

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



INFORME TÉCNICO ENFEN

Año 2 N°7

Julio 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 Alexey Gutiérrez Aguilar

IMARPE: Marelú Bouchón, Luis Vásquez, Carlos Quispe, Cecilia Peña, Octavio Morón,

DHN: Gustavo Laos, Rina Gabriel, Roberto Chauca.

SENAMHI: Grinia Avalos, Christian Barreto, Nelson Quispe.

IGP: Ken Takahashi, Kobi Mosquera.

ANA: Gustavo Galindo, Carlos Verano

INDECI: Marcial García Blásquez, Elmer Terrones

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° 7, julio de 2016, 49 p.

El Informe Técnico Enfen de julio 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

Diagnóstico Climático y Previsión de El Niño-Oscilación del Sur en el Perú, julio 2016

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

PRESENTACIÓN



Calm (r) Germán Vásquez Solís Talavera
Presidente del Comité Multisectorial Enfén
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 Enfén 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,

A stylized, handwritten signature in black ink, consisting of several fluid, overlapping strokes.

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 JULIO	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. Vientos costeros y temperatura del aire.....	14
3.2.3. Precipitaciones e hidrología en la vertiente del Pacífico	15
3.2.4. Temperatura superficial del mar y nivel medio del mar en la Región Niño 1+2 y en la costa peruana.....	15
3.2.5. Temperaturas sub-superficiales en el litoral peruano	16
3.2.6. Oxígeno, Nutrientes y Productividad en la costa peruana	17
3.2.7. Recursos pesqueros e indicadores biológico	18
4. ANÁLISIS Y PERSPECTIVAS	18
4.1. DISCUSIÓN	18
4.2. PRONÓSTICO	19
4.2.1. A corto plazo (semanas).....	19
4.2.2. A mediano plazo (hasta 3 meses).....	19
4.2.3. A largo plazo (más de 3 meses).....	19
5. CONCLUSIONES	20
6. REFERENCIAS	21
7. FIGURAS	23
8. TABLAS	47

Figuras:

3.1.1.1.	Anomalías de la temperatura superficial del mar (°C) en el océano Pacífico oriental para los días a) 01 de julio, b) 10 de julio, c) 20 de julio, y e) 31 de julio de 2016. La línea sólida en color azul indica el límite externo de la región Niño 1+2. Datos: NCDC/NCEP/NOAA. Procesamiento: DHN.	23
3.1.1.2.	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 1+2 (a) y en la región 3.4 (b).Procesamiento: IGP.	24
3.1.1.3.	Anomalías de la temperatura superficial del mar (°C) en las regiones Niño de agosto del 2015 a julio de 2016. Fuente: NCEP/NOAA.	25
3.1.1.4.	Evolución del Índice de Oscilación Sur (IOS), considerando la media móvil de 30 días. Fuente: Bureau of Meteorology, Australia.	25
3.1.1.5.	Hovmöller de anomalías de a) Radiación de Onda Larga - OLR (W/m ²) desde el mes de julio de 2105 hasta julio de 2016. Datos: NCEP b) Precipitaciones en el mes de junio de 2016. Datos: TRMM. Procesamiento: IGP/SENAMHI.	26
3.1.1.6.	Radiación de Onda Larga - OLR (W/m ²) en el Pacífico central-oriental (170°W-100°W, 5°S-5°N) desde el mes de enero hasta el mes de diciembre de 2016. Datos: ESRL/NOAA, Procesamiento: IGP.	26
3.1.1.7.	Radiación de Onda Larga - OLR (W/m ²) en el Pacífico central-oriental (170°E-140°W, 5°S-5°N) desde el mes de enero hasta el mes de diciembre del 2016. Datos: ESRL/NOAA, Procesamiento: IGP.	27
3.1.1.8.	Análisis de anomalías del viento (m/s) en a) 850 hPa y b) 200 hPa para el mes de julio del 2016. Datos: NCEP/NOAA. Procesamiento: SENAMHI-DCL.	28
3.1.1.9.	Análisis de la Circulación Atmosférica Ecuatorial de este a oeste para el mes de junio 2016. a) Promedio del mes de junio y b) Climatología del mes de julio. Fuente: SENAMHI con datos de la NCEP-NOAA.	28
3.1.1.10.	Diagrama longitud-tiempo de las anomalías de esfuerzo de viento zonal ecuatorial basado en datos del escaterómetro ASCAT (a), anomalía de la profundidad de la isoterma de 20°C con datos de TAO (b) y los derivadores de Argo (c), datos del nivel del mar de JASON-2 (d). 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.	29
3.1.2.1.	Anomalías de la temperatura sub-superficial del mar (°C) en el océano Pacífico ecuatorial entre los 2°N y 2°S promediadas cada cinco días, finalizando los días: a) 5 de julio, b) 10 de julio, c) 15 de julio, d) 20 de julio, e) 25 de julio y f) 31 de julio de 2016. Fuente: TAO/TRITON, PMEL/NOAA.	30
3.1.2.2.	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.	31
3.2.1.1.	Presión atmosférica (hPa) a nivel medio del mar para julio 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.	31
3.2.1.2.	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 30 de julio del 2016. Los vectores representan la dirección del viento y anomalía de la dirección del viento, respectivamente. Datos: ASCAT. Procesamiento: IMARPE.	32
3.2.1.3.	Anomalías de las temperaturas extremas del aire (°C) en la costa peruana desde enero 2015 a julio de 2016. a) Temperatura máxima y b) Temperatura mínima. Fuente: SENAMHI.	32
3.2.2.1.	Condiciones promedio de precipitación, temperatura superficial del mar (TSM) y esfuerzo de viento, correspondientes al mes de julio, 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-Ifrermer // Procesamiento IGP.	33
3.2.2.2.	Serie de tiempo actualizados a fines de julio, 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) Rimac, e) Majes y f) Chili, de la vertiente del pacífico, g) Huancané y h) Ramis, de la cuenca del Titicaca. Líneas azules: caudales de años 2015-2016; L. rojas: Promedio histórico; L. celestes: promedio años húmedos; L. grises: promedio años secos. Fuente: ANA.	34

3.2.3.1.	Índice Costero El Niño para los años 1972-1973 (verde), 1982-1983 (rojo), 1997-1998 (azul) y 2015-2016 (negro). Fuente IGP.	35
3.2.3.2.	Anomalías de Temperatura Superficial del Mar (ATSM), registradas en estaciones del litoral costero de Perú, hasta julio del 2016; a) Series diarias y b) Hovmöller durante el último bimestre, en estaciones de la DHN, c) Series diarias durante el último trimestre, en estaciones del IMARPE.	36
3.2.3.3.	Anomalías de la altura del nivel del mar, actualizados a julio de 2016. a) Series diarias en estaciones costeras de la DHN. b) Hovmöller en franja costera de 0-100 km, entre 2015-2016. AVISO - IMARPE.	37
3.2.4.1.	Distribución vertical de: a) temperatura (°C), b) anomalía de temperatura (°C), c) salinidad (ups), d) anomalía de salinidad (ups) y e) oxígeno (mL/L) frente a Paita, realizada durante el 10 de julio de 2016. Fuente: IMARPE.	38
3.2.4.2.	Distribución vertical de: a) temperatura (°C), b) anomalía de temperatura (°C), c) salinidad (ups) y d) anomalía de salinidad (ups) frente a Chicama, realizada durante el 8 de julio de 2016. Fuente: IMARPE.	38
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), d) oxígeno (mL/L) y e) Clorofila (µg/L) para el periodo del 01 de enero de 2015 al 27 de julio de 2016. Climatología: 1994-2010. Fuente: IMARPE.	39
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), c) Oxígeno (mL/L) y d) Clorofila (µg/L), para el periodo del 22 de enero de 2015 al 27 de julio de 2016. Fuente: IMARPE.	40
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), d) oxígeno (mL/L) y e) Clorofila (µg/L), para el periodo del 01 de enero de 2015 al 27 de julio de 2016. Climatología: 1994-2010. Fuente: IMARPE.	41
3.2.5.1.	Clorofila satelital promedio para el mes de junio (a) y julio (b) del satélite MODIS frente a Perú y la serie de tiempo de anomalías de clorofila superficial satelital promedio (entre los 4°S-16°S y de 0 a 100 km de la costa) provenientes del satélite MODIS (c).	42
3.2.6.1.	Captura en miles de toneladas, estructura mensual de tallas, y distribución de junio (puntos rojos) y julio (puntos negros) de anchoveta acumulada por latitud frente a Perú hasta el 27 de julio 2016. Fuente: AFIRNP/IMARPE.	43
3.2.6.2.	Indicadores reproductivos, a) Fracción Desovante (FD), b) Índice Gonadosomático (IGS) y c) Índice de atresia del stock norte – centro de anchoveta. Serie mensual: Enero 2014 – julio 2016. Fuente: LBR/IMARPE	44
4.2.1.1.	Diagrama Hovmöller longitud-tiempo de las ondas Kelvin en el océano Pacífico ecuatorial (0°N): (a) Modo 1, (b) Modo 2, (c) Modos 1+2 de la isotema de 20 C (m) en la Pacífico 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.	45
4.2.2.1.	Índice Niño 3.4 mensual observado y pronosticado por los modelos de NMME. Fuente: CPC/NCEP/NOAA.	46
4.2.2.2.	Índice Costero El Niño (ICEN, círculos llenos en color negro) y sus valor temporal (ICEN _{tmp} , círculo lleno en color rojo). Además, pronósticos numéricos del ICEN (mediana 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 mayo de 2016. Fuente: IGP, NOAA, proyecto NMME, ECMW.	46

Tablas

Tabla 2.1.1.	Principales variables y bases de datos utilizados en el presente informe	12
Tabla 3.2.3.1.	Volumen de agua almacenado en los reservorios principales para el mes de julio. Fuente ANA.	47
Tabla 3.2.4.1.	Valores del Índice Costero El Niño (ICEN) de setiembre de 2015 a julio de 2016. Fuente IGP.	48
Tabla 3.2.3.2.	Anomalías mensuales de la temperatura superficial del mar (°C) y nivel medio del mar (cm) en el semestre febrero - julio de 2016. Fuente: Estaciones costeras – DHN.	49
Tabla 4.2.2.1.	Pronósticos de ICEN por modelos de NMME (promedios trimestrales de los pronósticos de las anomalías en Niño 1+2). La media corrida JJA de CFS2 fue sólo con junio y agosto, no hay dato para julio	49

RESUMEN

El Comité encargado del Estudio Nacional del Fenómeno El Niño (ENFEN) se reunió para analizar y actualizar la información de las condiciones meteorológicas, oceanográficas, biológico-pesqueras e hidrológicas correspondiente al mes de julio del 2016 y sus perspectivas.

La anomalía del contenido de calor en el Océano Pacífico Ecuatorial se ha mantenido negativa. En la región del Pacífico Central (Niño 3.4), la anomalía de la Temperatura Superficial del Mar (TSM) continúa en una tendencia negativa, con una anomalía mensual de $-0,5^{\circ}\text{C}$. Sin embargo, la actividad convectiva, la subsidencia y el viento zonal en el Pacífico Central al momento muestran evidencias de un posible acoplamiento favorable al desarrollo de un mayor enfriamiento.

En el Pacífico Ecuatorial Oriental (región Niño 1+2), la TSM fluctuó ligeramente por encima de lo normal (Figura 1b). El valor del Índice Costero El Niño (ICEN) para junio es $+0,43^{\circ}\text{C}$ (Condición Cálida Débil) y el estimado para julio (ICEN_{tmp}) es $+0,25^{\circ}\text{C}$ (Condición Neutral).

El Anticiclón del Pacífico Sur (APS) se presentó debilitado respecto al mes anterior, con una anomalía negativa en su núcleo de -3hPa , mientras que los vientos costeros mostraron un comportamiento de débil a normal a lo largo del litoral peruano.

Las temperaturas extremas del aire en la costa norte y central se presentaron con anomalías de $+1,74^{\circ}\text{C}$ para la temperatura máxima y $+0,2^{\circ}\text{C}$ para la temperatura mínima. En la costa sur, las anomalías fueron $+0,96^{\circ}\text{C}$ y $+1,21^{\circ}\text{C}$, respectivamente. En cuanto a las anomalías de la TSM en el litoral, estas presentaron en promedio valores de $+0,5^{\circ}\text{C}$ desde Paita hasta Ilo, aunque en Talara la anomalía promedio fue $-1,4^{\circ}\text{C}$. Por otro lado, se sigue manteniendo la presencia de aguas oceánicas de alta salinidad fuera de las 10 mn entre Chicama y Callao.

La cuarta onda Kelvin fría generada en el mes de junio y que se esperaba arribe en el mes de agosto ha sido atenuada debido a anomalías de vientos del oeste en el Pacífico Oriental.

En la Estación Fija Paita, localizada a 7 mn de la costa, la columna de agua mantiene condiciones neutras de temperatura hasta los 100 m de profundidad. Dentro de las 100 mn de la costa, frente a Paita, se observan también condiciones normales. Frente a Chicama, se observaron anomalías positivas de temperatura de hasta $+3^{\circ}\text{C}$ fuera de las 50 mn hasta los 100 m de profundidad asociada a la presencia de aguas oceánicas, mientras que cerca de la costa se presentaron condiciones neutras.

Los caudales de los ríos de la costa mostraron características propias del período de estiaje, con hidrogramas de tipo descendente y en su mayoría con caudales promedios diarios por debajo de lo normal; a excepción de los ríos Chira, Rímac y Majes que presentaron caudales por encima de lo normal. Los reservorios en la costa norte y sur vienen operando en promedio al 72% y 59% de su capacidad hidráulica útil, respectivamente.

La clorofila-a, indicador de la producción del fitoplancton que es base de la cadena alimenticia en el mar, presentó condiciones normales para el mes a lo largo de toda la franja costera. La anchoveta se presentó dentro de las 50 mn desde Talara hasta San Juan de Marcona, con sus máximas concentraciones entre Huacho y Callao. La temporada de pesca industrial de anchoveta y anchoveta blanca (samasa) en la Región Norte – Centro culminó con aproximadamente el 49% de la cuota establecida de 1,8 millones de toneladas. Los indicadores reproductivos de la anchoveta muestran el inicio del periodo de desove principal de invierno - primavera.

1. INTRODUCCIÓN

El Niño Oscilación Sur (ENOS) es el proceso más importante que influye en la variación interanual de las condiciones climáticas en la cuenca del Océano Pacífico, presentando sus dos fases, cálida y fría, El Niño y La Niña, respectivamente. Debido a los diversos efectos de este proceso en los ecosistemas y en los 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 para el estudio del Fenómeno de El Niño (ENFEN), reporta periódicamente el análisis del monitoreo de parámetros océano-atmosféricos, en el Pacífico Ecuatorial y Sudoriental, así como de la dinámica sub-superficial de parámetros oceanográficos, poniendo mayor atención en la zona costera de Perú. Asimismo se reportan los impactos hidrológicos, asociados a precipitaciones e incrementos súbitos del caudal de los principales ríos del territorio peruano. Para los impactos en el ecosistema marino se analizan indicadores de la fertilidad y productividad del mar peruano, así como también la respuesta de los principales recursos hidrobiológicos y la actividad pesquera. Finalmente, se formula la previsión futura de los principales indicadores 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 ICEN_{tmp}, 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 lineal, 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 1° y $0,5^\circ$ para el eje X e Y , respectivamente. El modelo es forzado principalmente con información del producto L3 del “escaterometro” ASCAT (Bentamy y Croize-Fillon, 2012) obtenido del IFREMER (ftp.ifremer.fr). Para calcular la contribución de las ondas Kelvin y Rossby sobre el nivel del mar y las corrientes zonales se usa la metodología de Boulanger y Menkes (1995). 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.

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.

Tabla 2.1.1. Principales variables y bases de datos utilizados en el presente informe.

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

3. CONDICIONES OBSERVADAS EN JULIO

3.1 CONDICIONES A MACROESCALA

3.1.1 Circulación atmosférica y temperatura superficial en el Pacífico Ecuatorial

Durante julio, las anomalías negativas de la TSM en el Pacífico Ecuatorial se amplificaron en comparación al mes anterior, observándose esta amplificación en toda la región (Figura 3.1.1.1). Se mantuvo una tendencia a la disminución de las anomalías de TSM en el Pacífico Ecuatorial Central llegando a alcanzar valores ligeramente negativos y muy próximos a los valores alcanzados en el año 1983 (Figura 3.1.1.2.a). En el Pacífico Ecuatorial Oriental (Niño 1+2), en promedio, las anomalías de TSM se mantuvieron ligeramente positivas pero muy próximas a cero (Figura 3.1.1.2 b, Figura 3.1.1.3).

El Índice de Oscilación del Sur calculado para el mes de julio es de +4.2 (Figura 3.1.1.4). Este valor se encuentra dentro del rango neutro (± 7), asociado a condiciones normales. Respecto a la actividad convectiva en el Pacífico Ecuatorial, un indicador clave del acoplamiento océano-atmósfera, la Radiación de Onda Larga (ROL) en la región $170^{\circ}\text{W} - 100^{\circ}\text{W}$ y $5^{\circ}\text{S} - 5^{\circ}\text{N}$ ha continuado disminuyendo respecto al mes anterior; siendo este valor menor al año 1983 y muy próximo al año 1998 para el mismo período (Figura 3.1.1.5 y Figura 3.1.1.6). En la región del Pacífico Central ($170^{\circ}\text{E} - 140^{\circ}\text{W}$ y $5^{\circ}\text{S} - 5^{\circ}\text{N}$) los valores de ROL continúan disminuyendo, con valores de ROL muy próximos a los alcanzados durante el 1998, así como a otros años, 2007 y 2010 (Figura 3.1.1.6 y Figura 3.1.1.7).

En niveles bajos de la tropósfera (850 hPa), se observa, en promedio, ligeras anomalías de viento del oeste al norte del ecuador en el Pacífico Central-Oriental, entre los $140^{\circ}\text{W} - 80^{\circ}\text{W}$ aproximadamente (Figura 3.1.1.8.a). En los niveles altos (200 hPa), sobre el Pacífico Central y Oriental se observaron anomalías próximas a cero, indicando que durante este mes los vientos estuvieron dentro de su patrón climatológico (Figura 3.1.1.8.b).

Las secciones verticales a lo largo de la franja ecuatorial mostraron mayor subsidencia sobre el Pacífico Central-Oriental. Los valores mostraron su mayor intensificación de subsidencia entre 180°W y 100°W en niveles medios y altos en comparación a los meses anteriores, atenuando en general las convecciones profundas en esta región. Por otro lado, los valores de anomalía estuvieron cercanas a cero entre 140°W y 80°W , lo que indica condiciones normales para esta región (Figura 3.1.1.9).

Asimismo, el esfuerzo de viento calculado a partir del satélite ASCAT, continuó mostrando condiciones normales sobre el Pacífico Oriental; sin embargo, sobre el Pacífico Occidental se observó pulsos de anomalías del este, asociados a intensificación de los alisios, entre $40 - 30 \times 10^{-2} \text{ Nm}^{-2}$ (Figura 3.1.1.10 a).

3.1.2 Dinámica oceánica en el Pacífico Ecuatorial

Durante el mes los datos in situ de las boyas TAO/TRITON y ARGO mostraron un ascenso de la isoterma de 20°C (reflejada en anomalías negativas de su profundidad) hasta unos 20 m por encima de su posición climatológica en la región que va de 110°W a 90°W, asociada a la ausencia de pulsos significativos de vientos del oeste en la franja ecuatorial central y oriental, de acuerdo al monitoreo de los vientos estimados del satélite ASCAT (Figura 3.1.1.10 a). La anomalía más negativa se detectó en la región alrededor 160°W, hasta unos 40 metros por encima de su posición normal, (Figura 3.1.1.10 b y Figura 3.1.1.10 c). Por otro lado, los datos de altimetría satelital (Jason-2) mostraron anomalías positivas de la altura del nivel del mar en el Pacífico en el Pacífico Oriental (100°W-90°W) de hasta +10 cm (Figura 3.1.1.10 d).

En cuanto a la temperatura sub-superficial, a inicios de mes se presentó anomalías negativas entre -1 y -4°C a 50 – 250 m de profundidad entre los 140°E y 105°W, con un núcleo negativo de hasta -4°C a 100 - 150 m de profundidad entre 172°W y 155°W. Hacia finales del mes las anomalías entre -1 y -3°C se expandieron en cobertura, alcanzando una región entre los 140°E y 95°W a 50 – 250 m de profundidad. Sin embargo el núcleo negativo disminuyó en intensidad de anomalías de -4°C a inicios de mes a anomalías de hasta -3°C a 100-150 m de profundidad entre 170°W y 140°W hacia fines de mes (Figura 3.1.2.1). Por otro lado, la evolución de la inclinación de la termoclina mostró una tendencia a normalizarse hasta alcanzar valores neutros al final del mes en el Pacífico Ecuatorial. La descarga de calor se revirtió ligeramente, aunque manteniéndose una anomalía negativa del contenido de calor (Figura 3.1.2.2).

3.2 CONDICIONES A ESCALA REGIONAL

3.2.1 Circulación atmosférica en el Pacífico Sudoriental

El campo de presiones frente al litoral mostró valores dentro de lo normal (Figuras 3.2.1.1). Asimismo, el Anticiclón del Pacífico Sur (APS), se presentó ligeramente debilitado en su núcleo (1020 hPa) con una configuración zonal y ubicándose en su posición habitual (alrededor de los 90°W y 30°S). Con respecto al comportamiento regional del esfuerzo de viento, se observa un comportamiento cercano a su valor climatológico en la región más próxima al litoral peruano (Figura 3.2.1.2).

3.2.2. Vientos costeros y temperatura del aire.

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 8 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 (SSO), entre 5°S y 15°S predominaron vientos del sur-sureste (SSE), mientras que al sur de los 15°S se presentaron vientos de dirección sureste (SE) (Figura 3.2.2.1 a). Las anomalías de la velocidad del viento oscilaron entre -2 y +2 m/s, predominando anomalías negativas entre -1 m/s y -2 m/s en gran parte de la costa peruana (Figura 3.2.2.1 b).

Los registros de la temperatura del aire a nivel de superficie en el litoral norte y centro mostraron anomalías positivas (Figura 3.2.2.2). La temperatura máxima, con valores de hasta +3,3°C en la estación San Miguel (Piura), +2,6°C en la estación Puerto Pizarro (Tumbes) y +2,3°C en la estación Chusis (Piura). La temperatura mínima presentó condiciones normales en la costa norte y central, a excepción de la costa sur que registró anomalías de +1,2°C en promedio.

3.2.3 Precipitaciones e hidrología en la vertiente del Pacífico

Durante el mes de julio, la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT) se presentó entre los 5°N-8°N en el Pacífico occidental y oriental; mientras que cerca de Sudamérica se posicionó a los 10°N, debido a mayores valores de temperatura superficial del mar sobre este sector. Los movimientos de alta convección sobre el Pacífico central, oscilaron dentro de su variabilidad climatológica (Figura 3.2.1.2).

Sobre el territorio nacional, las mayores precipitaciones se dieron a lo largo de la región selva norte-oriental (Figura 3.2.1.2 a, b). Al culminar el mes de julio, los ríos monitoreados del país mostraron características propias del período de estiaje, con hidrogramas de tipo descendentes y mayormente con promedios diarios de caudales por debajo a los registros históricos a excepción del río Majes. (Figura 3.2.3.1).

En el sur, el sistema hidráulico Colca – Chili (Arequipa) opera en promedio al 58%, mostrando en su mayoría hidrogramas descendentes, a excepción del reservorio Aguada Blanca que muestra un ascenso a partir del mes de mayo. En Pasto Grande (Moquegua), el nivel llegó hasta el 45%. Los de Tacna (Aricota, Jarumas y Paucarani) están en promedio al 66% de su capacidad hidráulica. En la costa sur los embalses muestran una tendencia ligeramente decreciente, operando en promedio al 59% de su capacidad hidráulica útil (Tabla 3.2.3.1).

3.2.4 Temperatura superficial del mar y nivel medio del mar en la región Niño 1+2 y en la costa peruana

En Julio, frente a Tumbes se presentaron anomalías positivas durante todo el mes. Sin embargo desde Talara al sur del litoral peruano fuera de las 20 mn se evidenció el predominio de intensas anomalías negativas a inicios de mes, con celdas que alcanzaron los -2°C (al norte del litoral), las cuales fueron disipándose hacia la tercera semana, llegando a alcanzar anomalías positivas durante la última semana, sobre todo frente a Chimbote (+3°C) e Ilo (+1.5°C) (Figura 3.1.1.1).

Las series temporales de TSM y sus anomalías hasta mayo del 2016, comparadas con los años, 1972-73, 1982-83, 1991-92 y 1997-98, indicaron que en la región Niño 1+2, las condiciones térmicas de julio estuvieron notablemente por debajo de lo que sucedió en los años 1983 y 1998, mientras que presentaron mayores valores respecto al año 1973 y valores ligeramente por encima respecto al año 1993 (Figura 3.1.1.2).

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 +0.43 °C para junio del año 2016, que correspondió a una condición Cálida Débil (ENFEN, 2012). El valor temporal del ICEN (ICEN_{tmp}), basado parcialmente en los pronósticos de los modelos numéricos, para julio fue de +0,25 °C, indicando una condición Neutra para este mes (Figura 3.2.4.1 y Tabla 3.2.4.1).

En las estaciones costeras de la DHN, las anomalías de la TSM en Talara, a inicios de mes, presentaron valores negativos que alcanzó -1,5 °C, los cuales fueron atenuándose gradualmente hacia mediados de mes. No obstante durante la última semana de julio se observó una intensificación de anomalías negativas que llegó a -2 °C. Por otra parte, desde Paita a Callao las anomalías de la TSM en general tuvieron una tendencia positiva hasta la tercera semana del mes, pero presentaron una disminución de los valores llegando en algunos casos a finalizar el mes con valores neutros (Isla Lobos de Afuera y Callao) y negativos (Paita y Chimbote, ~-0,4°C). En cambio, al sur de San Juan persistieron anomalías positivas durante el mes con valores de hasta +1°C (Tabla 3.2.4.2, Figura 3.2.4.2 a, b). En las estaciones costeras de IMARPE, se observó el predominio de anomalías positivas de TSM para Tumbes (+2 °C) e Ilo (+1 °C) durante el mes, mientras que anomalías negativas en Paita (-1 °C) y condiciones predominantemente neutras entre Chimbote y Pisco (Figura 3.2.4.2 c).

En las estaciones costeras de la DHN, la ANMM desde Talara a Pisco presentó anomalías positivas a principios de mes, con ~+5 cm desde Talara a Chimbote y ~+2 cm frente Callao y Pisco. Estas anomalías fueron disminuyendo hasta alcanzar valores negativos a finales del mes, presentándose los valores más negativos frente a Callao y Pisco (~-4 cm). En la región sur (San Juan y Matarani), las anomalías se mantuvieron positivas (~+4 cm) (Figura 3.2.4.3 a, b). Los datos satelitales de altimetría muestran aproximadamente el mismo patrón que los registros instrumentales de las estaciones de DHN (Figura 3.2.4.3 c).

3.2.5 Condiciones sub-superficiales frente al litoral peruano

En la sección de Paita (10 de julio), se observó una débil termoclina en la zona costera y algo más pronunciada por fuera de las 40 mn en el rango entre 17°C y 19°C, sobre los 50 metros de profundidad. La isoterma de 15°C se localizó alrededor de los 150 m de profundidad (Figura 3.2.5.1 a). Como consecuencia de esta estructura, anomalías térmicas alrededor de -0,5°C se localizaron en los primeros 50 m de profundidad hasta las 40 mn frente a Paita, y anomalías cercanas a cero se observaron entre los 50 m y 500 m de profundidad (Figura 3.2.5.1 b). Se evidenciaron condiciones de mezcla de masas de agua, caracterizadas por valores de salinidad entre 34,9 ups y 35,1 ups, sobre los 200 m de profundidad (Figura 3.2.5.1 c). Si bien predominaron condiciones neutras halinas en la estructura vertical, se observó núcleos de anomalías negativas de salinidad a 80–100 mn y a 30-40 mn de la costa en la capa superficial, posiblemente asociadas a la influencia de Aguas Ecuatoriales Superficiales (AES) (Figura 3.2.5.1 d).

Con respecto a la sección de Chicama (8 de julio), la termoclina se presentó a 50 - 100 m de profundidad, siendo más intensa por fuera de las 20 mn ($16^{\circ}\text{C} - 19^{\circ}\text{C}$), mientras que la isoterma de 15°C se localizó entre los 100 y 120 m de profundidad (Figura 3.2.5.2 a). Esto ocasionó un núcleo con una anomalía térmica de alrededor de $+3^{\circ}\text{C}$ ubicado en los primeros 100 m de profundidad entre las 50 a 100 mn de la costa (Figura 3.2.5.2 b). La distribución de salinidad mostró Aguas Subtropicales Superficiales (ASS) sobre los 100 m de profundidad por fuera de las 20 mn, llegando hasta 35,4 ups (Figura 3.2.5.2 c), lo cual produjo anomalías hasta de $+0,4$ ups sobre los 90 m de profundidad entre las 50 a 100 mn de la costa (Figura 3.2.5.2 d).

En la Estación Fija Paita (7 mn de la costa), se registraron temperaturas entre 16°C y 17°C sobre los 100 m de profundidad, con un ascenso de las isotermas durante la última quincena de julio (Figura 3.2.5.3 a). Asimismo se registraron anomalías positivas hasta de $+1^{\circ}\text{C}$ por debajo de los 60 m de profundidad, especialmente hacia mediados del mes (Figura 3.2.5.3 b). La salinidad exhibió valores alrededor de 35,0 ups durante todo el mes, indicando la presencia de aguas de mezcla en toda la columna de agua (Figura 3.2.5.3 c).

En la Estación Fija Chicama (10 mn de la costa), se observó un ligero descenso de la isoterma de 16°C durante la segunda quincena de julio, (Figura 3.2.5.4 a). El comportamiento halino mostró salinidades alrededor de 35,0 ups sobre los 100 m de profundidad (Figura 3.2.5.4 b), indicando la presencia de aguas de mezcla durante todo el mes.

En la Estación Fija Callao (8 mn de la costa), la temperatura mostró valores en el rango de 15° a 16°C sobre los 90 m de profundidad, con un ascenso de la isoterma de 15°C en los últimos días del mes (Figura 3.2.5.5 a). Las anomalías de temperatura mostraron valores alrededor de cero en toda la columna de agua (Figura 3.2.5.5 b). Asimismo, las aguas de mezcla predominaron la mayor parte del mes (Figura 3.2.5.5 c).

3.2.6 Oxígeno, Nutrientes y Productividad en la costa peruana

Durante la segunda semana de julio en la sección vertical de Paita el límite superior de la zona de mínima de oxígeno (ZMO) ($\text{OD} < 0,5 \text{ ml/L}$) se encontró a los ~ 200 m (Figura 3.2.5.1 d), ligeramente más profundo al mes de junio. Además, la sección Chicama respecto a junio presentó condiciones menos oxigenadas dentro de los 40 km a la costa y mayores concentraciones en la zona oceánica con una mayor profundización de la ZMO (Figura 3.2.5.2 d). En las estaciones fijas costeras, la distribución vertical del oxígeno no exhibió grandes variaciones durante el mes, presentándose la iso-oxígena de 1 ml/L a 100 m de profundidad frente a Paita, a 40 m frente a Chicama, y a 20 m frente a Callao (Figuras 3.2.5.3d, 3.2.5.4c, 3.2.5.5d).

Se evidenció una disminución en las concentraciones de clorofila-a (respecto al promedio de junio) en la columna de agua en la costa norte (Estación Fija Paita, figura 3.2.4.3e) por encima de los 20 m ($\sim 0,3 \text{ mg/m}^3$). En la Estación Fija Callao se evidenció una disminución hasta la primera quincena, recuperándose parcialmente a finales de mes concentraciones en superficie de 1 mg/m^3 (figura 3.2.5.3 e).

La distribución espacial de la clorofila-a satelital (Figura 3.2.6.1 a) también evidencia menores concentraciones de clorofila-a en casi todo el mar peruano (acercamiento de la isolínea de 1 mg/m³ a la costa) respecto al mes anterior, encontrándose las mayores concentraciones frente a Pisco (~10 mg/m³, Figura 3.2.6.1b). Además, el promedio de las anomalías de clorofila-a en superficie fue muy cercano a cero en casi todo el mes de julio, observándose la primera quincena anomalías ligeramente negativas (~-0,5 mg/m³) y una anomalía positiva de ~+1,5 mg/m³ a fines del mes, explicado principalmente por los registros de Pisco, debido a la presencia de nubes a lo largo del litoral (Figura 3.2.6.1c).

3.2.7 Recursos Pesqueros e indicadores biológicos

Durante la primera temporada de pesca de anchoveta y anchoveta blanca en la región norte-centro el desembarque de los recursos ascendió a 885 298 t, correspondiendo al 49,2% de la cuota establecida (1 800 000 t). Los mayores desembarques acumulados se encontraron entre los 10°S a los 12°S (Figura 3.2.7.1)

La estructura de tallas de la anchoveta en la zona norte-centro y sur presentaron un comportamiento uni-modal de ejemplares adultos (>12 cm) en su mayoría a lo largo de la costa. Las estructuras de tallas presentó un gradiente de norte (~16 cm) a sur (~12.5 cm) (Figura 3.2.7.1). Los mayores porcentajes de juveniles se encontraron a los 8°S (33%) y a los 15°S (45%).

Los indicadores reproductivos de la anchoveta del stock norte-centro muestran que la anchoveta ha comenzado su periodo de desove, presentando valores por encima del patrón normal de la Fracción Desovante (FD) y del Índice Gonadosomático (IGS). El Índice de Atresia (IA), presentó valores cerca al patrón normal (ligeramente superiores), lo cual indica que los ovocitos se estarían desarrollando normalmente (Figura 3.2.7.2).

Al igual que en junio, en julio se registran especies indicadores de aguas cálidas como la caballa y bonito frente a Callao y Pisco. Además, hubo presencia de múnida entre los 10°S a 15°S, la cual es una especie indicadora de aguas frías.

4. ANÁLISIS Y PERSPECTIVAS

4.1 DISCUSIÓN

En la región Niño 3.4 continuó la tendencia a la disminución de la TSM, mientras que en la región Niño 1+2 la anomalía osciló entre valores neutro y ligeramente cálidos durante el mes de julio. En el Pacífico Oriental próximo al continente entre 100 °W y 80°W, en los niveles bajos los vientos se comportaron de acuerdo a su patrón climatológico, mientras que en niveles altos se observó ligeras anomalías del este. Así mismo sobre la región 180°W y 85°W los movimientos convectivos se mantuvieron débiles y se incrementó la subsidencia.

La ZCIT se encontró ligeramente desplazada hacia el norte de la región ecuatorial, por lo cual tuvo un menor efecto en las precipitaciones cercanas a la zona continental.

Por otro lado, debido al periodo de estiaje, los principales ríos mostraron caudales por debajo del histórico, afectando a las reservas hídricas en la costa norte, donde los embalses disminuyeron ligeramente en relación al reporte anterior.

La temperatura frente a Paíta muestra en general condiciones neutras en toda la estructura vertical, similar al mes de junio. Frente a Chicama se observa otro panorama, con condiciones neutras hasta las 50 mn frente a la costa, mientras que a mayor distancia las condiciones fueron cálidas asociadas a la incursión de ASS, posiblemente debido a los vientos débiles que predominaron durante el mes a lo largo de la costa.

Entre tanto, la principal área de pesca del stock centro-norte de la anchoveta en su primera temporada ha estado concentrada entre Chimbote y Callao con bajas incidencias de juveniles, presentándose además dos áreas secundarias, frente a Piura y frente a Pisco y San Juan. Por otro lado, los parámetros biológico-reproductivos indican que la anchoveta ha comenzado su periodo de desove.

4.2 PRONÓSTICO

4.2.1 A corto plazo (semanas)

Los modelos de simulación de las Ondas Kelvin, corridos por IGP e IMARPE, muestran una onda Kelvin fría débil (modo 1) generada en julio 2016, debido a una intensificación de los vientos alisios en el Pacífico Ecuatorial Occidental-Central, la cual llegaría frente a las costas de Sudamérica entre finales de agosto e inicios de setiembre 2016 (figura 3.1.2.1 e y 4.2.1.1). Cabe resaltar que la onda Kelvin fría que se había pronosticado (en el comunicado de junio) llegue a las costas de Sudamérica finales de julio, se vio atenuada y no tuvo repercusión significativa en la TSM costera frente a Perú.

4.2.2 A mediano plazo (hasta 3 meses)

Para el Pacífico Ecuatorial Central (Niño 3.4), todos los modelos que han sido considerados, y que fueron inicializados en junio, indican que las temperaturas continuarían disminuyendo hasta condiciones neutras entre agosto y octubre (Figura 4.2.2.1). Para el Pacífico Oriental (Niño 1+2), la mayoría de modelos inicializados en julio indican que los meses de agosto-octubre presentarían condiciones neutras. En general, estos pronósticos son menos fríos que los inicializados en junio (Figura 4.2.2.2).

4.2.3 A largo plazo (más de 3 meses)

Para el Pacífico Central (región Niño 3.4), todos los modelos dinámicos NMME considerados inicializados en julio, indican en promedio, que se presentarán anomalías de TSM ligeramente negativas para fines de año, alcanzando condiciones de La Niña débil (Figura 4.2.2.1). Para el Pacífico Oriental (región Niño 1+2), los modelos climáticos de NMME y el modelo ECMWF indican condiciones neutras para los meses de fin de año y enero 2017.

5. CONCLUSIONES

En el Pacífico Ecuatorial Central (Niño 3.4) las anomalías de TSM presentaron valores negativos con una ligera tendencia a seguir disminuyendo, mientras que en la región Niño 1+2 se registró también este enfriamiento aunque aún persistieron ligeras anomalías positivas. El Índice Costero El Niño, para el trimestre mayo-junio-julio presentó una condición Cálida Débil, con una anomalía promedio de $+0.43^{\circ}\text{C}$.

A lo largo de la costa peruana la anomalía promedio de la TSM en el litoral desde Paita hasta Ilo presentó un valor de $+0,5^{\circ}\text{C}$, a excepción de Talara que tuvo una anomalía de $-1,4^{\circ}\text{C}$. En la capa sub-superficial, frente a Paita se presentaron condiciones normales en temperatura y salinidad, mientras que frente a Chicama aún se detectaron anomalías positivas de temperatura y salinidad fuera de las 50 mn.

La concentración de clorofila-a, indicador de la productividad biológica, presentó valores bajos propios de la estación. La primera temporada de pesca de anchoveta se viene desarrollando con la principal área de pesca distribuida entre Chimbote y Callao. Los índices de la actividad reproductiva muestran el inicio del periodo de desove.

A nivel hidrológico, en el territorio nacional se atraviesa por el periodo de estiaje. Se presentaron bajos caudales de los ríos de la cuenca del Pacífico, así como la capacidad hidráulica de los reservorios respecto al mes anterior.

Para los próximos dos meses se espera que la TSM continúe descendiendo debido a la estacionalidad. Se espera que la cuarta onda Kelvin fría formada en junio no impacte en forma significativa a la temperatura de la costa peruana. Se prevé la formación de una nueva onda Kelvin fría que arribaría a la costa de Sudamérica entre fines de agosto e inicio de setiembre. Sin embargo, si es que esta onda fría se debilita, tal como ocurrió con las ondas frías anteriores, las temperaturas podrían mantenerse en un rango neutral. Por lo tanto se espera que las temperaturas se presenten en un rango de normal a ligeramente frías.

Asimismo, se espera que estas condiciones estén acompañadas por la continuación de la cobertura nubosa y lloviznas a lo largo de la costa hasta fines de invierno.

Para los siguientes meses la mayoría de los modelos globales pronostican el desarrollo de condiciones La Niña débil para el Pacífico Central (región Niño 3.4) hasta fin de año, tendiendo a declinar a condiciones neutras durante el verano 2016-2017. En cambio para la región Oriental (Niño 1+2), todos los modelos globales pronostican condiciones neutras hasta el verano inclusive.

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.

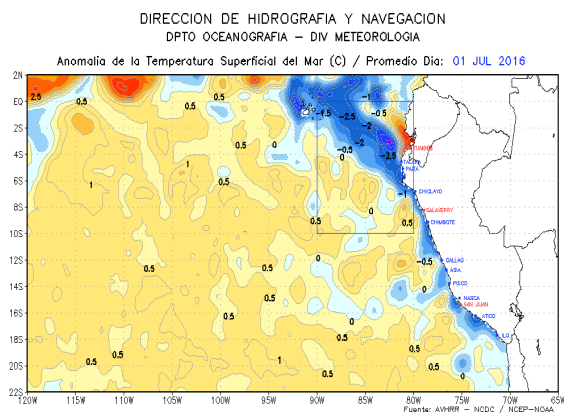
Mosquera, K., B. Dewitte y P. Lagos, 2011: Variabilidad Intra-estacional de la onda de Kelvin ecuatorial en el Pacífico (2000-2007): simulación numérica y datos observados. *Magistri et Doctores, Revista de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos*, Lima, Año 5, No9, julio-diciembre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

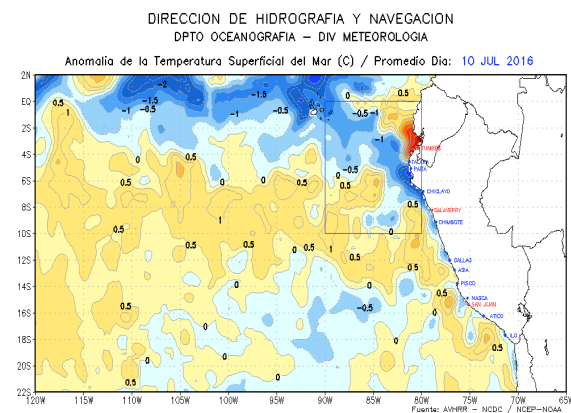
Takahashi, K., K. Mosquera y J. Reupo, 2014: El Índice Costero El Niño (ICEN): historia y actualización, Boletín Técnico "Generación de modelos climáticos para el pronóstico de la ocurrencia del Fenómeno El Niño", Instituto Geofísico del Perú, Febrero, 1, 2, 8-9.

7. FIGURAS

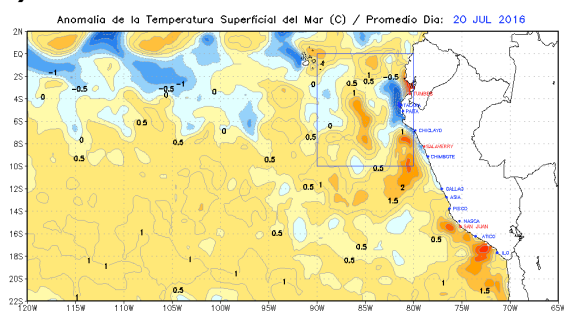
a)



b)



c)



d)

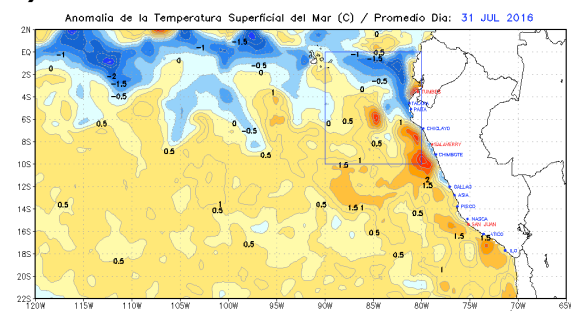
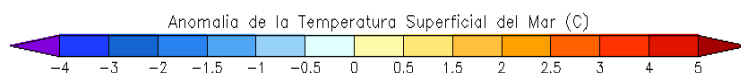


Figura 3.1.1.1. Anomalías de la temperatura superficial del mar (°C) en el océano Pacífico oriental para los días a) 01 de julio, b) 10 de julio, c) 20 de julio, y e) 31 de julio de 2016. La línea sólida en color azul indica el límite externo de la región Niño 1+2. Datos: NCDC/NCEP/NOAA. Procesamiento: DHN.

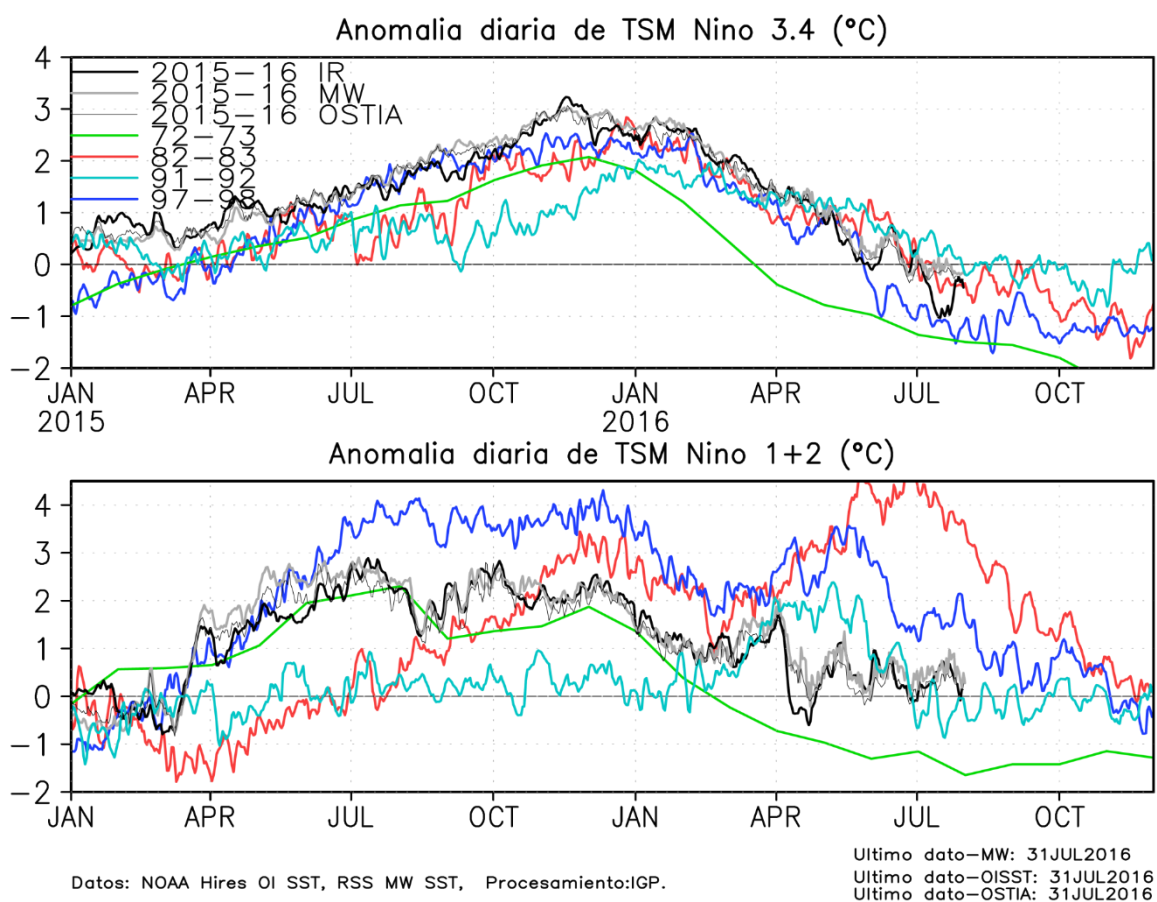


Figura 3.1.1.2 Anomalia de TSM (°C) durante el año 1982 (rojo), 1997 (azul) y 1972 (verde) según los datos infrarrojos (NOAA Daily OI SST v2 AVHRR), en la región 1+2 (a) y en la región 3.4 (b).Procesamiento: IGP.

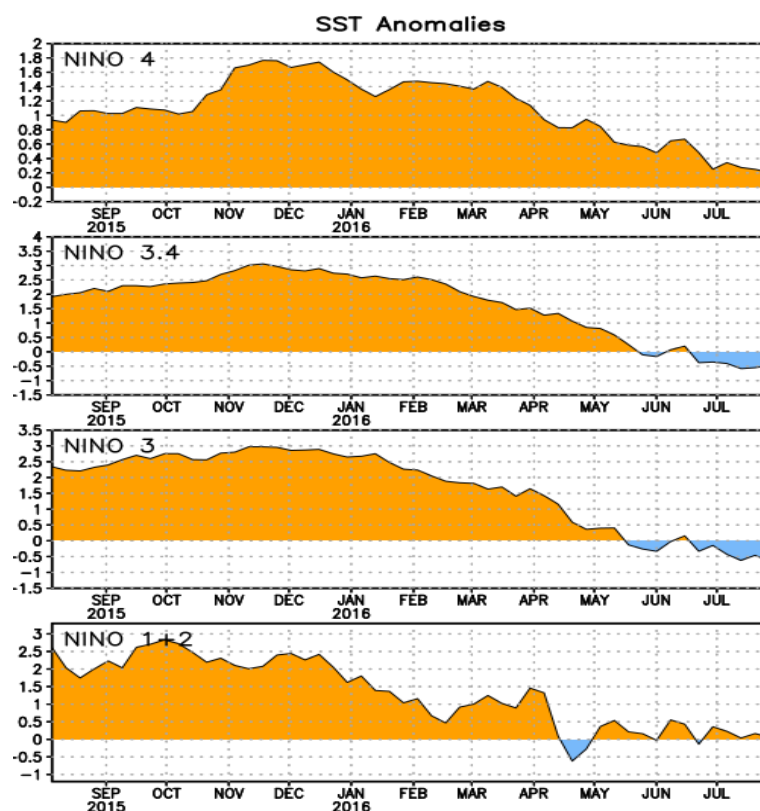


Figura 3.1.1.3 Anomalías de la temperatura superficial del mar (°C) en las regiones Niño de agosto del 2015 a julio de 2016. Fuente: NCEP/NOAA.

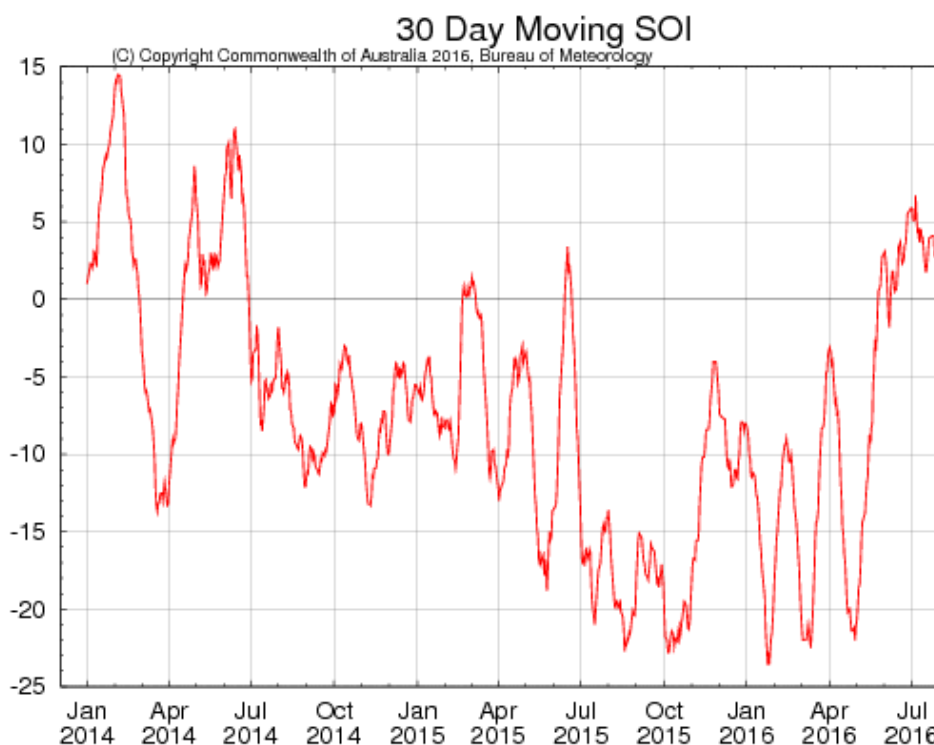


Figura 3.1.1.4 Evolución del Índice de Oscilación Sur (IOS), considerando la media móvil de 30 días. Fuente: Bureau of Meteorology, Australia.

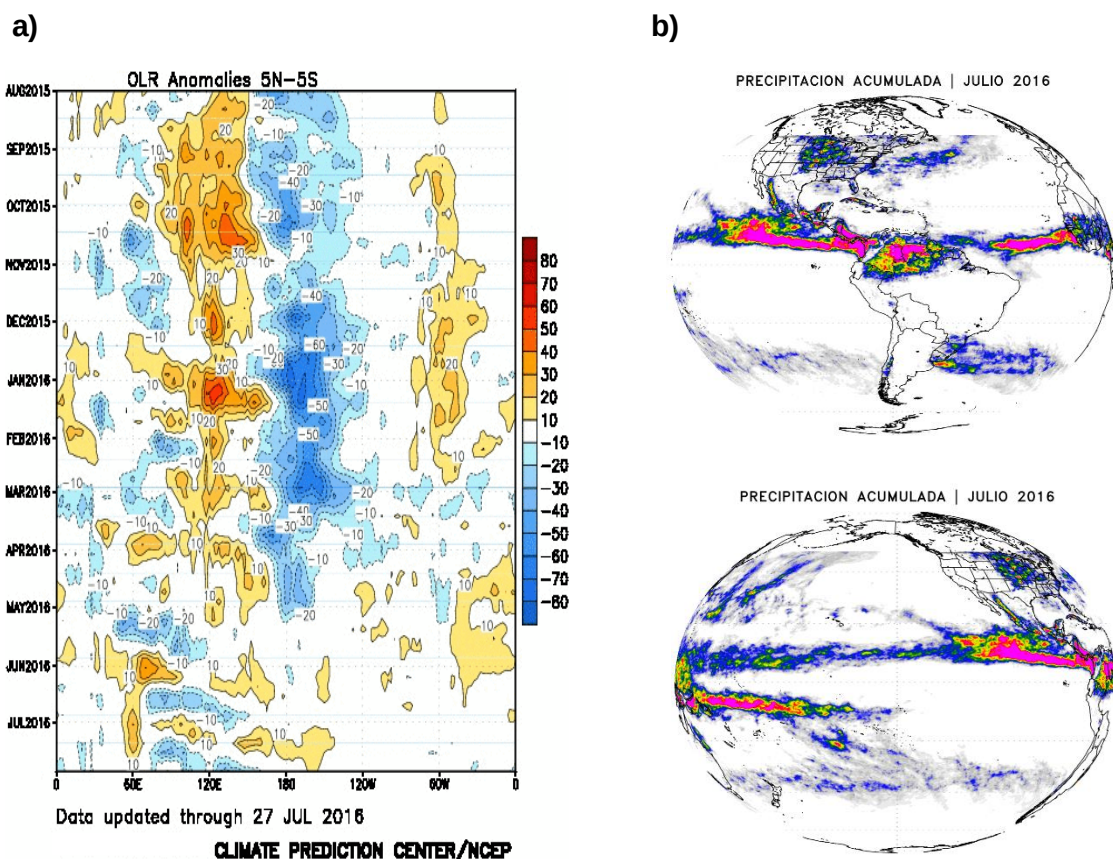


Figura 3.1.1.5. Hovmöller de anomalías de a) Radiación de Onda Larga - OLR (W/m^2) desde el mes de julio de 2015 hasta junio de 2016. Datos: NCEP b) Precipitaciones en el mes de junio de 2016. Datos: TRMM. Procesamiento: IGP/SENAMHI.

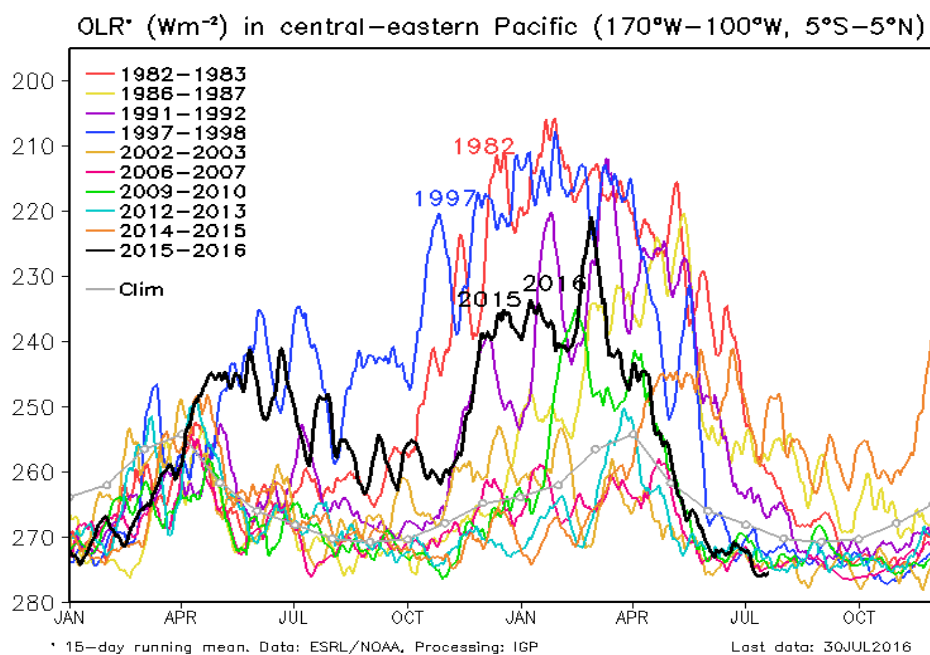


Figura 3.1.1.6. Radiación de Onda Larga - OLR (W/m^2) en el Pacífico central-oriental ($170^\circ\text{W}-100^\circ\text{W}$, $5^\circ\text{S}-5^\circ\text{N}$) desde el mes de enero hasta el mes de diciembre de 2016. Datos: ESRL/NOAA, Procesamiento: IGP.

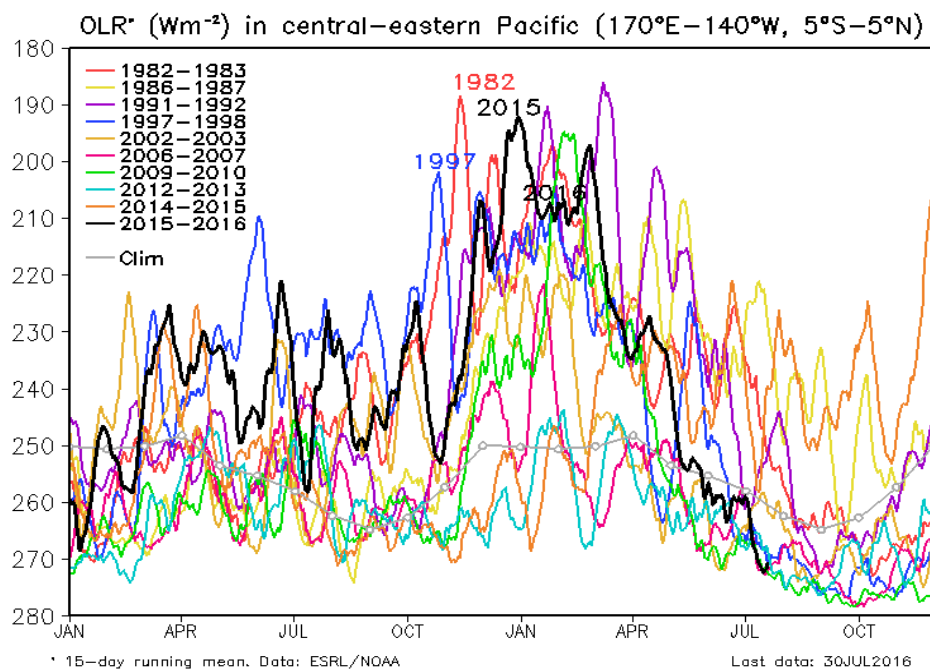


Figura 3.1.1.7. Radiación de Onda Larga - OLR (W/m^2) en el Pacífico central-oriental ($170^{\circ}\text{W}-140^{\circ}\text{W}$, $5^{\circ}\text{S}-5^{\circ}\text{N}$) desde el mes de enero hasta el mes de diciembre del 2016. Datos: ESRL/NOAA, Procesamiento: IGP.

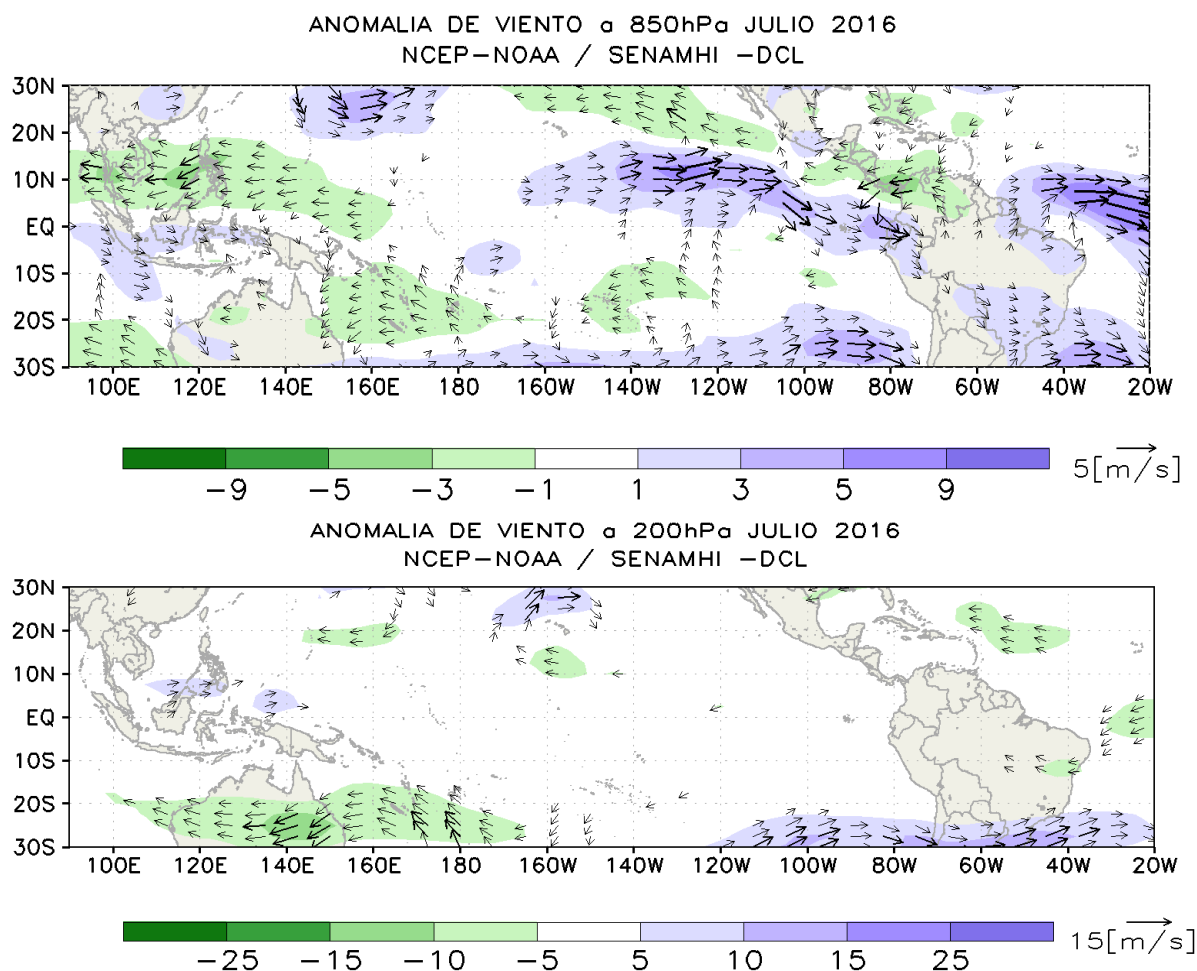


Figura 3.1.1.8. Análisis de anomalías del viento (m/s) en a) 850 hPa y b) 200 hPa para el mes de julio del 2016. Datos: NCEP/NOAA. Procesamiento: SENAMHI-DCL.

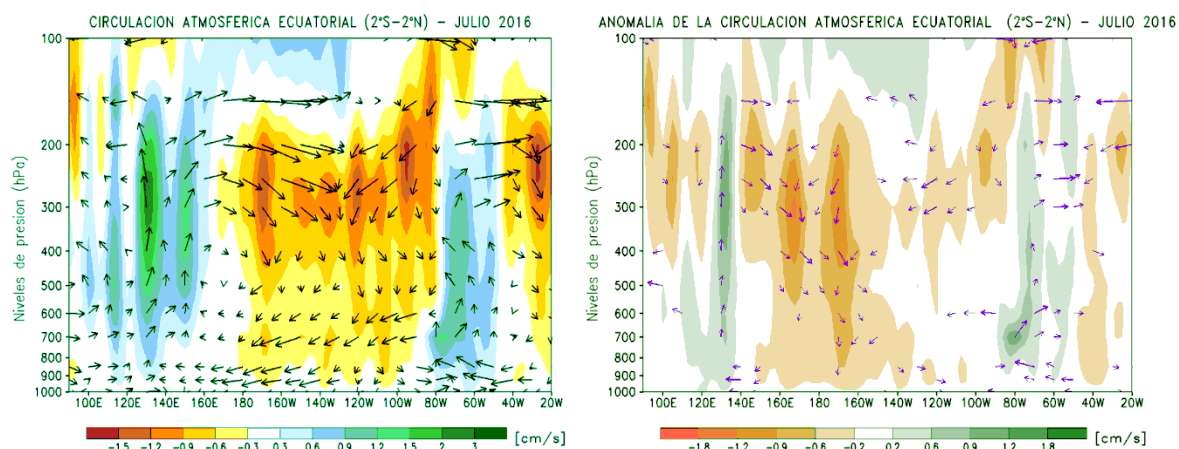


Figura 3.1.1.9. Análisis de la Circulación Atmosférica Ecuatorial de este a oeste para el mes de junio 2016. a) Promedio del mes de junio y b) Climatología del mes de julio. Fuente: SENAMHI con datos de la NCEP-NOAA.

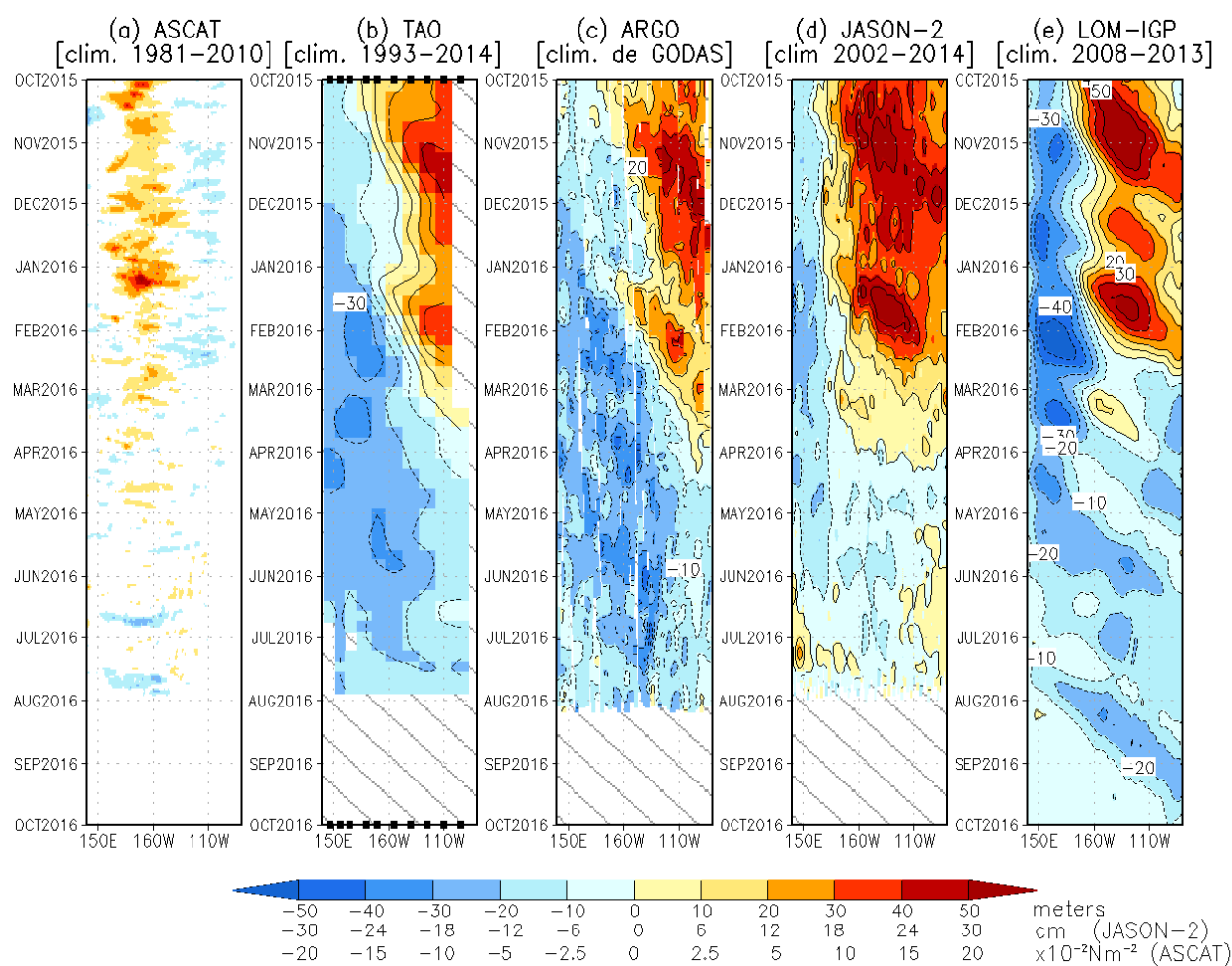


Figura 3.1.1.10. Diagrama longitud-tiempo de las anomalías de esfuerzo de viento zonal ecuatorial basado en datos del escaterómetro ASCAT (a), anomalía de la profundidad de la isoterma de 20°C con datos de TAO (b) y los derivadores de Argo (c), datos del nivel del mar de JASON-2 (d). Las líneas diagonales 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.

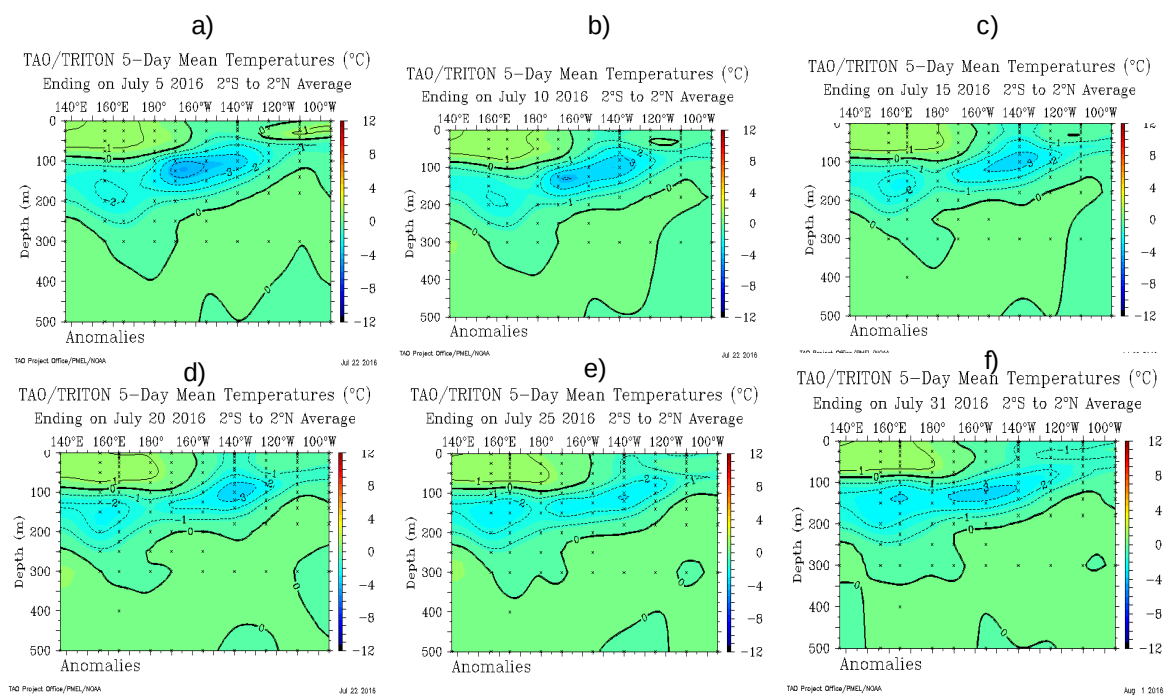


Figura 3.1.2.1. Anomalías de la temperatura sub-superficial del mar (°C) en el océano Pacífico ecuatorial entre los 2°N y 2°S promediadas cada cinco días, finalizando los días: a) 5 de julio, b) 10 de julio, c) 15 de julio, d) 20 de julio, e) 25 de julio y f) 31 de julio de 2016. Fuente: TAO/TRITON, PMEL/NOAA.

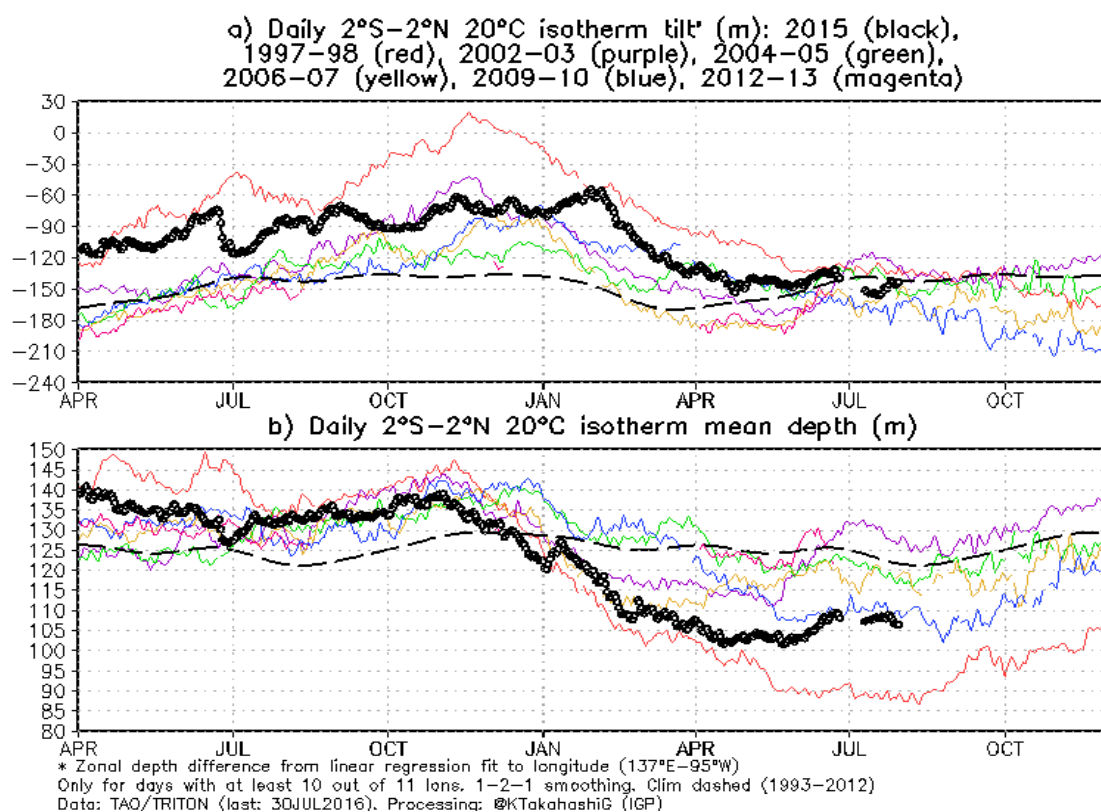


Figura 3.1.2.2. a) Inclínación de la termoclina, diferencia de la profundidad zonal del ajuste de la regresión lineal para la longitud (137°E – 95°W). Climatología 1993–2012 (punteado). b) Contenido de calor en la región ecuatorial entre 2°N y 2°S.

Data: TAO/TRITON. Procesamiento: IGP.

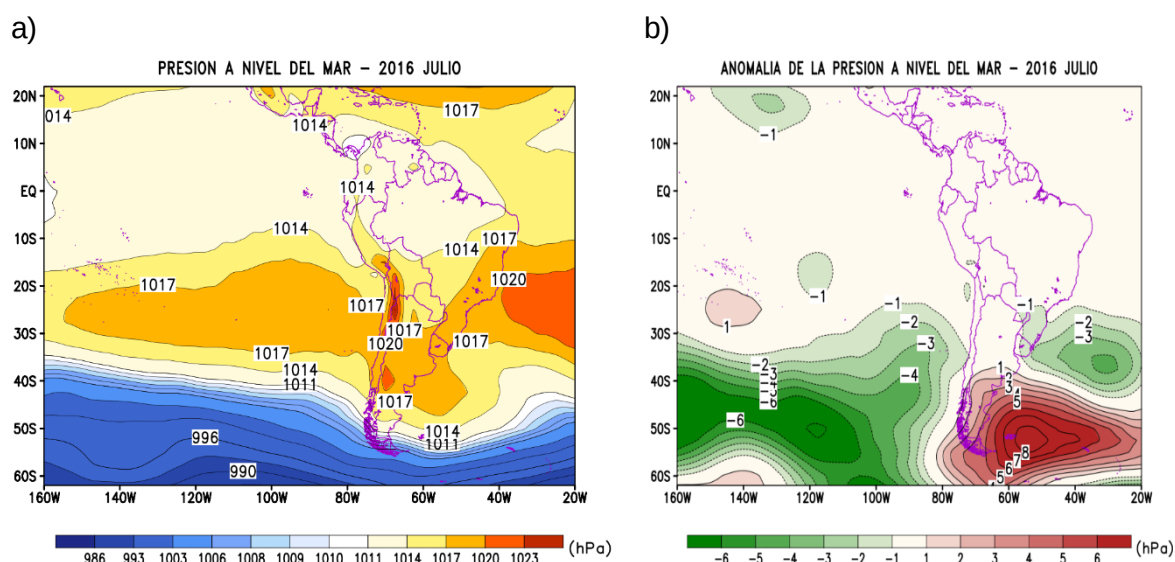
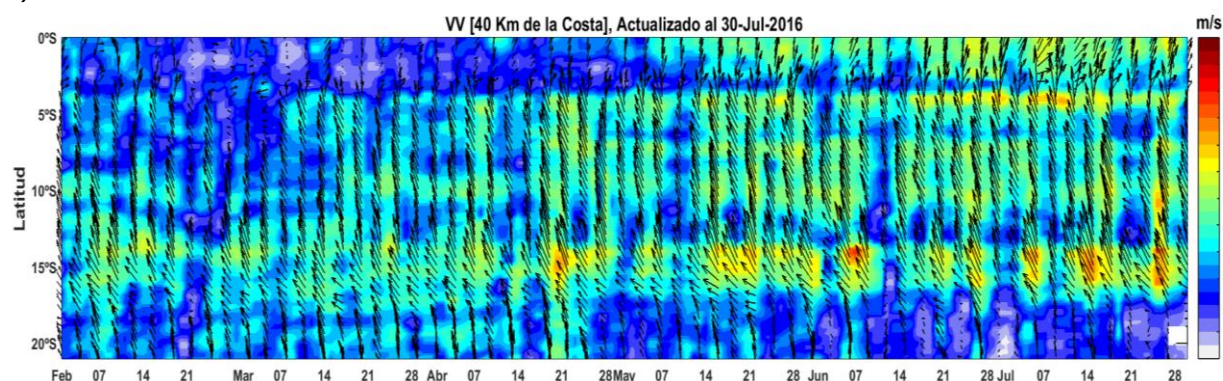


Figura 3.2.1.1 Presión atmosférica (hPa) a nivel medio del mar para julio del 2016. a) Promedio de la Presión atmosférica (hPa) a nivel del mar, b) Anomalía de la Presión atmosférica (hPa) a nivel del mar. Datos: NCEP/NOAA. Procesamiento: SENAMHI.

a)



b)

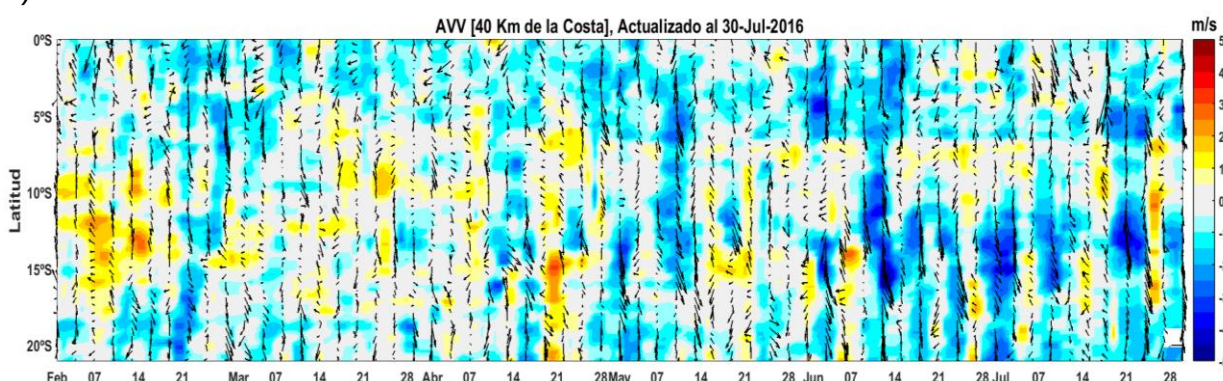
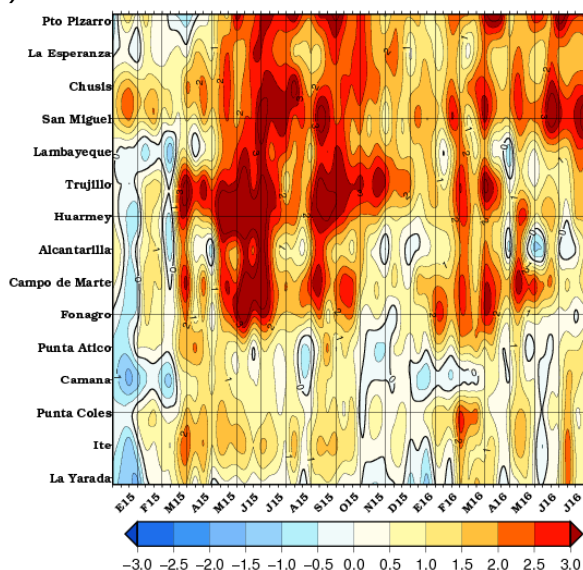


Figura 3.2.1.2. a) Velocidad del viento (m/s) y b) Anomalía del viento (m/s), desde los 0° hasta 20°S en el periodo de octubre de 2015 al 30 de julio del 2016. Los vectores representan la dirección del viento y anomalía de la dirección del viento, respectivamente. Datos: ASCAT. Procesamiento: IMARPE.

a)



b)

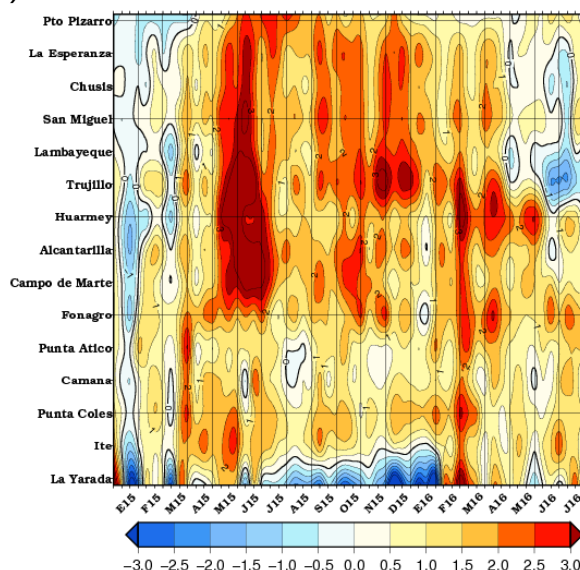


Figura 3.2.1.3. Anomalías de las temperaturas extremas del aire (°C) en la costa peruana desde enero 2015 a julio de 2016. a) Temperatura máxima y b) Temperatura mínima. Fuente: SENAMHI.

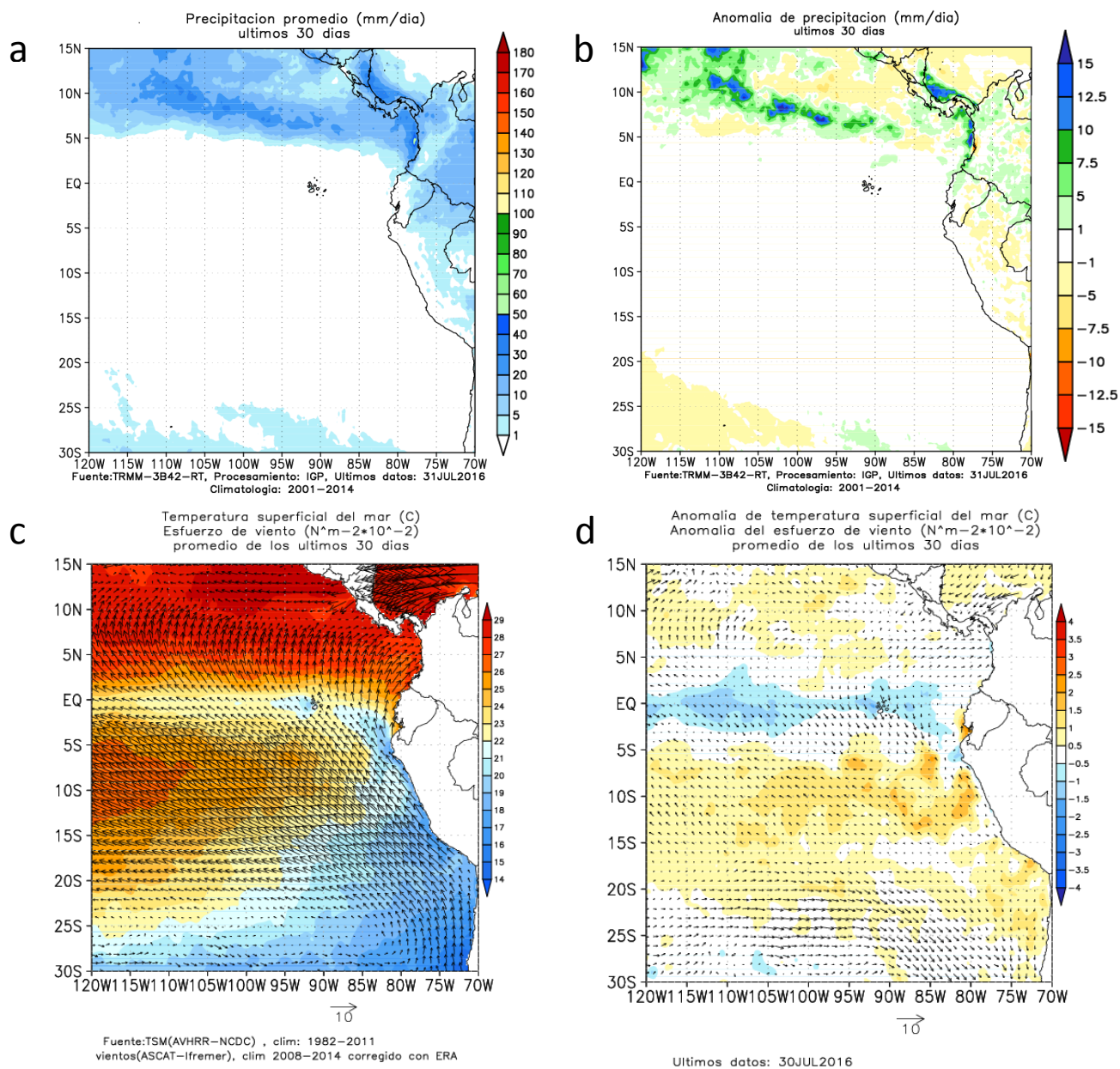


Figura 3.2.2.1. Condiciones promedio de precipitación, temperatura superficial del mar (TSM) y esfuerzo de viento, correspondientes al mes de julio, a) valores absolutos de precipitación, b) anomalía de precipitación, c) valores absolutos de TSM asociados al esfuerzo de vientos, d) anomalías de TSM, asociados al esfuerzo de vientos. Fuente TRMM, AVHRR-NCDC-NOAA, ASCAT-Ifrermer // Procesamiento IGP.

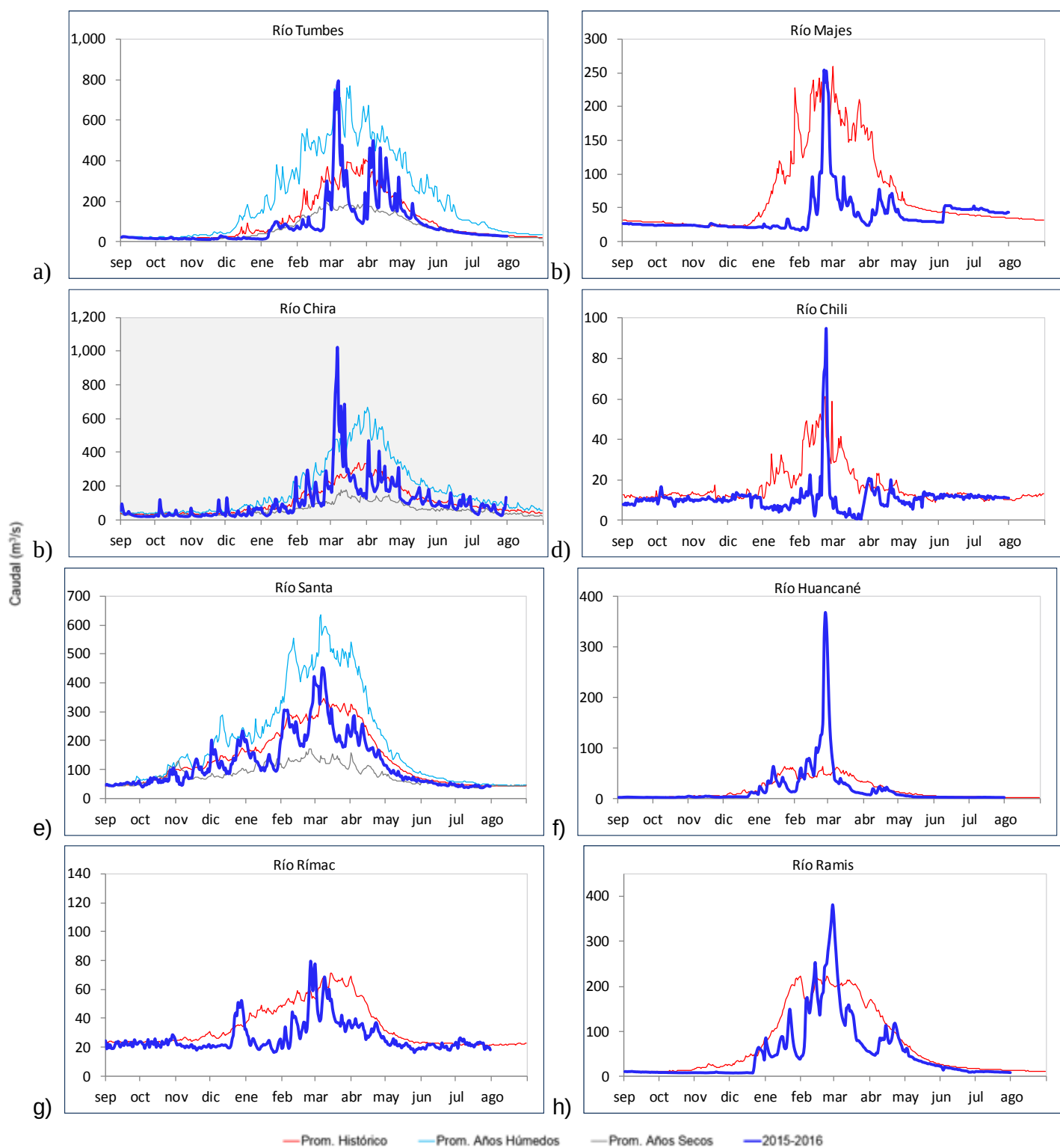


Figura 3.2.2.2. Series de tiempo actualizados a fines de julio, de los caudales diarios (m^3/s) de los principales ríos del Perú entre setiembre-2015 a agosto-2016: a) Tumbes, b) Chira, c) Santa, d) Rimac, e) Majes y f) Chili, de la vertiente del pacífico, g) Huancané y h) Ramis, de la cuenca del Titicaca. Líneas azules: caudales de años 2015-2016; L. rojas: Promedio histórico; L. celestes: promedio años húmedos; L. grises: promedio años secos. Fuente: ANA.

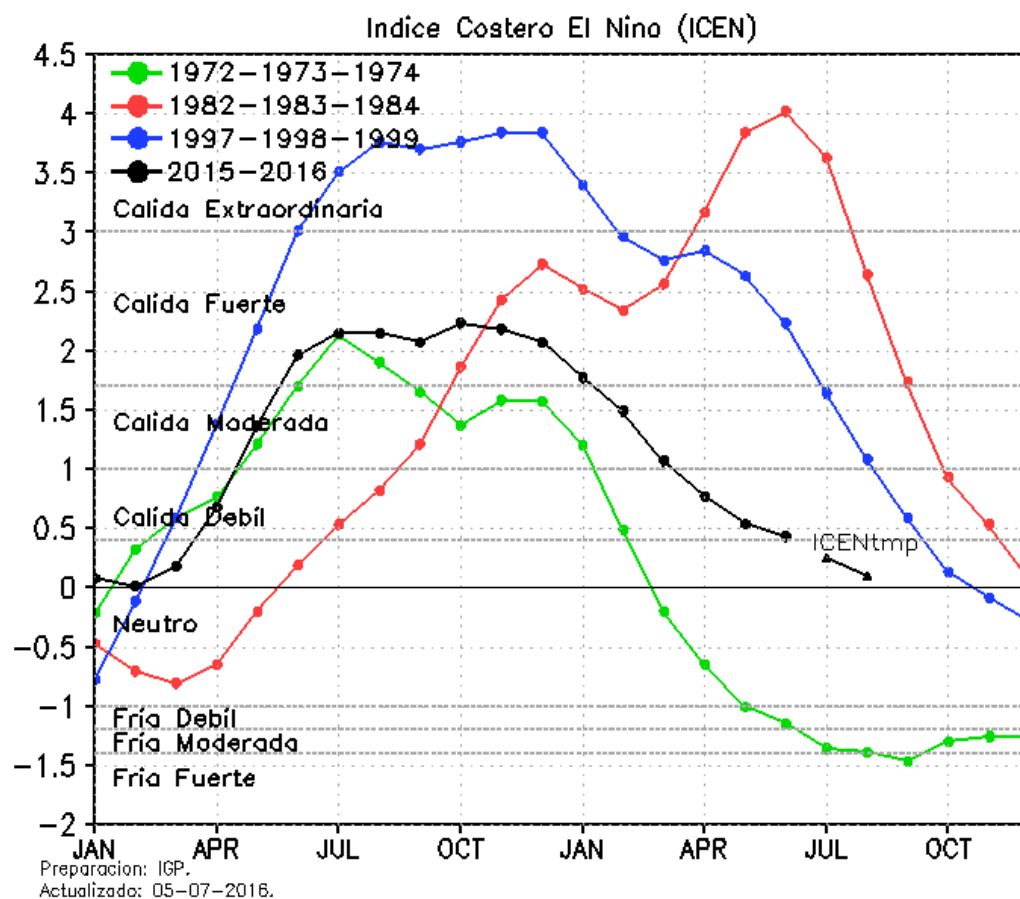


Figura 3.2.3.1. Índice Costero El Niño para los años 1972-1973 (verde), 1982-1983 (rojo), 1997-1998 (azul) y 2015-2016 (negro). Fuente IGP.

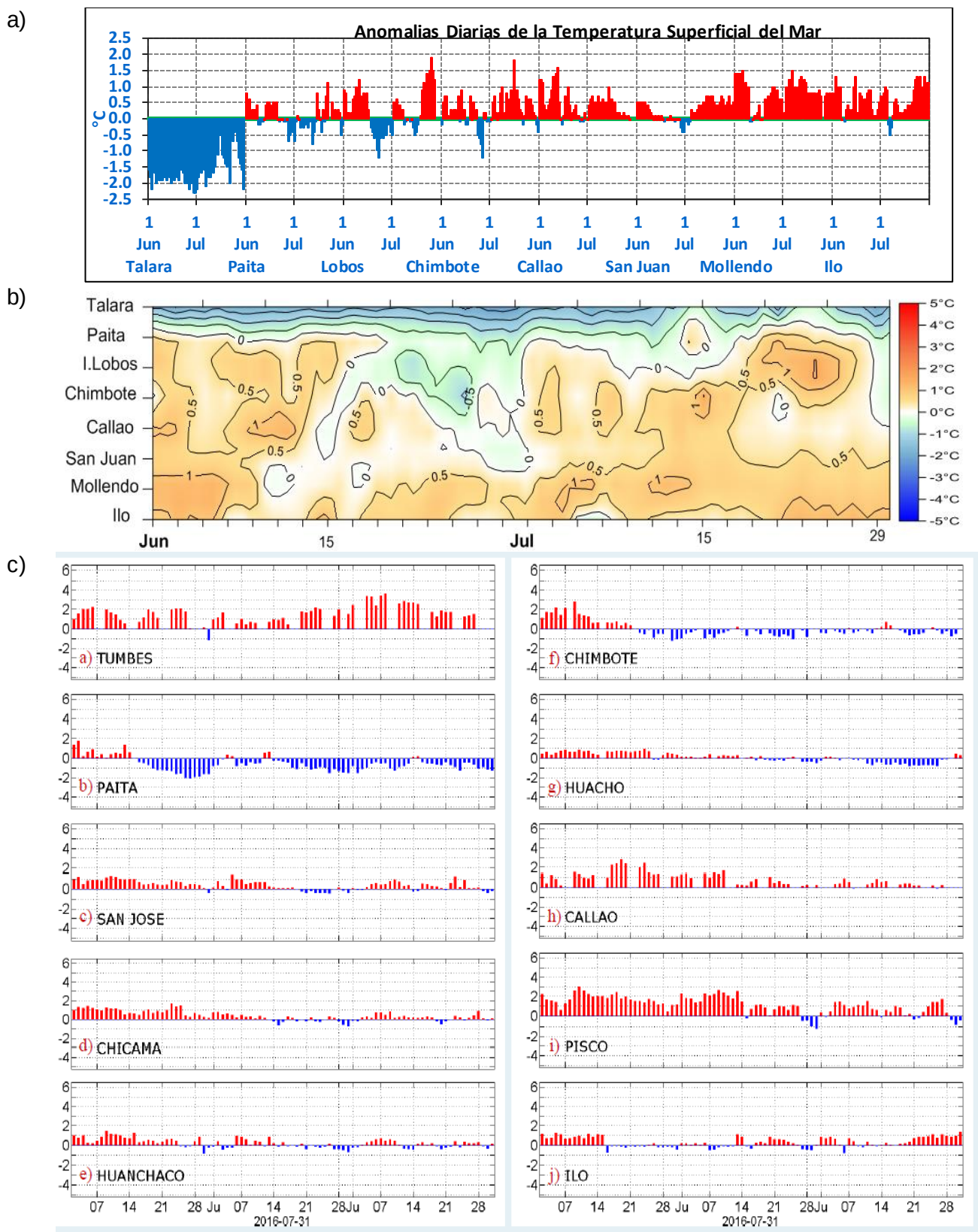


Figura 3.2.3.2. Anomalías de Temperatura Superficial del Mar (ATSM), registradas en estaciones del litoral costero de Perú, hasta julio del 2016; a) Series diarias y b) Hovmöller durante el último bimestre, en estaciones de la DHN, c) Series diarias durante el último trimestre, en estaciones del IMARPE.

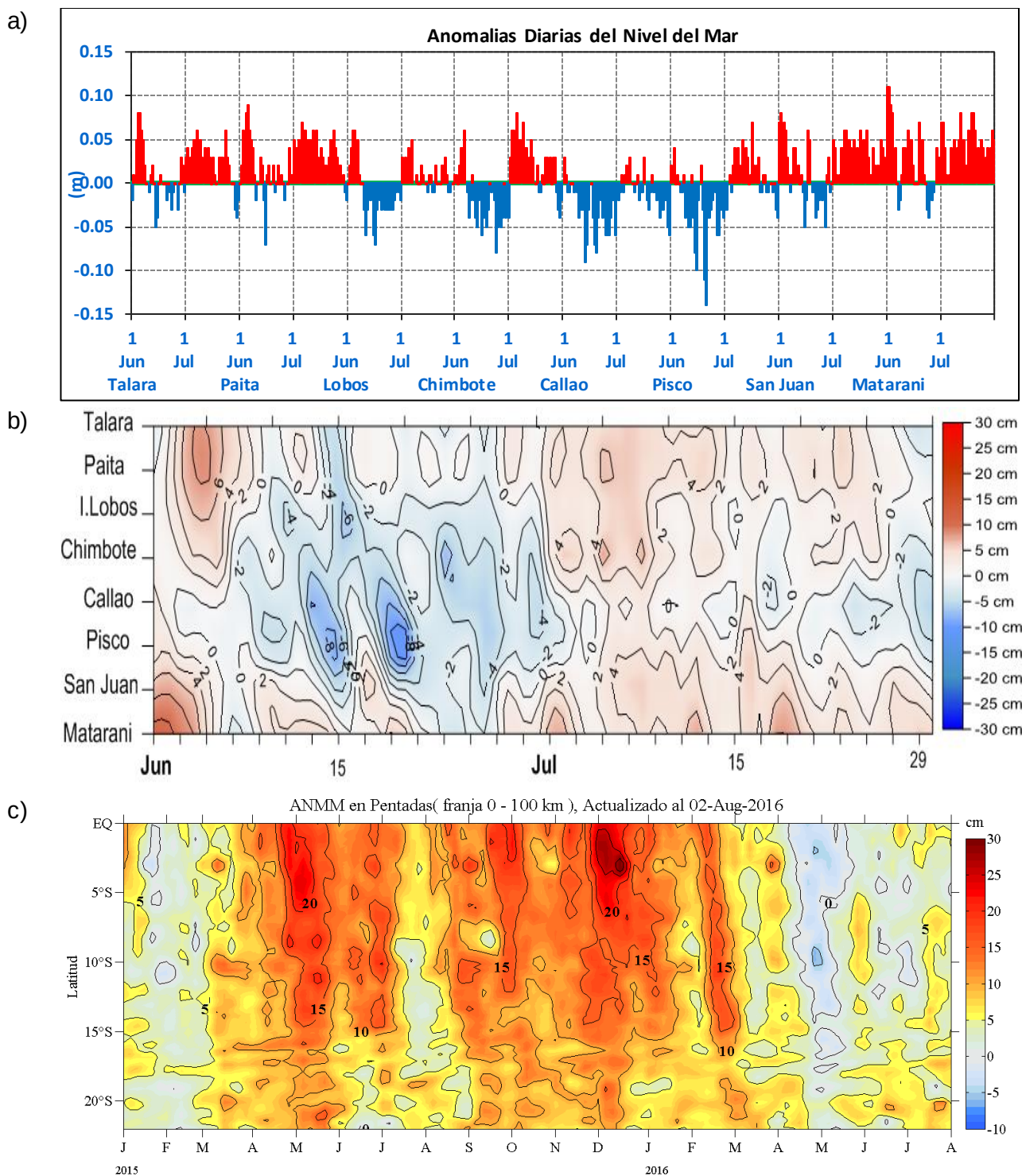


Figura 3.2.3.3. Anomalías del Nivel Medio del Mar, actualizados a julio del 2016, a) Series diarias y b) Hovmöller durante el último bimestre en estaciones costeras de la DHN, c) Hovmöller en franja costera de 0-100 km, entre 2015-2016; Fuente AVISO - IMARPE.

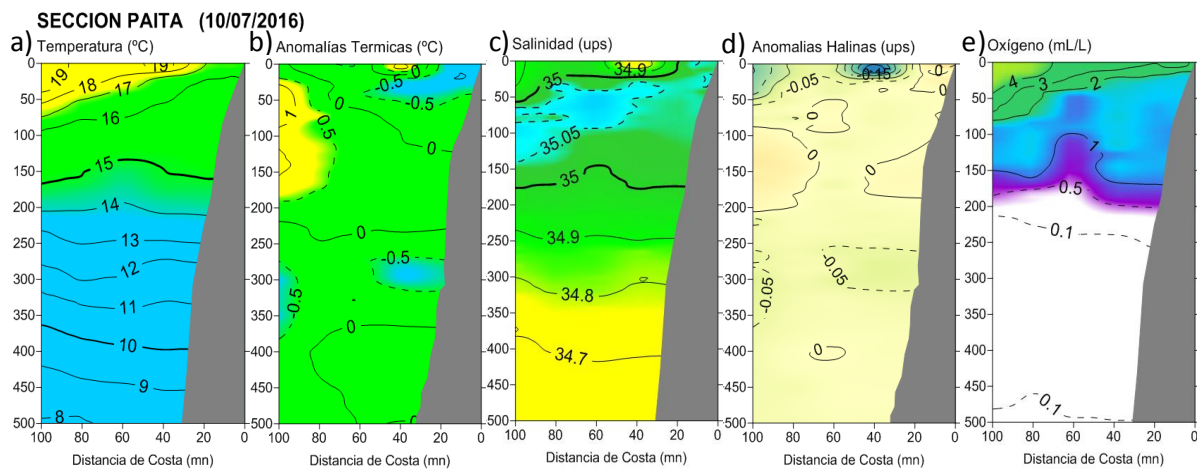


Figura 3.2.4.1 Distribución vertical de: a) temperatura (°C), b) anomalía de temperatura (°C), c) salinidad (ups), d) anomalía de salinidad (ups) y e) oxígeno (mL/L) frente a Paita, realizada durante el 10 de julio de 2016. Fuente: IMARPE.

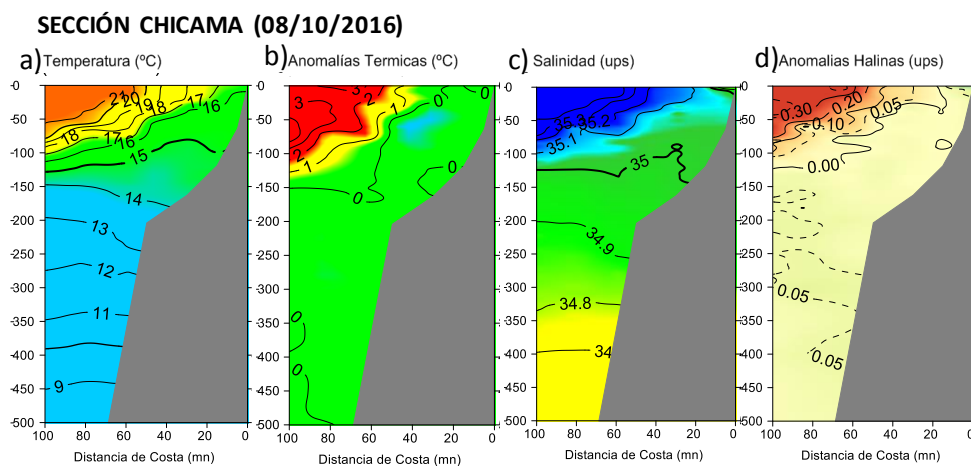


Figura 3.2.4.2 Distribución vertical de: a) temperatura (°C), b) anomalía de temperatura (°C), c) salinidad (ups) y d) anomalía de salinidad (ups) frente a Chicama, realizada durante el 8 de julio de 2016. Fuente: IMARPE.

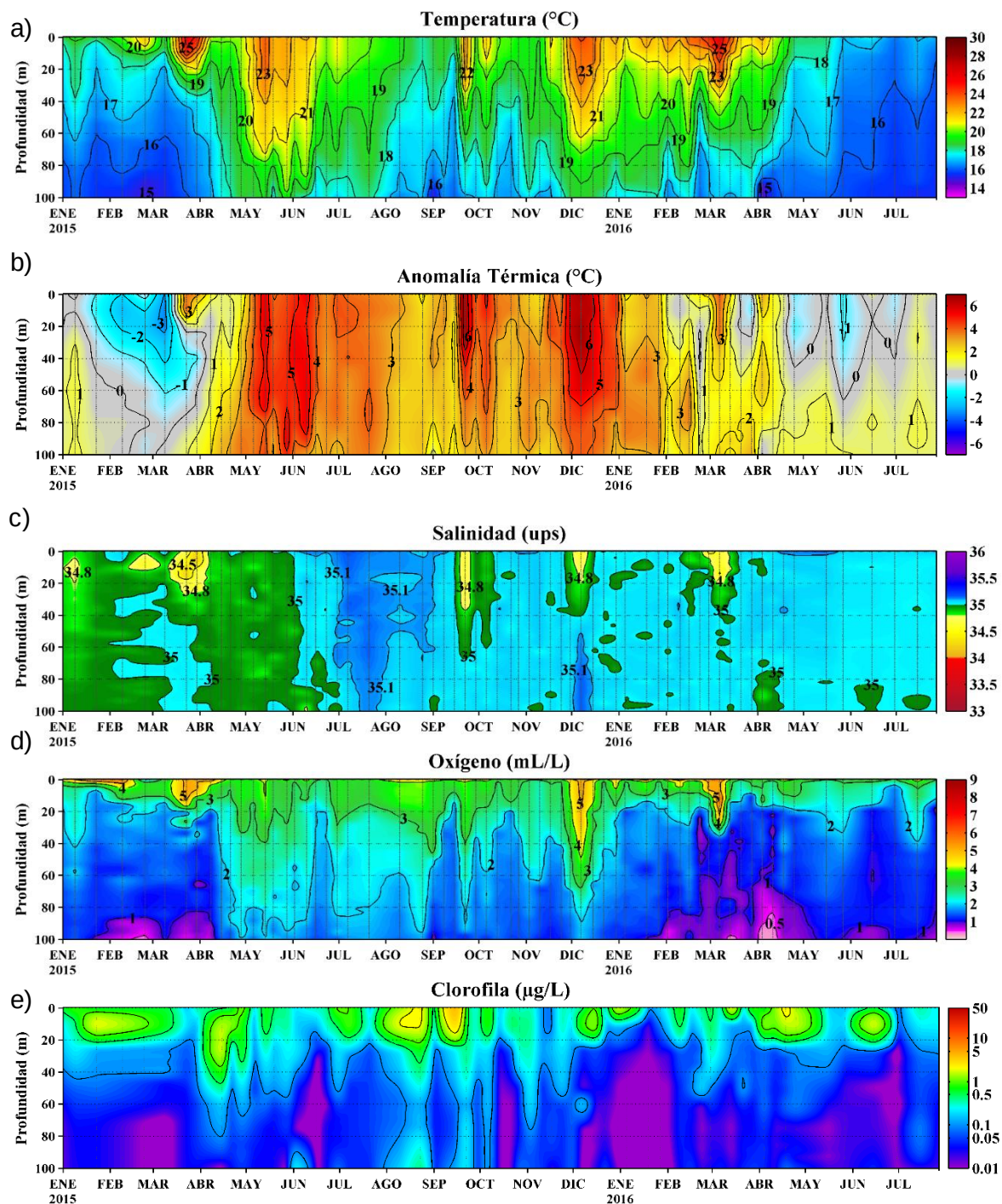


Figura 3.2.4.3 Series de tiempo para la estación oceanográfica fija frente a Paita (punto fijo Paita) de: a) temperatura (°C), b) anomalía de la temperatura (°C), c) Salinidad (ups), d) oxígeno (mL/L) y e) Clorofila (µg/L) para el periodo del 01 de enero de 2015 al 27 de julio de 2016. Climatología: 1994-2010. Fuente: IMARPE.

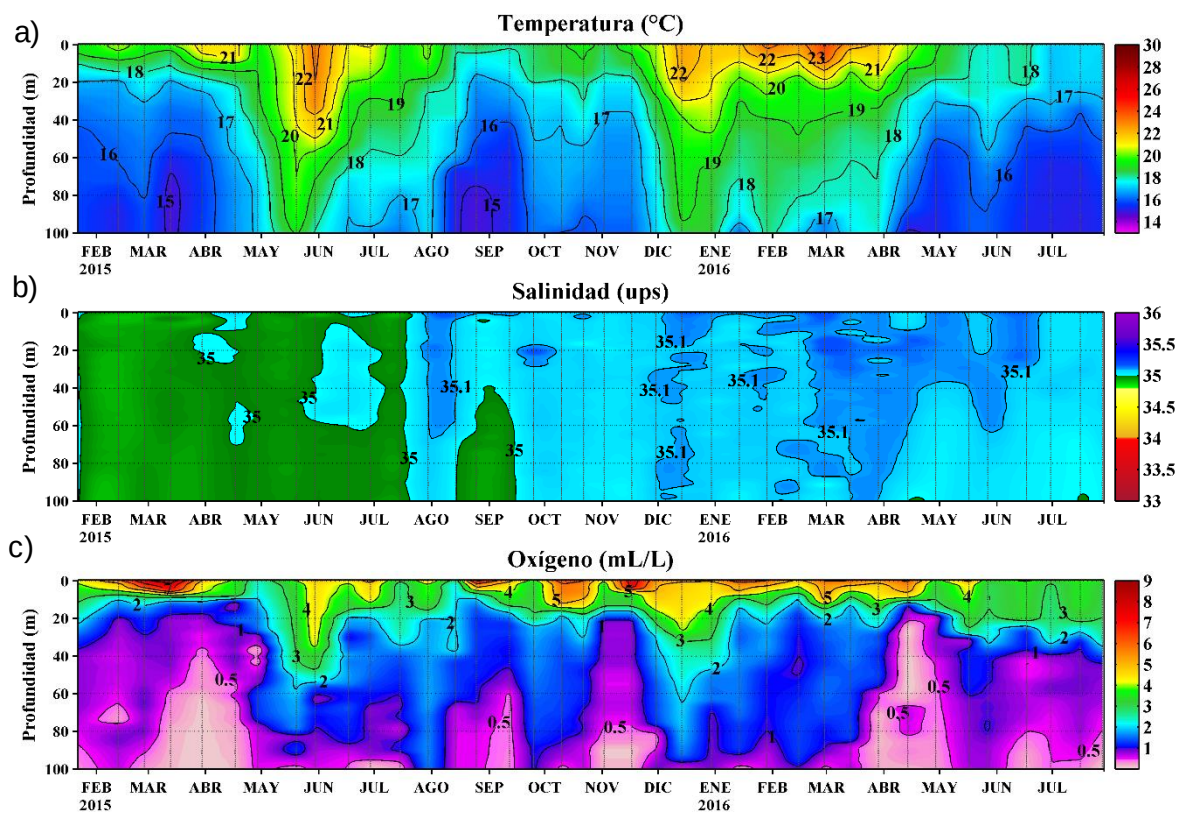


Figura 3.2.4.4. Series de tiempo para la estación oceanográfica fija frente a Chicama (punto fijo Chicama) de: a) Temperatura (°C), b) Salinidad (ups), c) Oxígeno (mL/L) y d) Clorofila ($\mu\text{g/L}$), para el periodo del 22 de enero de 2015 al 27 de julio de 2016. Fuente: IMARPE.

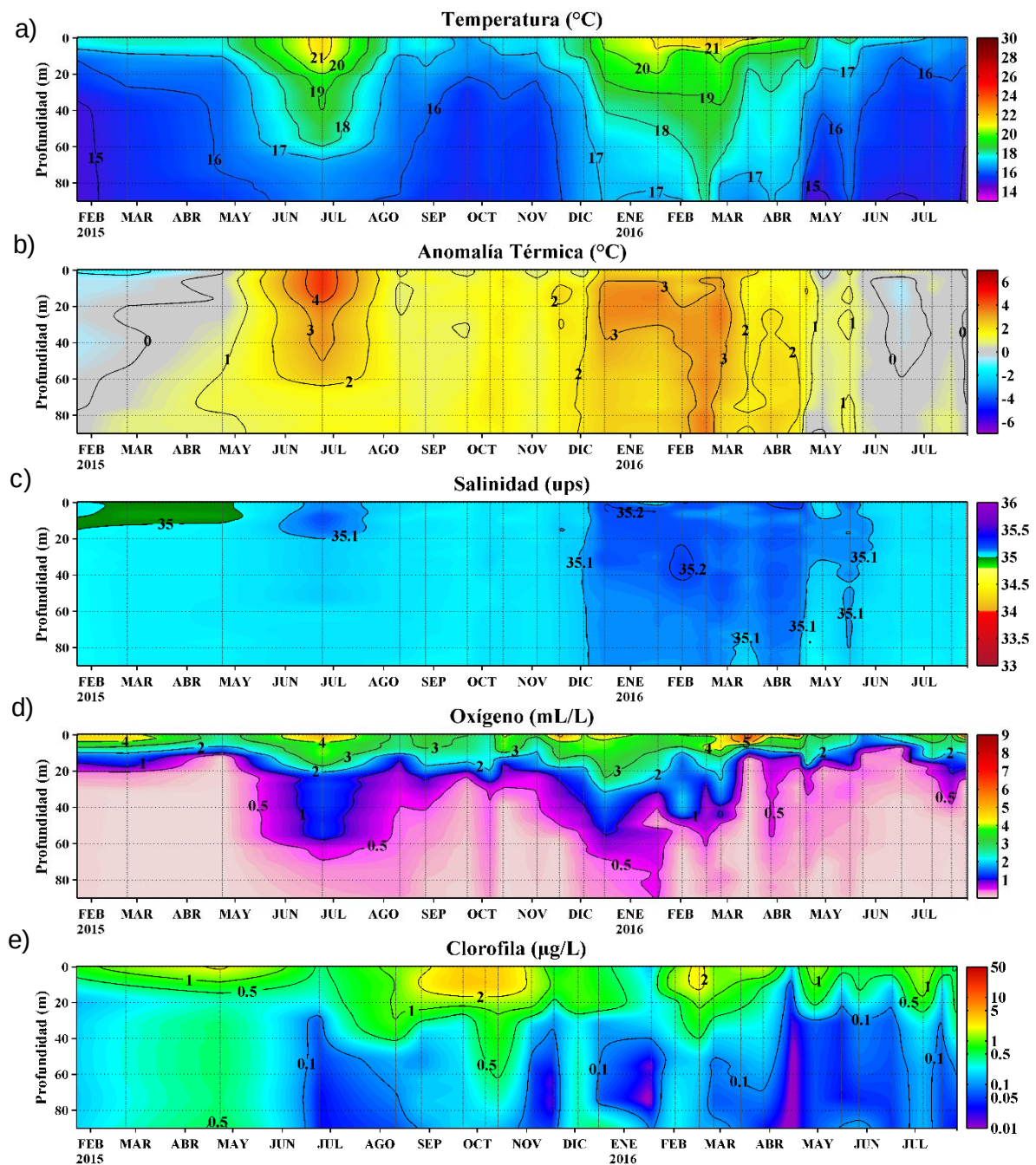


Figura 3.2.4.5. Series de tiempo para la estación oceanográfica fija frente a Callao (punto fijo Callao) de: a) temperatura (°C), b) anomalía de la temperatura (°C), c) Salinidad (ups), d) oxígeno (mL/L) y e) Clorofila (µg/L), para el periodo del 01 de enero de 2015 al 27 de julio de 2016. Climatología: 1994-2010. Fuente: IMARPE.

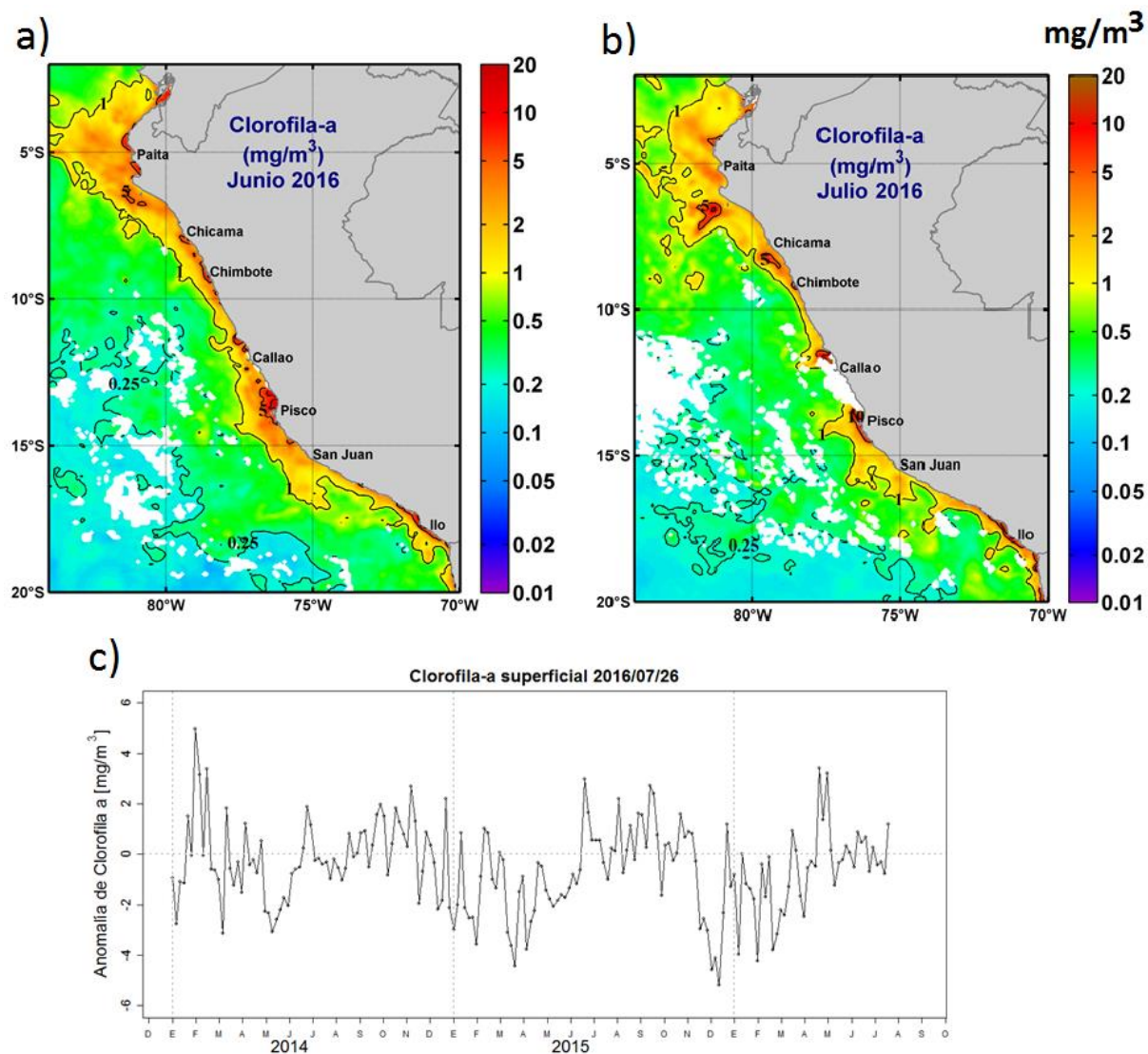


Figura 3.2.5.1. Clorofila satelital promedio para el mes de junio (a) y julio (b) del satélite MODIS frente a Perú y la serie de tiempo de anomalías de clorofila superficial satelital promedio (entre los 4°S-16°S y de 0 a 100km de la costa) provenientes del satélite MODIS entre enero del 2014 a julio del 2016 (c).

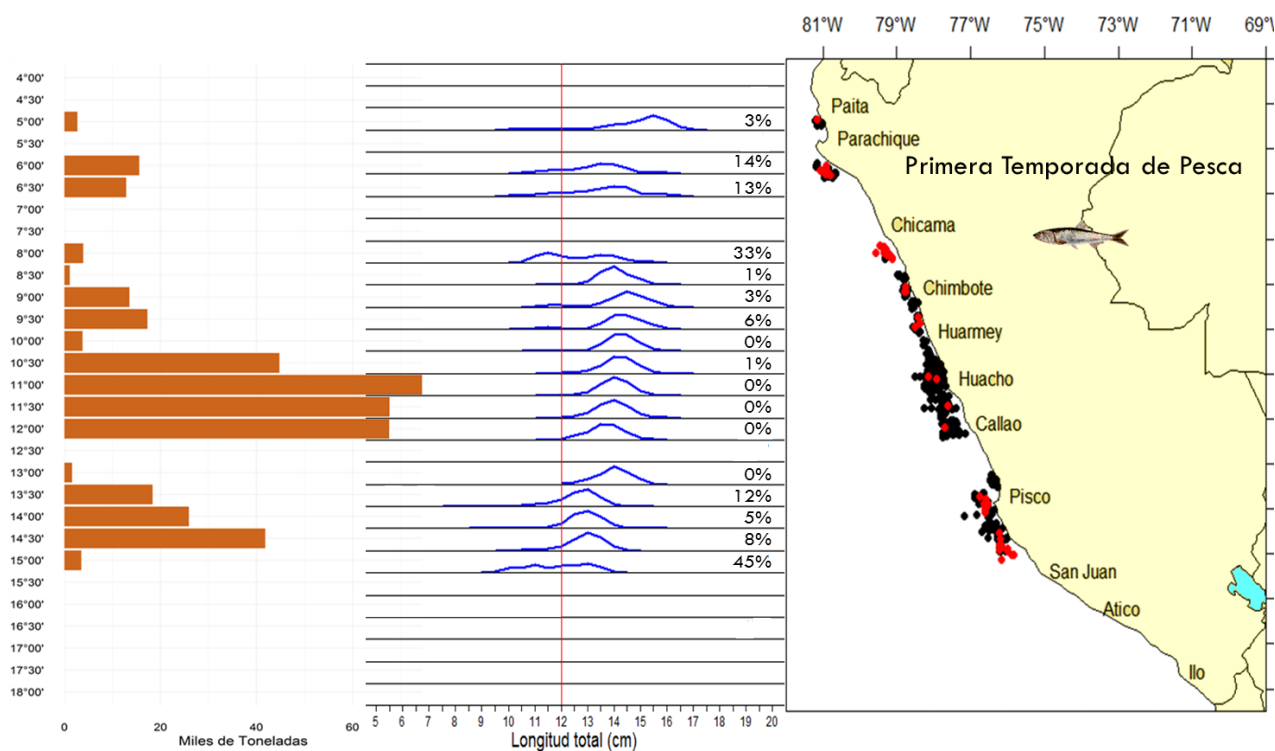


Figura 3.2.6.1. Captura en miles de toneladas, estructura mensual de tallas, y distribución de junio (puntos rojos) y julio (puntos negros) de anchoveta acumulada por latitud frente a Perú hasta el 27 de julio 2016. **Fuente:** AFIRNP/IMARPE.

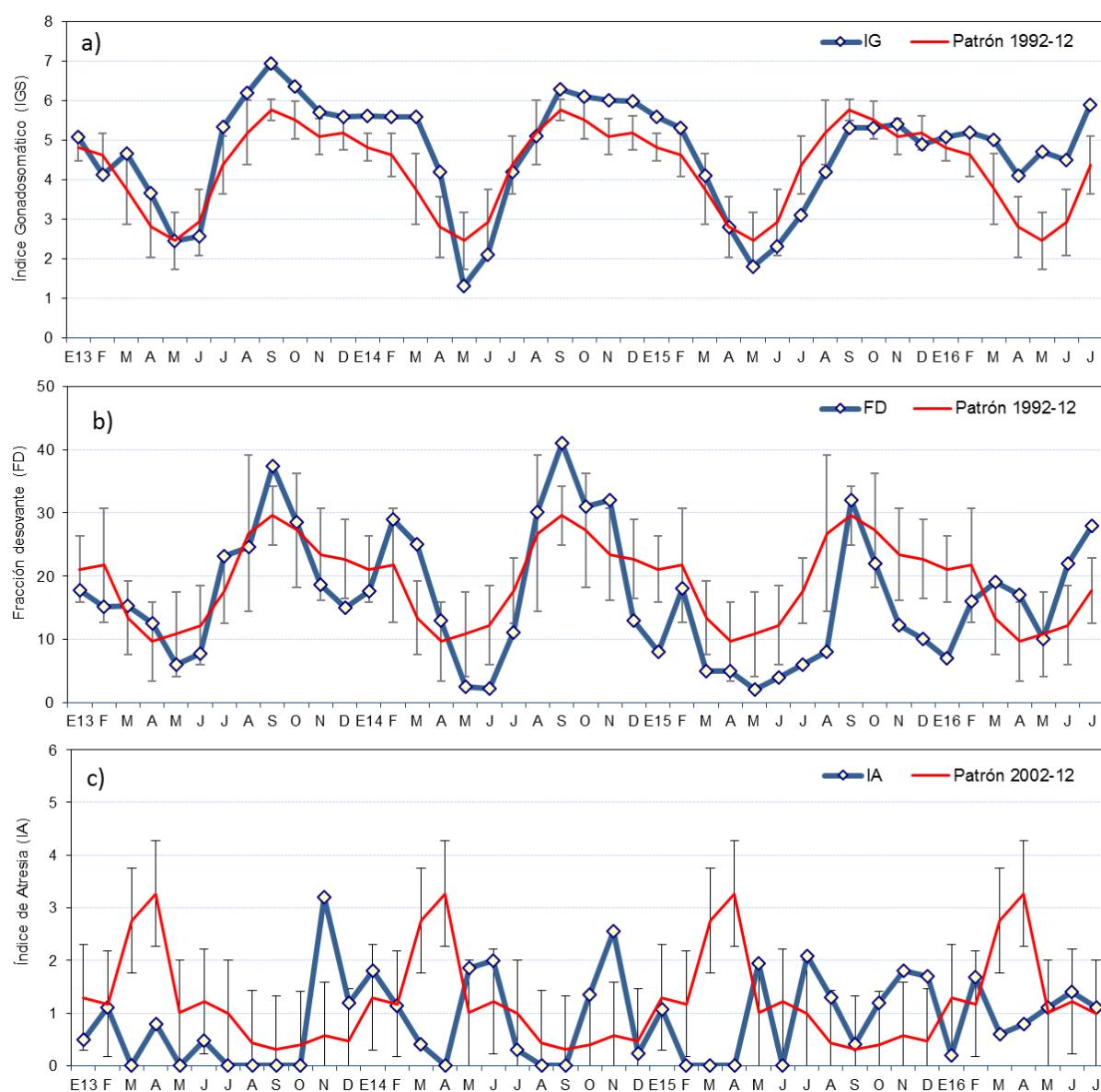


Figura 3.2.6.2. Indicadores reproductivos, a) Fracción Desovante (FD), b) Índice Gonadosomático (IGS), y c) Índice de atresia del stock norte – centro de anchoveta. Serie mensual: enero 2013 – julio 2016. **Fuente:** LBR/IMARPE

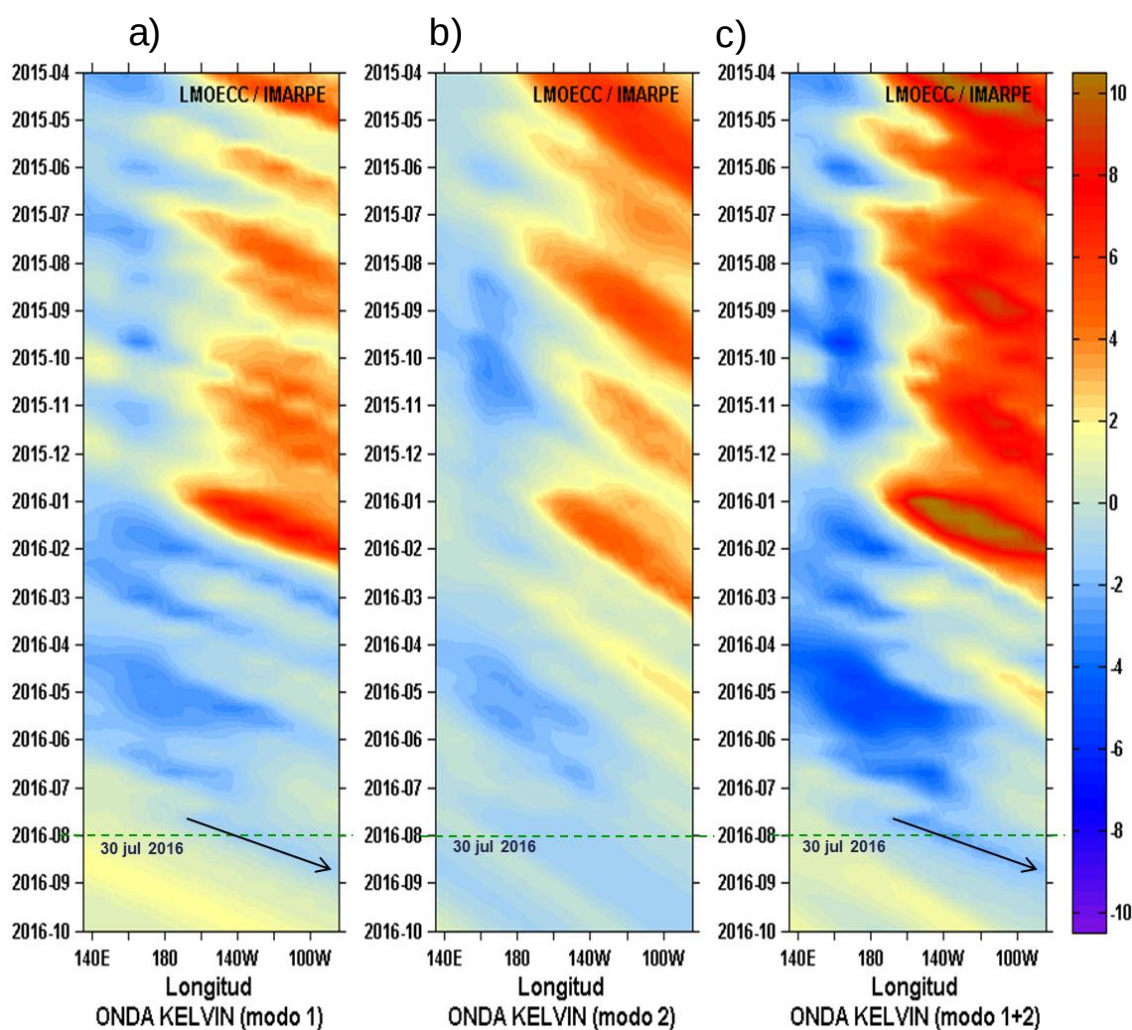


Figura 4.2.1.1. Diagrama Hovmöller longitud-tiempo de las ondas Kelvin en el océano Pacífico ecuatorial (0°N): (a) Modo 1, (b) Modo 2, (c) Modos 1+2 de la isoterma de 20°C (m) en la Pacífico Ecuatorial (2°S y 2°N). La línea discontinua horizontal, en verde, indica el inicio del pronóstico sin el forzante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

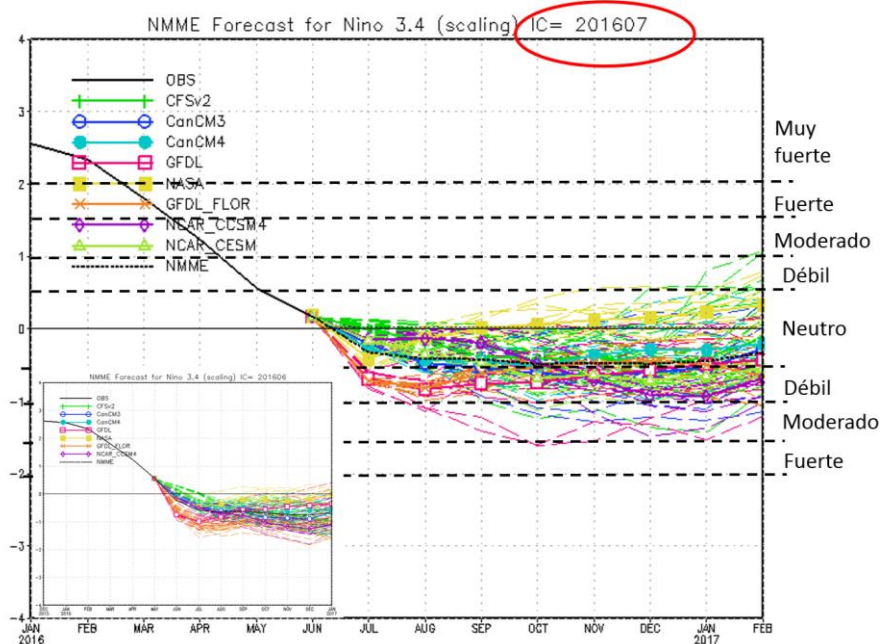


Figura 4.2.2.1. Índice Niño 3.4 mensual observado y pronosticado por los modelos de NMME. Fuente: CPC/NCEP/NOAA.

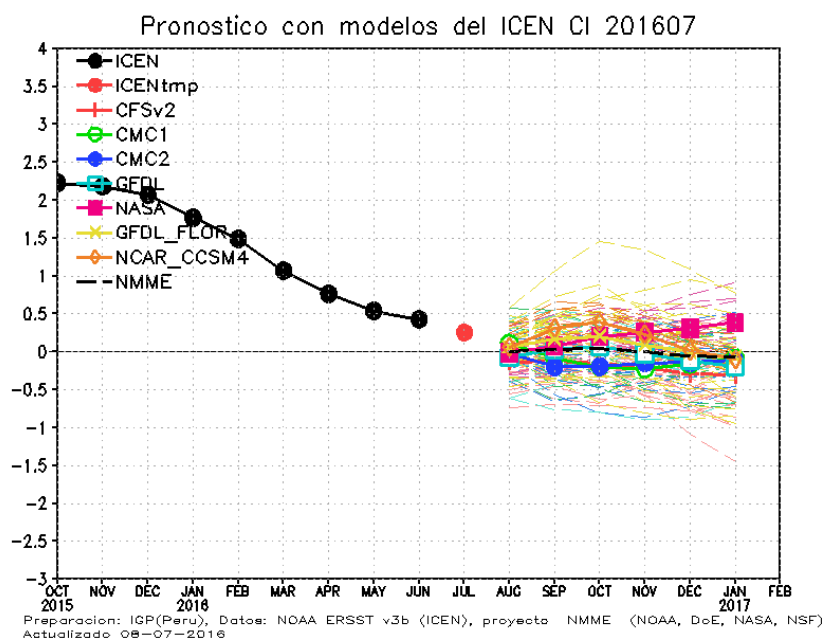


Figura 4.2.2.2. Índice Costero El Niño (ICEN, círculos llenos en color negro) y sus valor temporal (ICENTmp, círculo lleno en color rojo). Además, pronósticos numéricos del ICEN (media móvil de 3 meses de las anomalías pronosticadas de TSM en la región Niño1+2) por diferentes modelos climáticos. Las 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 mayo de 2016. Fuente: IGP, NOAA, proyecto NMME, ECMW.

8. TABLAS

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

Zona	Nombre del Reservorio	Fecha Reporte	Departamento de influencia	Área bajo riego (ha)	Capacidad Hidráulica (hm³)		Capacidad Hidráulica Almacenada (%)
					Útil	Almacenada	
Costa - Norte	POECHOS	31-jul	Piura	93,240	396.1	425.1	100.0
	SAN LORENZO	27-jul	Piura	42,530	193.0	176.1	91.2
	TINAJONES	31-jul	Lambayeque	87,600	319.0	99.4	31.2
	GALLITO CIEGO	31-jul	La Libertad	55,700	366.0	236.3	64.6
Costa - Centro	VICONGA	31-jul	Lima	24,970	30.0	9.5	31.7
Costa - Sur	CHOCLOCOCHA	18-jul	Ica	23,000	131.1	69.2	52.8
	CONDOROMA	31-jul	Arequipa	20,810	259.0	164.6	63.5
	EL PAÑE	31-jul	Arequipa	27,060	99.6	15.1	15.2
	LOS ESPAÑOLES	31-jul	Arequipa		9.1	3.1	34.0
	PILLONES	31-jul	Arequipa		76.9	62.0	80.5
	EL FRAYLE	31-jul	Arequipa		127.2	91.6	72.0
	AGUADA BLANCA	31-jul	Arequipa		30.4	23.5	77.1
	CHALHUANCA	31-jul	Arequipa		25.2	17.5	69.3
	BAMPUTAÑE	31-jul	Arequipa		40.0	23.2	58.0
	PASTO GRANDE	31-jul	Moquegua	3,500	175.0	78.0	44.6
	PAUCARANI	26-jul	Tacna	1,700	8.5	4.2	49.2
	ARICOTA	31-jul	Tacna	3,200	260.0	185.2	71.2
	JARUMAS	30-jun	Tacna	4,000	12.5	9.6	77.0
Sierra - Centro	CUCHOQUESERA	31-jul	Ayacucho	19,200	60.0	39.3	65.6
Sierra - Sur	LAGUNILLAS	22-jul	Puno	5,000	500.0	422.5	84.5

Tabla 3.2.4.1 Valores del Índice Costero El Niño (ICEN) de setiembre de 2015 a julio de 2016.
Fuente IGP.

Mes	ICEN	Categoría
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
03/2016	1.07	Cálida Moderada
04/2016	0.77	Cálida Débil
05/2016	0.54	Cálida Débil
06/2016	0.43	Cálida Débil

Mes	ICENtmp	Categoría
07/2016	0.25 *	Neutra
08/2016	0.09**	Neutra

* Se usaron los datos de (Jun., Jul. 2016) ERSST3v, (Ago. 2016) OISST_Wk.

** Se usaron los datos de (Jul 2016) ERSST3v, (Ago., Set 2016) NMME
NMME CI 2016 07

Tabla 3.2.4.2 Anomalías mensuales de la temperatura superficial del mar (°C) y nivel medio del mar (cm) en el semestre febrero - julio de 2016. Fuente: Estaciones costeras – DHN.

Estación	Anomalías de la TSM (°C)						Anomalías del NMM (cm)					
	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul
Talara	-0.8	0.2	0.2	-0.9	-1.9	-1.4	8	4	0	1	1	2
Paita	-0.1	0.8	0.7	0.2	0.1	0	10	5	-1	2	2	4
Isla Lobos de Afuera	0.5	1	0.9	-0.3	0.9	0.6	7	2	-3	0	-1	1
Chimbote	2.4	3.2	3.2	0.7	0.1	0.4	11	2	-6	0	-2	2
Callao	2.9	1.7	1.7	1.1	0.5	0.3	7	-3	-5	-3	-3	-1
San Juan	1.8	1.4	1.6	0.6	0.1	0.4	9	1	0	2	1	4
Mollendo	2.4	1.9	0.8	1	0.7	0.9	-	-	-	-	-	-
Matarani	-	-	-	-	-	-	10	2	1	1	3	5
Ilo	2.5	1.8	0.7	0.5	0.4	0.6	-	-	-	-	-	-

Tabla 4.2.2.1. Pronósticos de ICEN por modelos de NMME (promedios trimestrales de los pronósticos de las anomalías en Niño 1+2). La media corrida JJA de CFS2 fue sólo con junio y agosto, no hay dato para julio.

Modelo	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDE	DEF
CFS2		-0.13	-0.13	-0.15	-0.21	-0.29	-0.30
CMC1		0.11	-0.08	-0.20	-0.22	-0.16	-0.08
CMC2		-0.02	-0.20	-0.19	-0.15	-0.14	-0.11
GFDL		-0.07	0.03	0.07	-0.02	-0.12	-0.19
NASA		-0.01	0.08	0.21	0.26	0.31	0.39
GFDL_FLOR		0.07	0.16	0.21	0.09	0.00	-0.07
NCAR_CCSM4		0.06	0.32	0.40	0.23	0.01	-0.10
NMME		0.00	0.03	0.05	0.00	-0.06	-0.07
ECMWF			0.2	0.3	0.3	0.2	
ICENtmp	0.25						