

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



INFORME TÉCNICO ENFEN

Año 2 N°9

Setiembre 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:

Vice-Alm. (r) Javier Alfonso Gaviola Tejada

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: Marilú 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:

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° 9, setiembre de 2016, 48 p.

El Informe Técnico Enfen de setiembre 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, setiembre 2016

Resumen anual de los impactos de El Niño-Oscilación del Sur (ENOS) en las condiciones meteorológicas, oceanográficas, agropecuarias, geo-pesqueras e hidrologicas del mes de mayo de 2016 en el Perú y las perspectivas de evolución para el 2016.



PRESENTACIÓN

La gran diversidad y productividad de la zona continental como marítima del territorio peruano se altera eventualmente por eventos de la Naturaleza que ocurren a diferentes escalas de tiempo y espacio. Entre ellos, el Fenómeno El Niño reviste singular importancia por sus impactos en el Perú como a nivel global.



Han transcurrido casi cuatro décadas desde que el Estado Peruano estableciera el Comité Multisectorial encargado del Estudio Nacional del Fenómeno El Niño (Enfen). Durante este tiempo, el Comité ha monitoreado, vigilado, analizado y alertado sobre las anomalías del océano y la atmósfera con el fin de prevenir y mitigar los impactos de El Niño en el Perú. Estas acciones se realizan de forma sinérgica, coordinada, 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 quincenalmente en períodos de contingencia como el actual y en forma mensual en periodos normales, así como una versión extendida “Informe Técnico” de carácter mensual. Este último documento incorpora ahora nuevos elementos de información que tengo el honor de presentar, esperando que 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 handwritten signature in dark ink, appearing to read 'JAGT'.

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

ÍNDICE

RESUMEN	8
1. INTRODUCCIÓN	9
2. MATERIALES Y MÉTODOS	10
2.1. VARIABLES	10
2.2. ÍNDICES	10
2.3. MODELOS DE PRONÓSTICO	10
3. CONDICIONES OBSERVADAS EN SETIEMBRE.....	12
3.1. CONDICIONES A MACROESCALA	12
3.1.1. Circulación atmosférica y temperatura superficial en el Pacífico Ecuatorial	12
3.1.2. Dinámica oceánica en el Pacífico Ecuatorial	13
3.2. CONDICIONES A ESCALA REGIONAL	13
3.2.1. Circulación atmosférica en el Pacífico Sudoriental y temperatura del aire.....	13
3.2.2. Vientos costeros y temperatura del aire.....	13
3.2.3. Precipitaciones e hidrología en la vertiente del Pacífico	14
3.2.4. Temperatura superficial del mar y nivel medio del mar en la Región Niño 1+2 y en la costa peruana	14
3.2.5. Condiciones físicas subsuperficiales frente al litoral peruano.....	15
3.2.6. Oxígeno, Nutrientes y Productividad en la costa peruana	16
3.2.7. Recursos pesqueros e indicadores biológicos	17
4. PRONÓSTICO	17
4.1. A corto plazo (semanas).....	17
4.2. A mediano plazo (hasta 3 meses).....	17
4.3. A largo plazo (más de 3 meses).....	18
5. CONCLUSIONES	18
6. REFERENCIAS	19
7. FIGURAS	21
8. TABLAS	45

Figuras:

3.1.1.1	Anomalías de la temperatura superficial del mar (°C) en el océano Pacífico oriental para los días a) 31 de agosto, b) 11 de setiembre, c) 20 de setiembre, y e) 04 de octubre de 2016. La línea sólida en color azul indica el límite externo de la región Niño 1+2. Datos: NCDC/NCEP/NOAA. Procesamiento: DHN.	21
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.	22
3.1.1.3.	Anomalías de la temperatura superficial del mar (°C) en las regiones Niño de octubre del 2015 a setiembre de 2016. Fuente: NCEP/NOAA.	23
3.1.1.4.	Evolución del Índice de Oscilación Sur (IOS), considerando la media móvil de 30 días. Fuente: Bureau of Meteorology, Australia.	23
3.1.1.5.	Hovmöller de anomalías de a) Radiación de Onda Larga - OLR (W/m2) desde el mes de octubre de 2105 hasta setiembre de 2016. Datos: NCEP b) Precipitaciones en el mes de setiembre de 2016. Datos: TRMM. Procesamiento: IGP/SENAMHI.	24
3.1.1.6.	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 hasta el mes de diciembre de 2016. Datos: ESRL/NOAA, Procesamiento: IGP.	25
3.1.1.7.	Radiación de Onda Larga - OLR (W/m2) 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.	25
3.1.1.8	Análisis de anomalías del viento (m/s) en a) 850 hPa y b) 200 hPa para el mes de setiembre del 2016. Datos: NCEP/NOAA. Procesamiento: SENAMHI-DCL.	26
3.1.1.9.	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.	27
3.1.1.10.	Análisis de la Circulación Atmosférica Ecuatorial de este a oeste para el mes de junio 2016. a) Promedio del mes de setiembre y b) Climatología del mes de setiembre. Fuente: SENAMHI con datos de la NCEP-NOAA.	28
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) 9 de setiembre, b) 14 de setiembre, c) 19 de setiembre, d) 24 de setiembre, e) 29 de setiembre y f) 4 de octubre de 2016. Fuente: TAO/TRITON, PMEL/NOAA.	28
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.	29
3.2.1.1.	Presión atmosférica (hPa) a nivel medio del mar para setiembre 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.	29
3.2.1.2.	Condiciones promedio de precipitación, temperatura superficial del mar (TSM) y esfuerzo de viento, correspondientes al mes de setiembre, 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.	30
3.2.2.1.	a) Velocidad del viento (m/s) y b) Anomalía del viento (m/s), desde los 0° hasta 20°S en el periodo de mayo de 2016 al 1 de octubre del 2016. Los vectores representan la dirección del viento y anomalía de la dirección del viento, respectivamente. Datos: ASCAT. Procesamiento: IMARPE.	31
3.2.2.2.	Anomalías de las temperaturas extremas del aire (°C) en la costa peruana desde enero 2015 a setiembre de 2016. a) Temperatura máxima y b) Temperatura mínima. Fuente: SENAMHI.	32
3.2.3.1	Serie de tiempo actualizados a fines de setiembre, de los caudales diarios (m³/s) de los principales ríos del Perú, entre los meses de agosto a setiembre: a) Tumbes, b) Chira, c) Santa, d) Rimac, e) Majes, f) Chili, de la vertiente del pacífico; g) Huancané y h) Ramis, de la cuenca del Titicaca. Líneas azules: caudales de años 2015-2016, rojas: Promedio histórico; celestes: promedio de años húmedos y líneas grises: promedio de años secos. Fuente: ANA.	32
3.2.4.1.	Índice Costero El Niño para los años 1972-1973 (verde), 1982-1983 (rojo), 1997-1998 (azul) y 2015-2016 (negro). Fuente IGP.	33
3.2.4.2.	Anomalías de Temperatura Superficial del Mar (ATSM), registradas en estaciones del litoral costero de Perú, hasta setiembre 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.	34

3.2.4.3.	Anomalías del Nivel Medio del Mar, actualizados a setiembre 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.	35
3.2.5.1.	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 3 y 4 de octubre de 2016. Fuente: IMARPE.	36
3.2.5.2.	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 1 y 2 de octubre de 2016. Fuente: IMARPE.	36
3.2.5.3.	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 29 de septiembre de 2016. Climatología: 1994-2010. Fuente: IMARPE.	37
3.2.5.4.	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), d) Silicatos (µM) y e) Clorofila (µg/L), para el periodo del 22 de enero de 2015 al 30 de septiembre de 2016. Fuente: IMARPE.	38
3.2.5.5.	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), e) Silicatos (µM) y f) Clorofila (µg/L), para el periodo del 01 de enero de 2015 al 29 de septiembre de 2016. Climatología: 1994-2010. Fuente: IMARPE.	39
3.2.6.1.	Clorofila satelital promedio para el mes de agosto (a) y setiembre (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 entre enero del 2014 a setiembre del 2016 (c).	40
3.2.7.1.	Distribución de la flota artesanal de anchoveta (a) y estructura de tallas por captura (b) durante setiembre 2016. Fuente: LBR/IMARPE	41
3.2.7.2.	Indicadores reproductivos, a) Índice Gonadosomático (IGS), b) Fracción Desovante (FD), y c) Índice de atresia del stock norte – centro de anchoveta. Serie mensual: enero 2013 – setiembre 2016. Fuente: LBR/IMARPE.	42
4.1.1.	Diagramas Hovmöller longitud-tiempo mostrando las simulaciones de las ondas Kelvin en el Océano Pacífico ecuatorial. Modelo oceánico lineal (LOM-IGP, suma de componentes Kelvin y Rossby) (a) y Modelo oceánico de complejidad intermedia: Modo 1 (b), Modo 2 (c), Modos 1+2 (d) de la isoterma de 20°C, en metros. La línea discontinua horizontal indica el inicio del pronóstico.	43
4.2.1.	Índice Niño 3.4 mensual observado y pronosticado por los modelos de NMME. Fuente: CPC/NCEP/NOAA.	44
4.2.2.	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 julio de 2016. Fuente: IGP, NOAA, proyecto NMME, ECMW.	44

Tablas

Tabla 2.1.1.	Principales variables y bases de datos utilizados en el presente informe	11
Tabla 3.2.3.1.	Volumen de agua almacenado en los reservorios principales para el mes de setiembre. Fuente ANA.	45
Tabla 3.2.4.1.	Valores del Índice Costero El Niño (ICEN) de diciembre de 2015 a setiembre de 2016. Fuente IGP.	46
Tabla 3.2.4.2.	Anomalías mensuales de la temperatura superficial del mar (°C) y nivel medio del mar (cm) en el semestre abril - setiembre de 2016. Fuente: Estaciones costeras – DHN.	47
Tabla 4.2.1.	Pronósticos de ICEN por modelos de NMME (promedios trimestrales de los pronósticos de las anomalías en Niño 1+2). Para los trimestres ASO y SON los meses de agosto y setiembre son datos observados.	47
Tabla 4.3.1.	Probabilidades Estimadas de las magnitudes de El Niño costero – La Niña costera en el verano 2016-2017 (diciembre 2016-marzo 2017).	48
Tabla 4.3.2.	Probabilidades Estimadas de las magnitudes de El Niño – La Niña en el Pacífico Central en el verano 2016-2017 (diciembre 2016-marzo 2017).	48

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 setiembre del 2016 y sus perspectivas.

En la región del Pacífico Central (Niño 3.4), la anomalía de la temperatura superficial del mar (TSM), continuó con una tendencia negativa, con un valor mensual de $-0,62^{\circ}\text{C}$. La actividad convectiva, la subsidencia y el viento zonal en el Pacífico Central mostraron un acoplamiento favorable al desarrollo de un mayor enfriamiento. En particular se registró la ocurrencia de pulsos de vientos del este sobre el Pacífico Central, que ocasionaron la formación de una nueva onda Kelvin fría (sexta), contribuyendo a la reducción de la TSM en el Pacífico Central y del contenido de calor en el Pacífico Ecuatorial. Asimismo la termoclina ha continuado mostrando una inclinación este-oeste ligeramente mayor a lo normal.

En el Pacífico Ecuatorial Oriental (región Niño 1+2), la TSM fluctuó ligeramente por encima de lo normal ($+0,47^{\circ}\text{C}$). El valor del Índice Costero El Niño (ICEN) para agosto fue $+0,17^{\circ}\text{C}$ (Condición Neutra) y el estimado para setiembre es de condición neutra.

El Anticiclón del Pacífico Sur (APS) presentó una intensidad por encima de lo normal en los primeros días de setiembre; debilitándose en el resto del mes. Los vientos costeros mostraron una intensidad más débil que lo normal en la mayor parte del mes.

Las temperaturas extremas del aire en la costa norte y central se presentaron con anomalías de $+1,3^{\circ}\text{C}$ para la temperatura máxima y $+0,6^{\circ}\text{C}$ para la temperatura mínima. En la costa sur, las anomalías fueron de $+1,1^{\circ}\text{C}$ y $+0,8^{\circ}\text{C}$, respectivamente.

La anomalía mensual de la TSM en el litoral promediada entre Paita e Ilo presentó un valor de $+0,56^{\circ}\text{C}$. En cambio, sólo en Talara la TSM tuvo una anomalía negativa, de $-0,7^{\circ}\text{C}$.

Las aguas oceánicas (con valores de salinidad mayores a 35,1 ups) se presentaron frente a la zona al sur de Salaverry, a una distancia promedio de 20 millas de la costa, proyectándose hacia el litoral particularmente frente a Chimbote y Morro Sama.

La quinta onda Kelvin fría, que se formó a fines de julio e inicios de agosto, ha perdido intensidad y velocidad en su propagación hacia la costa sudamericana.

En la sección oceanográfica de Paita, realizada a inicios del mes de octubre, se observó anomalías negativas de hasta $-1,5^{\circ}\text{C}$ sobre los 50 m de profundidad dentro de las 60 millas de la costa, asociadas a una intensificación del afloramiento costero. Frente a Chicama se observaron anomalías positivas de temperatura mayores a $+1,0^{\circ}\text{C}$ fuera de las 60 millas y hasta los 100 metros de profundidad, asociados a la presencia de aguas subtropicales superficiales, mientras que cerca de la costa se presentaron condiciones neutras.

Los caudales de los ríos de la costa continuaron mostrando características del período de estiaje. Los reservorios en la costa norte y sur vienen operando, en promedio, al 46% y 51% 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 un incremento significativo en sus concentraciones a lo largo de toda la franja costera.

La anchoveta de la región Norte – Centro se encontró en su pico de desove principal de invierno – primavera. Se registraron especies indicadores de aguas cálidas como caballa, jurel fino y bonito frente a Salaverry, y merluza y pampanito frente a Camaná; asociadas a la presencia de aguas subtropicales superficiales frente a la franja costera.

1. INTRODUCCIÓN

El Niño Oscilación Sur (ENOS), es el proceso más importante que influye en la variación de las condiciones climatológicas interanuales en la cuenca del Océano Pacífico, manifestándose en sus fases ‘cálida’ y ‘fría’, conocidas como El Niño y La Niña respectivamente. Debido a los diversos efectos de este proceso en los ecosistemas, que a su vez repercuten en los sistemas socioeconómicos, cada vez hay un mayor interés en mejorar el entendimiento de los factores que intervienen en su desarrollo, como en optimizar la anticipación al desenlace de posibles impactos extremos, constituyéndose en un principal propósito el poder generar alertas tempranas para mitigar daños.

En este contexto, 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 ICENtmp, que se calcula igual que el ICEN, pero reemplazando, en general, los datos mensuales faltantes con datos de pronósticos mensuales provenientes de North American Multi-Model Ensemble (NMME). 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° para el eje X e Y , respectivamente. El modelo es forzado principalmente con información del producto L3 del “escaterómetro” 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																		X		DHN
				X															X				IMARPE
	Salinidad								X										X				X
Biogeoquímicas	Oxígeno y Nutrientes			X		X	X																IMARPE
				X		X	X																IMARPE
	Clorofila			X		X	X																IMARPE
																					X		IMARPE, climatología 2002-2014
Pesqueras	Desembarques índices reproductivos								X	X													IMARPE
											X												IMARPE
	Indicadores de masas de agua del plancton										X												IMARPE
		Distribución de especies incidentales							X	X	X												
VARIABLES HIDROLÓGICAS																							
	Caudal de ríos				X																		ANA
	Capacidad Hidráulica de reservorios				X																		ANA

3. CONDICIONES OBSERVADAS EN SETIEMBRE

3.1 CONDICIONES A MACROESCALA

3.1.1 Circulación atmosférica y temperatura superficial en el Pacífico Ecuatorial

Durante setiembre, las anomalías de la TSM en el Pacífico Ecuatorial oscilaron a lo largo de la franja ecuatorial, presentando sus valores positivos durante los primeros días del mes y negativos durante los últimos días (Figura 3.1.1.1). Se mantiene la tendencia a la disminución de las anomalías de TSM en el Pacífico Ecuatorial Central llegando a alcanzar valores negativos próximos a cero (Figura 3.1.1.2.a). En el Pacífico Ecuatorial Oriental (Niño 1+2), en promedio, las anomalías de TSM se mantienen 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 setiembre es de +13,5 (Figura 3.1.1.4). Este valor se encuentra por encima del umbral (+7), asociado a condiciones frías. 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°W – 100°W y 5°S – 5°N se ha mantenido con valores de alrededor de 275 Wm² durante los últimos tres meses; siendo este valor menor a casi todos los años comparados para el mismo período (Figura 3.1.1.5 y Figura 3.1.1.6), indicando el fortalecimiento de la subsidencia. Asimismo, en la región del Pacífico Central (170°E – 140°W y 5°S - 5°N) los valores de ROL disminuyen ligeramente, con valores de ROL muy próximos a los alcanzados durante el año 1998 y 2010 (Figura 3.1.1.6 y Figura 3.1.1.7).

En niveles bajos de la tropósfera (850 hPa), se observaron anomalías de viento del este sobre el Pacífico Ecuatorial Occidental (aproximadamente entre 140°W - 180°W), mientras que, en el Pacífico Ecuatorial Central-Oriental las condiciones de viento fueron normales. Por otro lado, entre los 120°W y 85°W del Pacífico Sur se observaron anomalías de viento del oeste, presentando frente a las costas peruanas condiciones normales (Figura 3.1.1.8.a). En los niveles altos (200 hPa), anomalías del oeste sobre el Pacífico Central y Occidental certifican una configuración de subsidencia anómala sobre este sector (3.1.1.8b).

Asimismo, la anomalía del esfuerzo de viento zonal calculado desde el satélite ASCAT, muestra valores cercanos a cero, indicando condiciones normales sobre el Pacífico Oriental (Figura 3.1.1.9.a).

Las secciones verticales a lo largo de la franja ecuatorial mostraron mayor subsidencia sobre el Pacífico Central-Occidental (180°W-160°W) y oriental (en cercanía a la costa occidental de Sudamérica, 90°W – 80°W), principalmente entre niveles medios y altos, atenuando en general las convecciones sobre estas regiones. Con respecto a las anomalías, los valores mostraron su mayor intensificación de subsidencia entre 140°E y 160°W en niveles medios y alto. Mientras que, sobre el Pacífico Oriental los valores se encuentran próximos a su climatología, entre 140°W y 80°W, lo que indica condiciones normales para esta región (Figura 3.1.1.10).

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 presencia de pulsos significativos del este (anomalía hasta de $-30 \times 10^{-2} \text{Nm}^{-2}$) entre los 150°E y 160°W en la franja ecuatorial, de acuerdo al monitoreo de los vientos estimados del satélite ASCAT (Figura 3.1.1.9 a). La anomalía más negativa de la isoterma de 20°C se detectó en la región alrededor 160°W, hasta unos 40 metros por encima de su posición normal, (Figura 3.1.1.9 b y Figura 3.1.1.9 c). Asimismo, los datos de altimetría satelital (Jason-2) mostraron anomalías positivas de la altura del nivel del mar en el Pacífico Oriental (110°W-90°W) hasta de +10 m (Figura 3.1.1.9 d).

En cuanto a la temperatura sub-superficial, a inicios de mes se presentaron dos núcleos, uno de hasta -2°C a 150 – 200 m de profundidad entre los 140°E y 160°E, y otro de hasta -1°C desde la superficie a 150 m de profundidad entre los 160°W y 120°W los cuales a finales del mes convergieron en un núcleo con anomalías hasta de -4°C alrededor de 140°W a 120 m de profundidad (Figura 3.1.2.1). Por otro lado, la evolución de la inclinación de la termoclina mostró valores alrededor de lo normal durante el mes en el Pacífico Ecuatorial. La descarga de calor se ha incrementado ligeramente, es decir, mantiene una anomalía negativa en septiembre (Figura 3.1.2.2).

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 presentó en promedio un comportamiento dentro de lo normal (Figuras 3.2.1.1), ello asociado a condiciones neutras de la TSM. El Anticiclón del Pacífico Sur (APS) presentó algunos episodios de intensificación durante la primera semana del mes, sin embargo, en promedio mostró una intensidad de débil a normal con una ligera anomalía positiva en su núcleo (-1hPa). Cabe señalar que, durante el mes, hubo eventos de intrusión de Altas Presiones Migratorias.

En la región más próxima al litoral peruano, el esfuerzo de viento promedio mostró un ligero debilitamiento en su intensidad comparado al mes anterior, mientras que la TSM continuó con las anomalías positivas (Figura 3.2.1.2).

3.2.2. Vientos costeros y temperatura del aire.

De acuerdo a los datos de satélite ASCAT, 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). En las dos primeras semanas, la velocidad del viento fluctuó alrededor de lo normal, mientras que durante la tercera semana del mes predominaron anomalías negativas entre -3 y -1m/sy, durante la última semana, las anomalías estuvieron próximas a cero frente a 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 en promedio anomalías positivas de la temperatura máxima, con valores de hasta +2,9°C en la estación San Miguel (Piura), +2,4°C en la estación Puerto Pizarro (Tumbes) y +2°C en la estación de Chusis (Piura). Por otro lado, la temperatura mínima sigue presentando condiciones normales en la costa norte y centro (Figura 3.2.2.2).

3.2.3 Precipitaciones e hidrología en la vertiente del Pacífico

Durante el mes de setiembre la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT) se presentó alrededor de los 10°N en el Pacífico centro-oriental; con una ligera inclinación hacia el sur (~5°N) en su cercanía al Pacífico occidental. En general la ZCIT presentó una posición ligeramente hacia el norte, en comparación con su patrón normal.

Sobre el territorio nacional, las mayores precipitaciones se dieron sobre el lado oriental de los Andes, principalmente sobre la selva centro y norte (Figura 3.2.1.2 a, b). Asimismo los ríos monitoreados del país mostraron las características propias del período de estiaje, en su mayoría con hidrogramas de tipo descendentes y con caudales promedios diarios por debajo a los registros históricos; a excepción del río Santa que presentó registros que excedieron los promedios diarios (Figura 3.2.2.1).

Las reservas hídricas en la costa norte promediaron el 46% respecto a la capacidad hidráulica de los principales embalses, disminuyendo en relación al reporte anterior. En el sur, el sistema hidráulico Colca – Chili (Arequipa) operó en promedio al 48%, mostrando en su mayoría hidrogramas descendentes. En Pasto Grande (Moquegua), el nivel llegó hasta el 37%. Los de Tacna (Aricota, Jarumas y Paucarani) estuvieron en promedio al 62% de su capacidad hidráulica (Tabla 3.2.3.1).

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

En el mes de setiembre, frente al litoral peruano, durante la primera quincena, fuera de las 20 mn predominaron condiciones neutras junto a pequeñas celdas de anomalías positivas de temperatura superficial del mar (TSM), mientras que cerca de la costa las anomalías negativas se mostraron en una delgada franja, con una mayor expansión hacia el océano frente a Paita. Durante la tercera semana, predominaron condiciones cálidas, mostrando una mayor expansión de anomalías mayores a +1°C, y especialmente frente a la costa central, donde llegaron a superar los +3°C, en tanto que las anomalías negativas cerca de la costa se vieron menguadas. Hacia la cuarta semana las condiciones térmicas se tornaron neutras, permaneciendo núcleos de anomalía positiva frente a la zona central de Perú, mientras que las anomalías negativas reaparecieron en una delgada franja expandida en la zona centro-norte de la costa peruana. No obstante, la zona sur (frente a Ilo) aún se mostró dominada por anomalías positivas (Figura 3.1.1.1).

Las series temporales de TSM en la región Niño 1+2 (90° W - 80° W, 10° S - Ec) y sus anomalías hasta fines de setiembre del 2016, comparadas con los años 1985, 1988, 2007 2010 y 2013 (Figura 3.1.1.2) indicaron que las condiciones térmicas estuvieron notablemente por encima de lo que sucedió en dichos años para la temporada.

En la región 3.4, las anomalías térmicas oscilaron en rangos inferiores al 2013, y ligeramente superiores a 1985, 1988, 2007 y 2010.

Respecto al Índice Costero El Niño (ICEN), basado en las anomalías mensuales de la TSM en la región Niño 1+2, presentó un valor de +0,17 para agosto del 2016, que correspondió a una condición Neutra (ENFEN, 2012). Los valores temporales del ICEN (ICENTmp), basados parcialmente en los pronósticos de los modelos numéricos, para setiembre y octubre fueron de +0,18 °C y +0,25 °C, indicando condiciones Neutras para estos dos últimos casos (Figura 3.2.4.1 y Tabla 3.2.4.1).

En las estaciones costeras de DHN, desde Paita hasta Ilo se registró el predominio de anomalías positivas de TSM, alcanzando promedios mensuales de +1,0 °C en Ilo, seguida en intensidad en Chimbote con +0,9 °C, mientras que en Talara permanecieron anomalías negativas con una media de -0,7 °C (Tabla 3.2.4.2, Figura 3.2.4.2 a). La media mensual de datos registrados en las estaciones costeras de IMARPE, también mostraron el predominio de anomalías positivas de TSM entre Tumbes e Ilo, excepto Paita que exhibió el predominio de débiles anomalías negativas, durante este mes (Figura 3.2.4.2 b).

Las Anomalías del Nivel Medio del Mar (ANMM), durante setiembre presentaron predominantemente valores positivos aunque dentro del rango neutro. En las estaciones costeras de DHN, los promedios mensuales de ANMM, variaron entre -4 cm (Callao) y +4 cm (Paita) (Figura 3.2.4.3 a, b). Frente a la costa, dentro de las 50 mn, durante la primera quincena, predominaron anomalías positivas, que permanecieron hasta la segunda quincena en la zona sur, mientras que en la zona centro norte los valores tendieron al rango neutro (Figura 3.2.4.3 c).

3.2.5 Condiciones físicas subsuperficiales frente al litoral peruano

En la sección de Paita (3 y 4 de octubre), la termoclina se mostró a unos 40 m de profundidad fuera de las 60 millas, mientras que la isoterma de 15°C se localizó entre 100 m y 70 m de profundidad, más somera hacia la costa (Figura 3.2.5.1 a). Anomalías térmicas alrededor de -1,5°C se localizaron en los primeros 50 m de profundidad hasta las 50 mn frente a Paita, y anomalías menores a +0,5°C se observaron entre la superficie y los 150 m de profundidad por fuera de las 80 mn (Figura 3.2.5.1 b). La salinidad presentó valores en el rango de 34,8 a 35,0 ups sobre los 300 m de profundidad (Figura 3.2.5.1 c). Esta distribución es normal en toda la estructura vertical (Figura 3.2.5.1 d).

Con respecto a la sección de Chicama (1 y 2 de octubre), la termoclina se presentó entre 70 y 20 metros de profundidad, siendo más somera hacia la costa, mientras que la isoterma de 15°C se localizó entre los 80 y 120 m de profundidad (Figura 3.2.5.2 a). Esto ocasionó un núcleo con una anomalía térmica de alrededor de +2°C ubicado a los 60 m de profundidad por fuera de las 80 mn frente a la costa (Figura 3.2.5.2 b). La distribución de salinidad mostró la influencia de Aguas Subtropicales Superficiales (ASS), asociada a salinidades mayores a 35,1 ups, sobre los 80 m de profundidad por fuera de las 60 mn, llegando hasta 35,4 ups (Figura 3.2.5.2 c), detectándose anomalías de hasta +0,25 ups sobre los 60 m de profundidad por fuera de las 80 mn (Figura 3.2.5.2 d).

En la Estación Fija Paita (7 mn de la costa), se registraron temperaturas entre 15° y 16°C sobre los 100 m de profundidad, con una profundización de las isotermas durante el mes (Figura 3.2.5.3 a).

A inicios del mes se registraron anomalías alrededor de cero (Figura 3.2.5.3 b), sin embargo durante la segunda quincena del mes se registraron anomalías ligeramente positivas en toda la columna de agua. La salinidad exhibió valores entre 34,8 a 35,0 ups durante la primera quincena, mientras que a finales del mes se registraron aguas de mayor salinidad, asociado a la profundización de la isoterma de 15°C (Figura 3.2.5.3 c).

En la Estación Fija Chicama (10 mn de la costa), se registraron temperaturas entre 15° y 16°C, (Figura 3.2.5.4 a). La salinidad presentó valores alrededor de 35,0 ups, indicando la presencia de aguas de mezcla del afloramiento (aguas costeras frías, ACF) con las aguas oceánicas en los primeros 80 m de profundidad de la columna de agua, así como aguas propias del afloramiento por debajo de los 80 m de profundidad, asociada a la isoterma de 15°C (Figura 3.2.5.4 b).

En la Estación Fija Callao (8 mn de la costa), la temperatura mostró valores en el rango de 14° a 16°C sobre los 90 m de profundidad. Las isotermas mostraron una tendencia al ascenso (Figura 3.2.5.5 a). Las anomalías de temperatura mostraron valores alrededor de cero en toda la columna de agua, con un paso de anomalías ligeramente positivas a ligeramente negativas durante el mes (Figura 3.2.5.5 b). Asimismo, las ACF predominaron la mayor parte del mes, asociadas a la disminución de temperaturas en la columna de agua (Figura 3.2.5.5 c).

3.2.6 Oxígeno, Nutrientes y Productividad en la costa peruana

En las estaciones costeras fijas de Paita y Chicama el borde superior de la Zona Mínima de Oxígeno (ZMO, 0,5 mL.L⁻¹) se presentó somera durante la primera semana de setiembre (~40 m), para luego profundizarse progresivamente hasta finales del mes hasta los 100 m (Figuras 3.2.5.3d, 3.2.5.4c). En cambio, en la estación fija Callao se observó una superficialización de la ZMO hasta los 10 m de profundidad en la segunda quincena (Figura 3.2.5.5d).

En las secciones verticales realizadas a finales del mes de setiembre - comienzos de octubre, el límite superior de la ZMO se presentó a 150 m y a 70 m, frente a Paita y a Chicama, respectivamente (Figuras 3.2.5.1 y 3.2.5.2.).

En cuanto a los silicatos, en las estaciones fijas de Chicama y Callao se observó una superficialización de las isolíneas de concentración. Las mayores concentraciones de silicatos fueron detectadas en la estación fija de Callao, alcanzando valores de ~25 $\mu\text{mol.L}^{-1}$ por debajo de los 40 m (Figura 3.2.5.4d, 3.2.5.5 e)

En cuanto a la clorofila-a en la columna de agua, en las estaciones fijas de Chicama y Callao se observó una disminución de las concentraciones de clorofila-a por encima de los 20 m de profundidad hacia finales del mes, particularmente frente a Callao (Figuras 3.2.5.4 e, 3.2.5.5 f).

La clorofila-a superficial (satelital) presentó una distribución similar al mes de agosto (Figura 3.2.6.1 a), aunque con concentraciones mayores, siendo la zona frente a Pisco la más productiva (Figura 3.2.6.1 b).

En general las anomalías de clorofila-a se han mantenido positivas ($\sim +3,5 \text{ mg/m}^3$ en promedio), presentando un máximo de anomalía positiva promedio en la segunda semana ($\sim +5 \text{ mg/m}^3$), cabe resaltar que el presente mes de setiembre presenta las mayores anomalías positivas de clorofila-a en los últimos tres años (Figura 3.2.6.1 c).

3.2.7 Recursos Pesqueros e indicadores biológicos

La flota artesanal destinada a la extracción de anchoveta desembarcó un total de 1 393 toneladas frente a Chimbote, Callao y Pisco, siendo el último puerto mencionado el de mayor captura, con el 78% del total. La estructura de tallas de anchoveta, dentro de las 10 mn, fue principalmente adulta, con porcentaje de juveniles de alrededor del 2% (Figura 3.2.7.1).

Los índices reproductivos mostraron que la anchoveta del stock norte-centro se encontró en pleno pico de desove principal de invierno – primavera, presentando valores por encima del patrón de la Fracción Desovante (FD) y del patrón del Índice Gonadosomático (IGS). El Índice de Atresia (IA) presentó valores ligeramente por debajo de lo normal, lo cual indica una menor re-absorción de los ovocitos (Figura 3.2.7.2).

Por otra parte, pese a la normalización de las condiciones, aún se registraron especies indicadores de aguas cálidas como las especies pelágicas caballa, jurel fino y bonito, mientras que entre las especies bentónicas y costeras aún se tiene registro de merluza y pampanito frente a Camaná.

4. PRONÓSTICO

4.1 A corto plazo (semanas)

Los modelos de simulación de las Ondas Kelvin, corridos por IGP e IMARPE, pronostican que una onda Kelvin fría (modo 1) llegaría a las costas de Sudamérica en octubre 2016 (Fig. 4.1.1 a, b). Por otro lado, una onda Kelvin fría de modo 2 llegaría a las costas de Sudamérica en noviembre 2016 (4.1.1 c).

4.2 A mediano plazo (hasta 3 meses)

Para el Pacífico central (Niño 3.4), de los modelos inicializados en setiembre, 64% (7/11) indicaron condiciones frías débiles para octubre. En general, los pronósticos indican condiciones menos frías que los inicializados en agosto. Para lo que resta del 2016, 45% (5/11) de los modelos predicen La Niña débil y 55% (6/11) de los modelos predicen condiciones neutras. Para el verano, 73% (8/11) de los modelos indican condiciones neutras, y 27% (3/11) predicen La Niña débil (27%) (Figura 4.2.1).

Para el Pacífico oriental (Niño 1+2), de los ocho modelos inicializados en setiembre, todos indicaron que el mes de octubre presentaría condiciones neutras. En general, estos pronósticos indicaron condiciones menos frías que los inicializados en agosto. Para lo que resta del 2016 y para el verano (diciembre 2016-marzo 2017), 7 de los modelos predijeron condiciones neutras y el modelo NCAR CCMS4 indicó condiciones El Niño costero débil entre noviembre y febrero, pero los ocho modelos coinciden en que las condiciones para el verano (dic-mar) serían neutras (Figura 4.2.2 y tabla 4.2.1).

El ICENTmp pronosticó que los trimestres centrados en setiembre y octubre presentarían una condición Neutra, con anomalías de +0.18 y +0.25 °C respectivamente.

4.3 A largo plazo (más de 3 meses)

Para el Pacífico Central (región Niño 3.4), la mayoría de los modelos dinámicos NMME considerados inicializados en setiembre, indican condiciones neutras, con algunos modelos que pronostican La Niña débil, con una tendencia hacia condiciones neutras durante el verano 2016-2017 (Figura 4.2.1). Para el Pacífico Oriental (región Niño 1+2), todos los modelos inicializados en setiembre pronostican condiciones neutras para el verano 2016-2017 (tabla 4.2.1).

El Comité Multisectorial ENFEN, en base al análisis de los pronósticos nacionales e internacionales y de las observaciones, mantiene la mayor probabilidad de ocurrencia que se presenten condiciones neutras frente a la costa del Perú hasta finales del próximo verano.

Las Tablas 4.3.1 y 4.3.2 de acuerdo al juicio experto, muestran las probabilidades estimadas de las magnitudes de La Niña – El Niño. En resumen, se estima una mayor probabilidad de que se mantengan las condiciones neutras en el Pacífico Oriental (74%). Para el Pacífico Central, se estiman como más probables las condiciones neutras (65%), seguidas por La Niña débil (28%).

5. CONCLUSIONES

En la región Niño 3.4 continuó la tendencia a la disminución de la TSM, mientras que, en la región Niño 1+2, la TSM se mantuvo con valores ligeramente positivos manteniéndose las condiciones de neutralidad.

La mayor subsidencia sobre el Pacífico Central-Occidental (180°W – 160°W) y oriental (90°W – 80°W), principalmente entre niveles medios y altos, viene promoviendo anomalías de viento del este en el Pacífico Ecuatorial Occidental.

La ZCIT presentó una posición ligeramente hacia el norte. Sobre el territorio nacional las mayores precipitaciones se dieron sobre el lado oriental de los andes.

Debido al periodo de estiaje, los principales ríos mostraron caudales por debajo del histórico, y los embalses continuaron disminuyendo ligeramente en relación al reporte anterior.

Frente a la costa peruana predominaron condiciones neutras, sin embargo durante la tercera semana, se observó una intensificación de anomalías positivas frente a la costa central y sur, mientras que cerca al litoral, las anomalías negativas se mostraron en mayor proporción frente a Paíta.

Frente a Paíta se presentaron condiciones neutras en toda la estructura vertical, salvo en la capa superficial, donde se observaron anomalías negativas. Frente a Chicama, se observó condiciones neutras hasta las 60 mn frente a la costa, mientras que a mayor distancia se observó la presencia de ASS cálidas.

La clorofila-a, indicador de la producción del fitoplancton se incrementó significativamente a lo largo de toda la franja costera.

La anchoveta de la región Norte – Centro se encuentra en su pico de desove principal de invierno – primavera. Se registraron especies indicadores de aguas cálidas como caballa, jurel fino y bonito frente a Salaverry, y merluza y pampanito frente a Camaná.

Se prevé que la sexta onda Kelvin fría, formada durante setiembre, estaría arribando a la costa de Sudamérica entre fines de octubre y principios de noviembre.

En la región Niño 3.4 en los próximos meses los modelos pronostican La Niña Débil y en la región El Niño 1+2 condiciones neutras. Además, el Comité Multisectorial ENFEN mantiene la mayor probabilidad de ocurrencia de condiciones neutras frente a la costa del Perú hasta finales del próximo verano y condiciones La Niña en la región del Pacífico Ecuatorial Central.

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

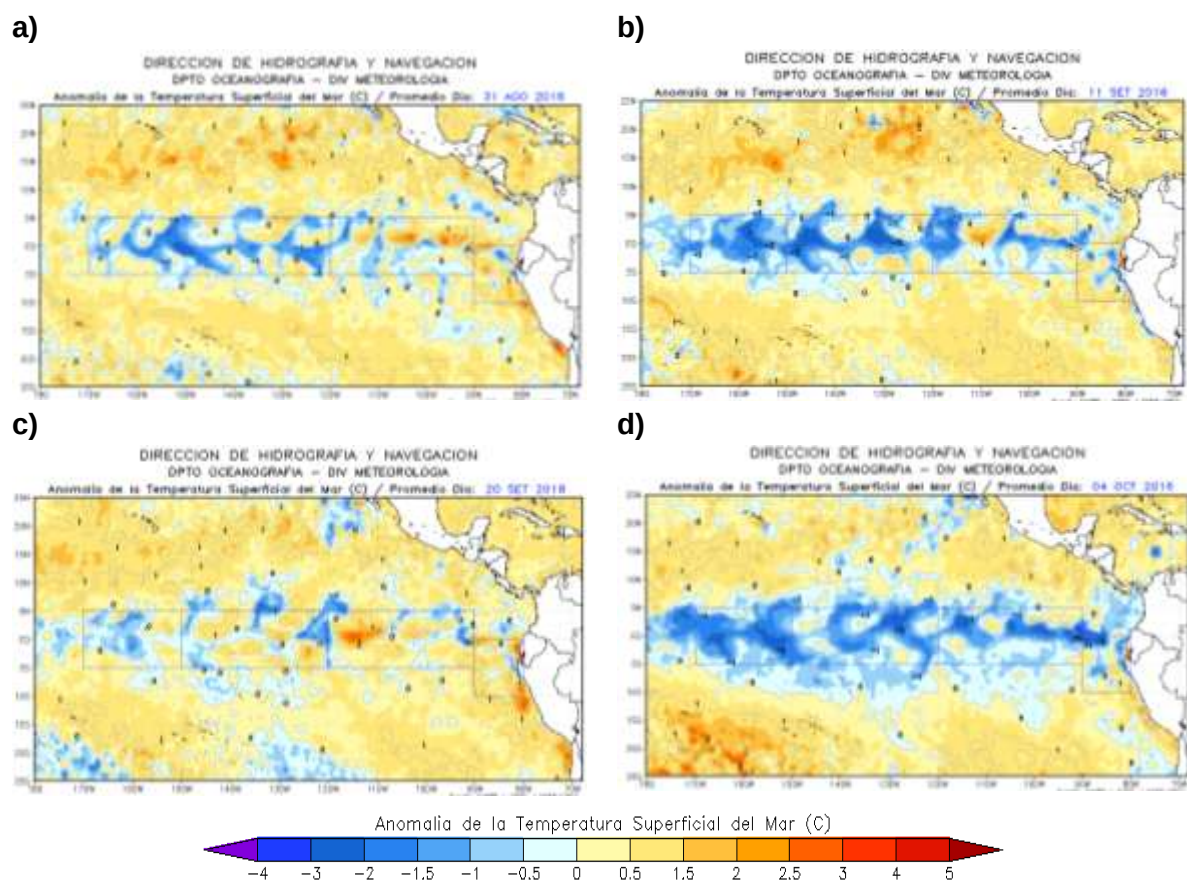


Figura 3.1.1.1. Anomalías de la temperatura superficial del mar (°C) en el océano Pacífico oriental para los días a) 31 de agosto, b) 11 de setiembre, c) 20 de setiembre, y e) 04 de octubre de 2016. La línea sólida en color azul indica el límite externo de la región Niño 1+2. Datos: NCDC/NCEP/NOAA. Procesamiento: DHN.

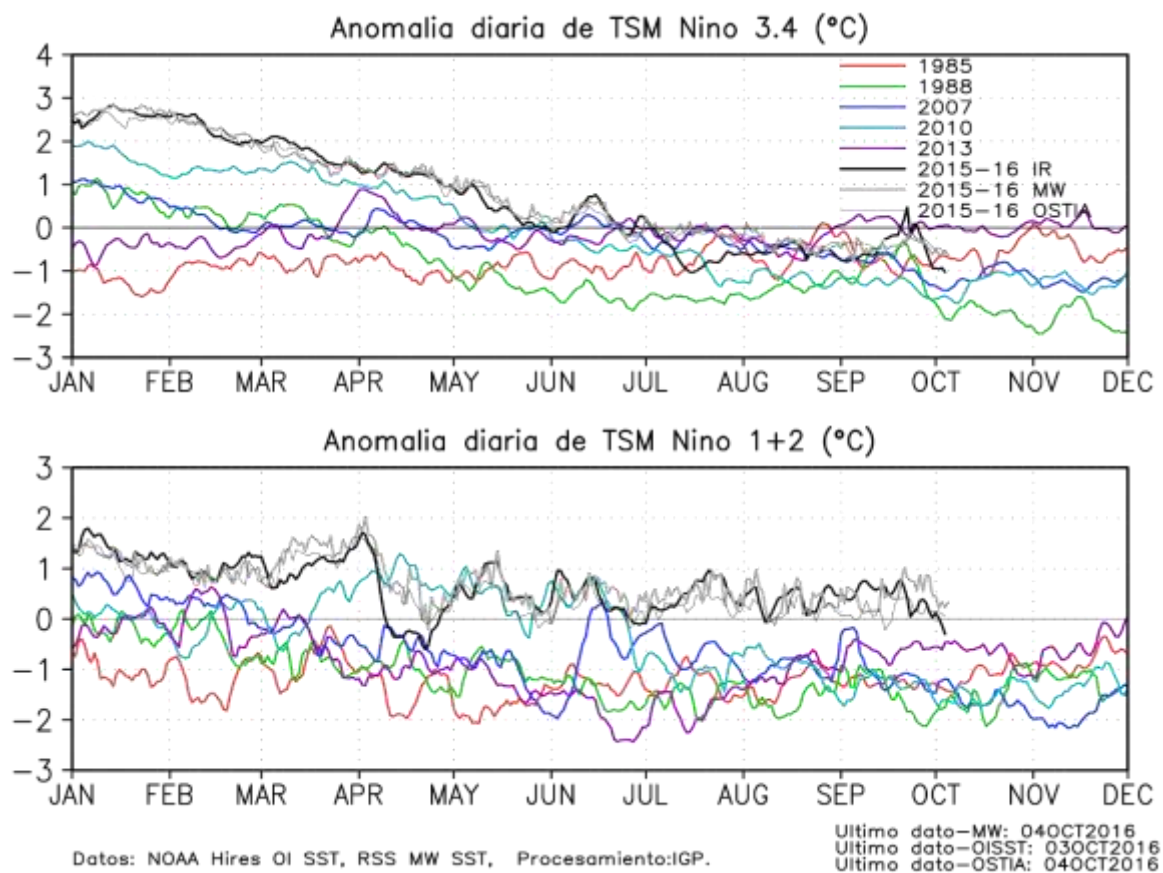


Figura 3.1.1.2 Anomalía de TSM (°C) durante el año 1982 (rojo), 1997 (azul) y 1972 (verde) según los datos infrarrojos (NOAA Daily OI SST v2 AVHRR), en la región 1+2 (a) y en la región 3.4 (b).Procesamiento: IGP.

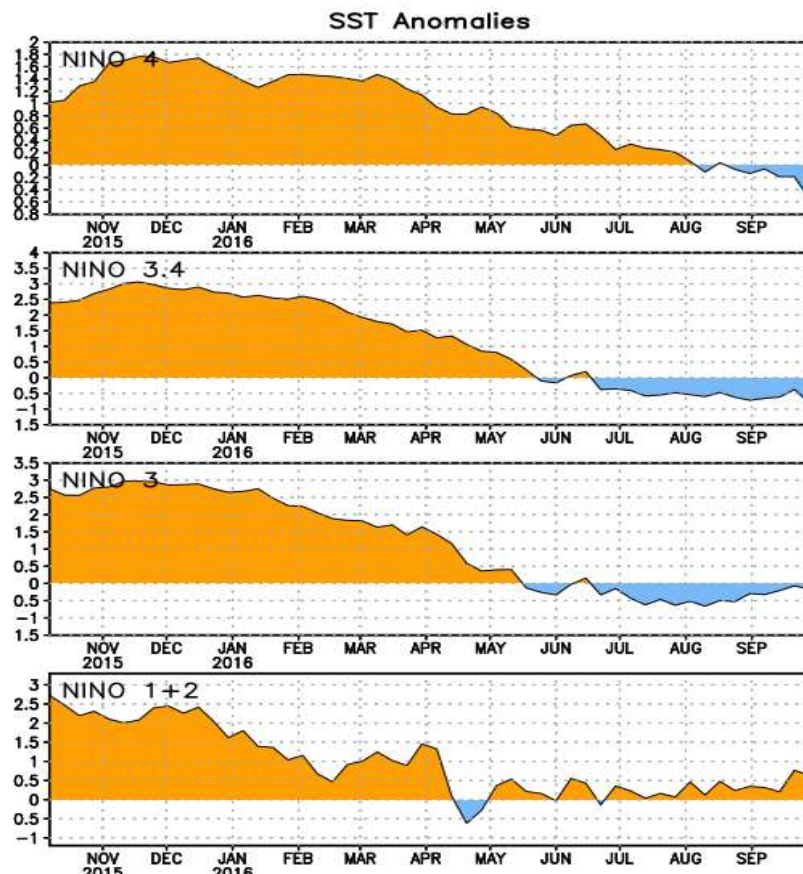


Figura 3.1.1.3 Anomalías de la temperatura superficial del mar (°C) en las regiones Niño de octubre del 2015 a setiembre de 2016. Fuente: NCEP/NOAA.

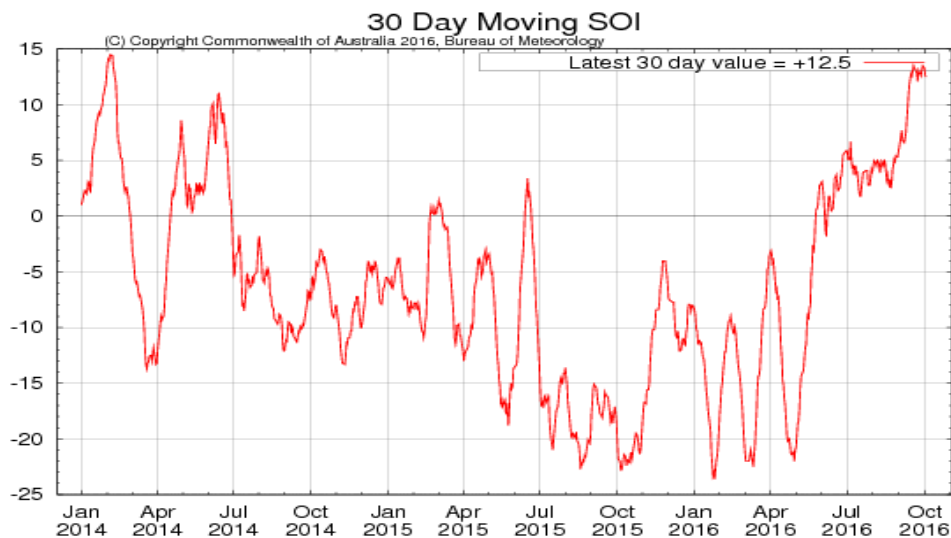


Figura 3.1.1.4 Evolución del Índice de Oscilación Sur (IOS), considerando la media móvil de 30 días. Fuente: Bureau of Meteorology, Australia.

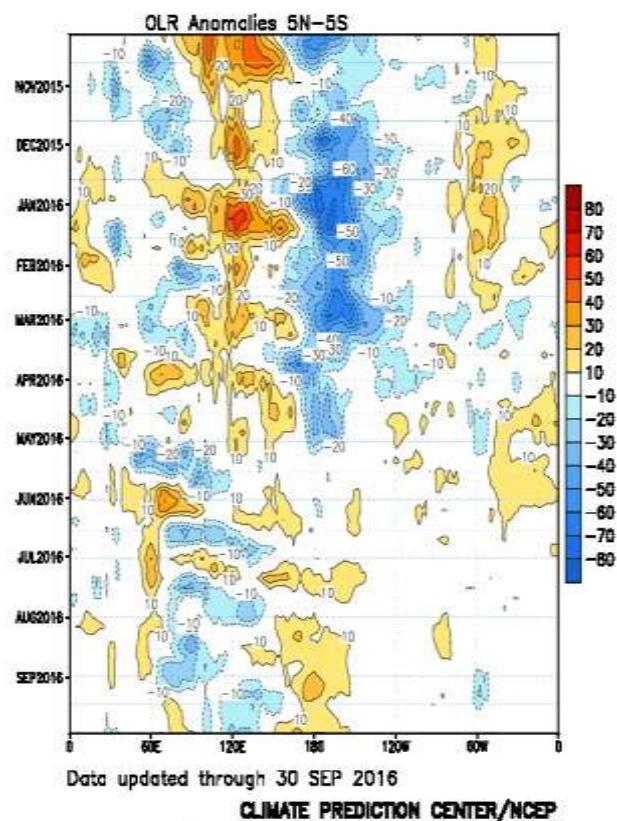


Figura 3.1.1.5. Hovmöller de anomalías de a) Radiación de Onda Larga - OLR (W/m^2) desde el mes de octubre de 2015 hasta setiembre de 2016. Datos: NCEP b) Precipitaciones en el mes de setiembre de 2016. Datos: TRMM. Procesamiento: IGP/SENAMHI.

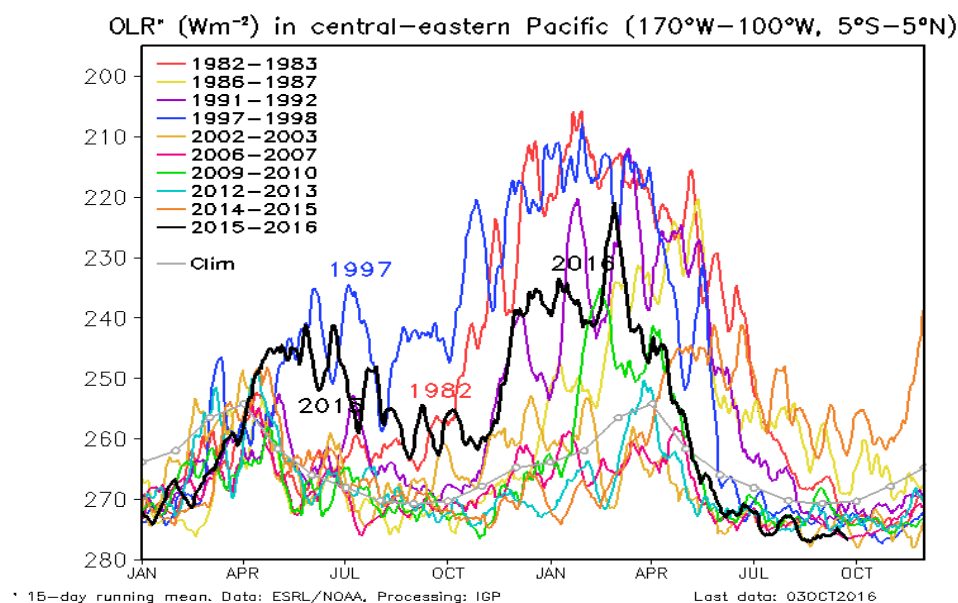


Figura 3.1.1.6. Radiación de Onda Larga - OLR (W/m²) en el Pacífico central-oriental (170°W-100°W, 5°S-5°N) desde el mes de enero hasta el mes de diciembre de 2016. Datos: ESRL/NOAA, Procesamiento: IGP.

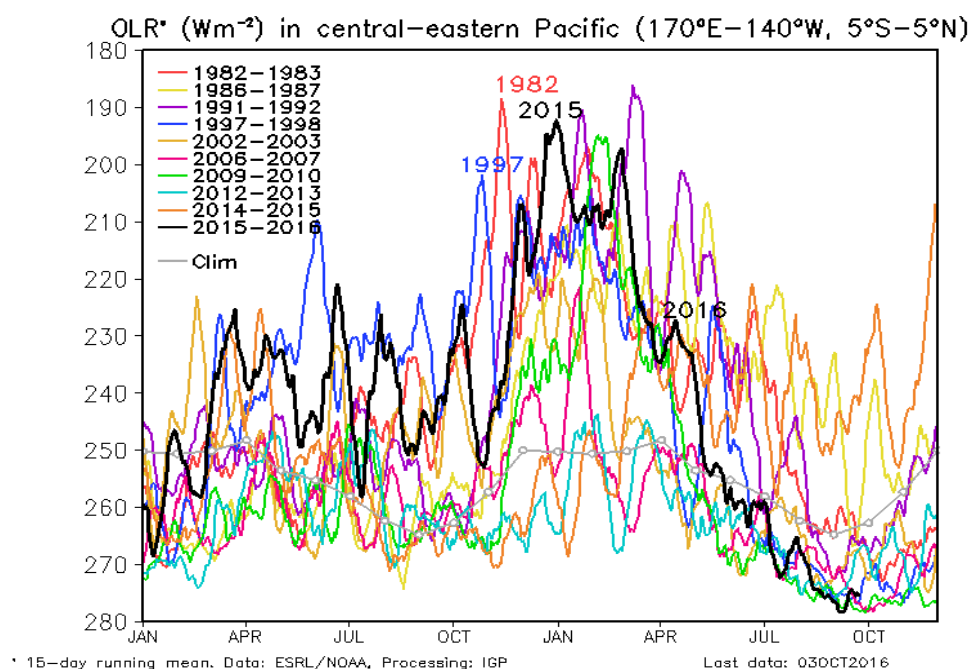


Figura 3.1.1.7. Radiación de Onda Larga - OLR (W/m²) en el Pacífico central-oriental (170°E-140°W, 5°S-5°N) desde el mes de enero hasta el mes de diciembre del 2016. Datos: ESRL/NOAA, Procesamiento: IGP.

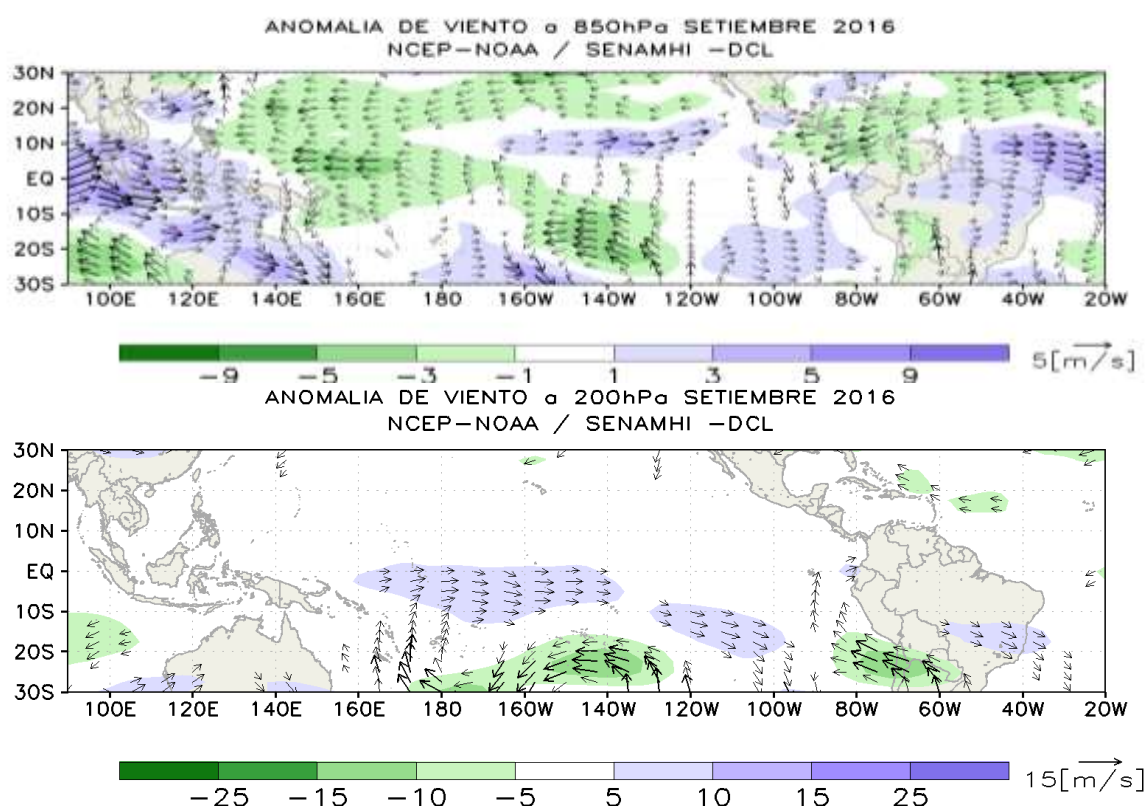


Figura 3.1.1.8. Análisis de anomalías del viento (m/s) en a) 850 hPa y b) 200 hPa para el mes de setiembre del 2016. Datos: NCEP/NOAA. Procesamiento: SENAMHI-DCL.

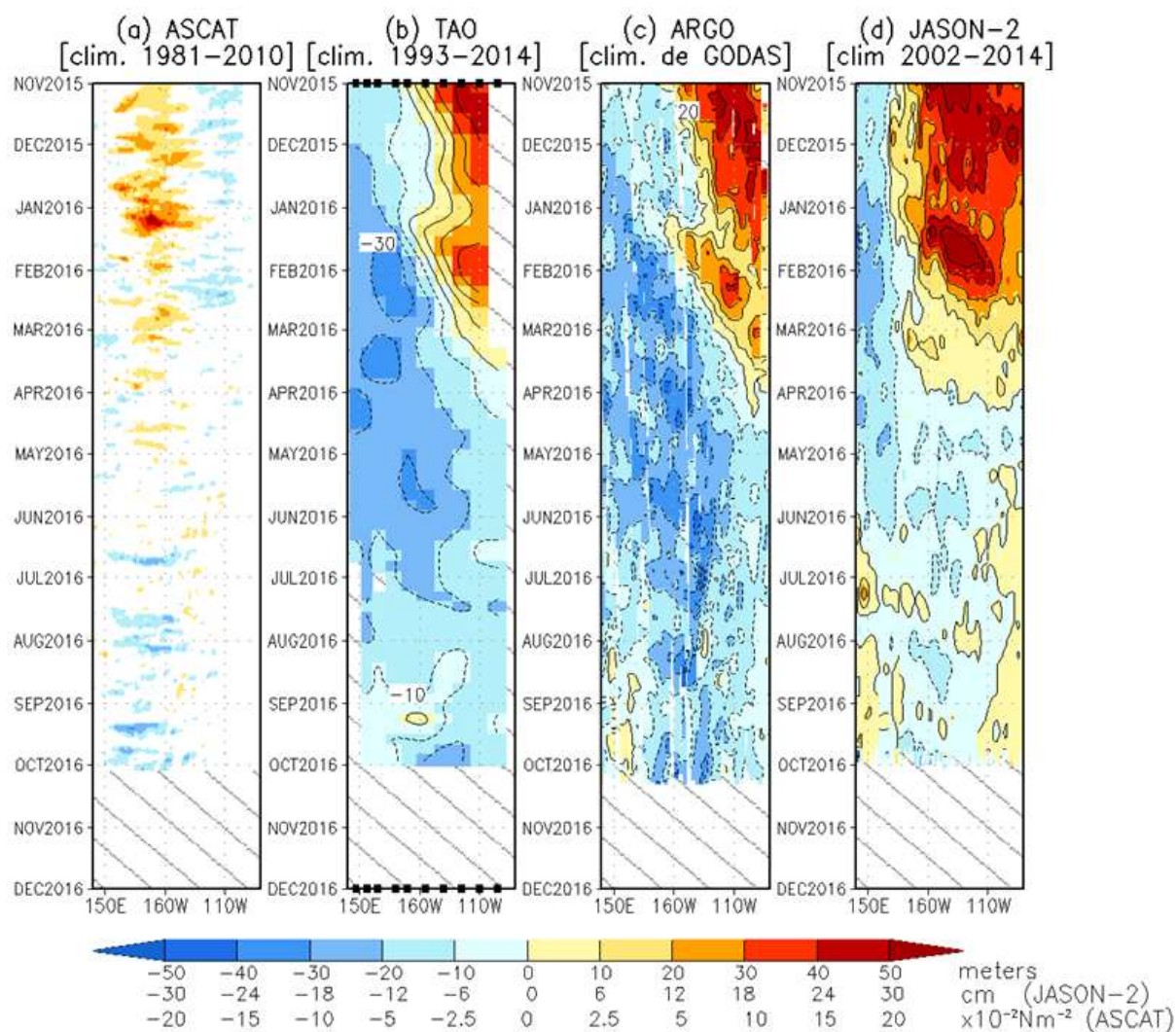


Figura 3.1.1.9. Diagrama longitud-tiempo de las anomalías de esfuerzo de viento zonal ecuatorial basado en datos del escaterómetro ASCAT (a), anomalía de la profundidad de la isoterma de 20°C con datos de TAO (b) y los derivadores de Argo (c), datos del nivel del mar de JASON-2 (d). Las líneas diagonales plumas 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.

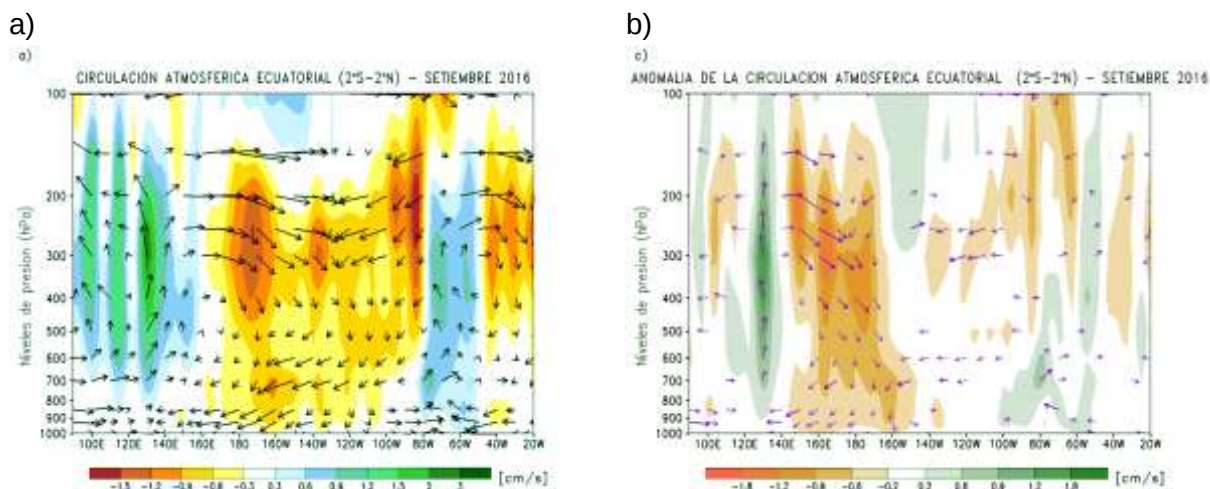


Figura 3.1.1.10. Análisis de la Circulación Atmosférica Ecuatorial de este a oeste para el mes de junio 2016. a) Promedio del mes de setiembre y b) Climatología del mes de setiembre. Fuente: SENAMHI con datos de la NCEP-NOAA.

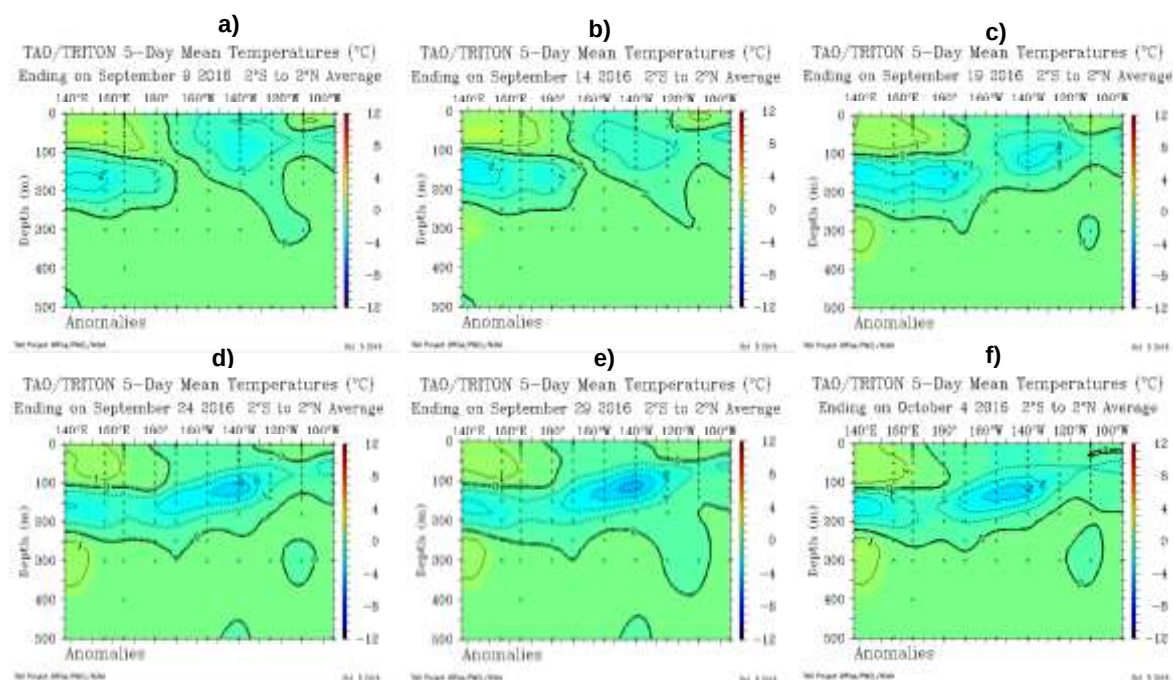


Figura 3.1.2.1. Anomalías de la temperatura sub-superficial del mar (°C) en el océano Pacífico ecuatorial entre los 2°N y 2°S promediadas cada cinco días, finalizando los días: a) 9 de septiembre, b) 14 de septiembre, c) 19 de septiembre, d) 24 de septiembre, e) 29 de septiembre y f) 4 de octubre de 2016. Fuente: TAO/TRITON, PMEL/NOAA.

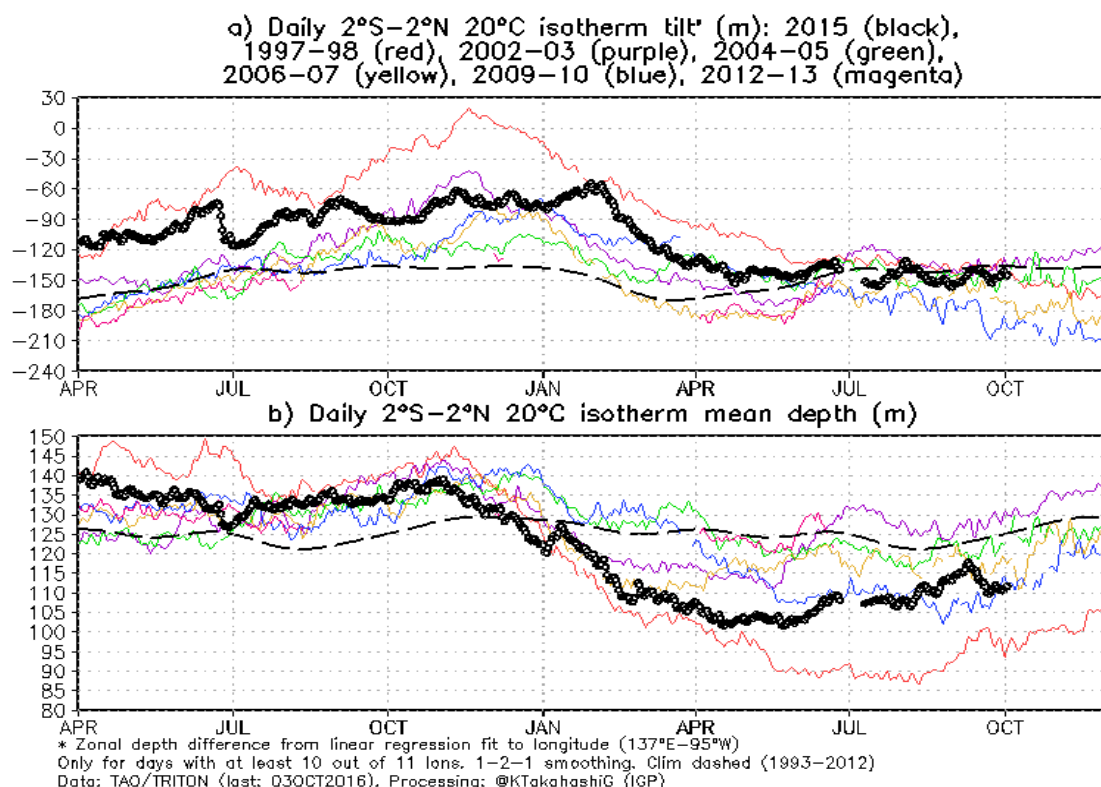


Figura 3.1.2.2. a) Inclínación de la termoclina, diferencia de la profundidad zonal del ajuste de la regresión lineal para la longitud (137°E – 95°W). Climatología 1993-2012 (punteado). b) Contenido de calor en la región ecuatorial entre 2°N y 2°S). Data: TAO/TRITON. Procesamiento: IGP.

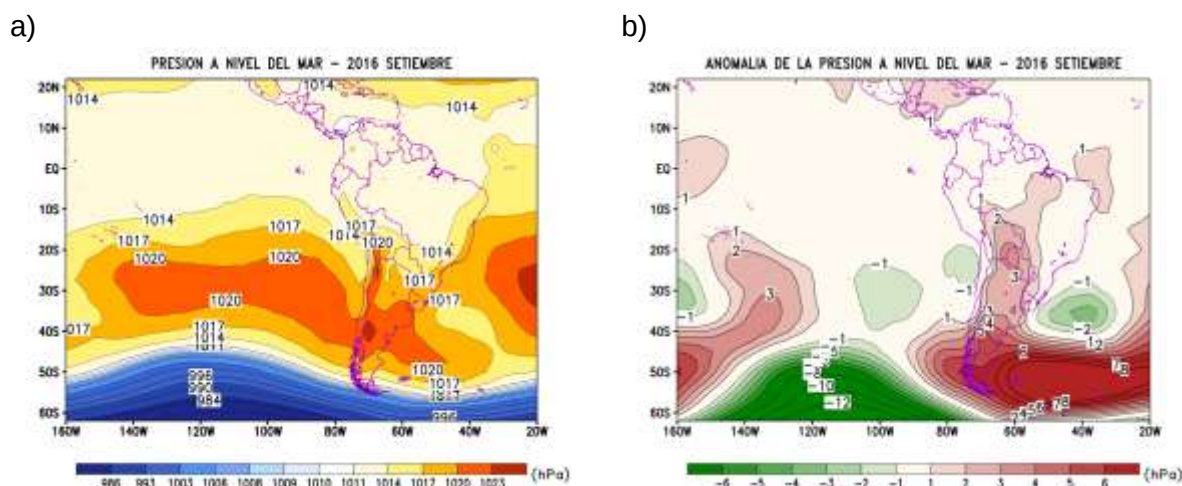


Figura 3.2.1.1 Presión atmosférica (hPa) a nivel medio del mar para setiembre del 2016. a) Promedio de la Presión atmosférica (hPa) a nivel del mar, b) Anomalía de la Presión atmosférica (hPa) a nivel del mar. Datos: NCEP/NOAA. Procesamiento: SENAMHI.

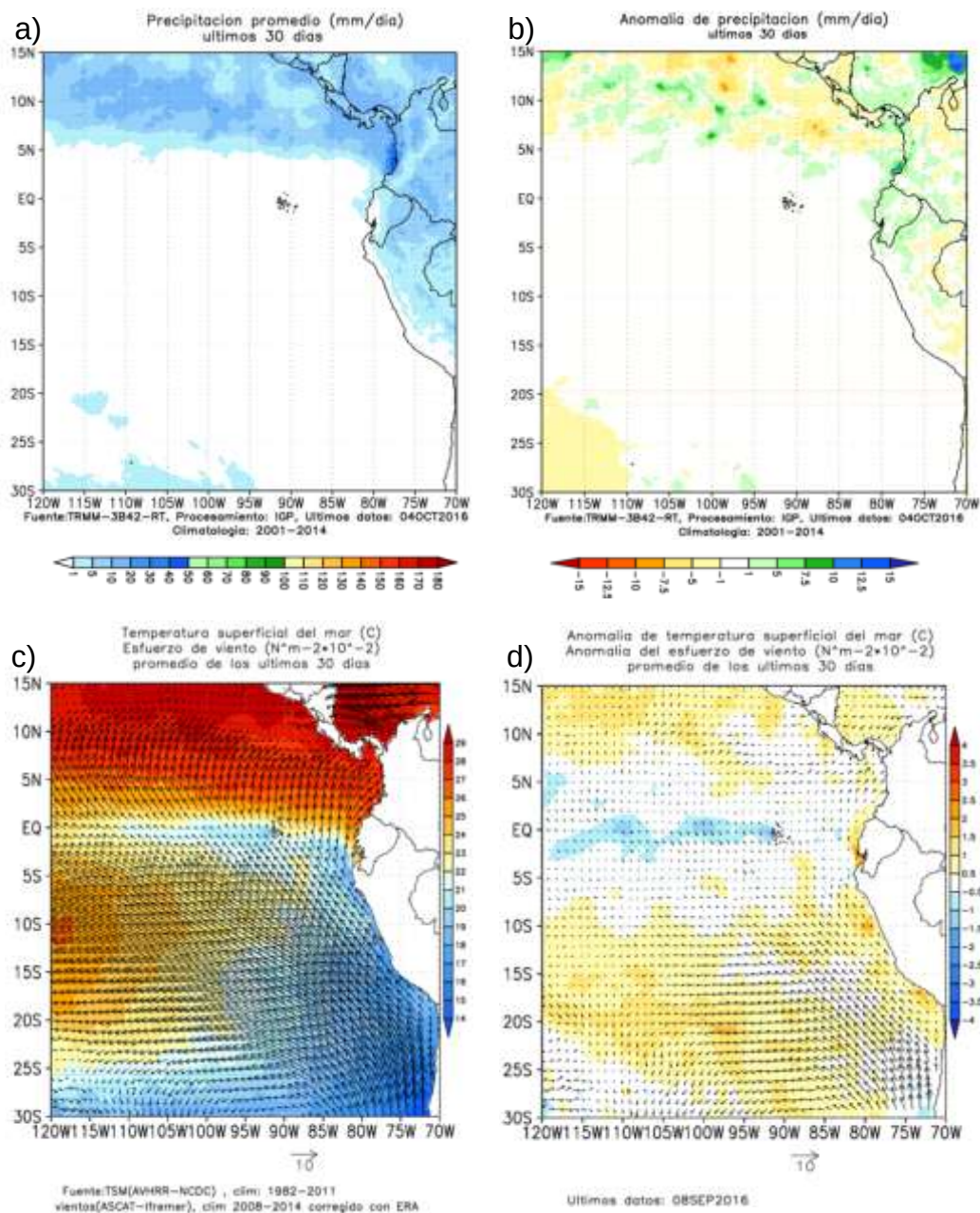
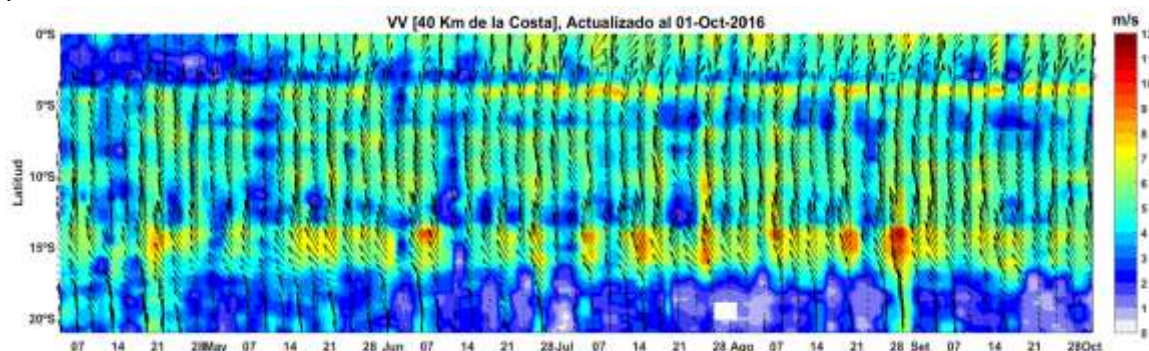


Figura 3.2.1.2. Condiciones promedio de precipitación, temperatura superficial del mar (TSM) y esfuerzo de viento, correspondientes al mes de setiembre, a) valores absolutos de precipitación, b) anomalía de precipitación, c) valores absolutos de TSM asociados al esfuerzo de vientos, d) anomalías de TSM, asociados al esfuerzo de vientos. Fuente TRMM, AVHRR-NCDC-NOAA, ASCAT-Ifremer // Procesamiento IGP.

a)



b)

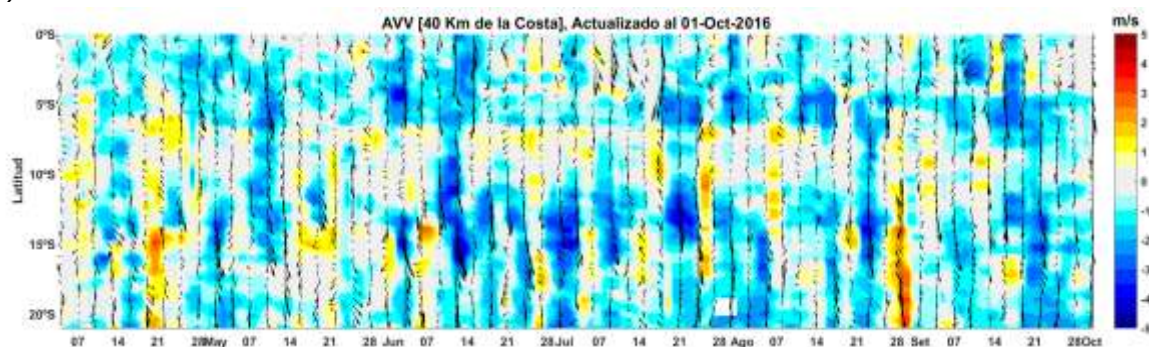
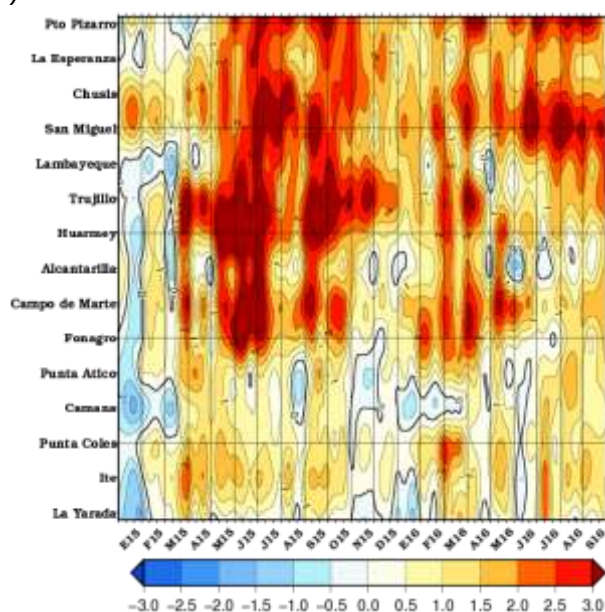


Figura 3.2.2.1. a) Velocidad del viento (m/s) y b) Anomalía del viento (m/s), desde los 0° hasta 20°S en el periodo de mayo de 2016 al 1 de octubre del 2016. Los vectores representan la dirección del viento y anomalía de la dirección del viento, respectivamente. Datos: ASCAT. Procesamiento: IMARPE.

a)



b)

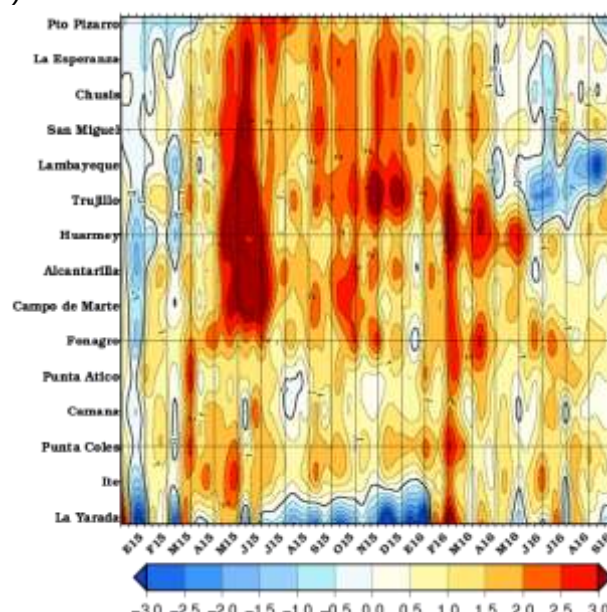


Figura 3.2.2.2. Anomalías de las temperaturas extremas del aire (°C) en la costa peruana desde enero 2015 a setiembre de 2016. a) Temperatura máxima y b) Temperatura mínima. Fuente: SENAMHI.

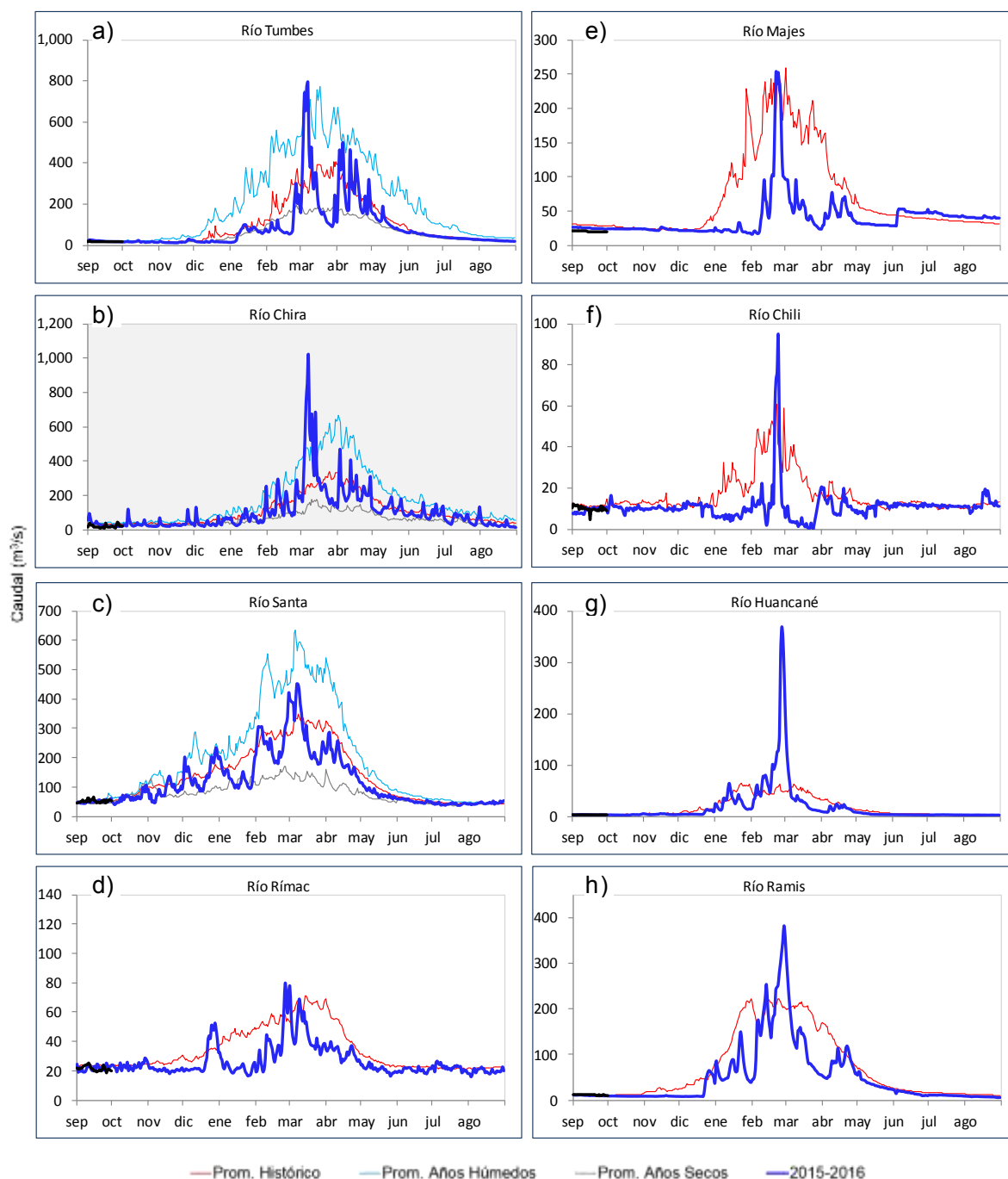


Figura 3.2.3.1. Series de tiempo actualizados a fines de setiembre, de los caudales diarios (m^3/s) de los principales ríos del Perú, entre los meses de agosto a setiembre: a) Tumbes, b) Chira, c) Santa, d) Rímac, e) Majes, f) Chili, de la vertiente del pacífico; g) Huancané y h) Ramis, de la cuenca del Titicaca. Líneas azules: caudales de años 2015-2016, rojas: Promedio histórico; celestes: promedio de años húmedos y líneas grises: promedio de años secos. Fuente: ANA.

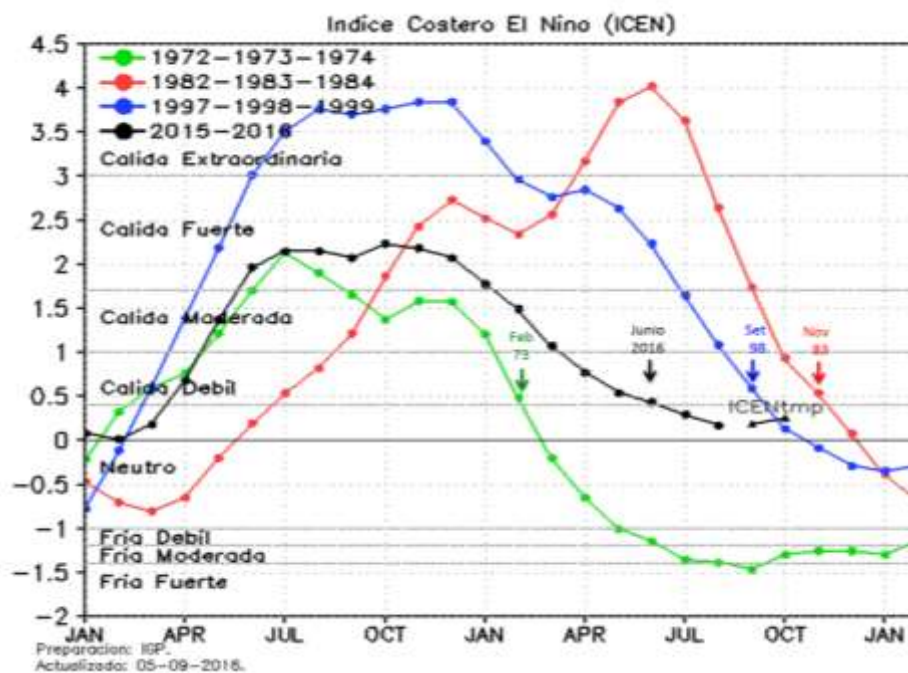


Figura 3.2.4.1. Índice Costero El Niño para los años 1972-1973 (verde), 1982-1983 (rojo), 1997-1998 (azul) y 2015-2016 (negro). Fuente IGP.

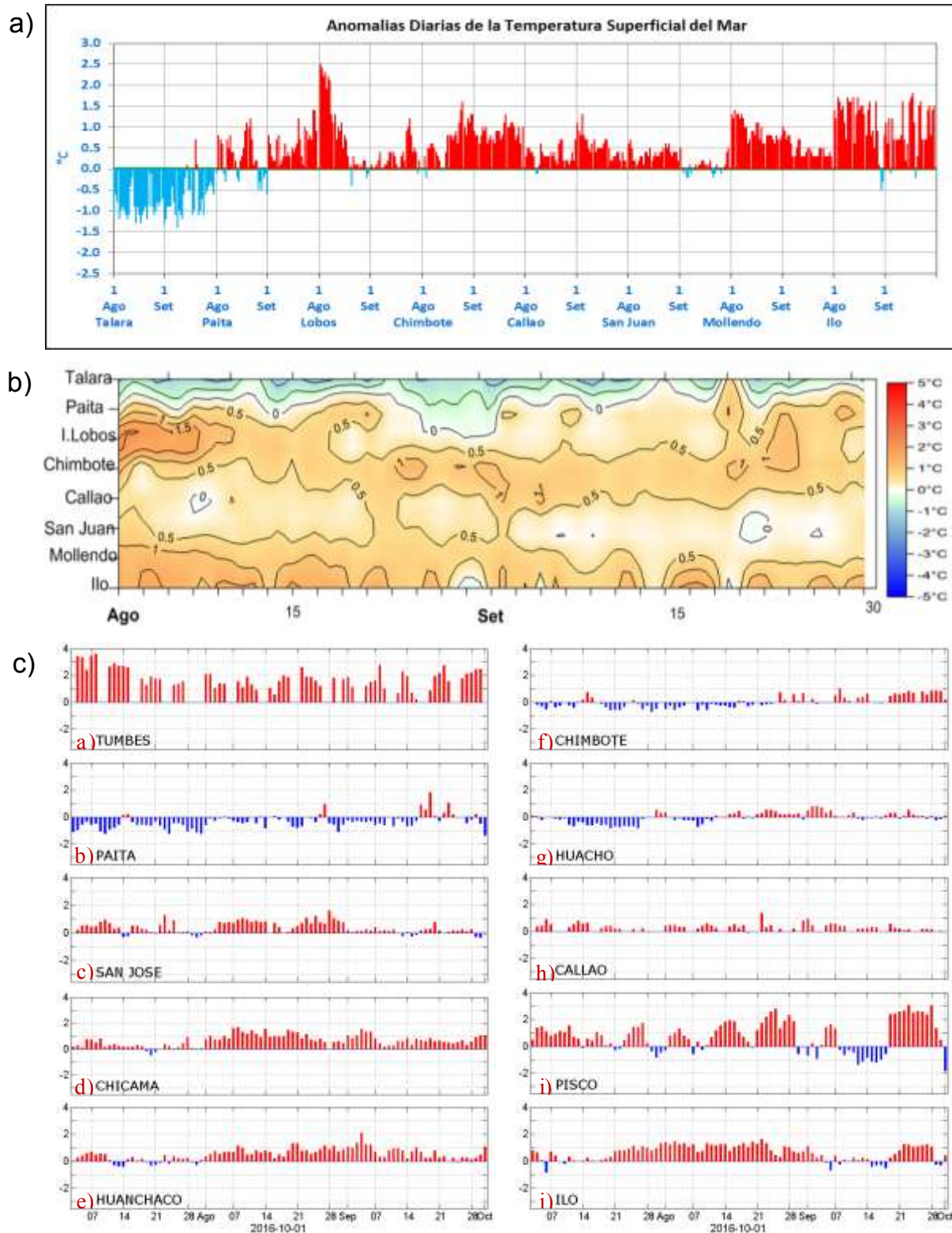


Figura 3.2.4.2. Anomalías de Temperatura Superficial del Mar (ATSM), registradas en estaciones del litoral costero de Perú, hasta setiembre del 2016; a) Series diarias y b) Hovmöller durante el último bimestre, en estaciones de la DHN, c) Series diarias durante el último trimestre, en estaciones del IMARPE.

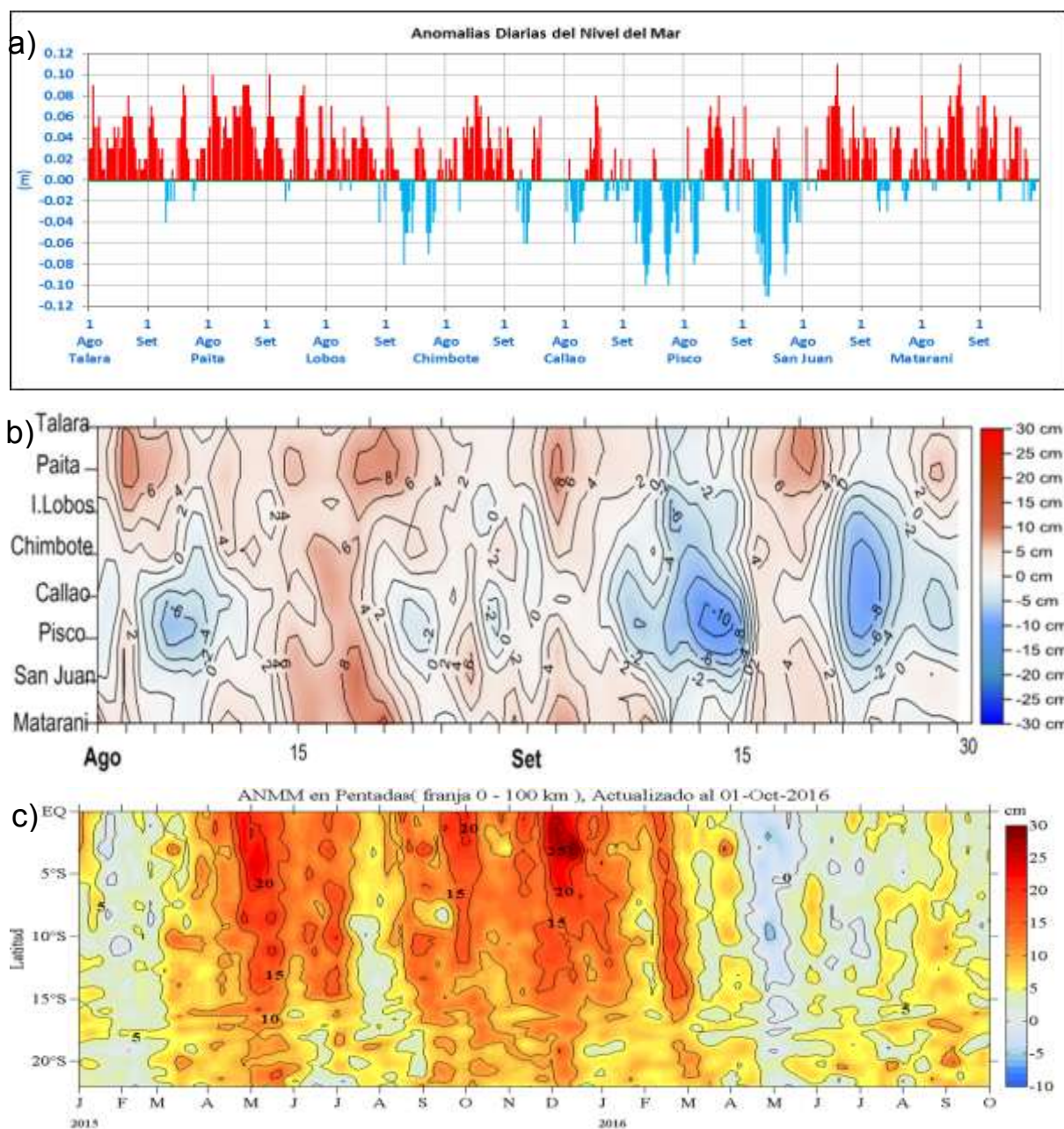


Figura 3.2.4.3. Anomalías del Nivel Medio del Mar, actualizados a setiembre del 2016, a) Series diarias y b) Hovmöller durante el último bimestre en estaciones costeras de la DHN, c) Hovmöller en franja costera de 0-100 km, entre 2015-2016; Fuente AVISO – IMARPE.

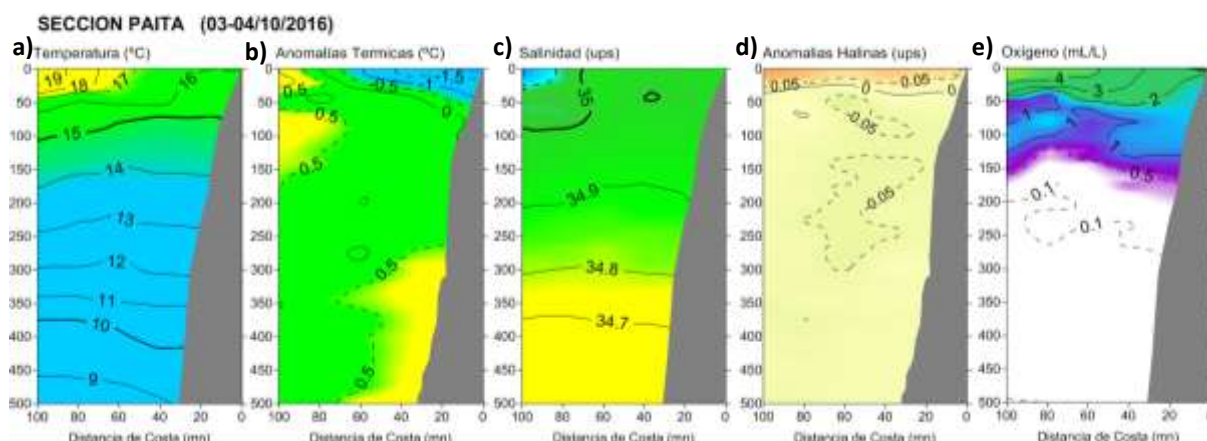


Figura 3.2.5.1 Distribución vertical de: a) temperatura (°C), b) anomalía de temperatura (°C), c) salinidad (ups), d) anomalía de salinidad (ups) y e) oxígeno (mL/L) frente a Paita, realizada durante el 3 y 4 de octubre de 2016. Fuente: IMARPE.

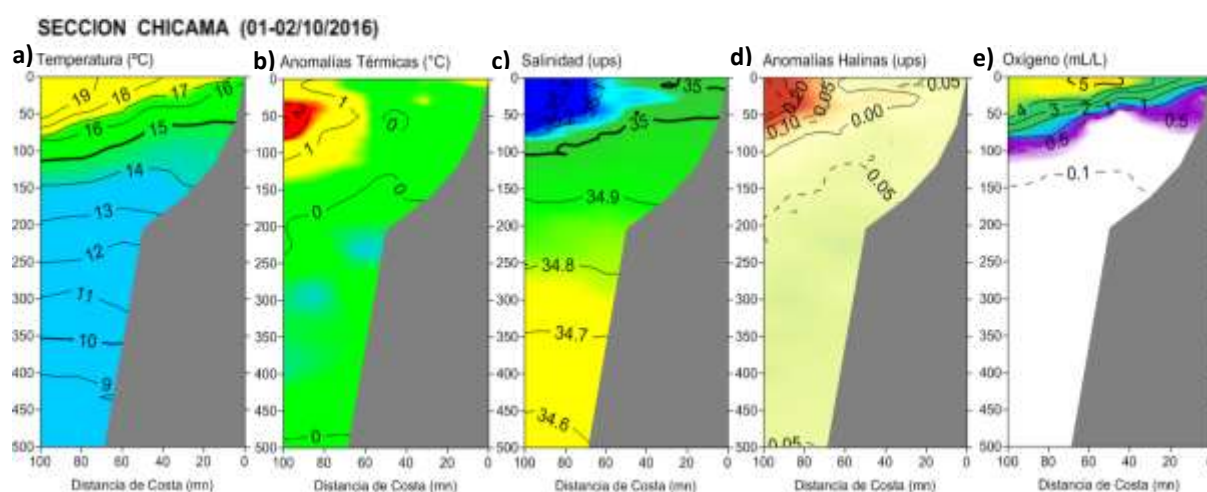


Figura 3.2.5.2 Distribución vertical de: a) temperatura (°C), b) anomalía de temperatura (°C), c) salinidad (ups) y d) anomalía de salinidad (ups) frente a Chicama, realizada durante el 1 y 2 de octubre de 2016. Fuente: IMARPE.

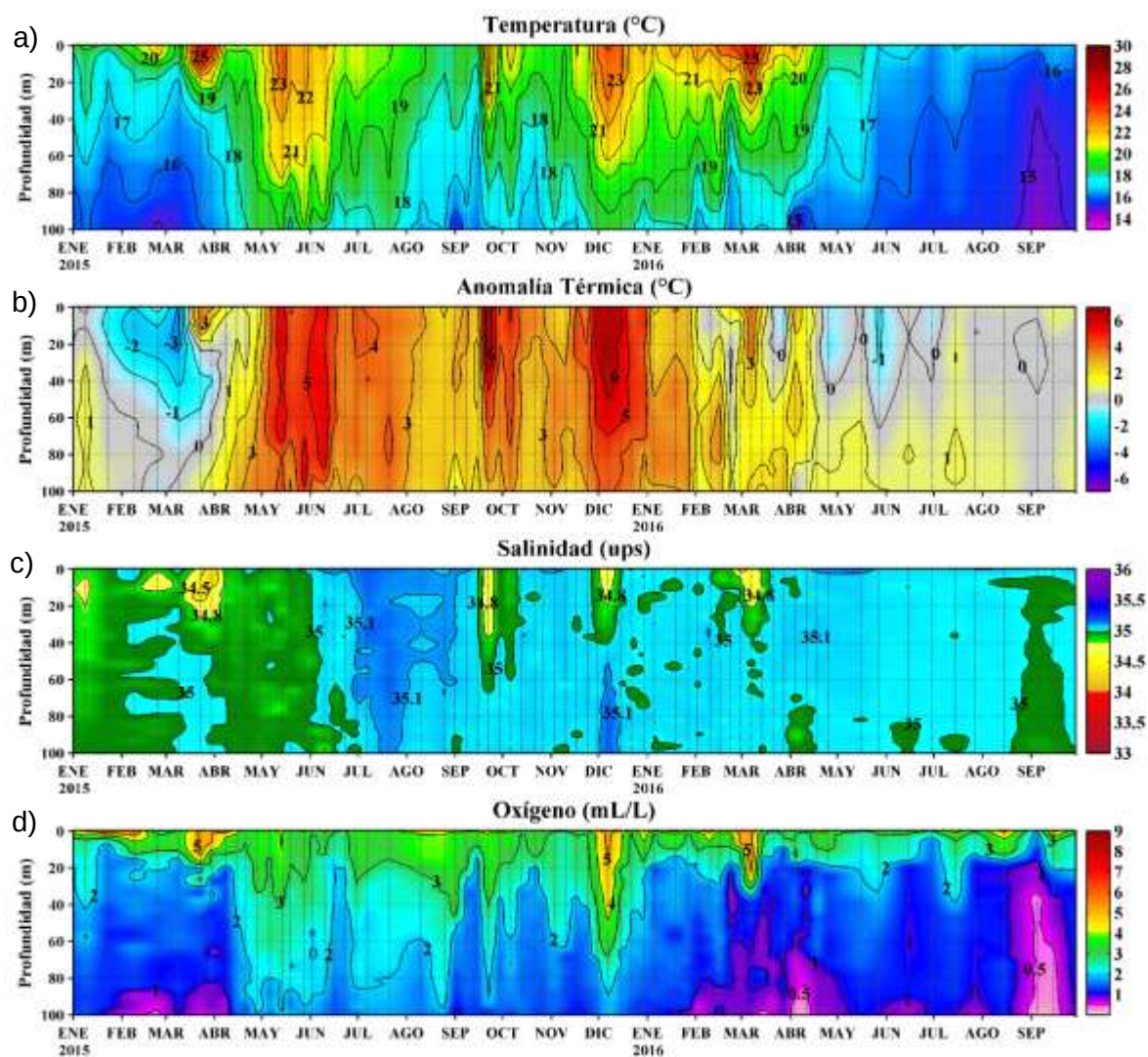


Figura 3.2.5.3 Series de tiempo para la estación oceanográfica fija frente a Paita (punto fijo Paita) de: a) temperatura (°C), b) anomalía de la temperatura (°C), c) Salinidad (ups) y d) oxígeno (mL/L) para el periodo del 01 de enero de 2015 al 29 de septiembre de 2016. Climatología: 1994-2010. Fuente: IMARPE.

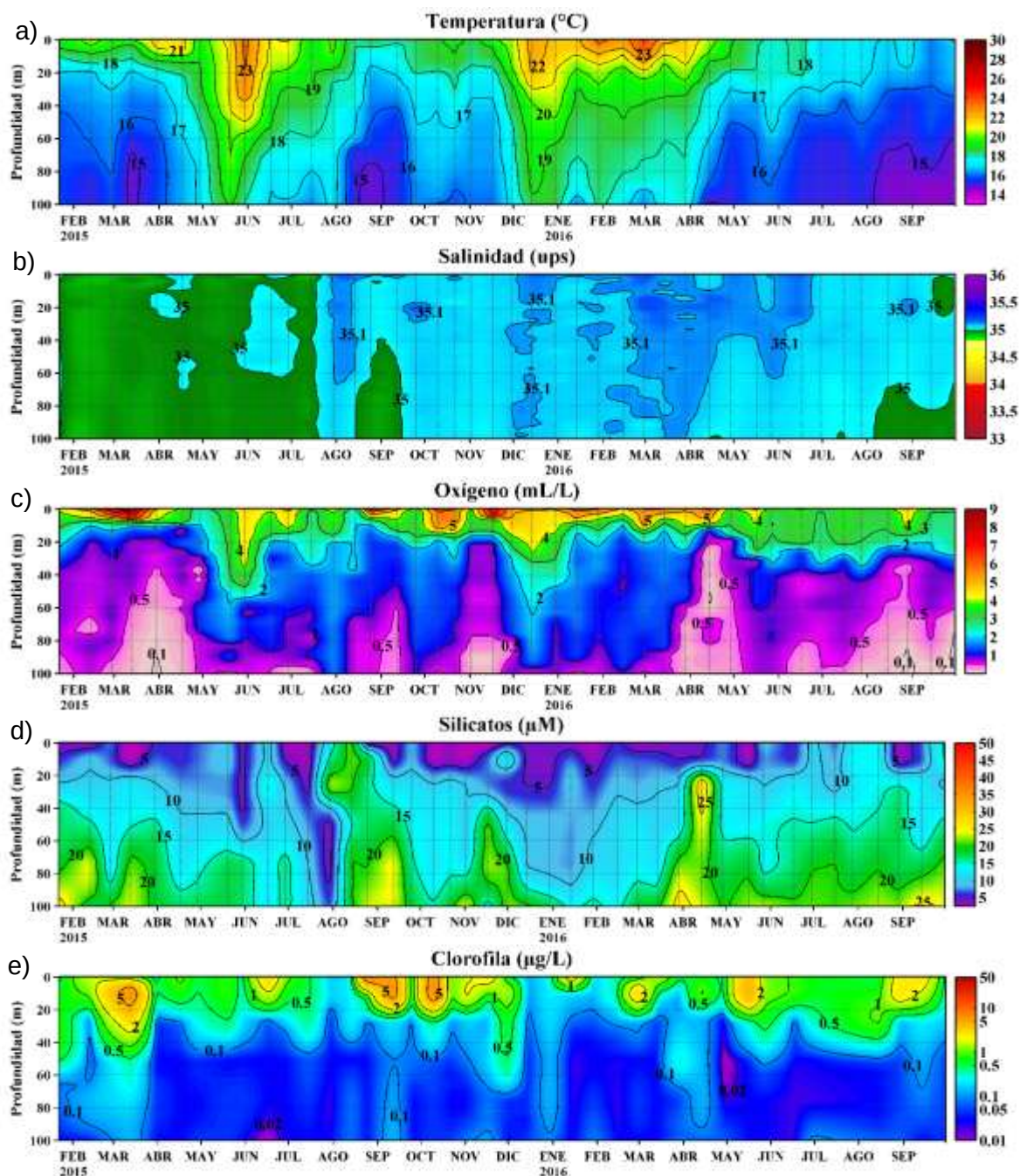


Figura 3.2.5.4. Series de tiempo para la estación oceanográfica fija frente a Chicama (punto fijo Chicama) de: a) Temperatura (°C), b) Salinidad (ups), c) Oxígeno (mL/L), d) Silicatos (µM) y e) Clorofila (µg/L), para el periodo del 22 de enero de 2015 al 30 de septiembre de 2016. Fuente: IMARPE.

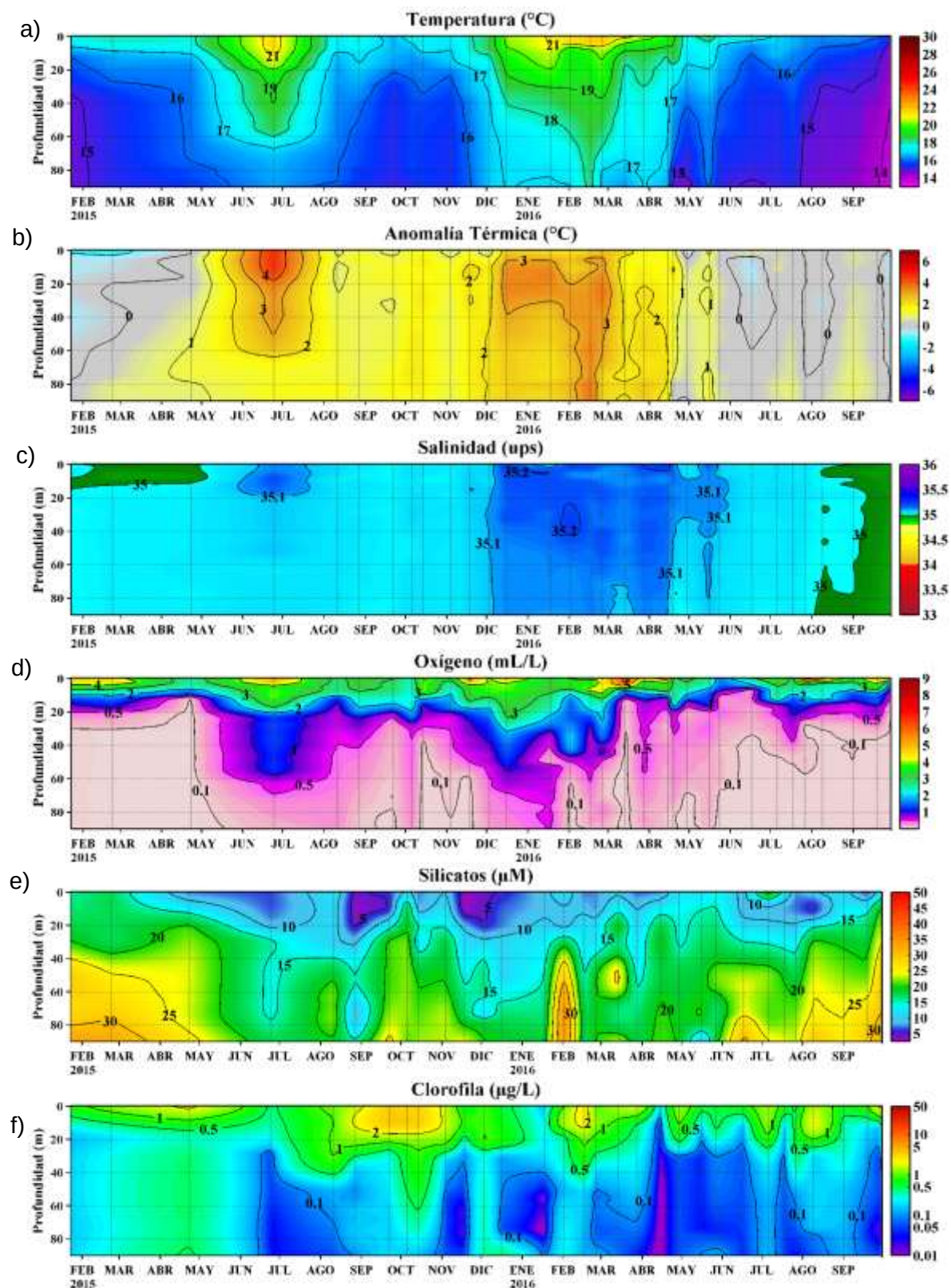


Figura 3.2.5.5. Series de tiempo para la estación oceanográfica fija frente a Callao (punto fijo Callao) de: a) temperatura (°C), b) anomalía de la temperatura (°C), c) Salinidad (ups), d) oxígeno (mL/L), e) Silicatos (μM) y f) Clorofila (μg/L), para el periodo del 01 de enero de 2015 al 29 de septiembre de 2016. Climatología: 1994-2010. Fuente: IMARPE.

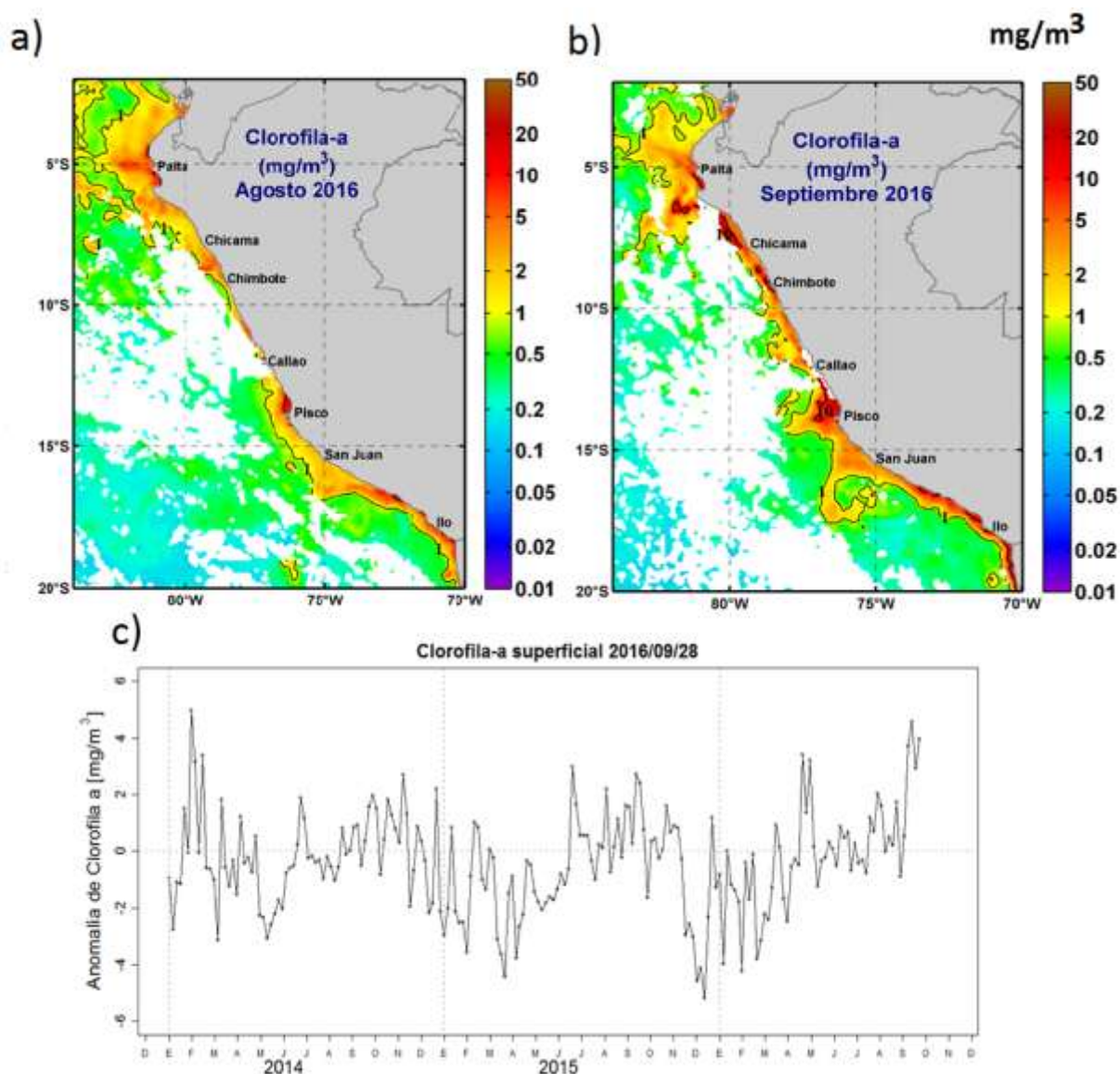


Figura 3.2.6.1. Clorofila satelital promedio para el mes de agosto (a) y setiembre (b) del satélite MODIS frente a Perú y la serie de tiempo de anomalías de clorofila superficial satelital promedio (entre los 4°S-16°S y de 0 a 100 km de la costa) provenientes del satélite MODIS entre enero del 2014 a setiembre del 2016 (c).

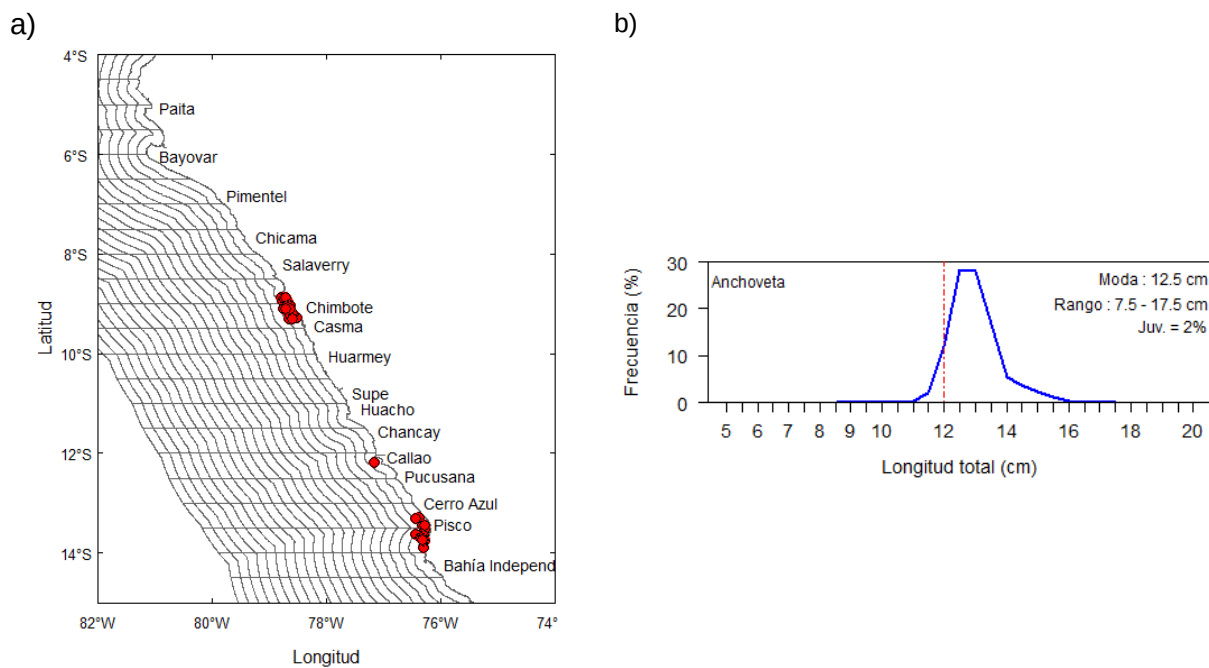


Figura 3.2.7.1. Distribución de la flota artesanal de anchoveta (a) y estructura de tallas por captura (b) durante setiembre 2016. **Fuente:** LBR/IMARPE

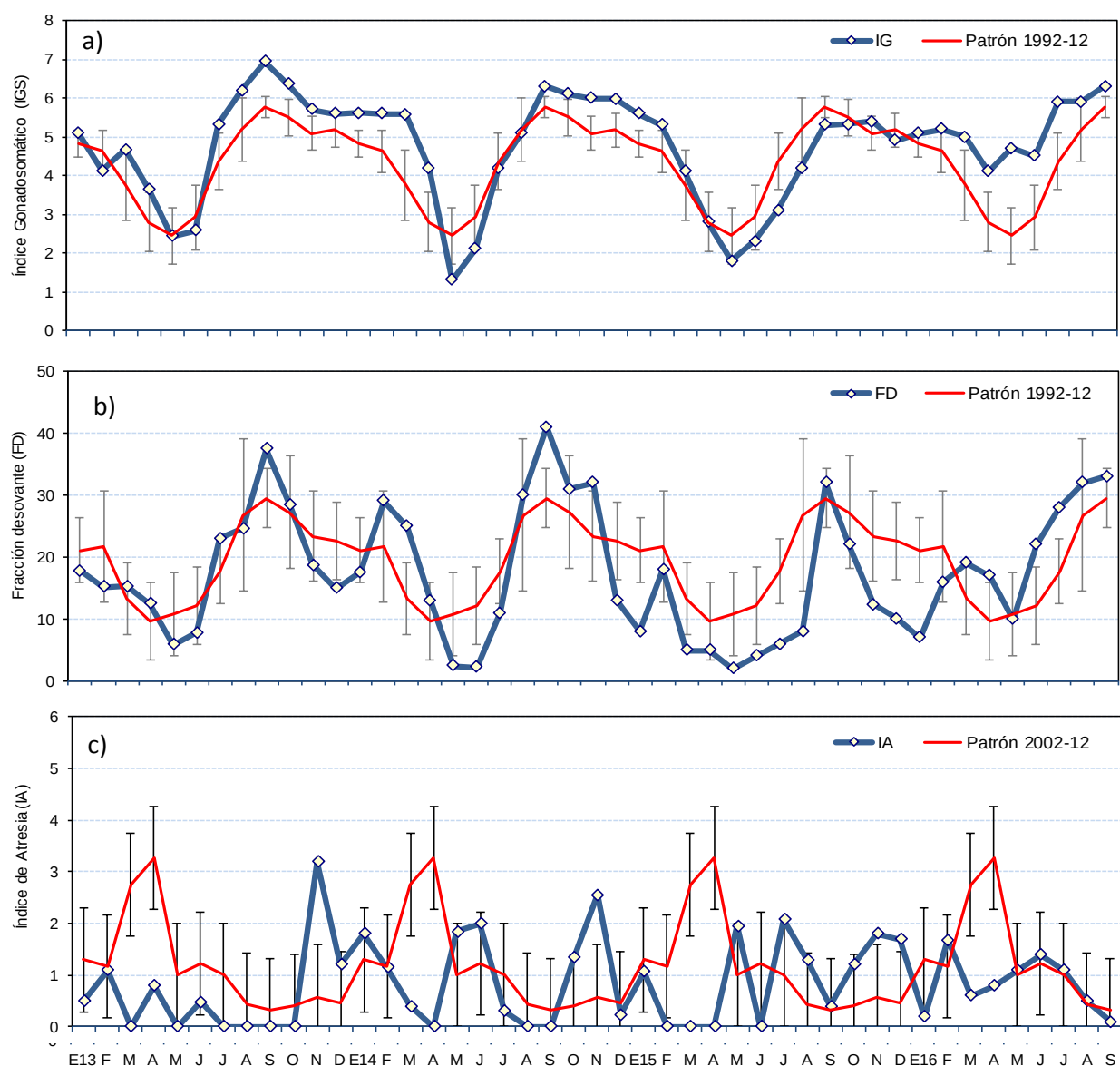


Figura 3.2.7.2. Indicadores reproductivos, a) Índice Gonadosomático (IGS), b) Fracción Desovante (FD), y c) Índice de atresia del stock norte – centro de anchoveta. Serie mensual: enero 2013 – setiembre 2016. **Fuente:** LBR/IMARPE

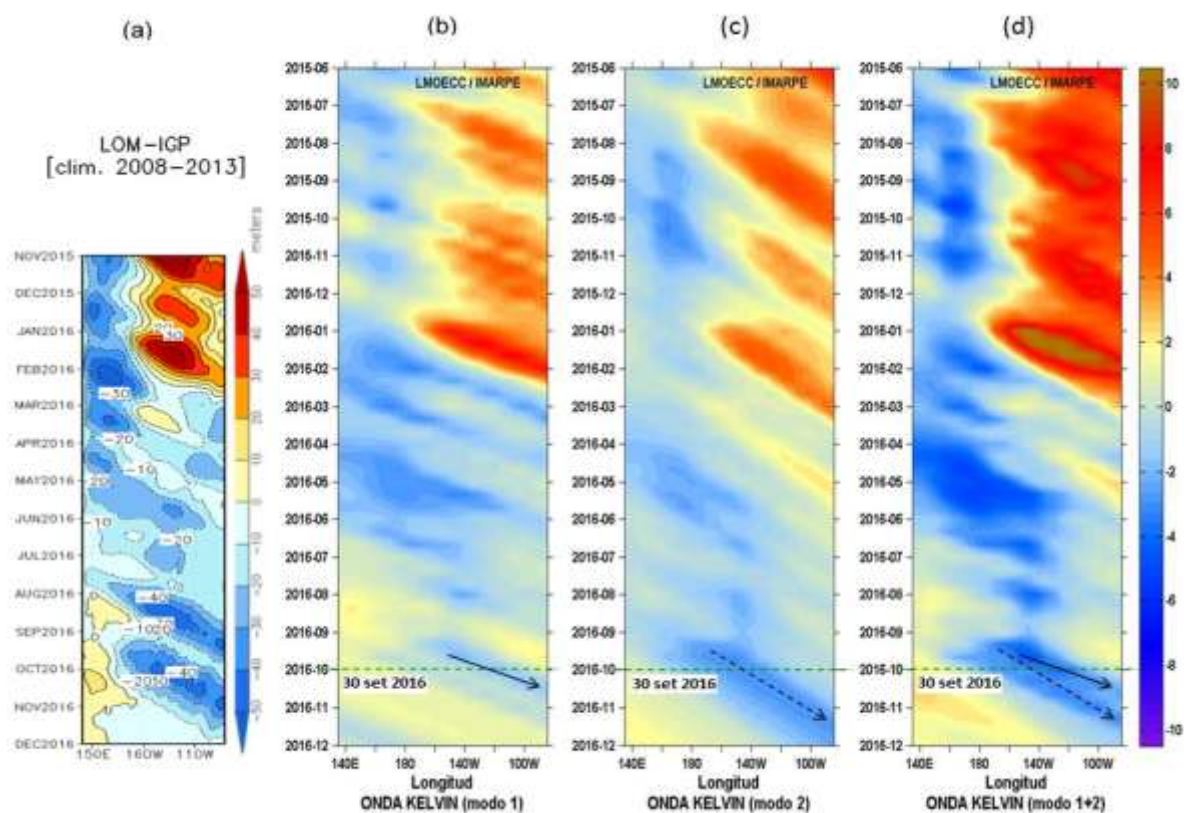


Figura 4.1.1. Diagramas Hovmöller longitud-tiempo mostrando las simulaciones de las ondas Kelvin en el Océano Pacífico ecuatorial. Modelo oceánico lineal (LOM-IGP, suma de componentes Kelvin y Rossby) (a) y Modelo oceánico de complejidad intermedia: Modo 1 (b), Modo 2 (c), Modos 1+2 (d) de la isoterma de 20°C, en metros. La línea discontinua horizontal indica el inicio del pronóstico.

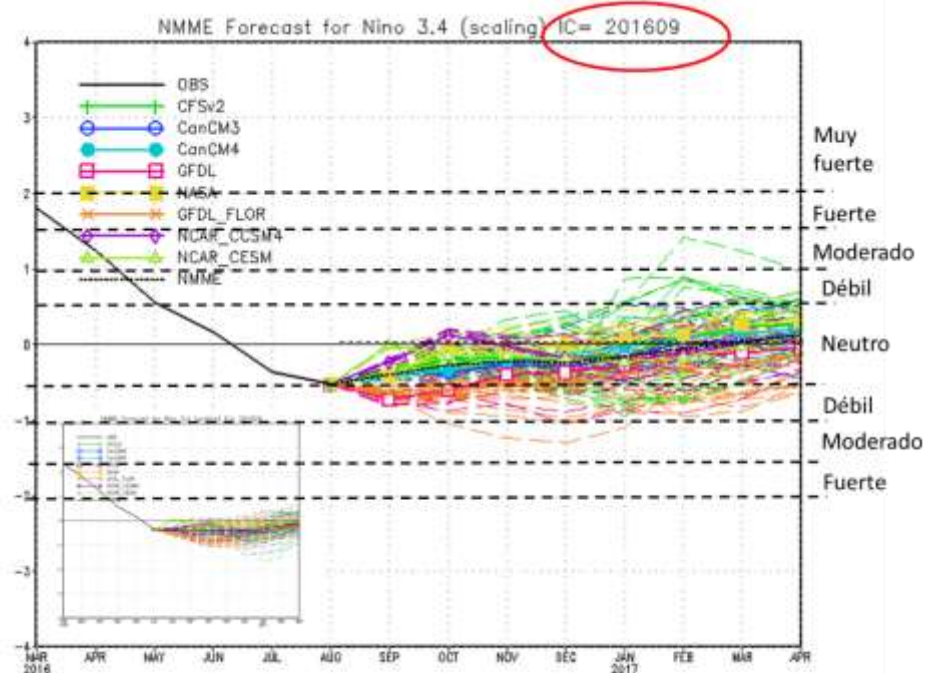


Figura 4.2.1. Índice Niño 3.4 mensual observado y pronosticado por los modelos de NMME. Fuente: CPC/NCEP/NOAA.

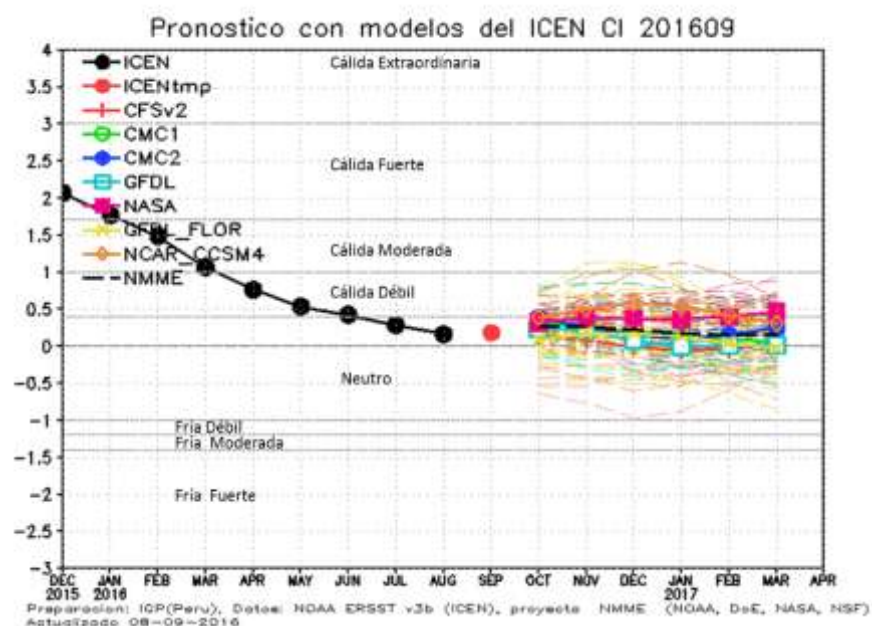


Figura 4.2.2. Índice Costero El Niño (ICEN, círculos llenos en color negro) y sus valor temporal (ICENTmp, círculo lleno en color rojo). Además, pronósticos numéricos del ICEN (media móvil de 3 meses de las anomalías pronosticadas de TSM en la región Niño1+2) por diferentes modelos climáticos. Las líneas 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 julio 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 setiembre. Fuente ANA.

Zona	Nombre del Reservorio	Fecha Reporte	Departamento de Influencia	Área Bajo Riego (ha)	Capacidad Hidráulica (hm ³)		Capacidad Hidráulica Almacenada (%)
					Útil	Almacenada	
Costa - Norte	POECHOS	30-sep	Piura	93,240	396.1	42.7	10.8
	SAN LORENZO	30-sep	Piura	42,530	193.0	86.7	44.9
	TINAJONES	30-sep	Lambayeque	87,600	319.0	50.7	15.9
	GALLITO CIEGO	30-sep	La Libertad	55,700	366.0	192.8	52.7
Costa - Centro	VICONGA	30-sep	Lima	24,970	30.0	0.3	0.9
Costa - Sur	CHOCLOCOCHA	30-sep	Ica	23,000	131.1	74.3	56.7
	CONDOROMA	30-sep	Arequipa	20,810	259.0	120.6	46.6
	EL PAÑE	30-sep	Arequipa	27,060	99.6	7.2	7.3
	LOS ESPAÑOLES	30-sep	Arequipa		9.1	3.3	36.7
	PILLONES	30-sep	Arequipa		76.9	56.8	73.8
	EL FRAYLE	30-sep	Arequipa		127.2	70.9	55.7
	AGUADA BLANCA	30-sep	Arequipa		30.4	27.1	89.0
	CHALHUANCA	30-sep	Arequipa		25.2	14.9	59.2
	BAMPUTAÑE	30-sep	Puno		40.0	7.5	18.9
	PASTO GRANDE	30-sep	Moquegua	3,500	175.0	65.5	37.4
	PAUCARANI	30-sep	Tacna	1,700	10.5	4.0	37.9
	ARICOTA	30-sep	Tacna	3,200	260.0	180.2	69.3
	JARUMAS	14-sep	Tacna	4,000	12.5	10.0	79.6
Sierra - Centro	CUCHOQUESERA	30-sep	Ayacucho	19,200	60.0	20.2	33.7
Sierra - Sur	LAGUNILLAS	30-sep	Puno	5,000	500.0	404.5	80.9

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

Mes	ICEN	Categoría
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
07/2016	0.29	Neutra
08/2016	0.17	Neutra

Mes	ICENtmp	Categoría
09/2016	0.18*	Neutra
10/2016	0.25**	Neutra

* Se usaron los datos de (Ago. Set 2016) ERSST3v, (Oct. 2016) NMME.

** Se usaron los datos de (Set. 2016) ERSST3v, (Oct., Nov. 2016) NMME
NMME CI 2016 08

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

Estación	Anomalías de la TSM (°C)						Anomalías del NMM (cm)					
	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set
Talara	0.2	-0.9	-1.9	-1.4	-0.9	-0.7	0	1	1	2	4	2
Paíta	0.7	0.2	0.1	0.0	0.3	0.6	-1	2	2	4	6	4
Isla Lobos de Afuera	0.9	-0.3	0.9	0.6	0.8	0.3	-3	0	-1	1	2	0
Chimbote	3.2	0.7	0.1	0.4	0.8	0.9	-6	0	-2	2	3	1
Callao	1.7	1.1	0.5	0.3	0.3	0.5	-5	-3	-3	-1	0	-4
San Juan	1.6	0.6	0.1	0.4	0.4	0.1	0	2	1	4	4	2
Mollendo	0.8	1	0.7	0.9	0.9	0.5	-	-	-	-	-	-
Matarani	-	-	-	-	-	-	1	1	3	5	5	2
Ilo	0.7	0.5	0.4	0.6	1.1	1.0	-	-	-	-	-	-

Tabla 4.2.1 Pronósticos de ICEN por modelos de NMME (promedios trimestrales de los pronósticos de las anomalías en Niño 1+2). Para los trimestres ASO y SON los meses de agosto y setiembre son datos observados.

Modelo	ASO	SON	OND	NDE	DEF	EFM	FMA
CFS2		0.31	0.09	-0.01	-0.06	-0.04	0.03
CMC1		0.32	0.25	0.20	0.14	0.08	0.07
CMC2		0.38	0.27	0.16	0.10	0.15	0.25
GFDL		0.24	0.22	0.08	0.00	0.01	0.02
NASA		0.33	0.39	0.37	0.36	0.40	0.47
GFDL_FLOR A06		0.10	0.17	0.18	0.14	0.04	-0.02
NCAR_CCM4		0.39	0.51	0.60	0.54	0.42	0.31
NMME		0.30	0.27	0.23	0.17	0.15	0.16
ECMWF							
ICENTmp	0.18						

Tabla 4.3.1. Probabilidades Estimadas de las magnitudes de El Niño costero – La Niña costera en el verano 2016-2017 (diciembre 2016-marzo 2017).

Magnitud del evento durante Diciembre 2016-marzo 2017	Probabilidad de ocurrencia
La Niña moderado-fuerte	1%
La Niña débil	15%
Neutro	74%
El Niño débil	9%
El Niño moderado-fuerte-extraordinario	1%

Tabla 4.3.2. Probabilidades Estimadas de las magnitudes de El Niño – La Niña en el Pacífico Central en el verano 2016-2017 (diciembre 2016-marzo 2017).

Magnitud del evento durante Diciembre 2016-marzo 2017	Probabilidad de ocurrencia
La Niña moderado-fuerte	1%
La Niña débil	28%
Neutro	65%
El Niño débil	5%
El Niño moderado-fuerte-extraordinario	1%