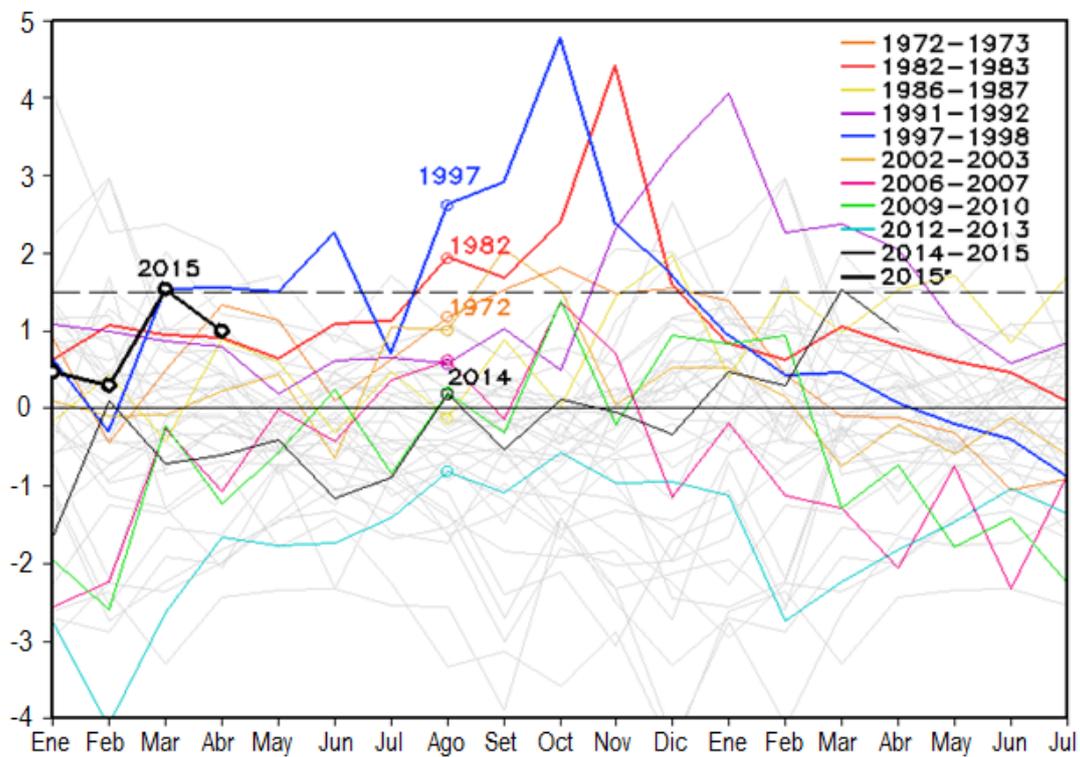
**Figura 3.1.1.** Diagrama Hovmöller longitud-tiempo de las ondas Kelvin en el océano Pacífico ecuatorial ( $0^{\circ}\text{N}$ ) simuladas por un modelo oceánico lineal forzado con vientos de NCEP: a) Modo 1, b) Modo 2, c) Modos 1+2, y d) Anomalías de la altura dinámica (db.dyn cm) en el Pacífico ecuatorial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



**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 sus valores temporales (ICENtmp, círculos llenos 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 abril de 2015. El modelo ECMWF tiene como condición inicial el mes de abril de 2015. Fuente: IGP, NOAA, proyecto NMME, ECMWF.



**Figura 3.3.1.** Anomalía mensual de esfuerzo de viento zonal en el Pacífico central, con algunos años seleccionados en color y los datos más recientes en línea negra gruesa. La línea en guiones indica el umbral aproximado que, si es excedido en agosto, implica altas probabilidades de El Niño Costero extraordinario según Takahashi y Dewitte (2015). Datos: Reanálisis de NCEP/NCAR. Preparación: IGP.

## TABLAS

**Tabla 2.1.1.** Anomalías mensuales de la temperatura superficial del mar (°C) y del nivel medio del mar (cm) de enero a abril 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. | Ene.                   | Feb. | Mar. | Abr. |
| Talara               | -0.2                     | -1.8 | -0.1 | 1.1  | 0                      | -1   | 5    | 16   |
| Paita                | -1                       | -1.6 | 0.3  | 0.6  | 2                      | 0    | 4    | 14   |
| Isla Lobos de Afuera | 0.3                      | -0.2 | -0.4 | 0.6  | 1                      | -    | -    | 11   |
| Chimbote             | -1.1                     | -0.9 | -0.6 | -0.6 | 0                      | 1    | 4    | 10   |
| Callao               | -0.1                     | 0    | -0.4 | 0.1  | -2                     | -3   | 0    | 7    |
| San Juan             | -1                       | -0.2 | 0.1  | 0.3  | -1                     | -2   | 4    | 8    |
| Mollendo             | -0.3                     | 0    | 0.5  | 0.7  | -2                     | -3   | 3    | 4    |
| Ilo                  | -0.7                     | -0.2 | 0.8  | 0.5  | -                      | -    | -    | -    |

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

| Mes    | ICEN | Categoría       |
|--------|------|-----------------|
| jul-14 | 1.19 | Cálida Moderada |
| 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          |

| Mes    | ICENtmp           | Categoría       |
|--------|-------------------|-----------------|
| abr-15 | 0.72 <sup>1</sup> | Cálida Débil    |
| may-15 | 1.30 <sup>2</sup> | Cálida Moderada |

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

<sup>2</sup> Se usaron los datos de ERSST (Abr. 2015) y NMME (May. Jun. 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 Almacenada (%) |   |
|--------------------|-----------------------|---------------|----------------------------|-----------------------------------------|------------|-------------------------------------|---|
|                    |                       |               |                            | Útil                                    | Almacenada |                                     |   |
| Costa - Norte      | POECHOS               | 04-may        | Piura                      | 490.0                                   | 404.6      | 82.6                                | ● |
|                    | SAN LORENZO           | 30-abr        | Piura                      | 193.0                                   | 198.4      | 100.0                               | ● |
|                    | TINAJONES             | 28-abr        | Lambayeque                 | 330.0                                   | 265.7      | 80.5                                | ● |
|                    | GALLITO CIEGO         | 28-abr        | La Libertad                | 372.0                                   | 366.6      | 98.5                                | ● |
| Costa - Sur        | CHOCLOCOCHA           | 24-abr        | Ica                        | 150.0                                   | 97.6       | 65.0                                | ● |
|                    | CONDOROMA             | 30-abr        | Arequipa                   | 259.0                                   | 241.8      | 93.4                                | ● |
|                    | EL PAÑE               | 30-abr        | Arequipa                   | 99.6                                    | 85.0       | 85.4                                | ● |
|                    | LOS ESPAÑÓLES         | 30-abr        | Arequipa                   | 9.9                                     | 8.1        | 82.2                                | ● |
|                    | PILLONES              | 30-abr        | Arequipa                   | 78.5                                    | 67.6       | 86.1                                | ● |
|                    | EL FRAYLE             | 30-abr        | Arequipa                   | 127.2                                   | 82.1       | 64.6                                | ● |
|                    | AGUADA BLANCA         | 30-abr        | Arequipa                   | 30.4                                    | 15.5       | 51.0                                | ● |
|                    | PASTO GRANDE          | 27-abr        | Moquegua                   | 185.0                                   | 134.7      | 72.8                                | ● |
|                    | PAUCARANI             | 06-abr        | Tacna                      | 8.5                                     | 4.4        | 51.8                                | ● |
|                    | JARUMAS               | 16-abr        | Tacna                      | 12.0                                    | 13.1       | 100.0                               | ● |
| Situación Nacional |                       | -             |                            | 2,345.1                                 | 1,985.2    | <b>84.7</b>                         | - |

**Tabla 2.5.1.** Anomalías semanales (centradas en los días 1, 8, 15, 22 y 29 de abril de 2015) y mensuales (de abril de 2014 a marzo 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 |
| 01 Abr.       | 1.4                               | 0.6    | 0.7      | 1.1    |
| 08 Abr.       | 0.9                               | 0.5    | 0.7      | 1.2    |
| 15 Abr.       | 1.3                               | 0.8    | 0.9      | 1.3    |
| 22 Abr.       | 1.5                               | 1      | 1        | 1.3    |
| 29 Abr.       | 1.9                               | 1      | 1        | 1.4    |

| 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   |

**Tabla 2.7.1.** Desembarque (t) acumulado de recursos pelágicos proveniente de la flota industrial del 01 de enero al 30 de abril de 2015. Fuente: IMARPE.

| Especie \ Flota \ Región |           | Año Calendario (01 Ene. al 30 Abr. 2015) |                |                 |               |                 |               |
|--------------------------|-----------|------------------------------------------|----------------|-----------------|---------------|-----------------|---------------|
|                          |           | Norte                                    | Centro         | N+C             | Sur           | Total           | %             |
| Anchoveta                | FI Acero  | 432 339                                  | 727 763        | 1160 102        | 22 049        | 1182 151        | 83.51         |
|                          | FI Madera | 200 317                                  | 31 642         | 231 959         | 0             | 231 959         | 16.39         |
| <b>Sub-total</b>         |           | <b>632 656</b>                           | <b>759 405</b> | <b>1392 061</b> | <b>22 049</b> | <b>1414 110</b> | <b>99.89</b>  |
| <b>%</b>                 |           | <b>44.74</b>                             | <b>53.70</b>   | <b>98.44</b>    | <b>1.56</b>   | <b>100.00</b>   |               |
| <b>Sardina</b>           |           | 0                                        | 0              | 0               | 0             | 0               | 0.00          |
| <b>Jurel</b>             |           | 0                                        | 0              | 0               | 0             | 0               | 0.00          |
| <b>Caballa</b>           |           | 501                                      | 891            | 1 391           | 0             | 1 391           | 0.10          |
| <b>Samasa</b>            |           | 0                                        | 0              | 0               | 0             | 0               | 0.00          |
| <b>*Otros</b>            |           | 62                                       | 86             | 148             | 0             | 148             | 0.01          |
| <b>Total</b>             |           | <b>633 219</b>                           | <b>760 382</b> | <b>1393 600</b> | <b>22 049</b> | <b>1415 650</b> | <b>100.00</b> |
| <b>%</b>                 |           | <b>44.73</b>                             | <b>53.71</b>   | <b>98.44</b>    | <b>1.56</b>   | <b>100.00</b>   |               |



# ENFEN

ESTUDIO NACIONAL DEL  
FENÓMENO "EL NIÑO"



**INDECI**  
INSTITUTO NACIONAL DE DEFENSA CIVIL