COMITÉ MULTISECTORIAL ENCARGADO DEL ESTUDIO NACIONAL DEL FENÓMENO EL NIÑO

INFORME TÉCNICO ENFEN

Año 2 N°3

Marzo de 2016

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: Dimitri Gutiérrez (IMARPE)
IMARPE: Marilú Bouchón, Luis Vásquez, Carlos Quispe, Cecilia Peña, Octavio Morón, Dante Espinoza, Ing. José Salcedo.
DHN: Gustavo Laos, Rina Gabriel, Roberto Chauca.
SENAMHI: Grinia Avalos, Christian Barreto, Nelson Quispe.
IGP: Ken Takahashi, Kobi Mosquera, Jorge Reupo Vélez.
ANA: Gustavo Galindo, Carlos Verano
INDECI: Marcial García Blásquez, Sheila Yauri

Año: 2

Redacción del informe: Comité Técnico Enfen
Edición y Producción: L. Pizarro (Secretaría Técnica Enfen)
Diseño de carátula: Imarpe

El contenido de este documento puede ser reproducido mencionando la fuente Enfen.

Este documento se puede citar como:
Comité Multisectorial Encargado del Estudio Nacional del Fenómeno El Niño (Enfen). 2016. Informe Técnico Enfen. Año 2, N° 3, marzo de 2016, **54 p.**

El Informe Técnico Enfen de marzo 2016 y los informes previos están disponibles en la World Wide Web en las páginas electrónicas de las instituciones que conforman el Comité. De tener inconvenientes para acceder al informe, contacte a la Secretaría Técnica Enfen a la dirección electrónica st_enfen@imarpe.gob.pe.

Hecho el Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú N°2015-09351

MONITOREO Y PRONÓSTICO DE EL NIÑO Y LA NIÑA

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

ANA Autoridad Nacional del Agua

Senamhi

INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ CIENCIA Y TECNOLOGÍA

IGP INSTITUTO GEOFÍSICO DEL PERÚ

INDECI INSTITUTO NACIONAL DE DEFENSA CIVIL

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

ÍNDICE

RESUMEN **9**

1. INTRODUCCIÓN **10**

2. MATERIALES Y MÉTODOS **11**

2.1. VARIABLES **11**
2.2. ÍNDICES **11**
2.3. MODELOS DE PRONÓSTICO **11**

3. CONDICIONES OBSERVADAS EN MARZO **13**

3.1. CONDICIONES A MACROESCALA **13**
3.1.1. Circulación atmosférica y temperatura superficial en el Pacífico ecuatorial 13
3.1.2. Dinámica oceánica en el Pacífico Ecuatorial 14

3.2. CONDICIONES A ESCALA REGIONAL **14**
3.2.1. Circulación atmosférica en el Pacífico Sudoriental y temperatura del aire 14
3.2.2. Precipitaciones e hidrología en la vertiente del Pacífico 15
3.2.3. Temperatura superficial del mar en la costa peruana y nivel medio del mar 15
3.2.4. Temperaturas subsuperficiales en el litoral peruano 16
3.2.5. Oxígeno, Nutrientes y Productividad en la costa peruana 18
3.2.6. Recursos pesqueros e indicadores biológico 19

4. ANÁLISIS Y PERSPECTIVAS **20**

4.1. DISCUSIÓN **20**

4.2. PRONÓSTICO **21**
4.2.1. A corto plazo (semanas) 21
4.2.2. A mediano plazo (hasta 3 meses) 21
4.2.3. A largo plazo (más de 3 meses) 22

5. CONCLUSIONES **22**

6. REFERENCIAS **23**

7. FIGURAS **25**

8. TABLAS **52**

Figuras:

3.1.1.1	Anomalía de TSM(°C) durante el año 1982 (rojo), 1997 (azul) y 1972 (verde) según los datos infrarrojos (NOAA Daily OI SST v2 AVHRR), en la región 1+2 (a) y en la región 3.4 (b).Procesamiento: IGP.	25
3.1.1.2	Anomalías de la temperatura superficial del mar (°C) en las regiones Niñode febrero de 2015 a marzo de 2016. Fuente: NCEP/NOAA.	26
3.1.1.3	Evolución del Índice de Oscilación Sur (IOS), considerando la media móvil de 30 días. Fuente: Bureau of Meteorology, Australia.	26
3.1.1.4	Hovmöller de anomalías de a) Radiación de onda larga - OLR (W/m2) desde el mes de marzo de 2105 hasta marzo de 2016. Datos: NCEP b) Precipitaciones en el mes de marzo de 2016. Datos: TRMM. Procesamiento: IGP/SENAMHI.	27
3.1.1.5	Radiación de onda larga - OLR (W/m2) en el Pacífico central-oriental (170°W-100°W, 5°S-5°N) desde el mes de enero de 2015 hasta el mes de julio de 2016. Datos: ESRL/NOAA, Procesamiento: IGP.	28
3.1.1.6	Radiación de onda larga - OLR (W/m2) en el Pacífico central-oriental (170°W-140°W, 5°S-5°N) desde el mes de enero de 2015 hasta el mes de julio de 2016. Datos: ESRL/NOAA, Procesamiento: IGP.	28
3.1.1.7	Análisis de anomalías del viento (m/s) en a) 850 hPa y b) 200 hPa para el mes de marzo del 2016. Datos: NCEP/NOAA. Procesamiento: SENAMHI-DCL.	29
3.1.1.8	Anomalía del esfuerzo del viento zonal (10^{-2} Nm^{-2}) en el Pacífico central-oriental (90°W-80°W, 25°S-15°S) desde el mes de febrero de 2015 hasta el mes de julio de 2016. Datos: NCEP-NCAR, Procesamiento: IGP.	30
3.1.1.9	Análisis de la Circulación Atmosférica Ecuatorial de este a oeste para el mes de Marzo 2016. Fuente: SENAMHI con datos de la NCEP-NOAA.	30
3.1.2.1	Diagrama longitud-tiempo de las anomalías de esfuerzo de viento zonal ecuatorial basado en datos del escaterómetro ASCAT (a), anomalía de la profundidad de la isoterma de 20°C con datos de TAO (b) y los derivadores de Argo (c),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 taux=0 para el pronóstico). Las líneas diagonales plomas representan una propagación hacia el este con velocidad de 2.7 m/s para la onda de nivel del mar. Datos: ASCAT, TAO/TRITON, Argo, JASON-2. Procesamiento: IGP.	31
3.1.2.2.	Anomalías de la temperatura sub-superficial del mar (°C) en el océano Pacífico ecuatorial entre los 2°N y 2°S promediadas cada cinco días, finalizando los días: a) 8 de marzo, b) 13 de marzo, c) 19 de marzo, d) 24 de marzo , e) 29 de marzo y f) 28 de febrero de 2016. Fuente: TAO/TRITON, PMEL/NOAA.	32
3.1.2.3	a) Inclinación de la termoclina, diferencia de la profundidad zonal del ajuste de la regresión lineal para la longitud (137°E – 95°W). Climatología 1993-2012 (punteado). b) Contenido de calor en la región ecuatorial entre 2°N y 2°S). Data: TAO/TRITON. Procesamiento: IGP	33
3.2.1.1	Presión atmosférica (hPa) a nivel medio del mar para marzo del 2016. a) Promedio de la Presión atmosférica (hPa) a nivel del mar, b) Anomalía de la Presión atmosférica (hPa) a nivel del mar. Datos: NCEP/NOAA. Procesamiento: SENAMHI.	33
3.2.1.2	Evolución de la Presión atmosférica (hPa) a nivel medio del mar para marzo del 2016. Datos: NCEP/NCAR. Reanalysis. Procesamiento: SENAMHI.	34
3.2.1.3	a) Velocidad del viento (m/s) y b) Anomalía del viento (m/s), desde los 0° hasta 20°S en el periodo de octubre de 2015 al 2 de abril del 2016. Los vectores representan la dirección del viento y anomalía de la dirección del viento, respectivamente. Datos: ASCAT. Procesamiento: IMARPE.	34
3.2.1.4.	Anomalías de las temperaturas extremas del aire (°C) en la costa peruana desde enero 2015 a marzo de 2016. Temperatura máxima (panel izquierdo) y Temperatura mínima (panel derecho). Fuente: SENAMHI.	35
3.2.2.1	Condiciones promedio de precipitación, temperatura superficial delmar(TSM) y esfuerzo de viento promedio de los primeros 15 días (panel superior) y los últimos 15 días (panel inferior) de marzo. a) valores absolutos de precipitación, b) anomalía de precipitación, c) valores absolutos de TSM asociados al esfuerzo de vientos, d) anomalías de TSM, asociados al esfuerzo de vientos. Fuente TRMM, AVHRR-NCDC-NOAA, ASCAT-Ifremer// Procesamiento IGP.	36

3.2.2.2.	Series de tiempo de los caudales diarios (m^3/s) de los principales ríos del Perú, entre setiembre-2015 a agosto-2016: a) Tumbes, b) Chira, c) Santa, d) Majes, e) Chili, de la vertiente del pacífico y, f) Huancané, de la cuenca del Titicaca. Líneas azules: caudales de años 2015-2016; rojas: Promedio histórico; celeste: promedio años húmedos, gris: promedio años secos. Fuente: ANA.	37
3.2.2.3	Estado del volumen de agua almacenado (hm2) en los principales reservorios en la costa norte, centro y sur de Perú, en marzo del 2016. Fuente ANA.	38
3.2.3.1	Anomalías de la temperatura superficial del mar (°C) en el océano Pacífico oriental para los días a) 7 de marzo, b) 13 de marzo, c) 20 de marzo, y e) 03 de abril de 2016. La línea sólida en color azul indica el límite externo de la región Niño 1+2. Datos: NCDC/NCEP/NOAA. Procesamiento: DHN.	38
3.2.3.2	Anomalía de TSM (°C) durante el año 1982 (rojo), 1997 (azul) y 1972 (verde) según los datos infrarrojos (NOAA Daily OI SST v2 AVHRR), en la región 3.4 (a) y en la región 1+2 (b).Procesamiento: IGP.	39
3.2.3.3	Índice Costero El Niño para los años 1972-1973 (verde), 1982-1983 (rojo), 1997-1998 (azul) y 2015 (negro).	39
3.2.3.4	Series diarias de Anomalías de Temperatura Superficial del Mar (ATSM) en estaciones del litoral costero de Perú, a) registradas en febrero y marzo por la DHN y, b) registradas durante enero, febrero y marzo del 2016 por IMARPE.	40
3.2.3.5.	Anomalías de Temperatura Superficial del Mar, en el litoral peruano.	41
3.2.3.6	Anomalías de la altura del nivel del mar, actualizados a marzo de 2016. (a) Series diarias y (b) Hovmöller de las estaciones costeras de la DHN. c) Hovmöller en franja de 0-100 km, entre 2015-2016. AVISO - IMARPE.	42
3.2.4.1	Distribución vertical de: a) temperatura y b) anomalía de temperatura (°C), c) salinidad y d) anomalía de salinidad (ups) frente a Paita. Operación BIC Flores, realizada durante el 18 y 19 de marzo de 2016. Fuente: IMARPE.	43
3.2.4.2	Distribución vertical de: a) temperatura y b) anomalía de temperatura (°C), c) salinidad y d) anomalía de salinidad (ups) frente a Chicama, realizada durante el 11 y 13 de marzo de 2016. Fuente: IMARPE.	43
3.2.4.3	Series de tiempo para la estación oceanográfica fija frente a Paita (punto fijo Paita) de: a) temperatura (°C), b) anomalía de la temperatura (°C), c) Salinidad (ups) y d) oxígeno (mL/L) para el periodo del 01 de enero de 2015 al 28 de marzo de 2016. Climatología: 1994-2010. Fuente: IMARPE.	44
3.2.4.4	Series de tiempo para la estación oceanográfica fija frente a Chicama (punto fijo Chicama) de: a) Temperatura (°C), b) Salinidad (ups) y c) Oxígeno (mL/L) para el periodo del 22 de enero de 2015 al 29 de marzo de 2016. Fuente: IMARPE.	45
3.2.4.5	Series de tiempo para la estación oceanográfica fija frente a Callao (punto fijo Callao) de: a) temperatura (°C), b) anomalía de la temperatura (°C), c) Salinidad (ups) y d) oxígeno (mL/L) para el periodo del 01 de enero de 2015 al 28 de marzo de 2016. Fuente: IMARPE.	46
3.2.5.1	Secciones verticales de las estaciones fijas de Paita (a) y Chicama (b) provenientes de IMARPE para las variables de Clorofila, Oxígeno disuelto, nitratos, silicatos y fosfatos en el mes de marzo.	47
3.2.5.2	Clorofila satelital promedio para el mes de marzo del satélite MODIS frente a Perú (a). Diagrama Hovmöller latitud-tiempo de anomalías de clorofila superficial satelital a lo largo de la costa peruana (b) y series de tiempo de anomalías de clorofila superficial satelital promedio (entre los 4°S-16°S y de 0 a 100km de la costa) provenientes del satélite MODIS.	48
3.2.6.1	Desembarque diario (líneas) y el acumulado mensual (barras) de anchoveta (t) proveniente de la flota de menor escala y/o artesanal en el mes de marzo (panel izquierdo). Estructura mensual de tallas de anchoveta en los puertos de Chimbote (superior), Callao (centro) y Pisco (inferior) (panel derecho). **Fuente**: AFIRNP/IMARPE.	49
3.2.6.2	Indicadores reproductivos, a) Índice Gonadosomatico (IGS), b) Fracción Desovante (FD) y c) Índice de atresia del stock norte – centro de anchoveta. Serie mensual: Enero 2014 – marzo 2016. **Fuente**: LBR/IMARPE	49
4.2.1.1	Diagrama Hovmöller longitud-tiempo de las ondas Kelvin en el océano Pacifico ecuatorial (0°N): (a) Modo 1, (b) Modo 2, (c) Modos 1+2 de la isoterma de 20 C (m) en la Pacifico Ecuatorial (2°S y 2°N). La línea discontinua horizontal, en verde, indica el inicio del pronóstico sin el forzante de vientos. Fuente: IMARPE, forzado con vientos de NCEP (Figuras a-c).	50

4.2.2.1 Índice Niño 3.4 mensual observado y pronosticado por los modelos de NMME. Fuente: CPC/NCEP/NOAA. 51

4.2.2.2 Índice Costero El Niño (ICEN, círculos llenos en color negro) y sus valor temporal (ICENtmp, círculo lleno en color rojo). Además, pronósticos numéricos del ICEN (media móvil de 3 meses de las anomalías pronosticadas de TSM en la región Niño1+2) por diferentes modelos climáticos. Las líneas entrecortadas corresponden a los miembros de los "ensembles". Los pronósticos de los modelos CFSv2, CMC1, CMC2, GFDL, NASA, NCAR y el modelo ECMWF tienen como condición inicial el mes de marzo de 2016. Fuente: IGP, NOAA, proyecto NMME, ECMW. 51

Tablas

Tabla 3.1.1.1 Anomalías semanales centradas en los días 03, 10, 17 y 24 de marzo 2016 de la temperatura superficial del mar (°C) en las regiones Niño. Fuente: NCEP/NOAA. 52

Tabla 3.2.3.1 Valores del Índice Costero El Niño (ICEN) de mayo de 2015 a febrero de 2016. Fuente: IGP. 52

Tabla 3.2.3.2 Anomalías mensuales de la temperatura superficial del mar (°C) y nivel medio del mar (cm) de octubre de 2015 a marzo de 2016. Fuente: Estaciones costeras – DHN. 53

Tabla 3.2.6.1 Desembarque (t) de anchoveta según puertos en la Región Sur al 31 de marzo durante la Primera Temporada de Pesca de anchoveta en la Región Sur (R.M Nº 017-2016-PRODUCE). Fuente: AFIRNP/IMARPE 53

Tabla 4.2.2.1 Pronósticos de ICEN por modelos de NMME (promedios trimestrales de los pronósticos de las anomalías en Niño 1+2). Para FMA en los modelos se tomó como complemento la anomalía de ERSST de febrero. La media corrida FMA de CFS2 fue con ERSST febrero y pronóstico de abril (no hay dato para marzo). 54

RESUMEN

El Comité Multisectorial encargado del Estudio Nacional del Fenómeno El Niño (ENFEN) mantiene el estado de Alerta, debido al evento El Niño costero que se viene presentando con condiciones cálidas en la costa peruana desde otoño del 2015.

Continúa la fase de declinación del evento El Niño costero. Sin embargo, en la última semana de marzo e inicios de abril se registró un calentamiento frente a la costa central y norte, debido a la presencia de anomalías positivas de vientos del oeste en el Pacífico Ecuatorial Oriental. Asimismo, se han registrado precipitaciones aisladas de moderada intensidad (15-40 mm/día) en Tumbes, Piura y Lambayeque. Para el presente mes, se espera el arribo de una onda Kelvin fría a la costa peruana, la cual contribuirá a la normalización de las condiciones oceanográficas. En la costa norte, para el resto de la temporada de lluvias se esperan precipitaciones dentro de su normal.

Continúa la declinación de la fase cálida de El Niño-Oscilación del Sur. En la región del Pacífico Ecuatorial Central (Niño 3.4), la anomalía de la Temperatura Superficial del Mar (TSM) disminuyó a +1,7°C aproximadamente, la que fue similar a las observadas en 1998 y 1983. Asimismo, la actividad convectiva, la anomalía del viento del oeste y el contenido de calor en el interior del océano se han reducido significativamente en esta región. La onda Kelvin fría alcanzó los 100°W y continúa su propagación hacia el este en la capa subsuperficial. Por otro lado, en la última semana en el Pacífico Oriental se ha observado anomalías positivas del viento del oeste y el desarrollo de una onda Kelvin cálida débil, las cuales han incrementado la TSM en dicha región.

En el Pacífico Ecuatorial Oriental (Niño 1+2), la TSM alcanzó 27,5°C en promedio, mientras que su anomalía se incrementó respecto a febrero de +0,7°C a +1,2°C. El valor del Índice Costero El Niño (ICEN) para el mes de febrero fue +1,49°C (Condición Cálida Moderada). Los valores estimados actualizados del Índice Costero El Niño (ICENtmp) para marzo y abril son de +1,14°C (Condición Cálida Moderada) y +0,78°C (Condición Cálida Débil). Estos resultados confirman que el evento El Niño costero alcanzó una magnitud moderada en el verano (diciembre 2015 a marzo 2016).

Durante marzo, en la Estación Fija Paita, localizada a siete millas náuticas (mn) de la costa, las anomalías en los 100 m de la columna de agua mostraron una reducción significativa de +3°C a +1°C en promedio, luego del paso de la onda Kelvin cálida a inicios del mes. En cuanto a las anomalías de la TSM en el litoral, estas presentaron en promedio valores inferiores a +1°C en la costa norte y valores entre +1°C y +3°C en la costa central y sur.

Por otro lado, continúa la presencia de aguas con temperaturas sobre los 27°C fuera de las 100 mn frente a la costa norte y centro. Las temperaturas subsuperficiales frente a Paita y Chicama, en las primeras 100 millas de la costa, mostraron una reducción de las anomalías a valores promedio entre +1°C y +2°C sobre los primeros 100 metros de profundidad.

Los vientos costeros del sur mostraron velocidades en el rango normal (entre 5 y 6 m/s) a lo largo de la costa, con excepción de la costa norte, que a inicios de marzo registraron valores por debajo de lo normal.

Las temperaturas extremas del aire a lo largo de la costa norte y central se presentaron por encima de lo normal con anomalías de +1,9°C para la temperatura máxima y +1,4°C para la temperatura mínima.

En la primera y en la última semana de marzo, se intensificaron los vientos de niveles bajos del norte provenientes del Golfo de Panamá en el Pacífico Ecuatorial Oriental, favoreciendo el desarrollo de la banda secundaria de la Zona de Convergencia Intertropical en el Hemisferio Sur. Esta condición sumada a la presencia de aguas cálidas en el Pacífico Ecuatorial Oriental –particularmente a inicios de marzo- y a la contribución de vientos del este provenientes de la Amazonía en los niveles medios y altos, dio lugar a lluvias en Tumbes, Piura y Lambayeque, las cuales fueron extremadamente fuertes a inicios de marzo y de moderada intensidad a fines del mes.

Como consecuencia del incremento de las lluvias, a inicios de marzo y principios de abril los caudales de los ríos en la costa norte del país se incrementaron alcanzando en el río Chira 1016 m^3/s y 561 m^3/s, respectivamente. Los reservorios en la costa norte y sur alcanzaron en promedio 70% y 65% de su capacidad máxima, aumentando respecto a febrero en el primer caso y disminuyendo en el segundo.

Los nutrientes químicos en la capa superficial del mar exhibieron una tendencia positiva en la zona costera desde Paita hasta Callao inclusive. La clorofila-a, indicador de la producción del fitoplancton que es base de la cadena alimenticia en el mar, presentó también una tendencia positiva en la franja costera, pasando a un rango normal. Por su parte, los indicadores de la actividad reproductiva de la anchoveta mostraron la continuación del desove de la especie, mientras que el contenido graso continuó registrando valores por debajo del patrón histórico. En la última quincena de marzo se registró, dentro de las 30 mn entre Paita y Pisco, la presencia de especies de aguas cálidas como bonito, samasa y caballa.

1. INTRODUCCIÓN

El Niño Oscilación Sur (ENOS), es uno de los procesos más importantes que influyen en la variación de condiciones climatológicas interanuales en la cuenca del Océano Pacífico, que en condiciones extremas es conocido como El Niño o La Niña. Debido a los diversos efectos de este proceso en los ecosistemas, que a su vez repercute en sistemas socioeconómicos, se ha generado un mayor interés en mejorar el entendimiento de los factores que intervienen tanto en su desarrollo, como en la anticipación al desenlace de posibles impactos extremos, constituyéndose en un principal propósito el poder generar alertas tempranas para mitigar daños.

En este contexto, el Comité Multisectorial encargado del Estudio Nacional del Fenómeno de El Niño (ENFEN), reporta periódicamente el análisis del monitoreo de parámetros océano-atmosféricos, en el Pacifico Ecuatorial y Sudoriental, así como de la dinámica sub-superficial de los parámetros oceanográficos, poniendo mayor atención en la zona costera de Perú. Asimismo se reportan los impactos hidrológicos, asociados a precipitaciones e incrementos súbitos del caudal de los principales ríos del territorio peruano. Para los impactos en el ecosistema marino se analizan indicadores de la fertilidad y productividad del mar peruano, así como también la respuesta de los principales recursos hidrobiológicos y la actividad pesquera. Finalmente, se formula la previsión futura de los principales indicadores que definen el estado ENOS, a corto, mediano y largo plazo.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. VARIABLES

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

2.2. ÍNDICES

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

2.3. MODELOS DE PRONÓSTICO

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

VARIABLE		FUENTE																					PROCESAMIENTO
		Observación											Satélite (*)									Modelos	
		Estaciones costeras SENAMHI	Estaciones costeras DHN	Estaciones costeras IMARPE	Estaciones fijas ANA	Secciones verticales IMARPE	Cruceros	Boyas TAO/TRITON	ARGO	Programa Bitácoras de Pesca	Seguimiento de Pesquerías	Muestras de puertos	TRMM-3B42	ESRL/NOAA	Reanálisis NCEP/NOAA	ASCAT	AVHRR (Daily OI SSTv2 -NOAA)	OSTIA	JASON-2	AVISO	MODIS	HYCOM	
VARIABLES ATMOSFÉRICAS																							
	Temperatura Ambiental	X																					SENAMHI
	Precipitación												X										IGP. Climatología 2001-2014
	Radiación de Onda Larga													X									IGP
	Presión Atmosférica														X								SENAMHI
	Vientos														X	X							IMARPE
															X								IGP, SENAMHI
VARIABLES OCEANOGRÁFICAS																							
Físicas	Temperatura del Mar		X				X	X							X		X						DHN
				X		X	X																IMARPE
								X	X						X		X	X					IGP
	Nivel medio del Mar		X																				DHN
				X																X			IMARPE
																			X				IGP
	Salinidad								X													X	DHN
				X		X	X																IMARPE
Biogeoquímicas	Oxígeno y Nutrientes			X		X	X																IMARPE
	Clorofila			X		X	X																IMARPE
																					X		IMARPE, climatología 2002-2014
Pesqueras	Desembarques									X	X												IMARPE
	índices reproductivos											X											IMARPE
VARIABLES HIDROLÓGICAS																							
	Caudal de ríos				X																		ANA
	Capacidad Hidráulica de reservorios				X																		ANA

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

3. CONDICIONES OBSERVADAS EN MARZO

3.1 CONDICIONES A MACROESCALA

3.1.1 Circulación atmosférica y temperatura superficial en el Pacífico Ecuatorial

Las condiciones cálidas, según los datos de las anomalías de la TSM a lo largo del Pacífico Ecuatorial, continúan presentes en este mes en dicha región. En general, se observa una disminución de las anomalías de TSM en cada región, respecto a meses anteriores (Figura 3.1.1.1.a). Por otro lado, el Pacífico Ecuatorial central (Niño 3 y Niño 3.4) continúa con anomalías positivas muy altas, incluso superiores a las observadas en los años 1983 y 1998 (Figura 3.1.1.1 b). Mientras que, en el Pacífico Ecuatorial Oriental (Niño 1+2) las anomalías de TSM se incrementaron ligeramente (Figura 3.1.1.2, Tabla 3.1.1.1).

El promedio de los últimos 30 días de los valores del IOS, calculado desde el 1 al 31 de marzo, es de -15,5 (Figura 3.1.1.3), este valor se encuentra por debajo del rango normal (±7) y es consistente con las condiciones actuales del Fenómeno El Niño, según la categorización del índice realizada por el Bureau of Meteorology (Australia). Respecto a la actividad convectiva en la región del Pacífico Ecuatorial, un indicador clave del acoplamiento océano-atmósfera es la radiación de onda larga (ROL) en la región 170°W – 100°W y 5°S - 5°N, la que se ha incrementado respecto al mes anterior; sin embargo, este valor es menor a los años 1983, 1992 y 1998 (Figura 3.1.1.4 y Figura 3.1.1.5). Por otro lado, en la región 170°W – 140°W y 5°S - 5°N la convección sigue activa pero, declinó durante el mes, y no ha superado los valores alcanzados en los años 1983, 1992, 2010 (Figura 3.1.1.5 y Figura 3.1.1.6).

En niveles bajos de la tropósfera (850 hPa) continúa el debilitamiento de los vientos alisios sobre el Pacífico central y occidental, mostrando anomalías de vientos del oeste a los 850 hPa, en promedio, menores a meses anteriores (Figura 3.1.1.7.a). Además, se observó una disminución de la intensificación de los vientos del Este (Figura 3.1.1.4.b). Lo anterior es consistente con los datos de esfuerzo de viento zonal de NCEP/NCAR (Figura 3.1.1.8) que muestran una disminución de las anomalías de vientos del oeste en la región próxima a la costa (90°W-80°W, 25°S-15°S).

Con respecto al esfuerzo del viento zonal, no se ha observado la presencia de nuevos pulsos a lo largo del Pacifico Ecuatorial, no obstante todavía se muestra una persistencia de anomalías del oeste, cuya intensidad es aproximadamente a $+10\times10^{-2}$ Nm^{-2} (Figura 3.1.2.1 a).

Los vientos en la alta atmosfera (200 hPa) mostraron alta divergencia, en consecuencia a ello, pero en menor intensidad que en meses pasados, se presentó una configuración de vientos del oeste frente al sur del país, atenuando el desarrollo de convección profunda sobre esa región.

Por otra parte, durante marzo los movimientos ascendentes dominaron sobre el Pacífico Ecuatorial centro-occidental, presentándose un marcado aumento de los movimientos ascendentes entre las longitudes 160°E y 160°W en comparación con su climatología. Este reforzamiento de los procesos de convección responde al calentamiento anómalo de la TSM en esta región. Así también se observa una marcada subsidencia, entre niveles medios y altos, alrededor de 90°W, atenuando las convecciones profundas en esta región (Figura 3.1.1.9).

3.1.2 Dinámica oceánica en el Pacífico Ecuatorial

A inicios de mes la profundidad de la termoclina, según ARGO, mostró una profundización de +30 m en aproximadamente 95°W, posteriormente esta fue disminuyendo hasta +10 m a finales del mes. Esta misma tendencia se observa en los datos in situ de las boyas TAO/TRITON para 110°W, que exhiben un desplazamiento hacia la superficie de la isoterma de 20°C, pasando de anomalías de +10 m a anomalías de -10 m entre la primera y segunda quincena del mes. Por otro lado, en la región 160°E-160°W, la profundidad de termoclina presentó anomalías negativas de hasta 40 m durante todo el mes (Figura 3.1.2.1 b). Con relación al nivel medio del mar, los datos de altimetría satelital (JASON-2) muestran una ligera disminución de las anomalías positivas en la región 160°W-110°W, de un máximo de +12 cm durante los primeros días del mes, a +6 cm en la segunda quincena (Figura 3.1.2.1. d).

Por encima de los 80 m de profundidad, las temperaturas subsuperficiales ecuatoriales, según la información de las boyas del proyecto TAO/TRITON, presentaron anomalías positivas que alcanzaron +3°C a principios del mes en la región 120°W-100°W, y una profundidad aproximada de +25 m; posteriormente las anomalías positivas fueron disminuyendo gradualmente. Para finales de mes las anomalías positivas presentaron un valor máximo de +2°C a una profundidad de 25 m aproximadamente en la región 110°-95°W (Figura 3.1.2.2). Asimismo, las anomalías negativas se extendieron hacia el este hasta 100°W, con un núcleo máximo de -4°C.

La evolución de la inclinación de la profundidad de la termoclina mostró una tendencia a normalizarse durante todo el mes (Figura 3.1.2.3).

3.2 CONDICIONES A ESCALA REGIONAL

3.2.1 Circulación atmosférica en el Pacífico Sudoriental y temperatura del aire.

El campo de presiones frente al litoral costero no mostró anomalías negativas importantes (Figuras 3.2.1.1).

Asimismo, el Anticiclón del Pacífico Sur (APS), presentó una configuración zonal, mostrando un núcleo definido de magnitud alrededor de 1020 hPa y de mayor expansión espacial con respecto a su promedio climatológico (Figura 3.2.1.2).

La velocidad de viento frente a la costa peruana (40 km de la costa), de acuerdo a los datos del satélite ASCAT, presentó valores menores a 5 m/s, durante casi todo el mes. Respecto a la dirección del viento, al norte de los 5°S, se registraron vientos de dirección sur suroeste (SSW) y suroeste (SW). Entre 5°S y 15°S predominaron vientos del sureste (SE), mientras que al sur de los 15°S se presentaron vientos de dirección sur sureste (SSE) (Figura 3.2.1.3 a). En cuanto a las anomalías de la velocidad del viento, estas oscilaron entre -1,5 y +2 m/s, predominando sin embargo anomalías positivas entre +0,5 y +1,5 en gran parte de la costa peruana (Figura 3.2.1.3 b).

Los registros de la temperatura del aire a nivel de superficie en el litoral norte y centro mostraron anomalías positivas. La temperatura máxima (en promedio +1,9°C), presentó valores máximos de 2,5°C en la estación Trujillo (Trujillo) y 2,4°C en la estación Chusis (Piura). La temperatura mínima también se presentó por encima de lo normal (en promedio +1,4°C); registrándose hasta +2,5°C en la estación Huarmey (Ancash), (Figura 3.2.1.4).

3.2.2 Precipitaciones e hidrología en la vertiente del Pacífico

En el Pacífico Ecuatorial oriental la Zona de Convergencia Intertropical (ITCZ) se mostró con dos bandas (Figura 3.2.2.1 a, b), de las cuales la banda sur, ubicada entre el ecuador y los 5°S, mostró una mayor intensificación durante los últimos cinco días de marzo. Sobre el territorio nacional, las mayores precipitaciones se dieron a lo largo de la región andina y selva norte. En la costa norte se presentó la ocurrencia de lluvias a inicios y a fines de mes, asociadas al paso de ondas Kelvin atmosféricas, ingreso de humedad en bajos niveles de la tropósfera, y a patrones de divergencia en altura.

Los principales ríos de la cuenca del Pacífico, ubicados en la costa norte (Tumbes, Piura y Lambayeque), costa centro (Ancash, Lima) y costa sur (Arequipa), presentaron caudales superiores a los promedios históricos, mostrando una tendencia a disminuir después de haber alcanzado su máximo pico, en algunos casos, durante la primera semana de marzo tal como ocurrió en la zona norte, y en otros casos, en las últimas semanas de febrero tal como ocurrió en la zona sur (Figura 3.2.2.2). En la cuenca del Titicaca, los caudales mostraron una tendencia general a disminuir, hasta mostrar valores menores a los promedios históricos al finalizar el mes de marzo.

Las capacidades de almacenamiento de los embalses de reservorios del norte mostraron valores mayores al 50% excepto Tinajones, aumentando en relación al reporte anterior; tal es así que Poechos llegó al 84,3% y San Lorenzo al 100%. La capacidad de los reservorios del sistema Colca – Chili (Arequipa) disminuyó en promedio a un 65%. Los reservorios de Pasto Grande se mantuvieron en una capacidad al 50%. Los de Tacna (Aricota, Jarumas y Paucarani) incrementaron su capacidad hidráulica en un 72% (Figura 3.2.2.3).

3.2.3 Temperatura superficial del mar en la costa peruana y nivel medio del mar

Las anomalías de la TSM frente a la costa de Perú (AVHRR Daily OI SSTv2), presentaron fluctuaciones con valores promedio alrededor de +2°C, exhibiendo un notorio contraste entre las anomalías en la franja costera (más débiles) y las anomalías a más de 100 millas de la costa; en la segunda quincena las anomalías en general disminuyeron a +1°C en promedio (Figura 3.2.3.1).

La comparación de las series temporales de la TSM y su anomalía hasta marzo del 2016 con respecto a los años 1972-73, 1982-83, 1991-92, y 1997-98 (Figura 3.2.3.2), en la región Niño 1+2, indica que las condiciones térmicas actuales están por debajo de lo que sucedió en los años 1983 y 1998. Asimismo, en la región Niño 3.4, las anomalías durante este mes han sido superiores a los años 1973, 1983, 1992, y 1998, cuyas tendencias a disminuir son similares a las del presente año. Respecto al Índice Costero El Niño (ICEN), basado en la anomalía observada de la TSM en la región Niño 1+2 (90°W-80°W, 10°S-Ec), este presentó un valor de +1,49ºC para febrero del año 2016, que correspondió a una condición Cálida Moderada (ENFEN, 2012). Los valores temporales del ICEN (ICENtmp), basados parcialmente en los pronósticos de los modelos numéricos, para marzo y abril fueron de +1,14ºC y +0,78ºC, estando dentro del rango de una condición Cálida Moderada y Cálida Débil respectivamente (Figura 3.2.3.3 y Tabla 3.2.3.1).

Las estaciones costeras de la DHN registraron anomalías positivas de TSM, que alcanzaron hasta +3,2°C en la estación de Chimbote. De norte a sur, las estaciones registraron anomalías promedio de +0,2°C en Talara, +0,8°C en Paita, +1,0°C en Isla Lobos de Afuera, +3,2°C en Chimbote, +1,7°C en Callao, +1,4°C en San Juan, +1,9°C en Mollendo, y +1,8°C en Ilo (Tabla 3.2.3.2; Figura 3.2.3.4a). Los datos de TSM registrados en las estaciones costeras de IMARPE fueron consistentes con la información anterior (Figura 3.2.3.4b). De otra parte, las anomalías de TSM registradas por la DHN, durante marzo en el litoral de Paita, Chimbote, Callao e Ilo, mostraron condiciones medias menores a los eventos EN 82-83 y 97-98 (Figura 3.2.3.5).

Las anomalías del Nivel Medio del Mar (ANMM), registradas por las estaciones costeras de la DHN, luego del pico registrado en febrero exhibieron una disminución hasta valores negativos de -2 cm y -7 cm a mediados del mes en el litoral norte y centro-sur, respectivamente. En la segunda quincena de marzo se observó un leve incremento al norte de Chimbote hasta alcanzar +10 cm en promedio (Figura 3.2.3.6 a). Respecto a valores mensuales, el litoral norte alcanzó en promedio anomalías de +4 cm, mientras que en el litoral centro y sur, las anomalías fueron de -1 y +2 cm. Asimismo, a través de la figura de Hovmoller se visualiza el paso de la Onda Kelvin fría por nuestro litoral, de norte a sur, con anomalías negativas hasta de -4 cm, después de haber tendido anomalías de hasta +20 cm en la última semana de febrero. (Figura 3.2.3.6 b).

Por su parte, los datos de ANMM en base a altimetría satelital mostraron la propagación de un núcleo con valores mínimos desde el ecuador en la franja de 100 km frente a la costa hasta aproximadamente los 18°S (Figura 3.2.3.6 c).

3.2.4 Temperaturas subsuperficiales en el litoral peruano

Los datos de la sección oceanográfica de 100 millas frente a Paita, realizada por el IMARPE el 18 y 19 de marzo, mostraron la presencia de aguas superficiales con temperaturas máximas entre 24° y 25°C. Asimismo, la termoclina se ubicó entre los 10 y 25 m de profundidad, con mayor intensidad por fuera de las 40 millas de costa, mientras que la isoterma de 15°C se localizó entre los 140 y 200 m de profundidad (Figura 3.2.4.1 a). Como consecuencia de esta estructura, las anomalías térmicas superiores a +2°C se localizaron entre los 40 y 150 m de profundidad, y se observó un núcleo neutro en los primeros 30 m hasta las 40 millas de la costa (Figura 3.2.4.1 b). La distribución de la salinidad mostró aguas de mezcla sobre los 15 m de profundidad, mientras que las Aguas Subtropicales Superficiales (ASS), caracterizadas por salinidades mayores a 35,1 ups, se ubicaron entre los 20 y 140 m por fuera de las 30 mn (Figura 3.2.4.1 c). Esta distribución, permitió la existencia de anomalías halinas superiores a +0,15 ups sobre los 40 m de profundidad, así como valores entre 0 y +0.1 ups sobre los 230 m en toda la línea de prospección (Figura 3.2.4.1 d).

Con respecto a la sección de Chicama de 100 millas, esta presentó temperaturas superficiales entre 20° y 27°C y una termoclina alrededor de los 40 m, mientras que la isoterma de 15°C se localizó entre los 110 y 170 m de profundidad (Figura 3.2.4.2a). Esto ocasionó anomalías térmicas entre +1 y +3°C sobre los 110 m hasta las 70 millas de la costa (Figura 3.2.4.2 b). La distribución de salinidad mostró aguas de mezcla cerca de la costa sobre los 150 m de profundidad, angostándose esta capa a 30 – 100 m a 100 mn de la costa, con la presencia de un núcleo de ASS por fuera de las 60 mn sobre 30 m (Figura 3.2.4.2c), lo cual produjo núcleos anómalos hasta de +0,3 ups por fuera de las 90 millas de costa (Figura 3.2.4.2d).

La Estación Fija de Paita (IMARPE), localizada a 7 mn de la costa, mostró temperaturas entre 17° y 25°C sobre los 100 m de profundidad, con un calentamiento superficial y profundización de las isotermas en la primera quincena del mes (Figura 3.2.4.3a). En este período se registraron anomalías positivas en toda la columna de agua, con un núcleo de +3°C en los primeros 30 m. Durante la última semana, luego de una disminución de las anomalías, se presentaron anomalías cercanas a cero hasta los 50 m y anomalías superiores a +2°C en los últimos 80 m de profundidad (Figura 3.2.4.3b). La distribución halina (Figura 3.2.4.3c), mostró en la primera quincena del mes un núcleo <34,8 ups hasta los 20 m de profundidad, indicando la presencia de Aguas Ecuatoriales Superficiales (AES). En los últimos días del mes, se observó valores alrededor de 35,0 ups en toda la columna de agua.

Con respecto a las variables oceanográficas medidas en la Estación Fija de Chicama, la temperatura mostró valores entre 17° y 23°C sobre los 100 m de profundidad, mostrándose un leve ascenso de las isotermas a mediados de mes, seguido de un leve descenso hacia finales del mes (Figura 3.2.4.4 a). El comportamiento halino mostró salinidades mayores a 35,1 ups en superficie durante todo el mes, la cual se extendió en toda la columna de agua (Figura 3.2.4.4 b).

Con respecto a las variables oceanográficas medidas en la Estación Fija de Callao, la temperatura mostró valores entre 17° y 20°C sobre los 100 m de profundidad (Figura 3.2.4.5 a). Al igual que en la Estación Fija de Chicama, se observó un leve ascenso de las isotermas y una disminución de las anomalías térmicas en la columna de agua a mediados de mes. Para la última semana, las anomalías de temperatura mostraron valores de +2°C y +3°C en la columna de agua (Figura 3.2.4.5 b).
El comportamiento halino mostró predominancia de ASS durante todo el mes, masa de agua presente desde diciembre en toda la columna de agua (Figura 3.2.4.5 c).

3.2.5 Oxígeno, Nutrientes y Productividad en la costa peruana

En cuanto al oxígeno disuelto (OD), las secciones oceanográficas de Paita y Chicama mostraron una distribución de la oxiclina más superficial cerca de la costa, alrededor de los 25 metros de profundidad en ambas estaciones; mientras que la profundidad de la zona de mínima de oxígeno (0,5 ml/L) se ubicó a 200 m y hasta 250 m frente a Paita y a Chicama, respectivamente (Figura 3.2.5.1). Por su parte, en la Estación Fija de Paita, la concentración de OD presentó un incremento hasta 5 ml/L sobre los 20 m de profundidad en la primera quincena; mientras que la iso-oxígena de 1 ml/L ascendió hasta los 45 m (Figura 3.2.4.3 d). En la Estación Fija de Chicama, para la segunda quincena, en la capa superficial (0–20 m) la concentración de OD disminuyó levemente, mientras que la iso-oxígena de 1 ml/L ascendió hasta los 63 m (Figura 3.2.4.4 d). Por último la concentración de OD registrada en el punto fijo Callao, presentó un incremento en sus valores en la capa superficial hacia la quincena, mientras que las iso-oxígenas de 1 ml/L y 0,5 ml/L ascendieron sustancialmente hasta 10 a 12 m de la superficie (Figura 3.2.4.5 d).

Respecto a los nutrientes, las secciones verticales de silicato en las líneas oceanográficas mostraron en Chicama una isolínea de 10 µmol/L (20 metros) más superficial que la observada en Paita (40 metros). Los nitratos y fosfatos en las secciones verticales mostraron mayores concentraciones en Paita que en Chicama; sin embargo en Paita entre los 100 a 150 metros de profundidad cerca de la costa se observó un núcleo de bajas concentraciones de nitratos (Figura 3.2.5.1).

De otro lado, los silicatos en la Estación Fija de Paita durante la primera semana de marzo mostraron una profundización de la isolínea de 10 µmol/L y por encima de los 20 m, valores menores a ~5 µmol/L; sin embargo el resto del mes mostró una recuperación a concentraciones ~10 µmol/L entre los 0 a 20 metros de profundidad (Figura 3.2.4.3 e). En la Estación Fija de Chicama no se observó una alteración en la isolínea de 10 µmol/L durante la primera semana de marzo, pero sí un aumento progresivo de las concentraciones de silicato por debajo de los 50 metros de profundidad (Figura 3.2.4.4 d). En la Estación Fija de Callao el comportamiento fue distinto, observándose mayores concentraciones durante las primeras semanas de marzo llegando a encontrarse a la isolínea de 10 µmol/L superficial, y el resto del mes a alrededor de los 15 metros de profundidad (Figura 3.2.4.5e).

Las secciones verticales de clorofila-a en Paita y Chicama mostraron las mayores concentraciones de clorofila-a (>0,5 µg/l) dentro de la 40 millas náuticas con mayores concentraciones en Chicama cerca de la costa (Figura 3.2.5.1). Las concentraciones de clorofila-a observadas en las Estaciones Fijas de Paita (Figura 3.2.4.3f), Chicama (Figura 3.2.4.4e) y Callao (Figura 3.2.4.5f) exhibieron una disminución por encima de los 15 metros de profundidad respecto a las últimas semanas del mes de febrero. Por otro lado, la clorofila-a superficial satelital mostró tres núcleos con altas concentraciones de clorofila (>5 µg/l) a los 7°S, 12°S y 14°S (Figura 3.2.5.2 a). Además, se presentaron anomalías positivas en la últimas semanas entre 12°S y 14°S y a 7°S y 9°S (Figura 3.2.5.2 b). La anomalía promedio de clorofila-a exhibió una recuperación durante el mes respecto a febrero, llegando a alcanzar valores positivos en las últimas semanas del mes (Figura 3.2.5.2 c).

3.2.6 Recursos Pesqueros e indicadores biológicos

La pesquería industrial de *Engraulis ringens*, anchoveta, de la zona norte-centro se encontró cerrada. Mediante R.M. 017-2016-PRODUCE, se autorizó la primera temporada de pesca 2016 de anchoveta en la región sur, durante el periodo del 02 de febrero al 30 de junio 2016, estableciendo un Límite Máximo Total de Captura Permisible (LMTCP) de 382 mil t. Al 31 de marzo solamente se han desembarcado un total de 210 t en Ático, Planchada e Ilo. Esta descarga correspondió a un avance del 0,06% de la cuota establecida (Tabla 3.2.6.1).

Información de la región norte-centro correspondiente a los registros de observaciones a bordo y de los desembarques de embarcaciones provenientes de la flota de menor escala y/o artesanal mostraron que la principal zona de pesca se ubicó frente a Chimbote, seguido de Pisco y Callao (Figura 3.2.6.1 a). Además, el acumulado del desembarque de anchoveta para este tipo de embarcaciones entre el 01 al 28 de marzo en la zona norte-centro fue alrededor de 1400 t, siendo ~90% menor a lo registrado en febrero del 2015.

La estructura de tallas de la anchoveta en la zona norte-centro presentó en Chimbote una distribución bimodal (12,5 y 14 cm LT), mientras que en Callao y Pisco se presentaron modas de 13 y 12 cm LT, respectivamente. En Callao la presencia de juveniles fue insignificante (0,3%), mientras que fue más importante en Chimbote y Pisco con porcentajes de 10,7% y 27,5% respectivamente. El rango de tallas para zona norte-centro presentó un rango entre 7,5 y 17 cm de longitud total (LT) (Figura 3.2.6.1 b).

Los indicadores reproductivos de la anchoveta del stock norte-centro en el mes de marzo, mostraron que el recurso se encontraba desovando, pudiéndose observar niveles por encima del patrón de la Fracción Desovante (FD) y del Índice Gonadosomático (IGS), que reflejan el desove y la maduración respectivamente. Además, el Índice de Atresia (IA), mostró valores por debajo de lo normal, a diferencia del mes febrero, lo cual indica que los ovocitos se encontraban desarrollándose sin alteraciones, posiblemente asociado a la normalización de las condiciones oceanográficas (Figura 3.2.6.2).

El Seguimiento de la Pesquería Pelágica y el Programa de observadores a bordo Bitácoras de Pesca, registraron captura incidental de otras especies en la flota destinada a la anchoveta. Se detectaron especies indicadoras del ingreso de masas de agua cálida como: *Anchoa nasus* "samasa" (especie de la Provincia Panameña) frente a Paita y Pisco; la especie oceánica *Sarda chiliensis chiliensis* "bonito", en Punta La Negra, Chicama y San Juan; la especie *Scomber japonicus* "caballa", en Chimbote, Huacho y Punta La Negra; y por último la especie *Pleuroncodes monodon* o "munida" frente a Huacho.

4. ANÁLISIS Y PERSPECTIVAS

4.1 DISCUSIÓN

Durante el mes de marzo, la circulación atmosférica ecuatorial mostró la persistencia de anomalía de vientos del oeste en el Pacífico centro-occidental, aunque de menor intensidad respecto a meses pasados, asociada a la convección alrededor de los 180°W, cuya configuración refleja el evento El Niño. Así mismo las anomalías de vientos del oeste también se presentaron en el Pacífico Oriental durante las últimas semanas del mes, asociadas a procesos convectivos relacionados con la segunda banda de la Zona de Convergencia Inter Tropical.

Las anomalías positivas de la TSM persistieron en casi todo el Pacífico Ecuatorial, aunque estas fueron de menor intensidad que en meses anteriores. Las anomalías de TSM en el Pacífico Central (Niño 3.4) fueron ligeramente mayores a los años 1983 y 1998, mientras que las anomalías en la región Niño 1+2 continuaron siendo menores a las que se presentaron en dichos años y además fueron de magnitud inferior a las ocurridas en la región Niño 3.4. Por otro lado, el acoplamiento de gran escala entre la atmósfera y el océano en el Pacífico central–oriental se ha incrementado ligeramente en comparación al mes anterior, pero con valores por debajo de los años 1983 y 1998. En sub-superficie se observó el desplazamiento hacia el este de núcleos de anomalía negativa de temperatura, alcanzando aproximadamente los 95°W, asociado a la propagación de una onda Kelvin fría.

A lo largo de la costa se observaron vientos menores a 5 m/s asociados al posicionamiento de la segunda banda de la ZCIT y al debilitamiento del APS. Durante la primera quincena, las anomalías positivas de viento pueden estar asociadas a las anomalías positivas de la TSM en esta región (Lindzen y Nigam, 1987) y a las anomalías negativas de presión frente a Perú. Por otro lado, anomalías negativas de viento se presentaron durante la segunda quincena del mes. Además, la presencia de esporádicos incrementos de vientos en el litoral, se podría deber a que el Anticiclón del Pacífico Sur, mostró una configuración zonal de mayor amplitud que lo normal, asociado a un repliegue hacia el continente sudamericano.

La reducción de las anomalías del nivel medio del mar hasta valores negativos en la zona centro-norte de la costa peruana y el ascenso de las isotermas hacia mediados de mes y la segunda quincena en las estaciones fijas indican el paso de una onda Kelvin fría atrapada a la costa de magnitud débil, que sucedió a la última onda Kelvin cálida atrapada a la costa que profundizó la termoclina entre mediados de febrero e inicios de marzo.

La circulación anticiclónica ubicada al sur-oeste de Perú a 500 hPa, habría generado advección de humedad desde el este hacia el centro y norte del país, reteniendo el ingreso de humedad hacia el sur; sin embargo las fluctuaciones de esta configuración permitieron eventuales precipitaciones sobre la sierra sur occidental.

Las mayores precipitaciones ocurridas a lo largo de la región andina y selva norte, describieron una tendencia decreciente en los caudales diarios de los principales ríos de la costa norte, costa centro y de la cuenca del Titicaca, mostrando valores que estuvieron por debajo del promedio histórico, a excepción de los ríos Tumbes, Chira y Chili que mostraron picos aislados que superaron el promedio histórico a finales del mes de marzo e inicios de abril. En consecuencia, la capacidad de almacenamiento de los embalses del norte, aumentaron en relación al reporte anterior, llegando a un 70%, mientras que en la costa sur, se notó una ligera tendencia decreciente, con un promedio general del 66%.

En cuanto a las condiciones de fertilidad y productividad del mar peruano, la disminución de las concentraciones de nutrientes en la columna de agua durante las primeras semanas reflejaría el impacto de la onda Kelvin cálida de febrero-marzo que habría profundizado la estructura vertical de la temperatura, oxígeno y nutrientes, particularmente frente a la costa norte. En cambio, el aumento de las concentraciones de nutrientes y el ascenso de las clinas obedecería al impacto de la onda Kelvin fría débil y a la intensificación del afloramiento para la segunda quincena del mes. Esta recuperación de las concentraciones de nutrientes estuvo acompañada por el desarrollo de anomalías positivas de clorofila-a.

Es importante recordar que a pesar de que se ha abierto la pesca industrial de anchoveta en la zona sur desde febrero, no se han registrado desembarques importantes en esta zona; asimismo respecto a la flota artesanal, los desembarques se encuentran muy debajo del año 2015. Los indicadores reproductivos de la anchoveta muestran que el proceso de reproducción continúa y que es posible un buen desove, lo que estaría relacionado a la recuperación del sistema de afloramiento. No obstante algunas especies indicadoras de aguas cálidas todavía han sido registradas en el litoral debido a que en los primeros días de marzo se presentó un ligero calentamiento en el litoral peruano.

4.2 PRONÓSTICO

4.2.1 A corto plazo (semanas)

La propagación de la Onda Kelvin fría asociada a un núcleo subsuperficial de anomalías negativas de temperatura alcanzo los 95°W, por lo que se espera que para mediados del mes de abril esta onda llegue a la costa peruana, contribuyendo a la normalización de las condiciones oceanográficas. Es así que los modelos de simulación de las ondas Kelvin, corridos por IGP e IMARPE, indican el arribo de la onda Kelvin fría frente a las costas de Sudamérica a mediados de abril, la cual sería del modo 1 (más superficial y de mayor velocidad de propagación) (Figura 4.2.1.1).

4.2.2 A mediano plazo (hasta 3 meses)

Para el Pacifico Ecuatorial Central (Niño 3.4), los pronósticos de los modelos climáticos dinámicos, compilados por el proyecto North American Multi-Model Ensemble NMME (Kirtman et al., 2014; Figura 4.2.2.1) y otros (compilación del International Research Institute for Climate and Society IRI), con condiciones iniciales del mes de marzo, indican condiciones cálidas moderadas y débiles en promedio para los meses de abril y mayo, respectivamente, así como condiciones neutrales en junio.

Para el Pacífico oriental (Niño 1+2), 5 de 7 modelos los pronósticos de los modelos climáticos dinámicos internacionales evaluados (proyecto NMME y European Center for Medium Range Weather Forecasting ECMWF) indican condiciones cálidas débiles para el mes de abril, 3 de los 7 modelos prevén el fin del evento de El Niño costero para mayo y 1 modelo, para junio (Figura 4.2.2.2) (Tabla 4.2.2.1)

4.2.3 A largo plazo (más de 3 meses)

Para el Pacifico Central (región Niño 3.4), los pronósticos de los modelos dinámicos de NMME indican que se presentarán anomalías negativas de TSM a partir de julio, continuando hasta primavera (Figura 4.2.2.1). Para el Pacifico oriental (región Niño 1+2), la mayoría de los modelos pronostican condiciones neutras de TSM entre invierno y primavera (Tabla 4.2.2.1).

5. CONCLUSIONES

En marzo continuó la declinación de la fase cálida de El Niño-Oscilación del Sur. En el Pacifico Ecuatorial Central (Niño 3.4) la anomalía térmica disminuyó a +1,7°C, mientras que en el Pacífico Ecuatorial Oriental (Niño 1+2), se notó un ligero incremento respecto a febrero, de +0,7a +1,2°C. Sin embargo, el valor del ICEN, centrado en febrero de 2016, fue de 1,49, indicando una condición Cálida Moderada. Asimismo, el ICENtmp para marzo de 2016 fue de 1,14 (Cálida Moderada) y de abril de 2016 fue de 0,78 (Cálida Débil). Estos resultados confirman que el evento El Niño costero alcanzó una magnitud moderada en el verano (diciembre 2015 a marzo 2016).

En general, en el Pacífico Ecuatorial la descarga de calor ecuatorial continúa, y la anomalía de la inclinación de la termoclina ha mostrado una reducción, consistente con el desplazamiento al sur de las anomalías de viento del oeste. En el Pacífico oriental, la convección se ha reducido aunque continua anómalamente activa. Se observa la declinación de las anomalías de vientos del oeste ecuatoriales en relación a los meses pasados.

Hacia mediados de marzo, se observó la propagación de norte a sur de débiles anomalías negativas del nivel medio del mar, así como el desarrollo de débiles anomalías negativas de temperatura en la Estación Fija Paita, señales congruentes con el arribo de una onda Kelvin fría.

Frente a la costa, la TSM presentó fluctuaciones durante el mes con valores promedio alrededor de +2°C, con las mayores anomalías frente a la costa centro-norte, asociadas a la presencia de Aguas Subtropicales Superficiales.

En la zona costera se registró una recuperación de las concentraciones de nutrientes, así como de la concentración de clorofila-a.

Las temperaturas extremas del aire a lo largo de la costa centro-norte, estuvieron por encima de lo normal, con anomalías de +1,9°C para la temperatura máxima y +1,4°C para la temperatura mínima.

El incremento de lluvias a inicios de marzo y principios de abril, incrementaron los caudales de los ríos en la costa norte del país, alcanzando en Tumbes y Chira 1016 m^3/s y 561 m^3/s respectivamente. Los reservorios en la costa norte y sur alcanzaron en promedio 70% de su capacidad máxima, aumentando respecto a febrero. En la costa sur los reservorios alcanzaron un 65% de su capacidad máxima; los hidrogramas de los embalses muestran una tendencia ligeramente decreciente, con un promedio general del 66%. El sistema del Rímac mantuvo la recuperación, con un estado al 31 de marzo del 82% de su capacidad hidráulica.

La anchoveta se presentó frente a Chimbote, Callao y Pisco, dentro de las 10 mn de la costa. Los indicadores de la actividad reproductiva mostraron que la anchoveta continuaba desovando. Además, se mantuvo la presencia bonito dentro de las 30 mn, frente a Chicama y Bahía Independencia, indicando la presencia de aguas cálidas.

Para el Pacífico oriental (Niño 1+2), 5 de 7 modelos inicializados en marzo indican que el mes de abril presentaría condiciones cálidas débiles (los otros dos modelos indican condiciones fuertes y condición neutra). Según los modelos, El Niño costero se podría extender hasta mayo (3 de 7 modelos) e incluso junio (1 de 7 modelos). Para el invierno, varios modelos proyectan valores negativos del ICEN, aunque correspondientes a condiciones neutras. Por otro lado, las últimas corridas del modelo CFSv2 indican condiciones más frías que las anteriores.

Para el Pacífico central (Niño 3.4), todos los modelos que han sido considerados, y que fueron inicializados en marzo, indican que El Niño continuaría su declinación y presentaría condiciones moderadas en promedio para abril. Para julio 2016 en adelante, la mayoría de modelos predicen condiciones neutras a frías.

6. REFERENCIAS

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

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

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

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

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

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

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

Lindzen, R. S., and Nigam, S., 1987: On the role of sea surface temperature gradients in forcing low-level winds and convergence in the tropics, J. Atmos. Sci., 44, 17, 2418-2436. Mantua, N.J. and S.R. Hare, Y. Zhang, J.M. Wallace, and R.C. Francis 1997: A Pacific interdecadal climate oscillation with impacts on salmon production. Bulletin of the American Meteorological Society, 78, 1069-1079.

Mosquera, K., 2009: Variabilidad Intra-estacional de la Onda de Kelvin Ecuatorial en el Pacífico (2000-2007): Simulación Numérica y datos observados. Tesis para optar el grado de Magíster en Física - Mención Geofísica en la Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

Mosquera, K., B. Dewitte y P. Lagos, 2011: Variabilidad Intra-estacional de la onda de Kelvin ecuatorial en el Pacífico (2000-2007): simulación numérica y datos observados. Magistri et Doctores, Revista de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Año 5, No9, julio-diciembre de 2010, p. 55.

Mosquera, K., 2014: Ondas Kelvin oceánicas y un modelo oceánico simple para su diagnóstico y pronóstico, Boletín Técnico "Generación de modelos climáticos para el pronóstico de la ocurrencia del Fenómeno El Niño", Instituto Geofísico del Perú, Enero, 1, 1, 4-7.

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

7. FIGURAS

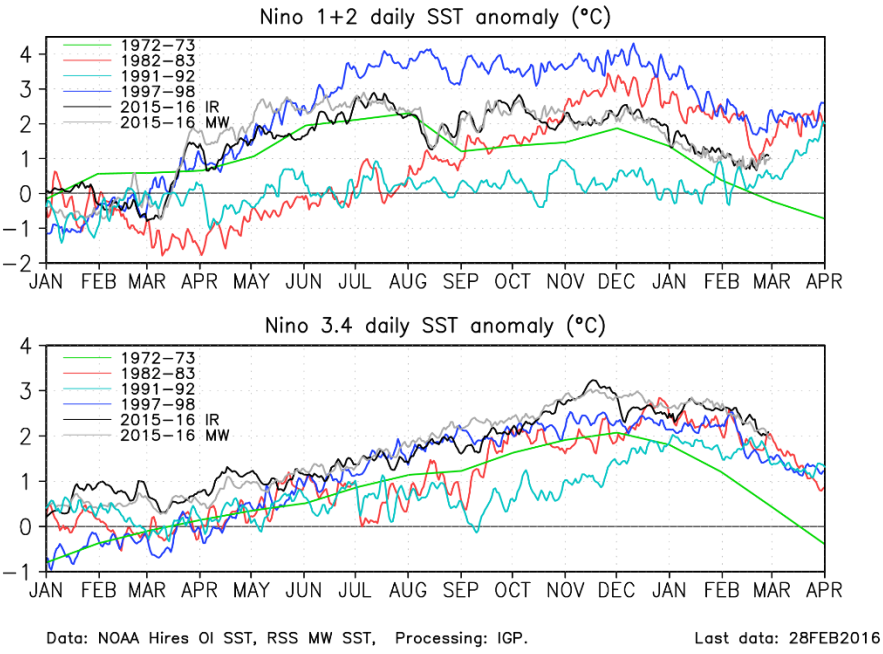


Figura 3.1.1.1 Anomalía de TSM (°C) durante el año 1982 (rojo), 1997 (azul) y 1972 (verde) según los datos infrarrojos (NOAA Daily OI SST v2 AVHRR), en la región 1+2 (a) y en la región 3.4 (b).Procesamiento: IGP.

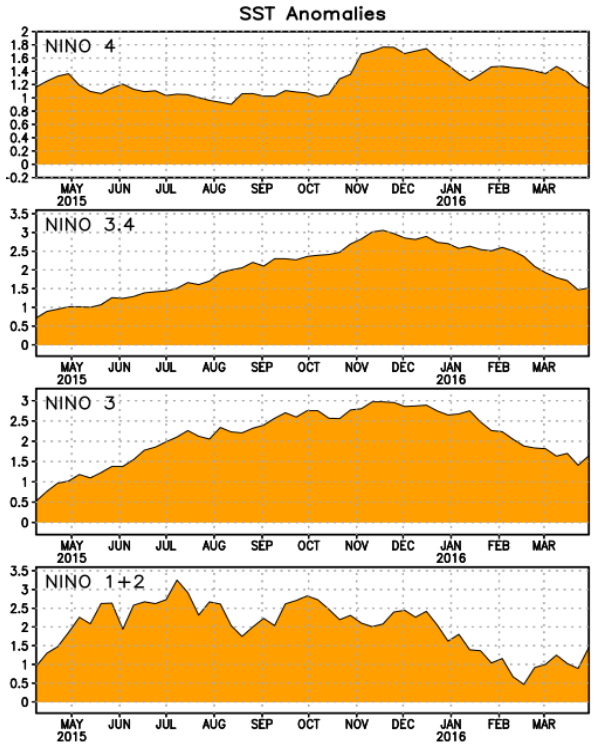


Figura 3.1.1.2 Anomalías de la temperatura superficial del mar (°C) en las regiones Niño de febrero de 2015 a marzo de 2016. Fuente: NCEP/NOAA.

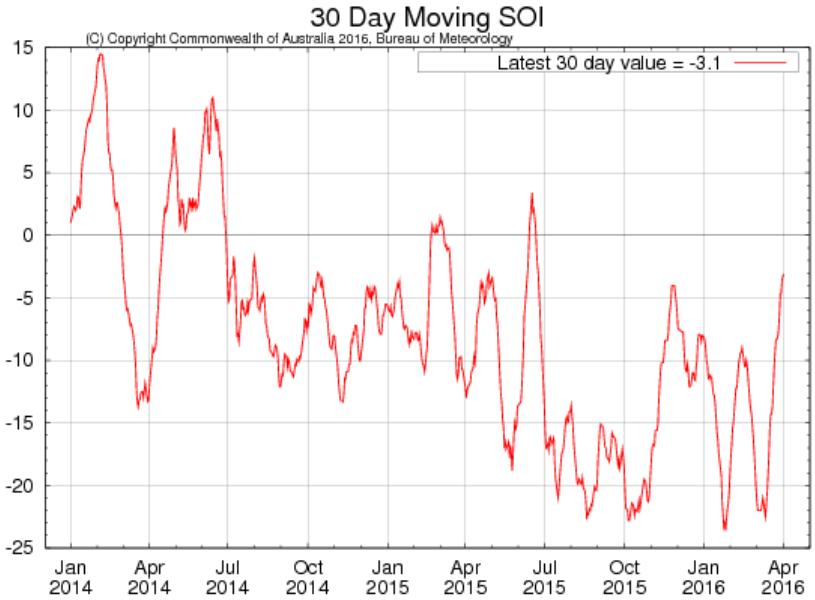


Figura 3.1.1.3 Evolución del Índice de Oscilación Sur (IOS), considerando la media móvil de 30 días. Fuente: Bureau of Meteorology, Australia.

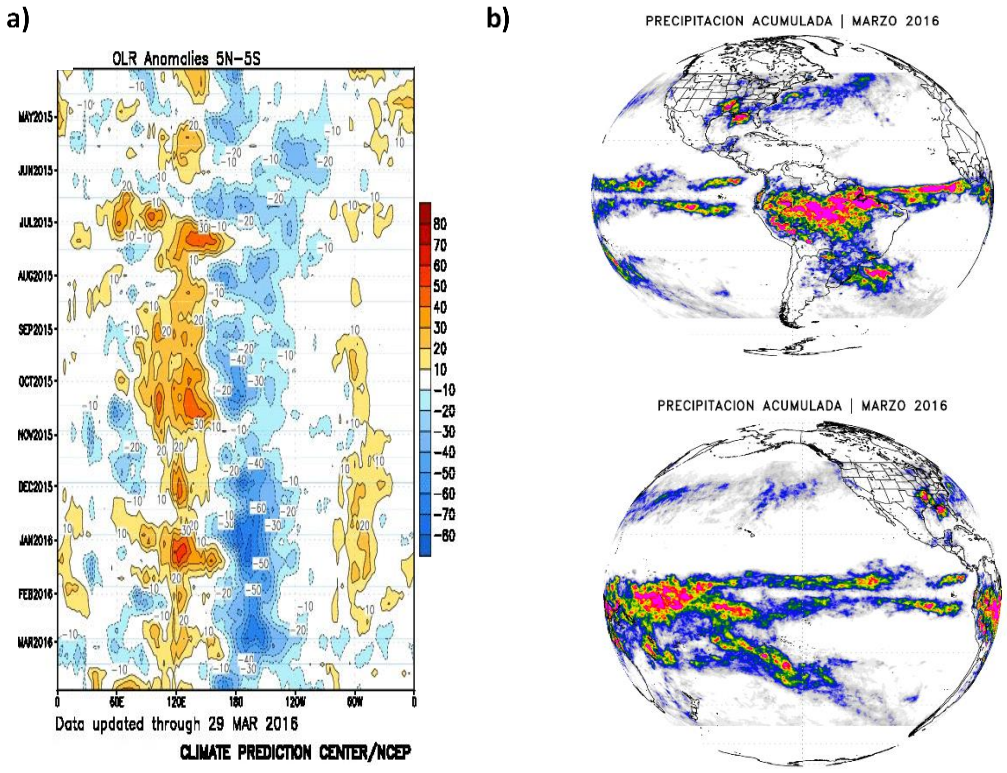


Figura 3.1.1.4. Hovmöller de anomalías de a) Radiación de onda larga - OLR (W/m2) desde el mes de marzo de 2105 hasta marzo de 2016. Datos: NCEP b) Precipitaciones en el mes de marzo de 2016. Datos: TRMM. Procesamiento: IGP/SENAMHI.

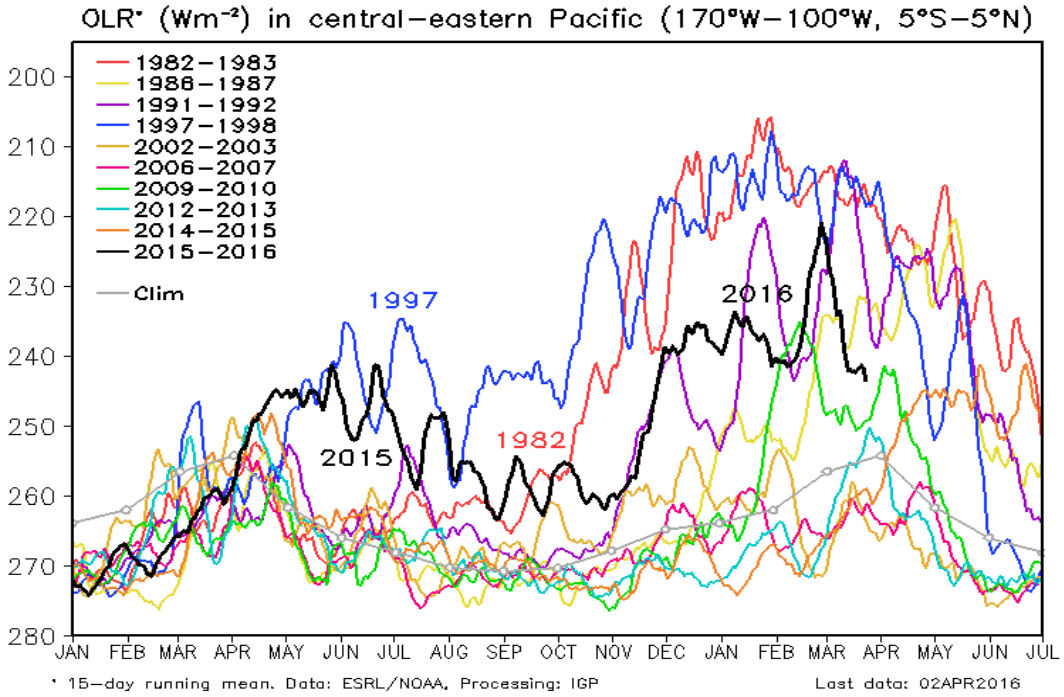


Figura 3.1.1.5. Radiación de onda larga - OLR (W/m2) en el Pacífico central-oriental (170°W-100°W, 5°S-5°N) desde el mes de enero de 2015 hasta el mes de julio de 2016. Datos: ESRL/NOAA, Procesamiento: IGP.

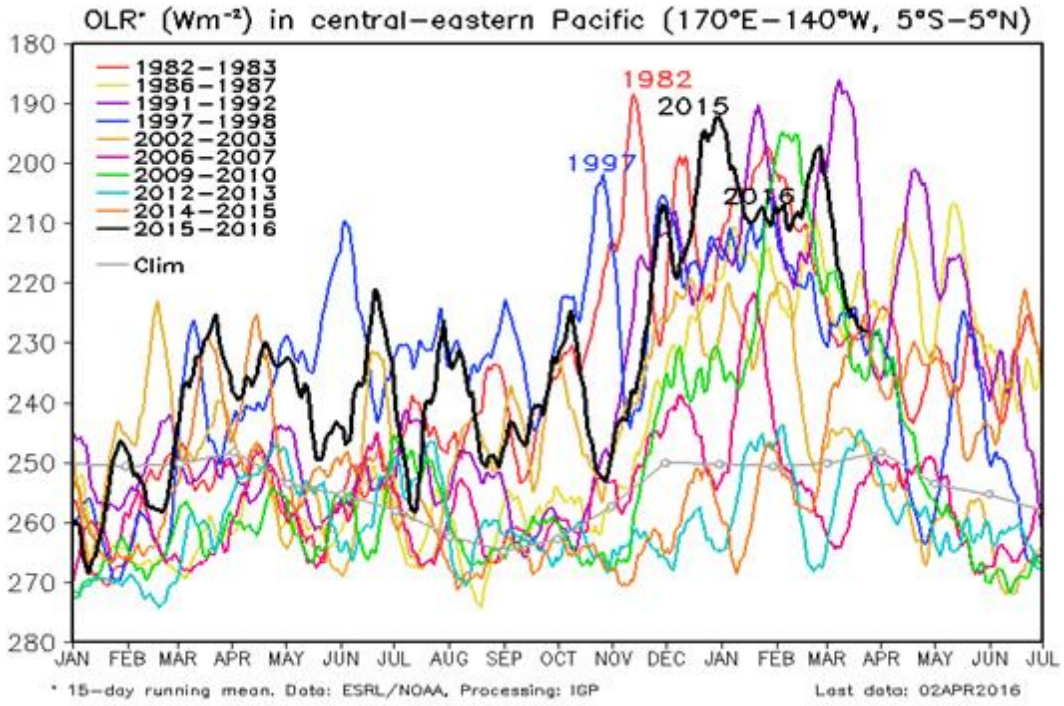


Figura 3.1.1.6. Radiación de onda larga - OLR (W/m2) en el Pacífico central-oriental (170°W-140°W, 5°S-5°N) desde el mes de enero de 2015 hasta el mes de julio de 2016. Datos: ESRL/NOAA, Procesamiento: IGP.

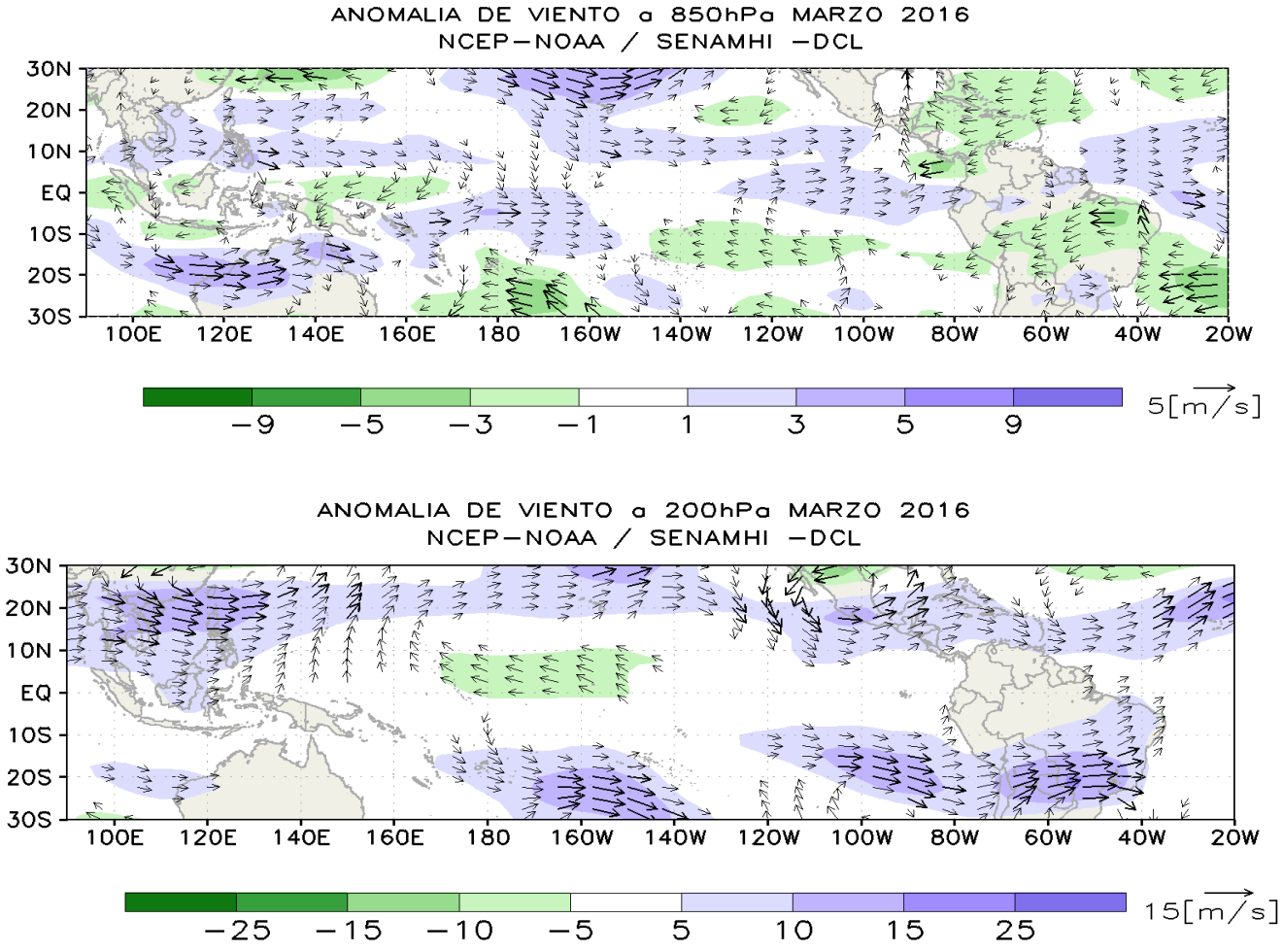


Figura 3.1.1.7 Análisis de anomalías del viento (m/s) en a) 850 hPa y b) 200 hPa para el mes de marzo del 2016. Datos: NCEP/NOAA. Procesamiento: SENAMHI-DCL.

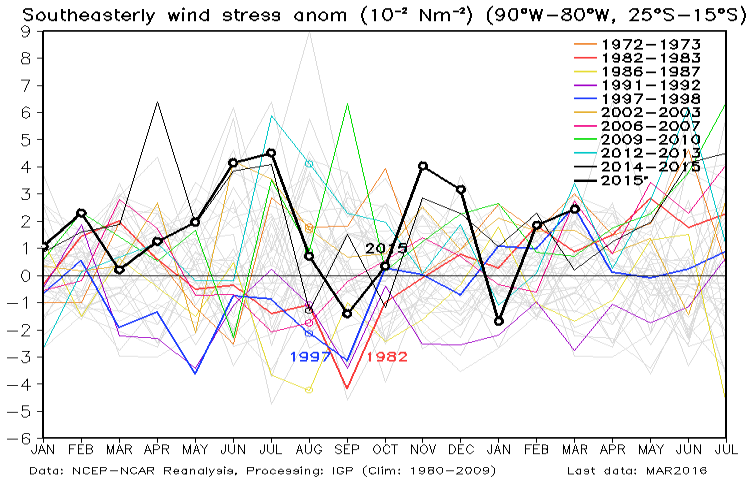
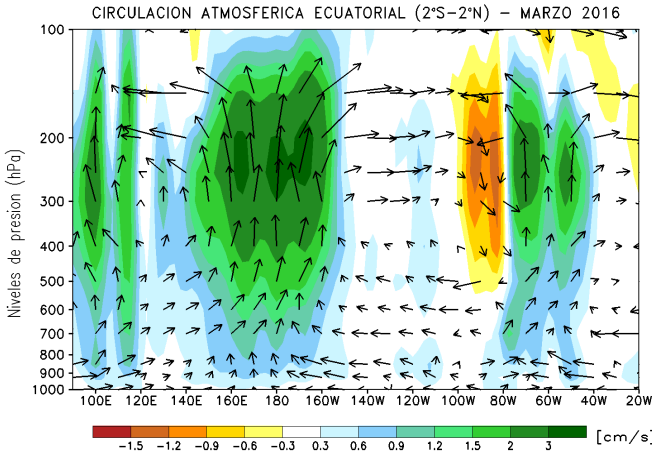


Figura 3.1.1.8. Anomalía del esfuerzo del viento zonal (10^{-2} Nm^{-2}) en el Pacífico central-oriental (90°W-80°W, 25°S-15°S) desde el mes de febrero de 2015 hasta el mes de julio de 2016. Datos: NCEP-NCAR, Procesamiento: IGP.

a)



b)

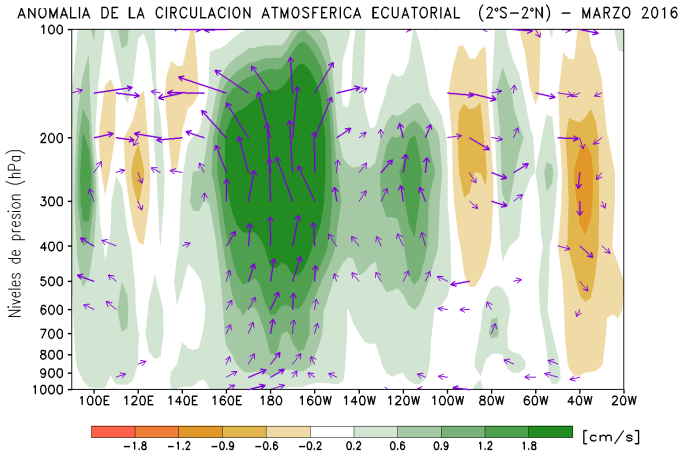


Figura 3.1.1.9. Análisis de la Circulación Atmosférica Ecuatorial de este a oeste para el mes de Marzo 2016. Fuente: SENAMHI con datos de la NCEP-NOAA.

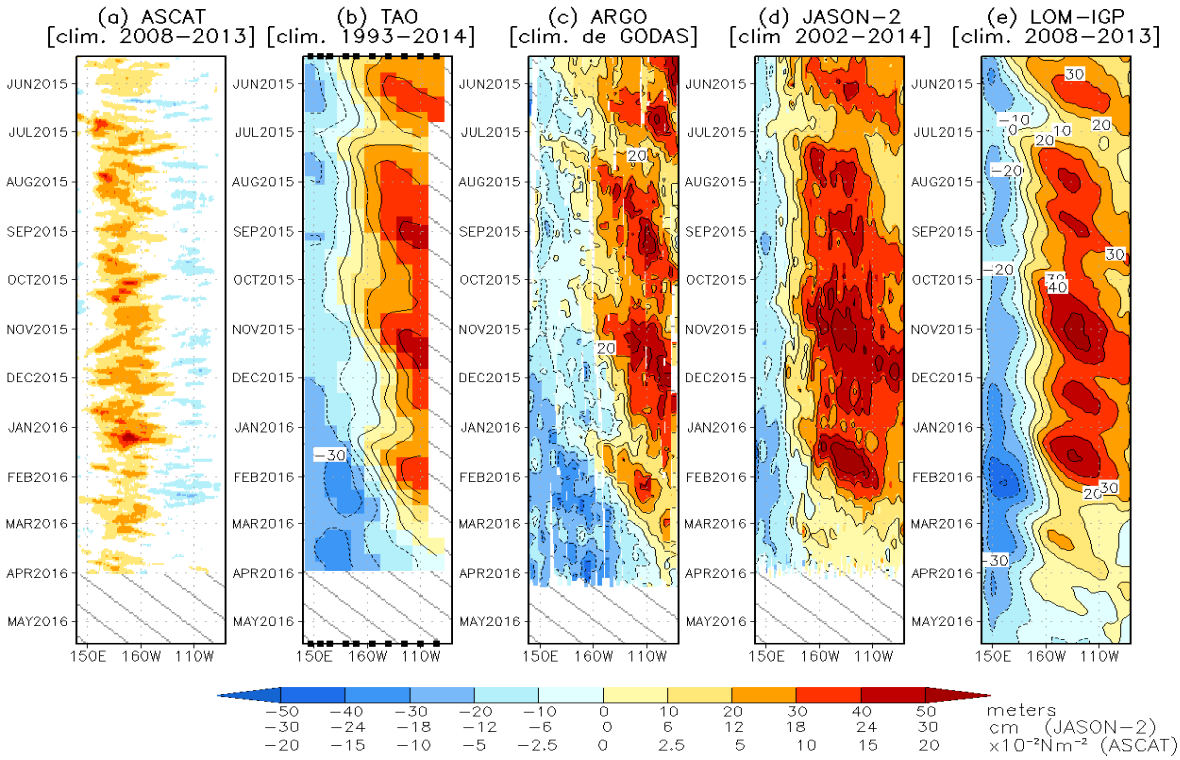


Figura 3.1.2.1. Diagrama longitud-tiempo de las anomalías de esfuerzo de viento zonal ecuatorial basado en datos del escaterómetro ASCAT (a), anomalía de la profundidad de la isoterma de 20°C con datos de TAO (b) y los derivadores de Argo (c),datos del nivel del mar de JASON-2 (d). Finalmente en (e) se muestra la anomalía de la profundidad de la termoclina calculada con el modelo LOM-IGP (forzado por ASCAT, y taux=0 para el pronóstico). Las líneas diagonales plomas representan una propagación hacia el este con velocidad de 2.7 m/s para la onda de nivel del mar. Datos: ASCAT, TAO/TRITON, Argo, JASON-2. Procesamiento: IGP.

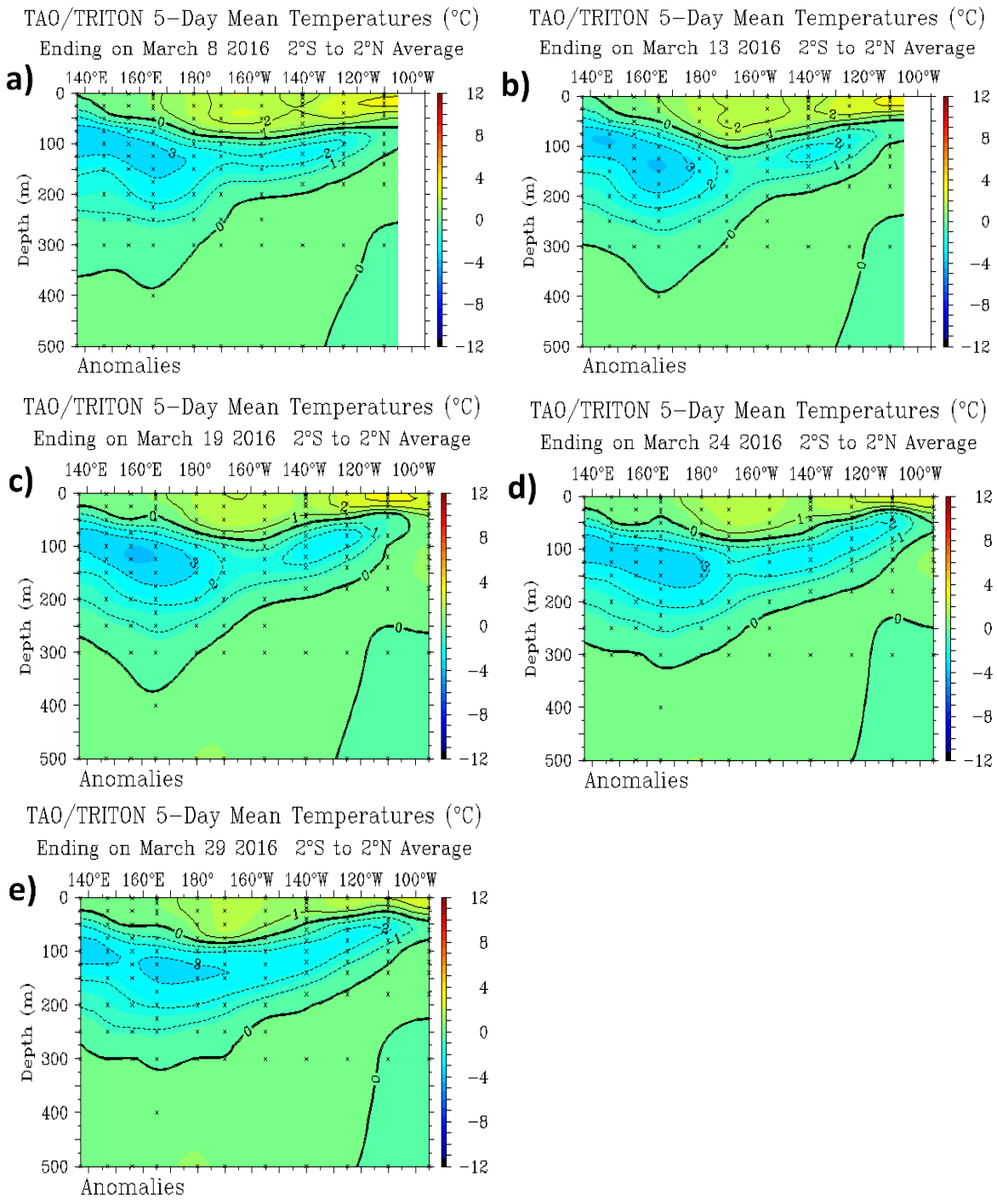


Figura 3.1.2.2. Anomalías de la temperatura sub-superficial del mar (°C) en el océano Pacífico ecuatorial entre los 2°N y 2°S promediadas cada cinco días, finalizando los días: a) 8 de marzo, b) 13 de marzo, c) 19 de marzo, d) 24 de marzo, e) 29 de marzo y f) 28 de febrero de 2016. Fuente: TAO/TRITON, PMEL/NOAA.

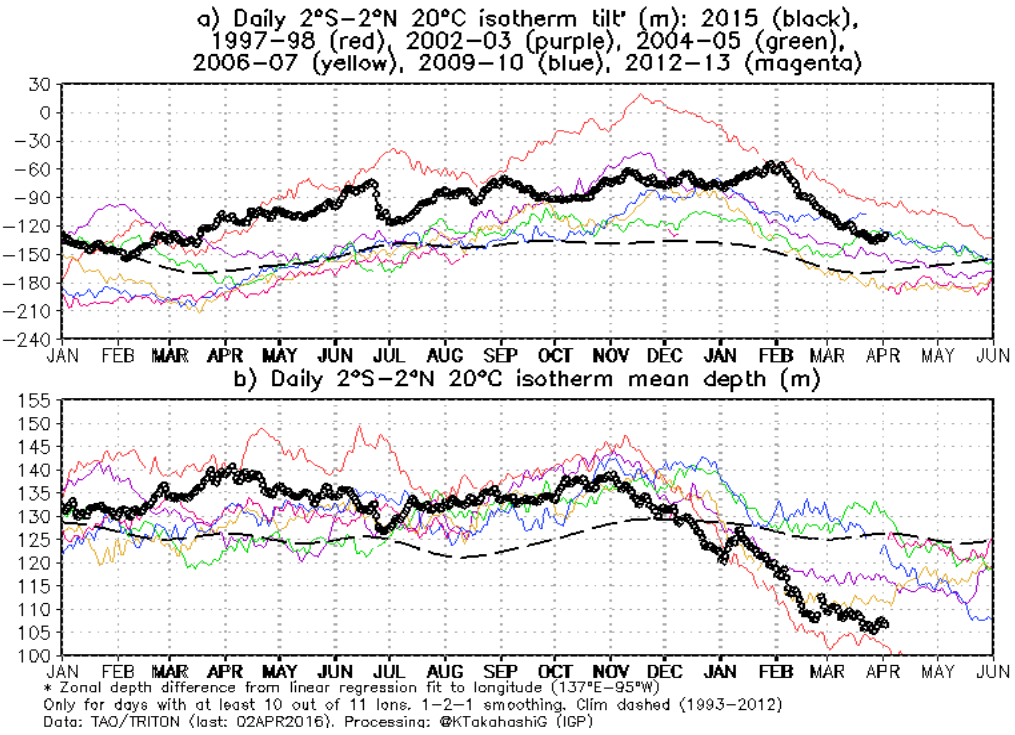


Figura 3.1.2.3. a) Inclinación de la termoclina, diferencia de la profundidad zonal del ajuste de la regresión lineal para la longitud (137°E – 95°W). Climatología 1993-2012 (punteado). b) Contenido de calor en la región ecuatorial entre 2°N y 2°S.
Data: TAO/TRITON. Procesamiento: IGP

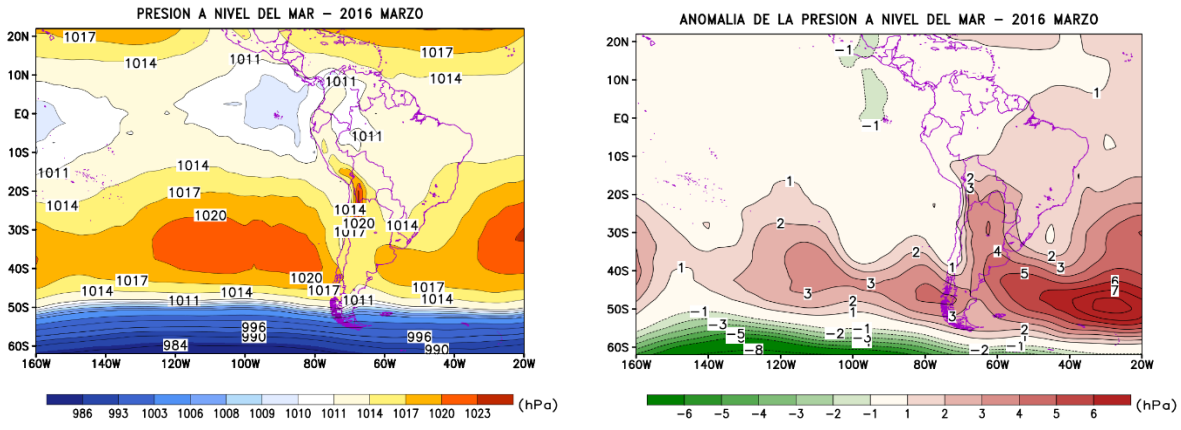


Figura 3.2.1.1 Presión atmosférica (hPa) a nivel medio del mar para marzo del 2016. a) Promedio de la Presión atmosférica (hPa) a nivel del mar, b) Anomalía de la Presión atmosférica (hPa) a nivel del mar. Datos: NCEP/NOAA. Procesamiento: SENAMHI.

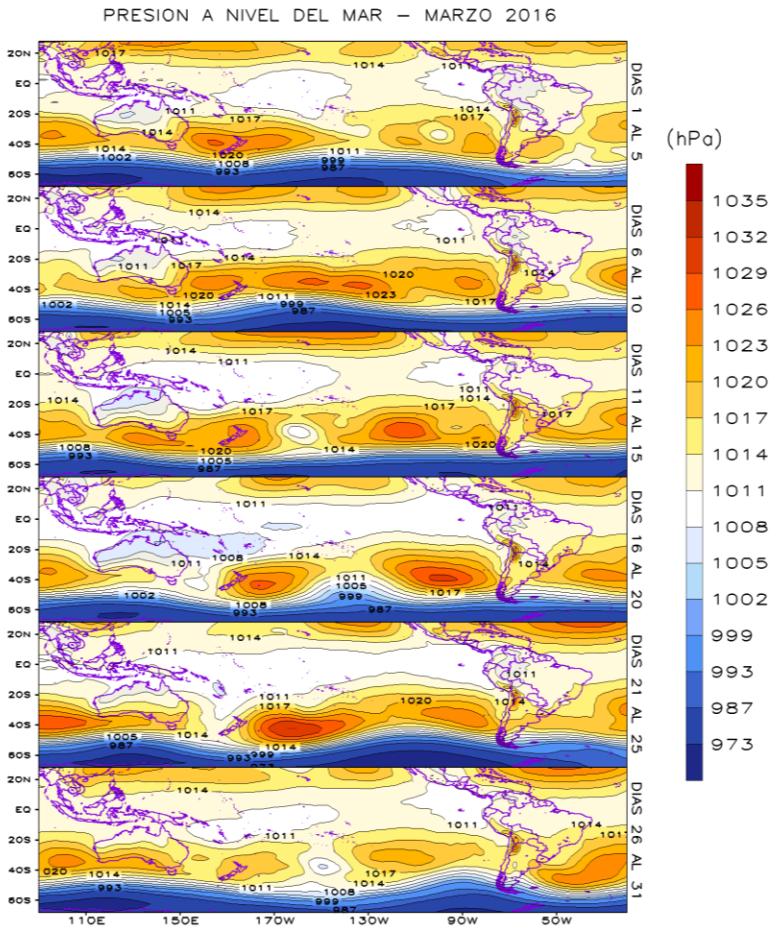


Figura 3.2.1.2 Evolución de la Presión atmosférica (hPa) a nivel medio del mar para marzo del 2016. Datos: NCEP/NCAR Reanalysis. Procesamiento: SENAMHI.

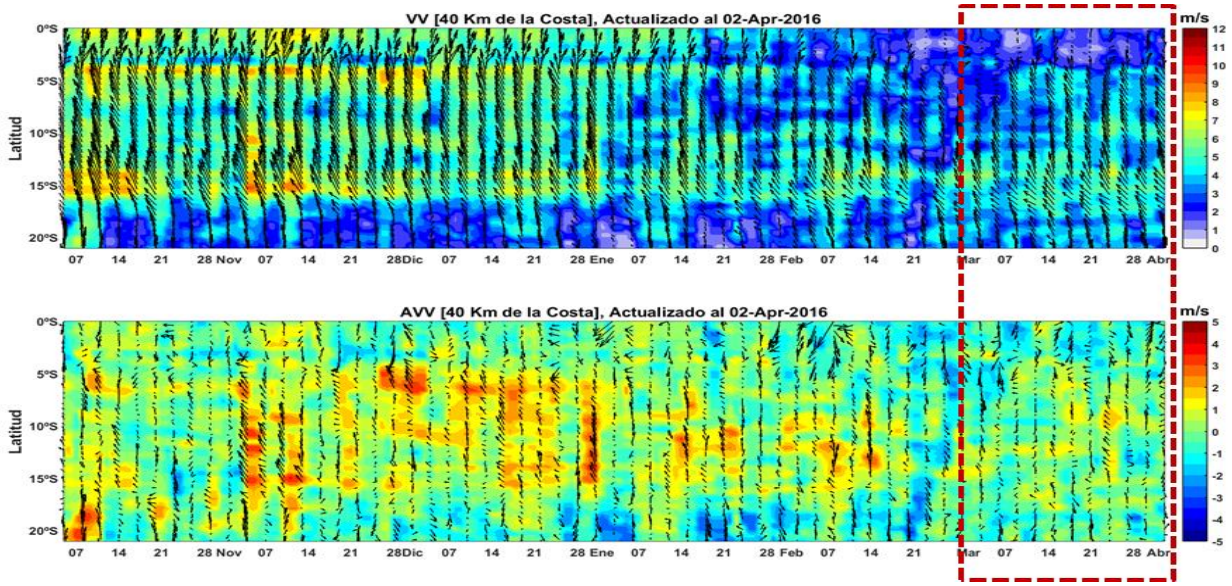


Figura 3.2.1.3. a) Velocidad del viento (m/s) y b) Anomalía del viento (m/s), desde los 0° hasta 20°S en el periodo de octubre de 2015 al 2 de abril del 2016. Los vectores representan la dirección del viento y anomalía de la dirección del viento, respectivamente.
Datos: ASCAT. Procesamiento: IMARPE.

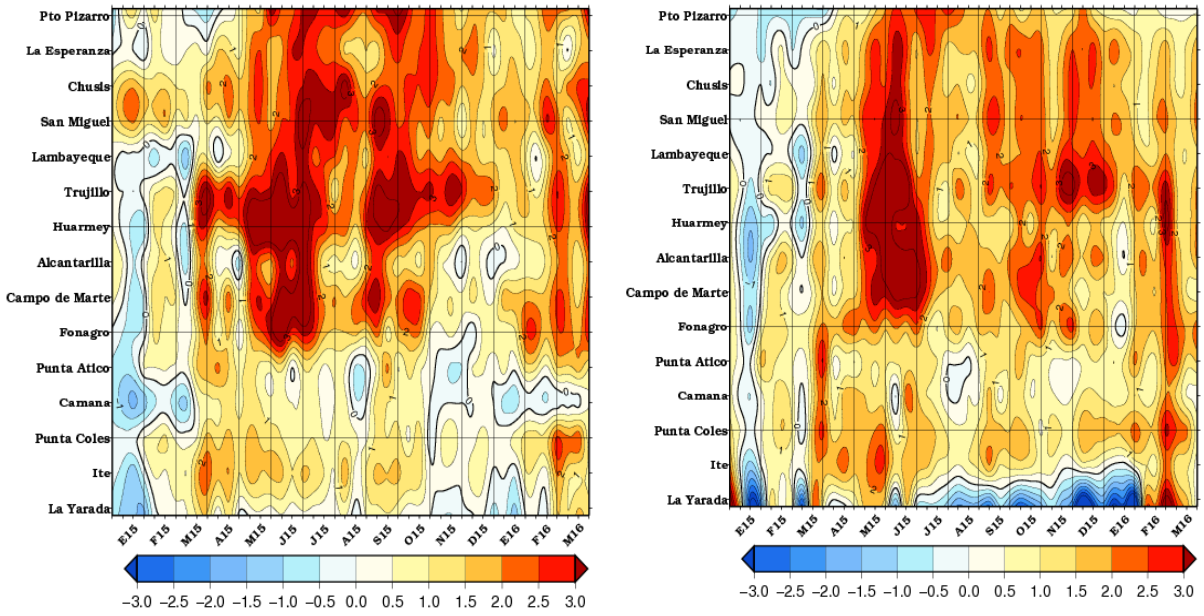


Figura **3.2.1.4.** Anomalías de las temperaturas extremas del aire (°C) en la costa peruana desde enero 2015 a marzo de 2016. Temperatura máxima (panel izquierdo) y Temperatura mínima (panel derecho). Fuente: SENAMHI.

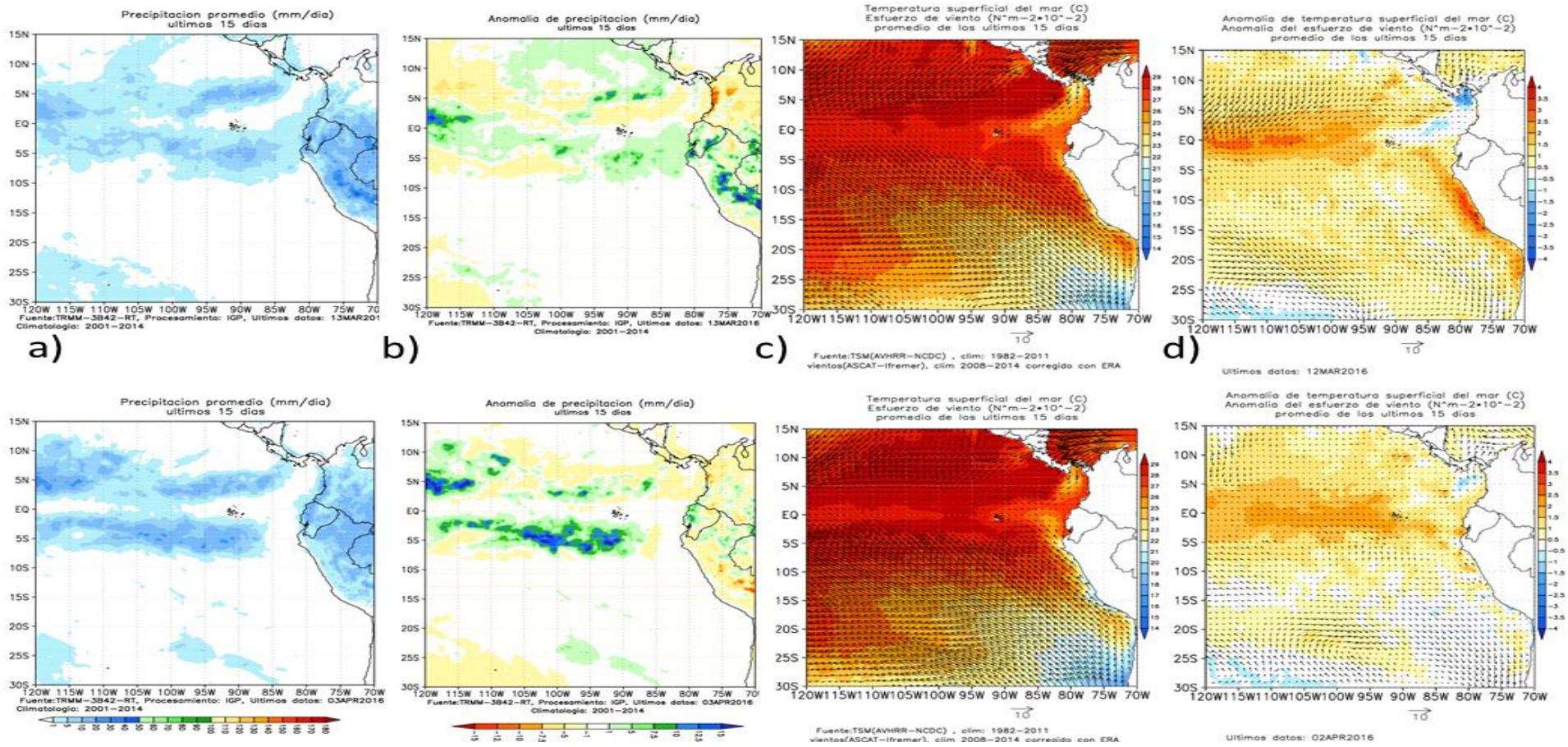


Figura 3.2.2.1. Condiciones promedio de precipitación, temperatura superficial del mar (TSM) y esfuerzo de viento promedio de los primeros 15 días (panel superior) y los últimos 15 días (panel inferior) de marzo. a) valores absolutos de precipitación, b) anomalía de precipitación, c) valores absolutos de TSM asociados al esfuerzo de vientos, d) anomalías de TSM, asociados al esfuerzo de vientos. Fuente TRMM, AVHRR-NCDC-NOAA, ASCAT-Ifremer // Procesamiento IGP.

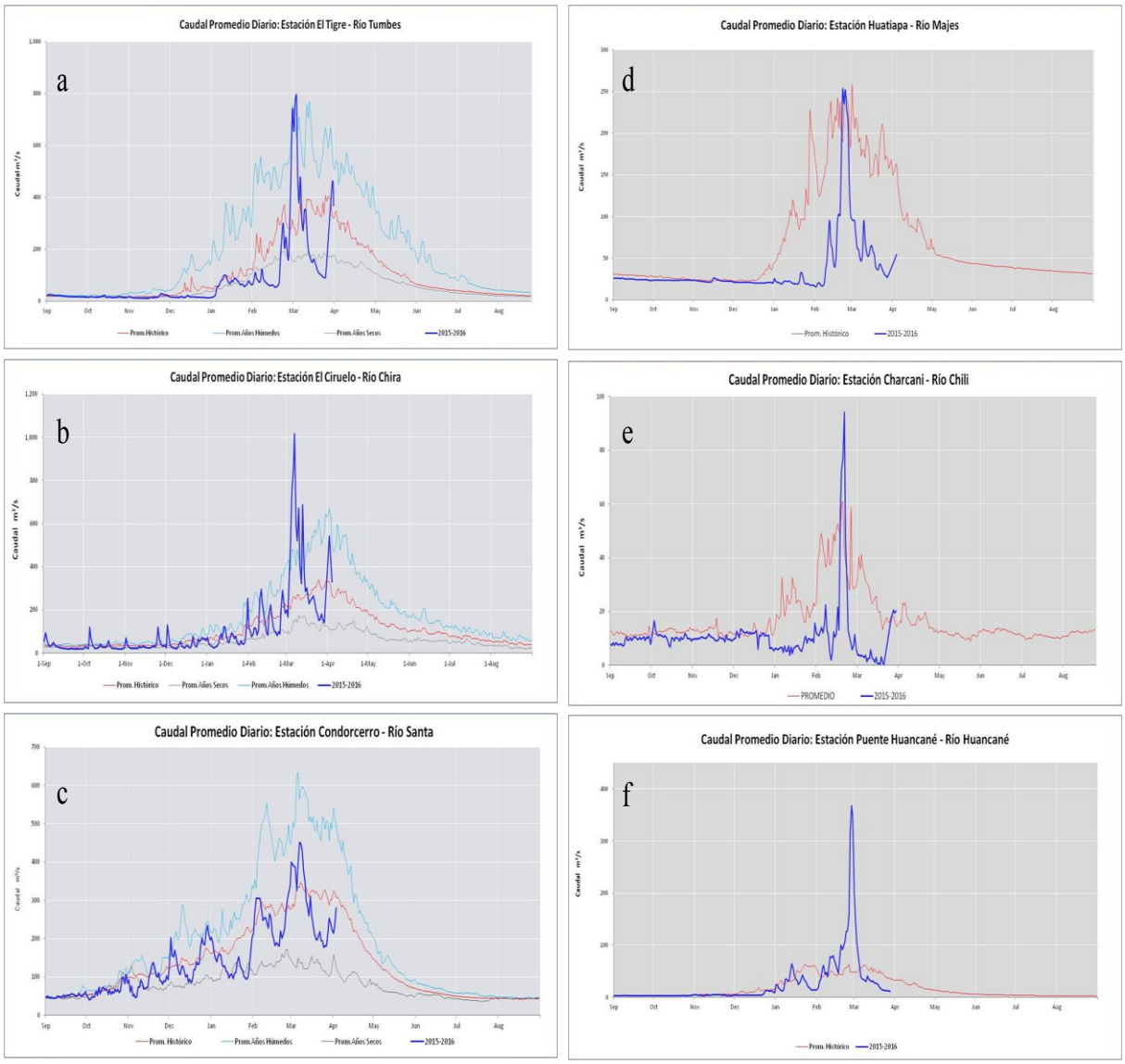


Figura 3.2.2.2. Series de tiempo de los caudales diarios (m^3/s) de los principales ríos del Perú, entre setiembre-2015 a agosto-2016: a) Tumbes, b) Chira, c) Santa, d) Majes, e) Chili, de la Vertiente del Pacífico y, f) Huancané, de la cuenca del Titicaca. Líneas azules: caudales de años 2015-2016; rojas: Promedio histórico; celeste: promedio años húmedos, gris: promedio años secos. Fuente: ANA.

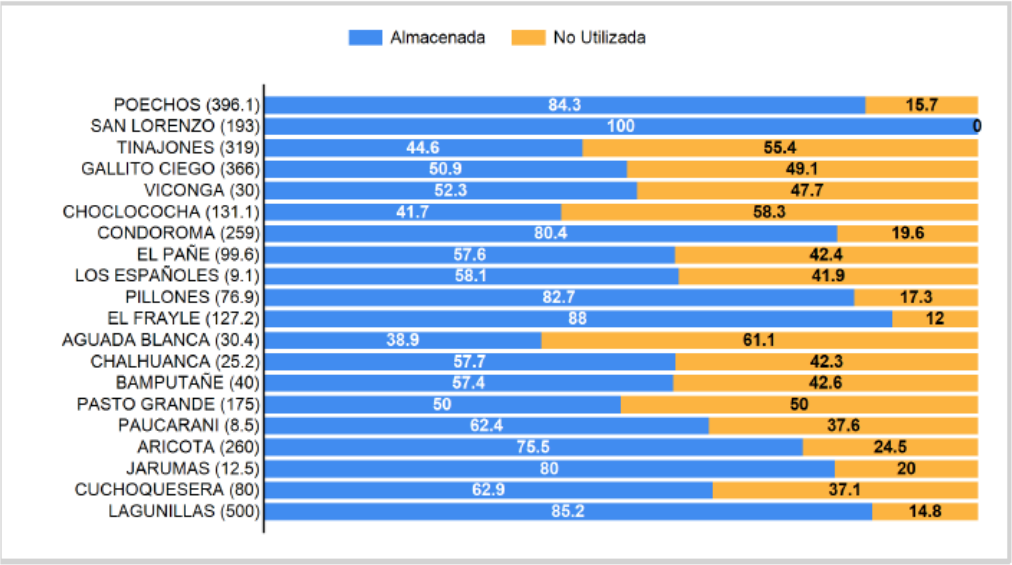


Figura 3.2.2.3. Estado del volumen de agua almacenado (hm2) en los principales reservorios en la costa norte, centro y sur de Perú, en marzo del 2016. Fuente ANA.

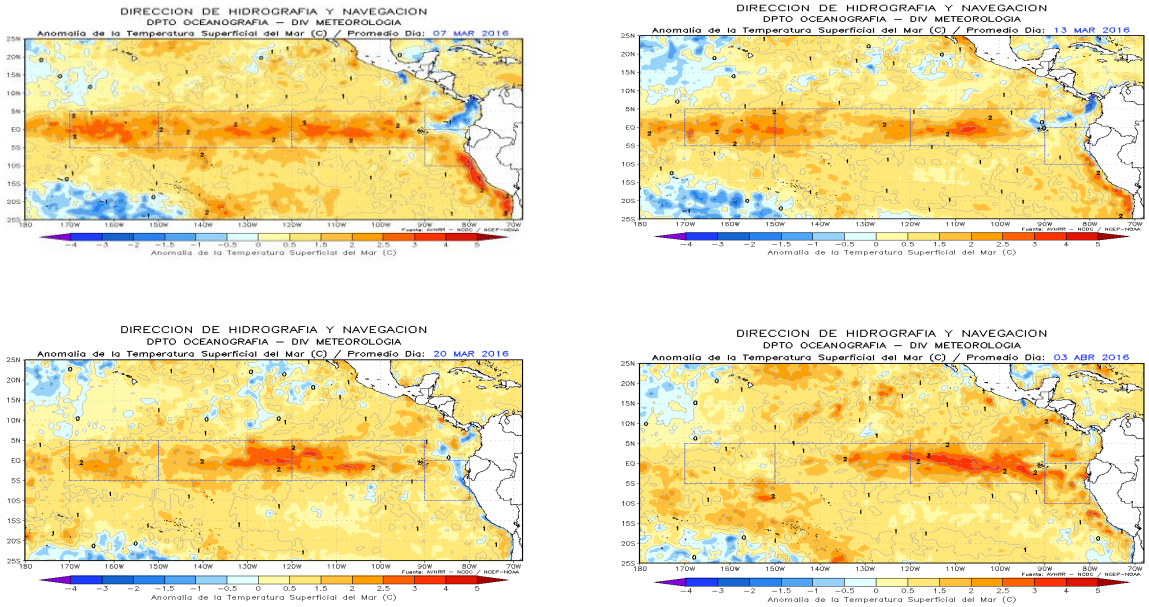


Figura 3.2.3.1. Anomalías de la temperatura superficial del mar (°C) en el océano Pacífico oriental para los días a) 7 de marzo, b) 13 de marzo, c) 20 de marzo, y e) 03 de abril de 2016. La línea sólida en color azul indica el límite externo de la región Niño 1+2. Datos: NCDC/NCEP/NOAA. Procesamiento: DHN.

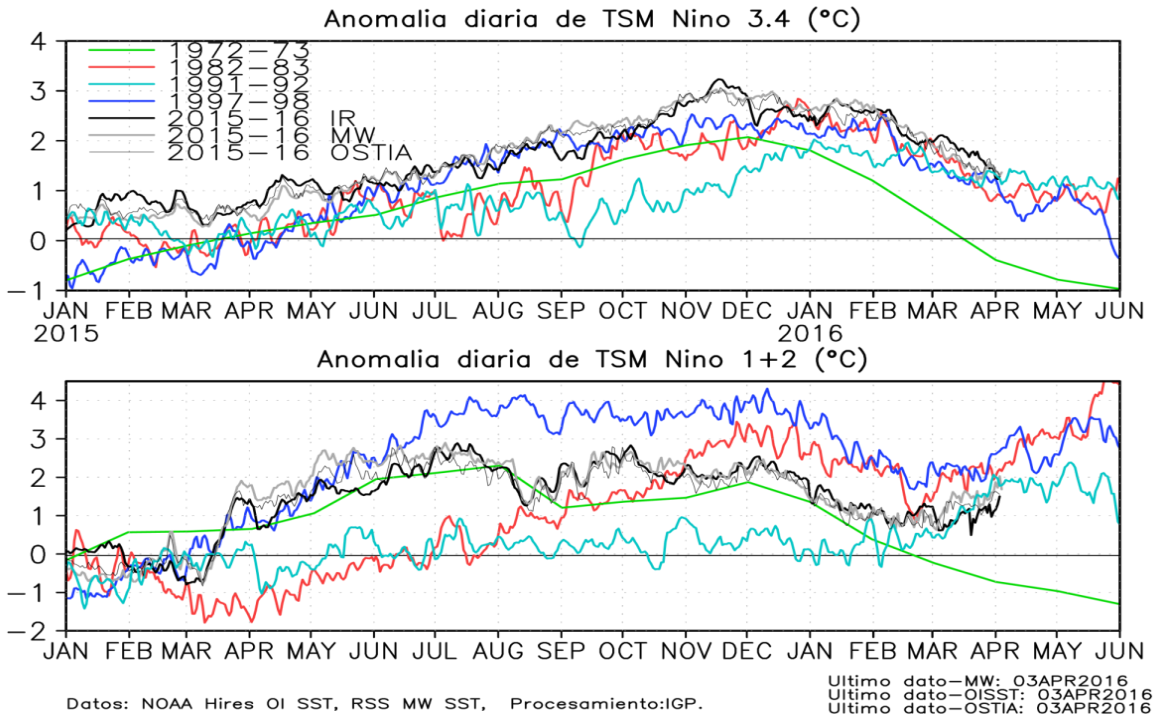


Figura 3.2.3.2. Anomalía de TSM (°C) durante el año 1982 (rojo), 1997 (azul) y 1972 (verde) según los datos infrarrojos (NOAA Daily OI SST v2 AVHRR), en la región 3.4 (a) y en la región 1+2 (b).Procesamiento: IGP.

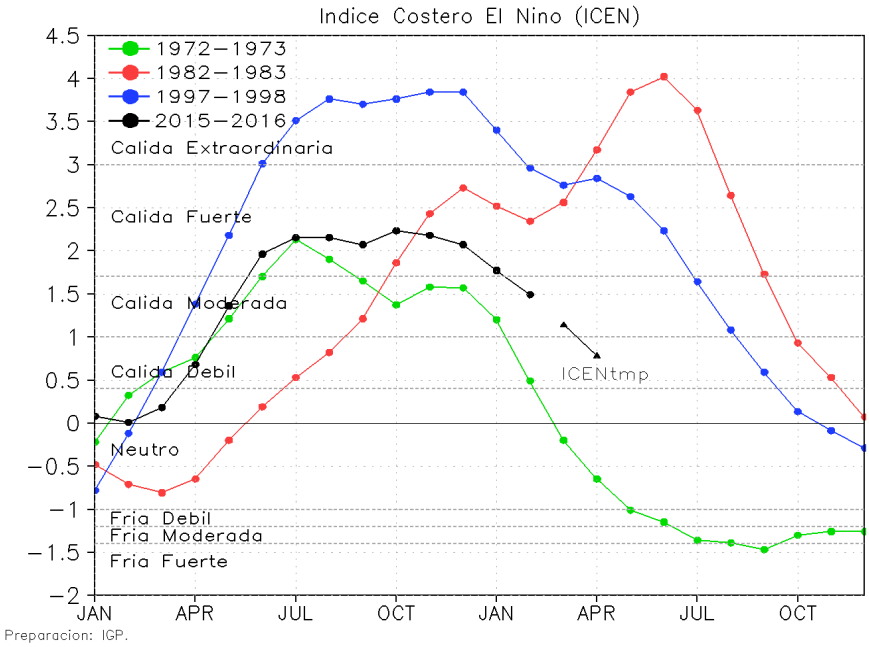


Figura 3.2.3.3. Índice Costero El Niño para los años 1972-1973 (verde), 1982-1983 (rojo), 1997-1998 (azul) y 2015 (negro).

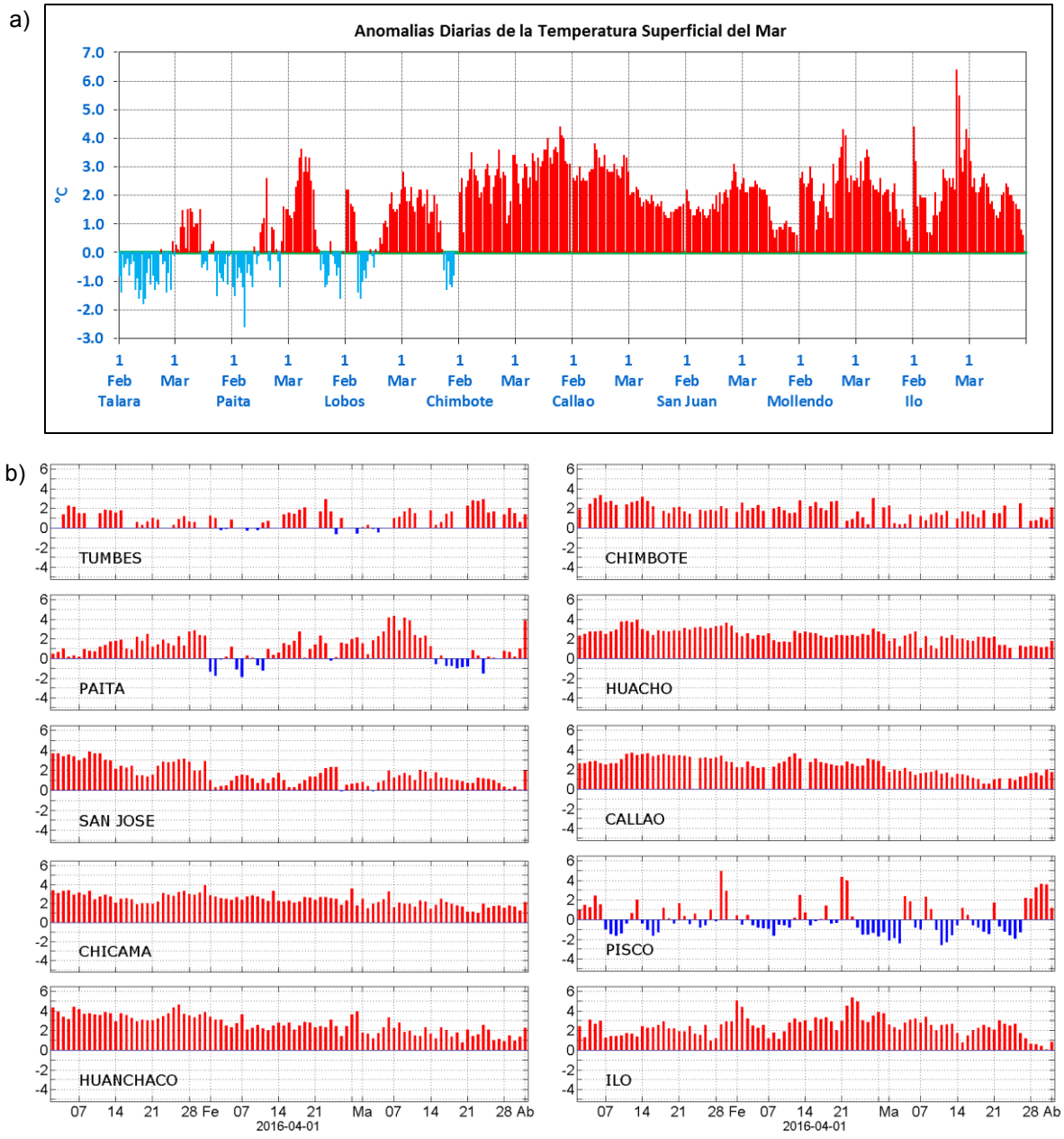


Figura 3.2.3.4. Series diarias de Anomalías de Temperatura Superficial del Mar (ATSM) en estaciones del litoral costero de Perú, a) registradas en febrero y marzo por la DHN y, b) registradas durante enero, febrero y marzo del 2016 por IMARPE.

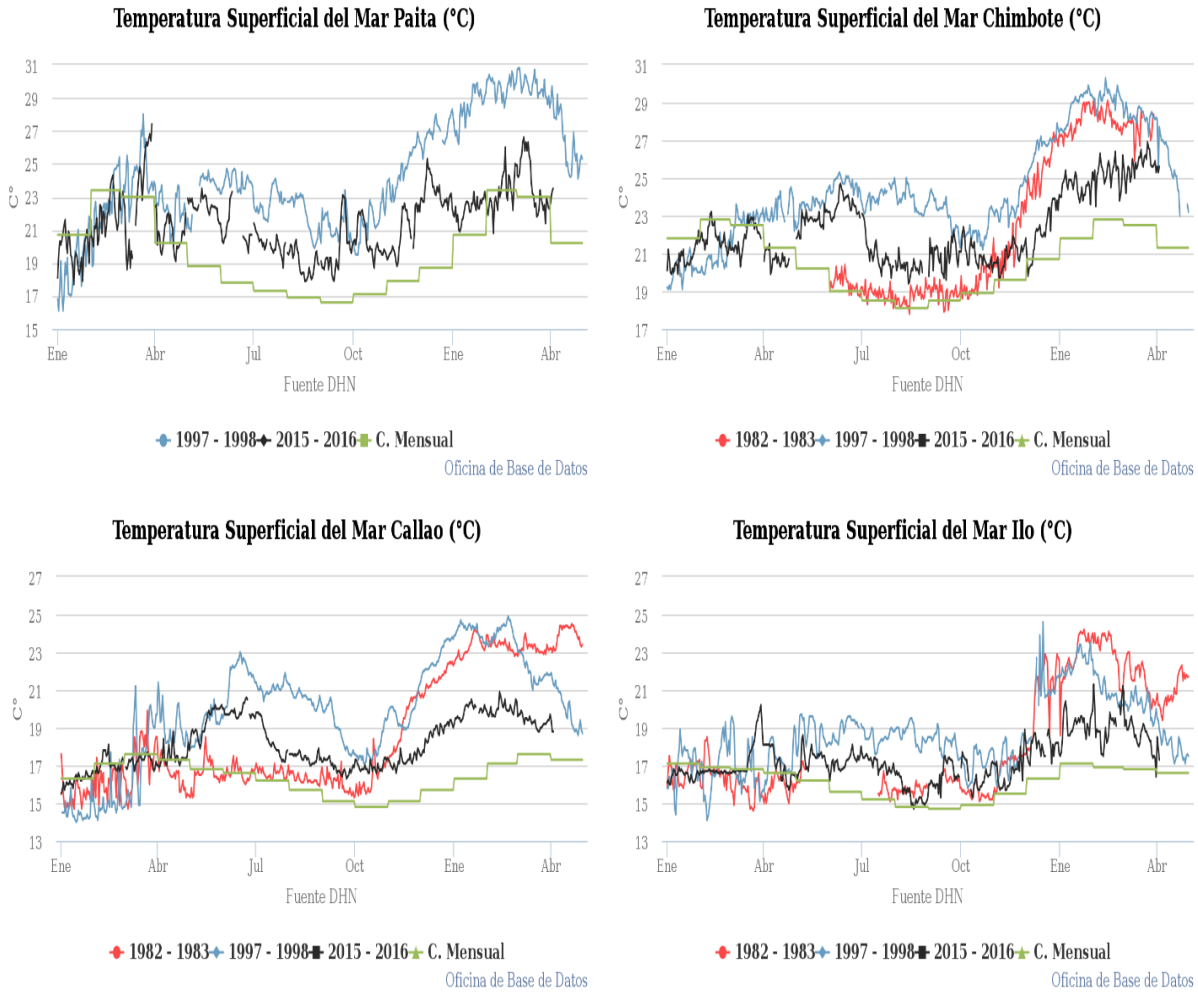


Figura 3.2.3.5. Anomalías de Temperatura Superficial del Mar, en el litoral peruano.

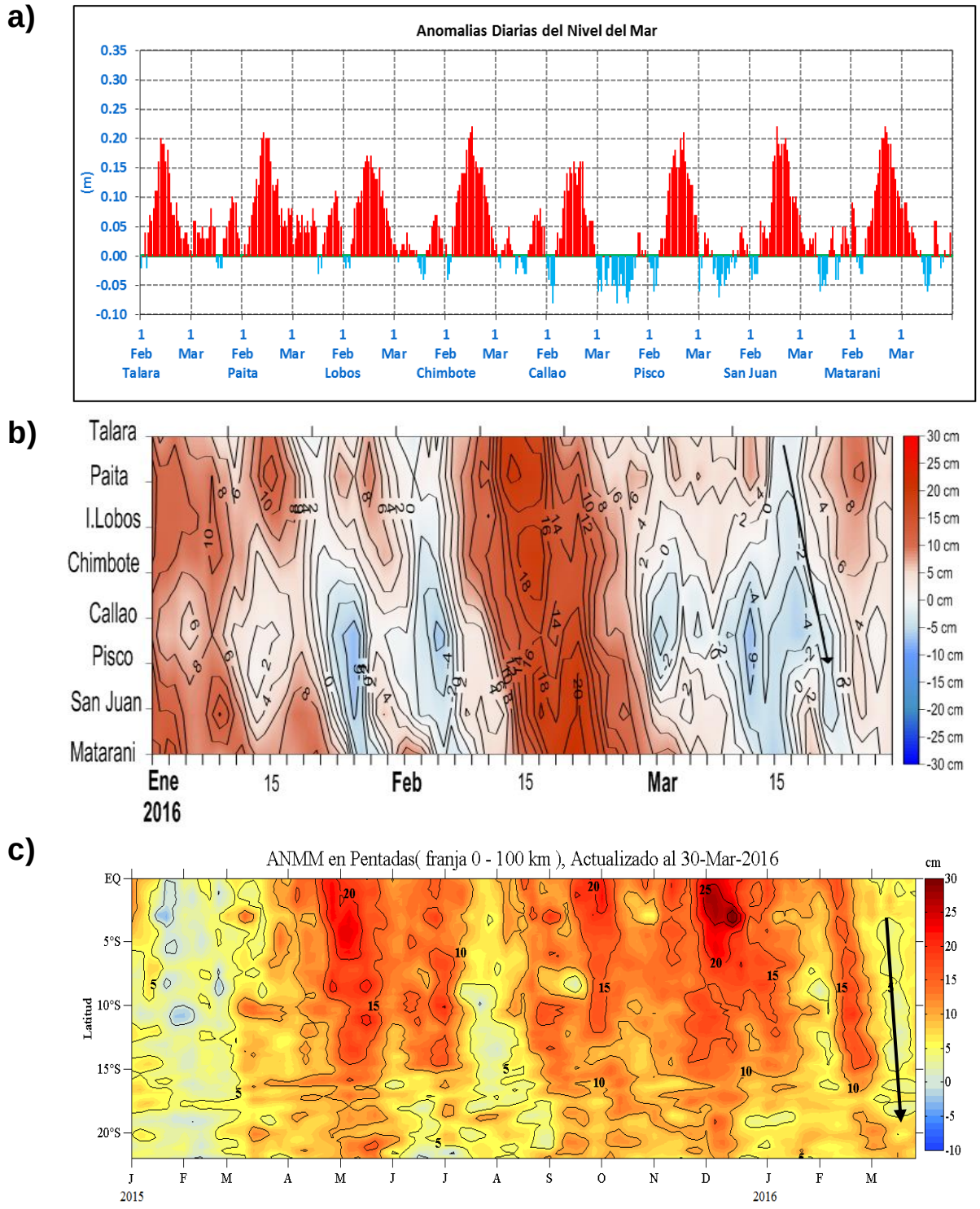


Figura 3.2.3.6. Anomalías de la altura del nivel del mar, actualizados a marzo de 2016. (a) Series diarias y (b) Hovmöller de las estaciones costeras de la DHN. c) Hovmöller en franja de 0-100 km, entre 2015-2016. AVISO - IMARPE.

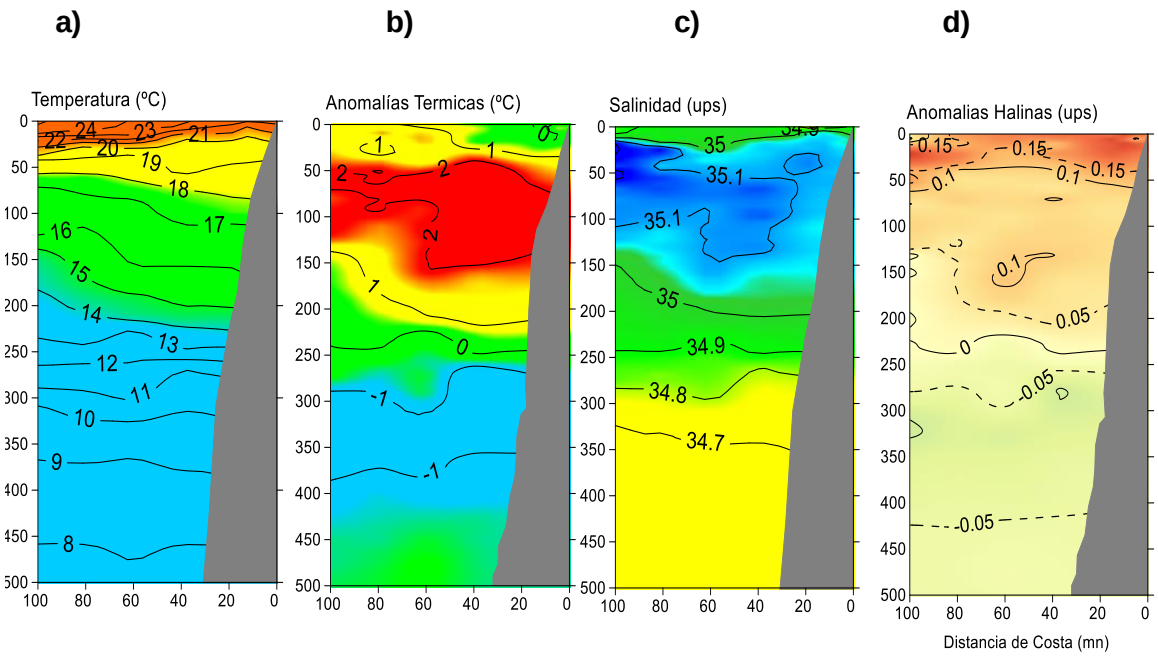


Figura 3.2.4.1 Distribución vertical de: a) temperatura y b) anomalía de temperatura (°C), c) salinidad y d) anomalía de salinidad (ups) frente a Paita. Operación BIC Flores, realizada durante el 18 y 19 de marzo de 2016. Fuente: IMARPE.

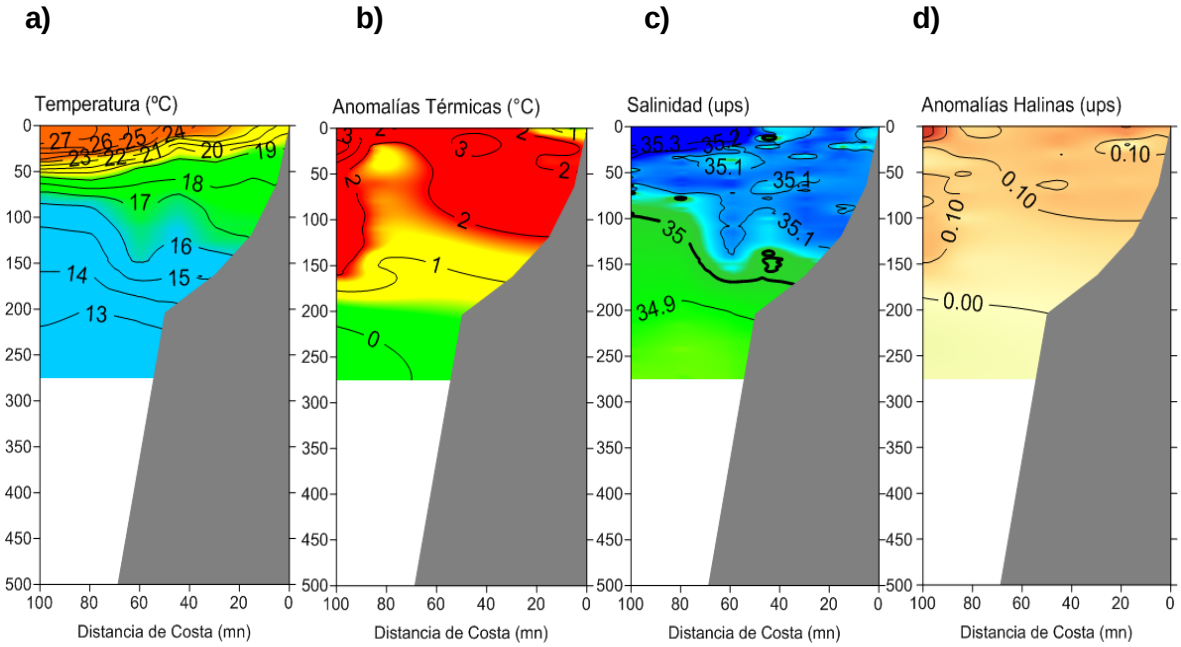


Figura 3.2.4.2 Distribución vertical de: a) temperatura y b) anomalía de temperatura (°C), c) salinidad y d) anomalía de salinidad (ups) frente a Chicama, realizada durante el 11 y 13 de marzo de 2016. Fuente: IMARPE.

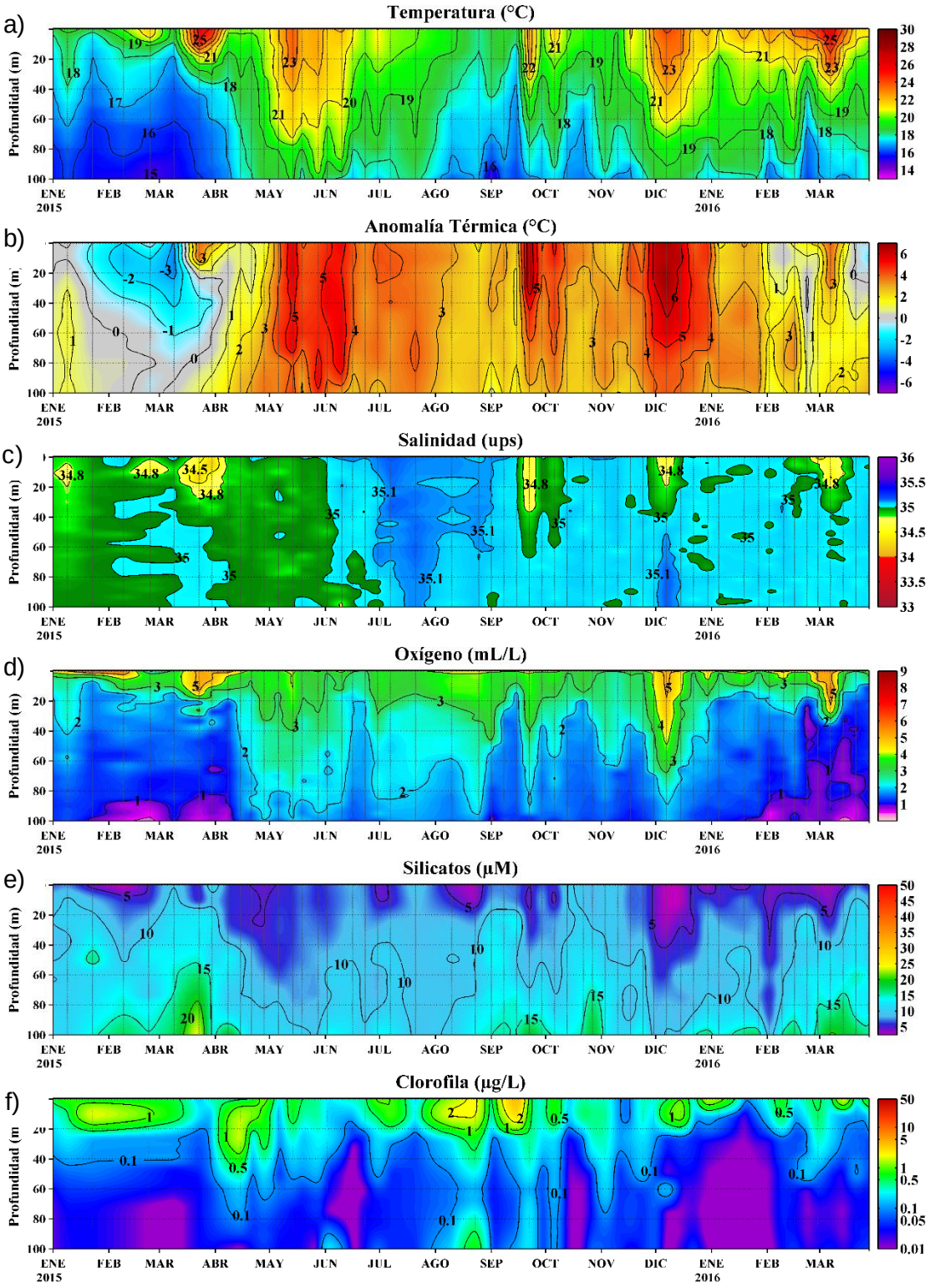


Figura 3.2.4.3 Series de tiempo para la estación oceanográfica fija frente a Paita (Punto Fijo Paita) de: a) temperatura (°C), b) anomalía de la temperatura (°C), c) Salinidad (ups) y d) oxígeno (mL/L) para el periodo del 01 de enero de 2015 al 28 de marzo de 2016. Climatología: 1994-2010. Fuente: IMARPE.

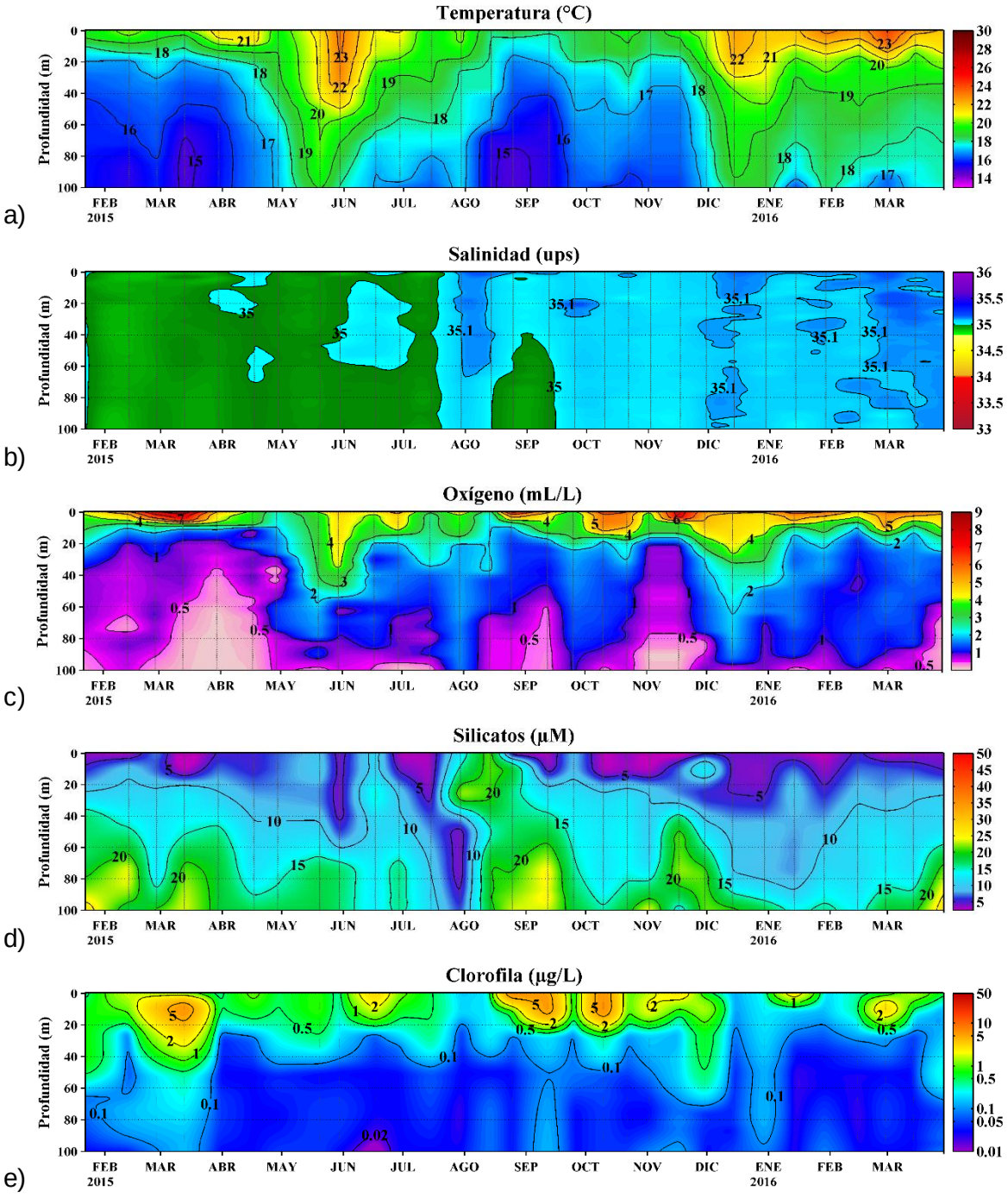


Figura 3.2.4.4. Series de tiempo para la estación oceanográfica fija frente a Chicama (Punto Fijo Chicama) de: a) Temperatura (°C), b) Salinidad (ups) y c) Oxígeno (mL/L) para el periodo del 22 de enero de 2015 al 29 de marzo de 2016. Fuente: IMARPE.

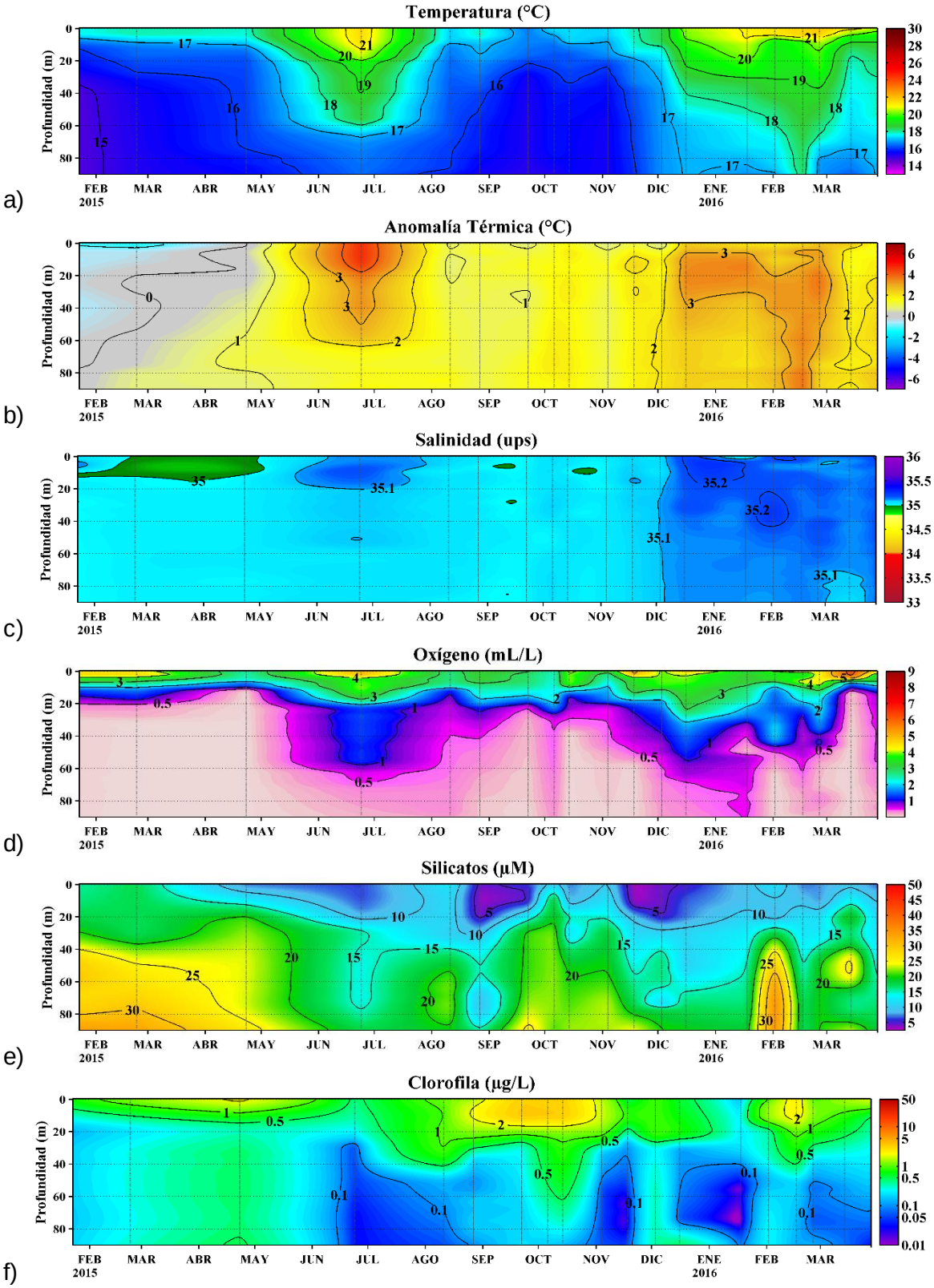


Figura 3.2.4.5. Series de tiempo para la estación oceanográfica fija frente a Callao (punto fijo Callao) de: a) temperatura (°C), b) anomalía de la temperatura (°C), c) Salinidad (ups) y d) oxígeno (mL/L) para el periodo del 01 de enero de 2015 al 28 de marzo de 2016. Fuente: IMARPE.

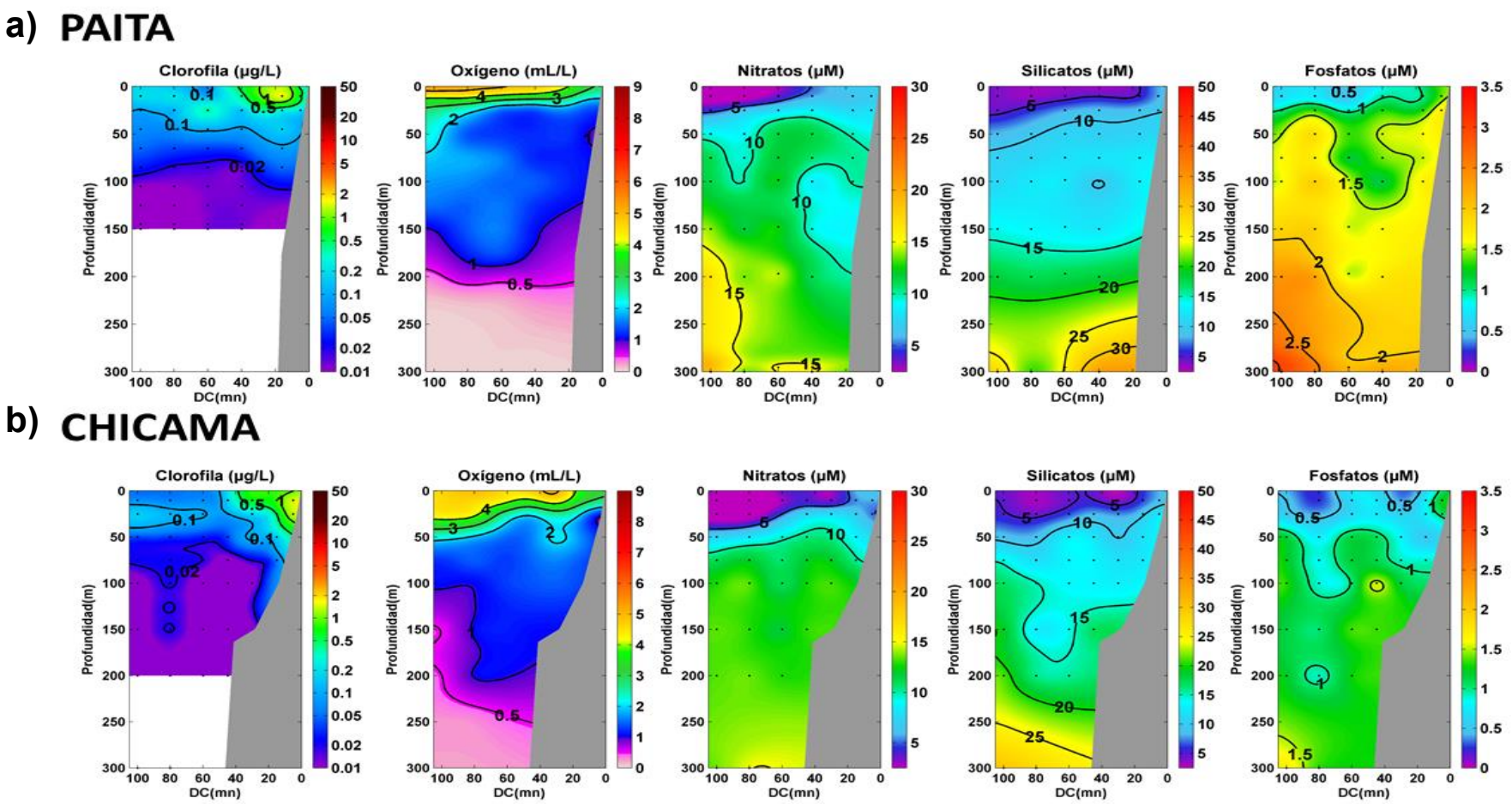


Figura 3.2.5.1. Secciones verticales de las estaciones fijas de Paita (a) y Chicama (b) provenientes de IMARPE para las variables de Clorofila, Oxígeno disuelto, nitratos, silicatos y fosfatos en el mes de marzo.

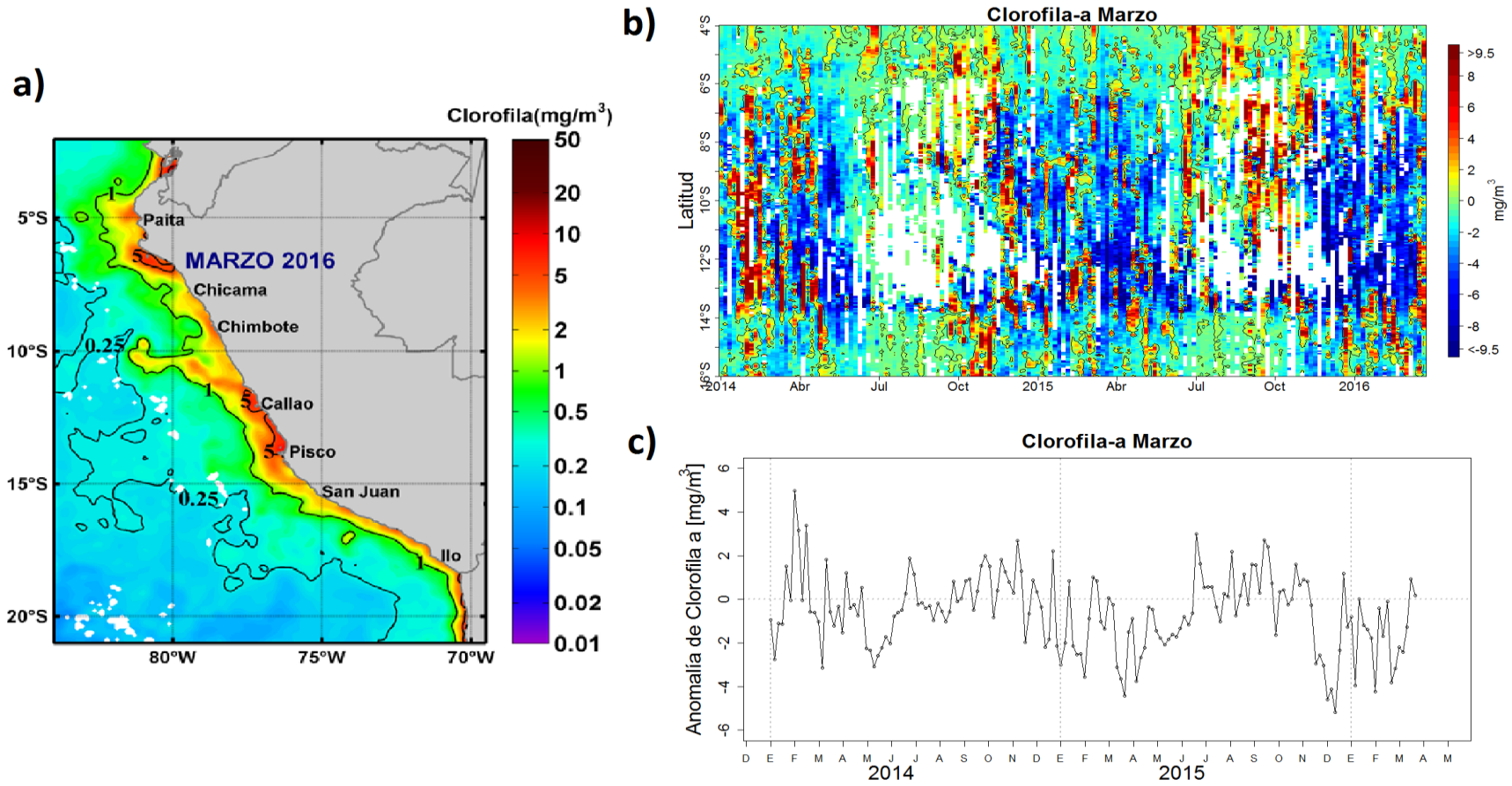


Figura 3.2.5.2. Clorofila satelital promedio para el mes de marzo del satélite MODIS frente a Perú (a). Diagrama Hovmöller latitud-tiempo de anomalías de clorofila superficial satelital a lo largo de la costa peruana (b) y series de tiempo de anomalías de clorofila superficial satelital promedio (entre los 4°S-16°S y de 0 a 100km de la costa) provenientes del satélite MODIS.

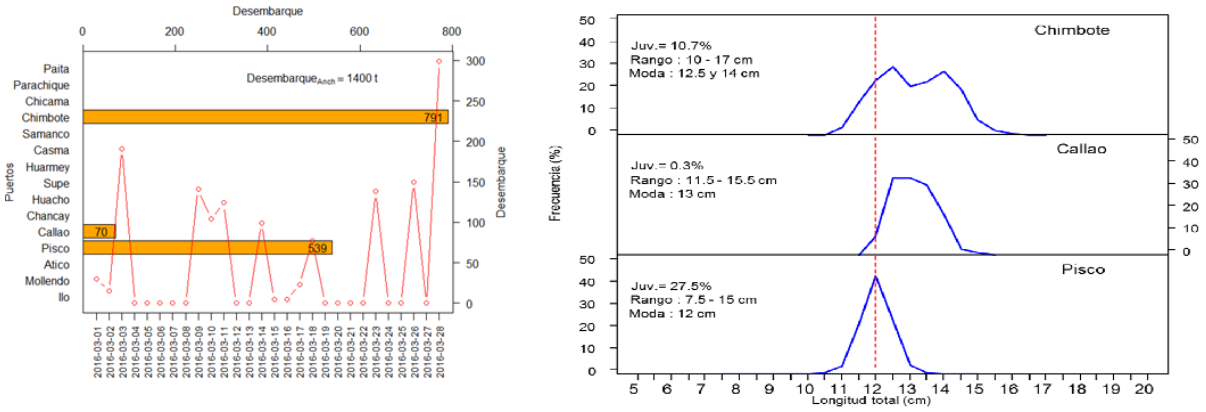


Figura 3.2.6.1. Desembarque diario (líneas) y el acumulado mensual (barras) de anchoveta (t) proveniente de la flota de menor escala y/o artesanal en el mes de marzo (panel izquierdo). Estructura mensual de tallas de anchoveta en los puertos de Chimbote (superior), Callao (centro) y Pisco (inferior) (panel derecho).
Fuente: AFIRNP/IMARPE.

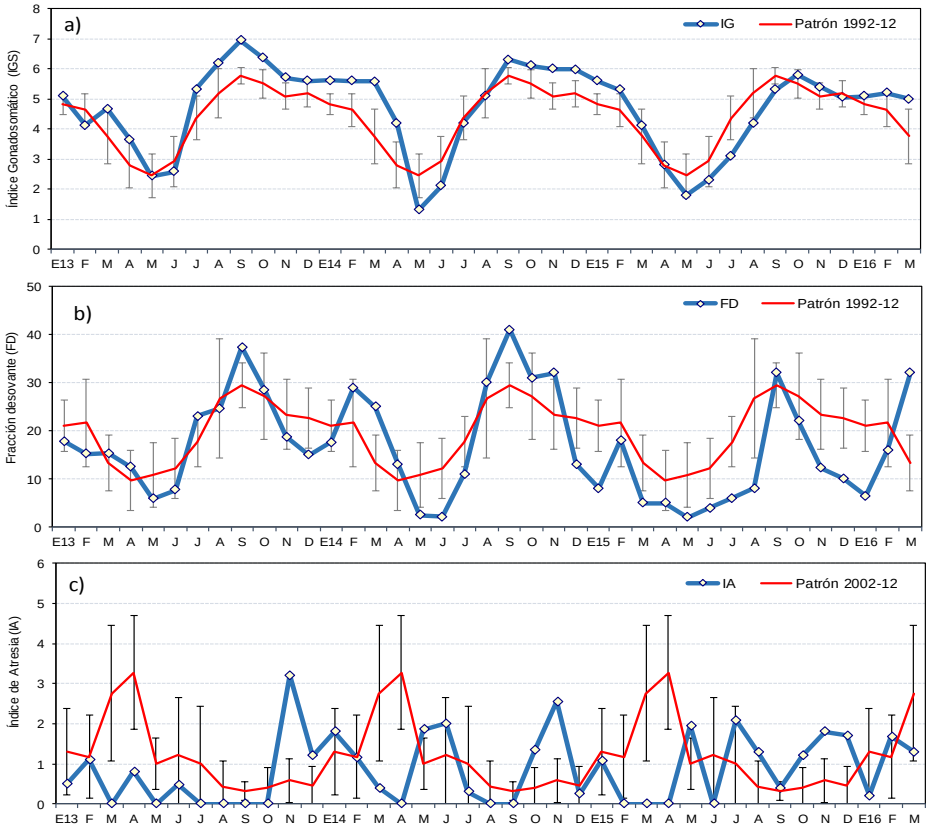


Figura 3.2.6.2. Indicadores reproductivos, a) Índice Gonadosomatico (IGS), b) Fracción Desovante (FD) y c) Índice de atresia del stock norte – centro de anchoveta. Serie mensual: Enero 2014 – marzo 2016. **Fuente**: LBR/IMARPE

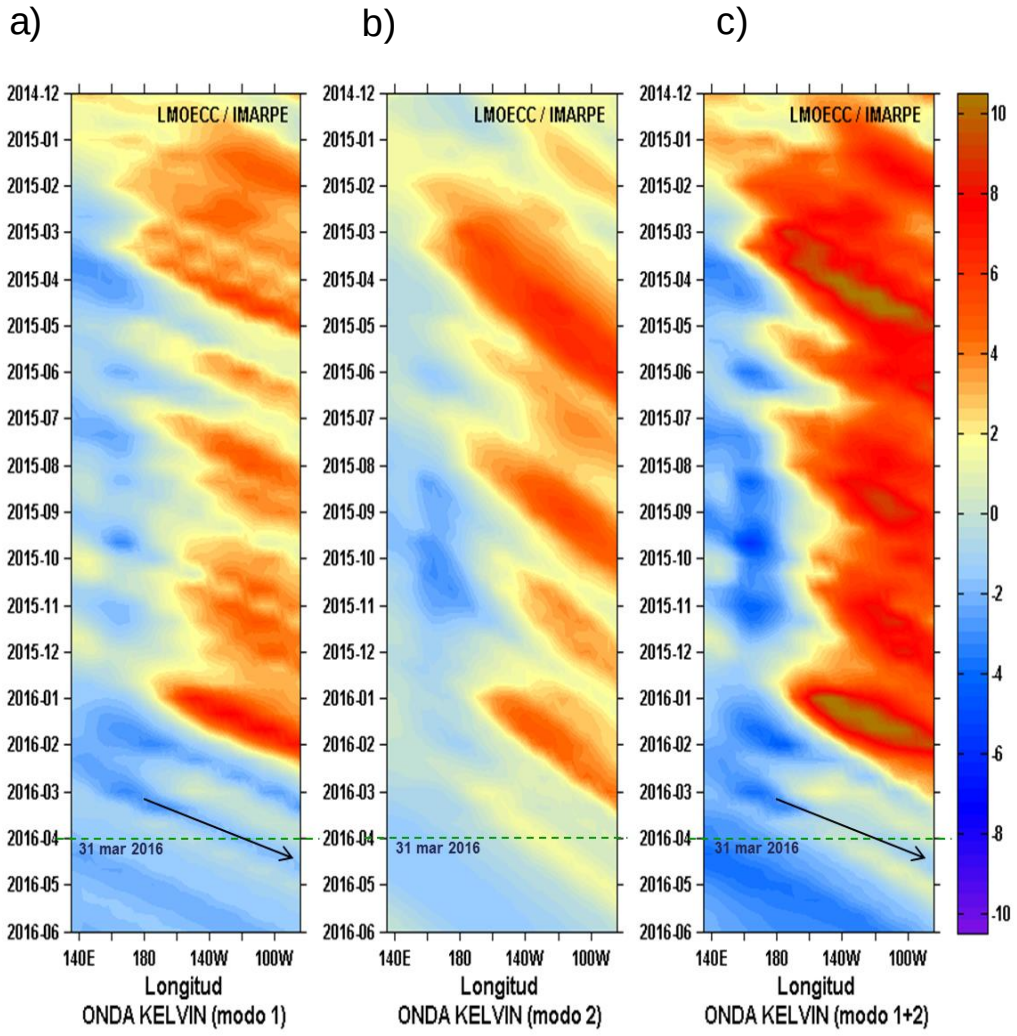


Figura 4.2.1.1. Diagrama Hovmöller longitud-tiempo de las ondas Kelvin en el océano Pacifico ecuatorial (0°N): (a) Modo 1, (b) Modo 2, (c) Modos 1+2 de la isoterma de 20 C (m) en la Pacifico Ecuatorial (2°S y 2°N). La línea discontinua horizontal, en verde, indica el inicio del pronóstico sin el forzante de vientos. Fuente: IMARPE, forzado con vientos de NCEP (Figuras a-c).

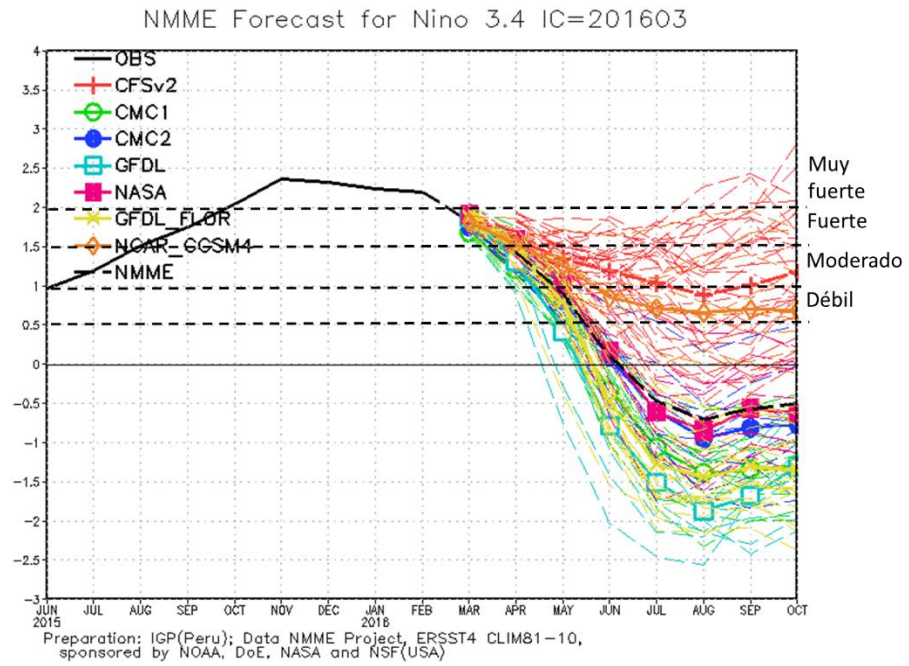


Figura 4.2.2.1. Índice Niño 3.4 mensual observado y pronosticado por los modelos de NMME. Fuente: CPC/NCEP/NOAA.

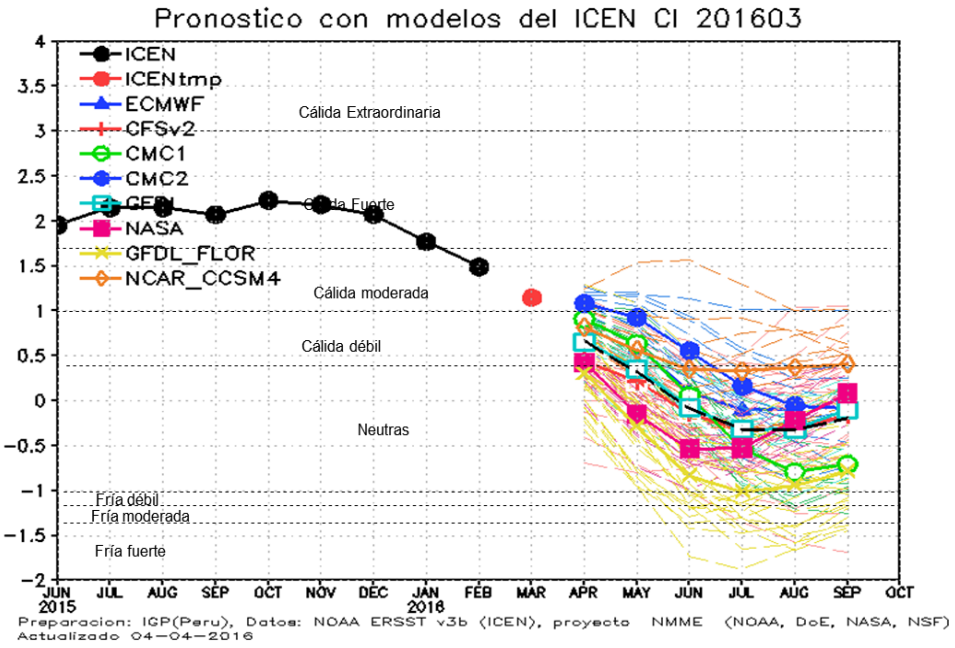


Figura 4.2.2.2. Índice Costero El Niño (ICEN, círculos llenos en color negro) y sus valor temporal (ICENtmp, círculo lleno en color rojo). Además, pronósticos numéricos del ICEN (media móvil de 3 meses de las anomalías pronosticadas de TSM en la región Niño1+2) por diferentes modelos climáticos. Las líneas entrecortadas corresponden a los miembros de los "ensembles". Los pronósticos de los modelos CFSv2, CMC1, CMC2, GFDL, NASA, NCAR y el modelo ECMWF tienen como condición inicial el mes de marzo de 2016. Fuente: IGP, NOAA, proyecto NMME, ECMW.

8. TABLAS

Tabla 3.1.1.1 Anomalías semanales centradas en los días 03, 10, 17 y 24 de marzo 2016 de la temperatura superficial del mar (°C) en las regiones Niño. Fuente: NCEP/NOAA.

Regiones Niño	Anomalías de TSM semanales - 2015			
	Niño 1+2	Niño 3	Niño 3.4	Niño 4
03 Feb. 2015	1.2	2.2	2.6	1.5
10 Feb. 2015	0.7	2.0	2.5	1.5
17 Feb. 2015	0.5	1.9	2.4	1.4
24 Feb. 2015	0.9	1.8	2.1	1.4

Tabla 3.2.3.1. Valores del Índice Costero El Niño (ICEN) de mayo de 2015 a febrero de 2016. Fuente: IGP.

Mes	ICEN	Categoría
06/2015	1.96	Cálida Fuerte
07/2015	2.15	Cálida Fuerte
08/2015	2.15	Cálida Fuerte
09/2015	2.07	Cálida Fuerte
10/2015	2.23	Cálida Fuerte
11/2015	2.18	Cálida Fuerte
12/2015	2.07	Cálida Fuerte
01/2016	1.77	Cálida fuerte
02/2016	1.49	Cálida Moderada

Mes	ICENtmp	Categoría
03/2016	1.14 *	Cálida Moderada
04/2016	0.78**	Cálida Débil

* Se usaron los datos de (Feb Mar. 2016) ERSST3v, (Abr. 2016) NMME

** Se usaron los datos de (Mar. 2016) ERSST3v, (Abr May. 2016) NMME

Tabla 3.2.3.2. Anomalías mensuales de la temperatura superficial del mar (°C) y nivel medio del mar (cm) de octubre de 2015 a marzo de 2016. Fuente: Estaciones costeras – DHN.

Estación	Anomalías de la TSM (°C)					Anomalías de la NMM (cm)				
	Nov.	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Nov.	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.
Talara	3.0	3.1	1.3	-0.8	0.2	18	19	5	8	4
Paita	2.8	4.6	1.6	-0.1	0.8	19	21	8	10	5
Isla Lobos de Afuera	1.7	2.7	2.4	0.5	1	13	15	7	7	2
Chimbote	1.3	1.5	2.7	2.4	3.2	13	15	5	11	2
Callao	2.2	3.1	3.5	2.9	1.7	9	9	2	7	-3
San Juan	1.7	1.7	2.0	1.8	1.4	11	12	6	9	1
Mollendo	1.0	1.2	2.3	2.4	1.9	-	-	-	-	
Matarani	-	-	-	-		12	12	7	10	2
Ilo	1.1	1.7	2.0	2.5	1.8	-	-	-	-	-

Tabla 3.2.6.1. Desembarque (t) de anchoveta según puertos en la Región Sur al 31 de marzo durante la Primera Temporada de Pesca de anchoveta en la Región Sur (R.M Nº 017-2016-PRODUCE)
Fuente: AFIRNP/IMARPE.

Especie \ Flota \ Puerto		Atico	Planchada	Quilca	Mollendo	Ilo	Total	%
Anchoveta	FI Acero	0	52	0	0	129	181	86.19
	FI Madera	29	0	0	0	0	29	13.81
Total		29	52	0	0	129	210	100.00
%		13.81	24.76	0.00	0.00	61.43	100.00	
CUOTA (380 000 t) en la región SUR				***0.06% de la cuota total***				

Tabla 4.2.2.1. Pronósticos de ICEN por modelos de NMME (promedios trimestrales de los pronósticos de las anomalías en Niño 1+2). Para FMA en los modelos se tomó como complemento la anomalía de ERSST de febrero. La media corrida FMA de CFS2 fue con ERSST febrero y pronóstico de abril (no hay dato para marzo).

Modelo	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO
CFS2	**1.08**	0.45	0.21	-0.14	-0.32	-0.31	-0.15
CMC1	**1.13**	0.91	0.64	0.06	-0.53	-0.79	-0.71
CMC2	**1.20**	**1.08**	0.93	0.56	0.16	-0.05	-0.08
GFDL	0.97	0.66	0.36	-0.07	-0.32	-0.31	-0.10
NASA	0.96	0.46	**-0.15**	-0.53	-0.53	-0.22	0.08
GFDL_FLOR	0.93	0.31	**-0.29**	**-0.83**	-1.01	-0.94	-0.79
NCAR_CCSM4	**1.15**	0.82	0.57	**0.35**	0.33	0.37	0.41
NMME	**1.06**	0.67	**0.32**	**-0.09**	**-0.32**	**-0.32**	**-0.19**
ECMWF							
ICENtmp	**1.14**						