

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



INFORME TÉCNICO ENFEN

Año 2 N°12

Diciembre 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

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: Marcial García Blasquet

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° 12, diciembre de 2016, **52 p.**

El Informe Técnico Enfen de diciembre 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.

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

Resumen de los impactos de El Niño-Oscilación del Sur en las condiciones meteorológicas, oceanográficas, pesqueras e hidroclimáticas del mes de mayo de 2017 en el Perú y las perspectivas de desarrollo.

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 black 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.....	11
2. MATERIALES Y MÉTODOS	11
2.1. VARIABLES	11
2.2. ÍNDICES	11
2.3. MODELOS DE PRONÓSTICO	11
3. CONDICIONES OBSERVADAS EN DICIEMBRE.....	14
3.1. CONDICIONES A MACROESCALA	14
3.1.1. Circulación atmosférica y temperatura superficial en el Pacífico Ecuatorial	14
3.1.2. Dinámica oceánica en el Pacífico Ecuatorial.....	15
3.2. CONDICIONES A ESCALA REGIONAL	15
3.2.1. Circulación atmosférica en el Pacífico Sudoriental	15
3.2.2. Vientos costeros y temperatura del aire.....	16
3.2.3. Precipitaciones e hidrología en la vertiente del Pacífico.....	16
3.2.4. Temperatura superficial del mar y nivel medio del mar en la Región Niño 1+2 y en la costa peruana	16
3.2.5. Condiciones oceanográficas sub-superficiales frente al litoral peruano.....	17
3.2.6. Nutrientes y Productividad en la costa peruana	19
3.2.7. Recursos pesqueros e indicadores biológicos	19
4. PRONÓSTICO	20
4.1. A CORTO PLAZO (SEMANAS).....	20
4.2. A MEDIANO PLAZO (HASTA 3 MESES).....	20
4.3. A LARGO PLAZO (MÁS DE 3 MESES).....	20
4.4. CONCLUSIONES	21
5. REFERENCIAS	22
6. FIGURAS	24
7. TABLAS	49

Figuras:

3.1.1.1	Anomalías de la temperatura superficial del mar (°C) en el océano Pacífico oriental para los días a) 01 de diciembre, b) 10 de diciembre, c) 20 de diciembre, y e) 08 de enero de 2017. La línea sólida en color azul indica el límite externo de la región Niño 1+2. Datos: NCDC/NCEP/NOAA. Procesamiento: DHN.	24
3.1.1.2.	Anomalía de TSM durante algunos eventos Niño, en la región Niño 1+2 (a) y región Niño 3.4 (b), año 1973-74 (rojo), 1983-1984 (verde), 1998-99 (azul). Anomalía de TSM en algunos eventos Niña, en la región Niño 1+2 (c) y región Niño 3.4 (d), año 1985-86 (rojo), 1988-89 (verde), 2007-08 (azul), 2010 -11 (verde oscuro), 2013-14 (morado).	25
3.1.1.3.	Anomalías de la temperatura superficial del mar (°C) en las regiones Niño de enero del 2016 a diciembre de 2016. Fuente: NCEP/NOAA.	26
3.1.1.4.	Evolución del Índice de Oscilación Sur (IOS), considerando la media móvil de 30 días. Fuente: Bureau of Meteorology, Australia.	26
3.1.1.5.	Hovmöller de anomalías de a) Radiación de Onda Larga - OLR (W/m ²) desde el mes de diciembre de 2105 hasta diciembre de 2016. Datos: NCEP b) Precipitaciones en el mes de diciembre de 2016. Datos: TRMM. Procesamiento: IGP/SENAMHI.	27
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. Datos: ESRL/NOAA, Procesamiento: IGP.	27
3.1.1.7.	Radiación de Onda Larga - OLR (W/m ²) en el Pacífico central-oriental (170°W-140°W, 5°S-5°N) desde el mes de enero hasta el mes de diciembre. Datos: ESRL/NOAA, Procesamiento: IGP.	28
3.1.1.8	Análisis de anomalías del viento (m/s) en a) 850 hPa y b) 200 hPa para el mes de diciembre del 2016. Datos: NCEP/NOAA. Procesamiento: SENAMHI-DCL.	28
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.	29
3.1.1.10.	Diagrama longitud-tiempo de las anomalías del viento zonal ecuatorial (entre 2°N-2°S) basado en datos de TAO/TRITON, actualizados al 8 de enero del 2017. Datos: TAO/TRITON. Procesamiento: IGP.	29
3.1.1.11.	Circulación atmosférica ecuatorial promedio mensual (derecha) y su anomalía (izquierda) en a) octubre; b) noviembre; y c) diciembre. Fuente: SENAMHI con datos de la NCEP-NOAA.	30
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) 7 de octubre, b) 17 de octubre, c) 22 de octubre, d) 27 de octubre, e) 1 de noviembre y f) 6 de noviembre de 2016. Fuente: TAO/TRITON, PMEL/NOAA.	31
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.	32
3.2.1.1.	Presión atmosférica (hPa) a nivel medio del mar para diciembre 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.	32
3.2.1.2.	Condiciones promedio de precipitación, temperatura superficial del mar (TSM) y esfuerzo de viento, correspondientes al mes de diciembre, 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.	33
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 julio del 2016 al 08 de enero del 2017. Los vectores representan la dirección del viento y anomalía de la dirección del viento, respectivamente. Datos: ASCAT. Procesamiento: IMARPE.	34
3.2.2.2.	Anomalías de las temperaturas extremas del aire (°C) en la costa peruana desde enero 2015 a diciembre del 2016. a) Temperatura máxima y b) Temperatura mínima. Fuente: SENAMHI.	34
3.2.3.1	Serie de tiempo actualizados a inicios de enero, de los caudales diarios (m ³ /s) de los principales ríos del Perú, entre los meses de setiembre y agosto: a) Tumbes, b) Chira, c) Santa, d) Rímac, e) Majes, f) Chili, de la vertiente del pacífico; g) Huanacán y h) Ramis, de la cuenca del Titicaca. Líneas azules: caudales de años 2015-2016, rojas: Promedio histórico y líneas grises: promedio de años secos. Fuente: ANA.	35
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.	36

3.2.4.2.	Anomalía de la TSM frente a la costa peruana, entre el 01 de diciembre de 2016 y el 08 de enero de 2017. Fuente: DHN, con datos de AVHRR-NCEP-NOAA.	37
3.2.4.3.	Anomalías de Temperatura Superficial del Mar (ATSM), registradas en estaciones del litoral costero de Perú, hasta diciembre del 2016; a) Diagrama Hovmöller durante el último bimestre, en estaciones de la DHN, c) Series diarias durante el último trimestre, en estaciones del IMARPE.	38
3.2.4.4	Anomalías del Nivel Medio del Mar, actualizados a diciembre del 2016, a) Diagrama 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.	39
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 19 de diciembre de 2016. Fuente: IMARPE.	39
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 16 y 17 de diciembre de 2016. Fuente: IMARPE.	40
3.2.5.3	Distribución vertical de: a) temperatura (°C), b) anomalía de temperatura (°C), c) salinidad (ups), d) anomalía de salinidad (ups), velocidad geostrofica (cm/s) y concentración de oxígeno disuelto frente a Callao, realizada durante el 06 y 07 de diciembre de 2016. Fuente: IMARPE.	40
3.2.5.4	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 27 de diciembre de 2016. Climatología: 1994-2010. Fuente: IMARPE.	41
3.2.5.5	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 29 de diciembre de 2016. Fuente: IMARPE.	42
3.2.5.6	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 28 de diciembre de 2016. Climatología: 1994-2010. Fuente: IMARPE.	43
3.2.6.1.	Clorofila satelital promedio para el mes de octubre (a) y noviembre (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 diciembre del 2016 (c).	44
3.2.7.1.	Distribución de los desembarques por latitud (a), estructura de tallas (b) y distribución espacial de las capturas de anchoveta durante diciembre 2016. Fuente: LBR/IMARPE	45
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 – diciembre 2016. Fuente: LBR/IMARPE	46
4.1.1	Diagrama 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).	47
4.1.2	Diagramas Hovmöller longitud-tiempo mostrando las simulaciones de las ondas Kelvin en el Océano Pacífico ecuatorial. Modelo oceánico de complejidad intermedia: Modo 1 (a), Modo 2 (b), Modos 1+2 (c) de la isoterma de 20°C, en metros. La línea discontinua horizontal indica el inicio del pronóstico.	47
4.2.1	Índice Niño 3.4 mensual observado y pronosticado por los modelos de NMME. Fuente: CPC/NCEP/NOAA.	48
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 enero de 2016. Fuente: IGP, NOAA, proyecto NMME, ECMW.	48

Tablas

Tabla 2.1.1.	Principales variables y bases de datos utilizados en el presente informe	13
Tabla 3.2.3.1.	Volumen de agua almacenado en los reservorios principales para el mes de diciembre. Fuente ANA.	50
Tabla 3.2.4.1.	Valores del Índice Costero El Niño (ICEN) de marzo de 2016 a noviembre de 2016. Fuente IGP.	50
Tabla 3.2.4.2.	Anomalías mensuales de la temperatura superficial del mar (°C) y nivel medio del mar (cm) en el semestre julio – diciembre de 2016. Fuente: Estaciones costeras – DHN.	51
Tabla 4.2.1	Pronósticos de ONI por modelos de NMME (promedios trimestrales de los pronósticos de las anomalías en Niño 3.4). Para los trimestres NDE y DEF los meses de noviembre y diciembre son datos observados.	51
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)	52
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)	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 diciembre de 2016 y sus perspectivas.

En la región del Pacífico Central (región Niño 3.4), la anomalía de la temperatura superficial del mar (TSM) muestra una ligera tendencia a la normalización, con un valor mensual de $-0,4^{\circ}\text{C}$. Según el valor del Índice Oceánico Niño (ONI) estimado hasta diciembre continúa la presencia de La Niña débil en el Pacífico Central. La actividad convectiva, la subsidencia y el viento zonal en el Pacífico Central se mostró consistente con las condiciones frías, aunque hacia $160^{\circ}\text{W} - 140^{\circ}\text{W}$ se detectaron ligeras anomalías del viento del oeste. A diferencia del mes anterior, la inclinación este-oeste de la termoclina y el contenido de calor en el Pacífico ecuatorial se presentaron alrededor de lo normal. Por otro lado, se observó una onda Kelvin cálida en el Pacífico Central propagándose hacia el Este, posiblemente como producto de la reflexión de una onda Rossby cálida en el Pacífico Occidental.

En el Pacífico Ecuatorial Oriental (región Niño 1+2, frente a la costa norte de Perú y la costa del Ecuador), la anomalía de la TSM aumentó a $+0,43^{\circ}\text{C}$ en promedio. El valor del Índice Costero El Niño (ICEN) para noviembre fue $+0,37^{\circ}\text{C}$ (Condición Neutra) y el estimado para diciembre es de $+0,48^{\circ}\text{C}$ (condición cálida débil).

Durante la primera quincena de diciembre, el Anticiclón del Pacífico Sur (APS) se presentó dentro de su ubicación habitual, para luego expandirse zonalmente, aproximándose a la costa de Chile y sur de Perú, propiciando un ligero incremento de la intensidad de los vientos costeros frente al sur del litoral peruano.

Las temperaturas máximas del aire continúan mostrando anomalías positivas. En la costa norte se presentaron anomalías de $+1,5^{\circ}\text{C}$ para la temperatura máxima y $-0,2^{\circ}\text{C}$ para la temperatura mínima. En la costa central, las anomalías fueron de $+1,2^{\circ}\text{C}$ en la temperatura máxima y $+0,7^{\circ}\text{C}$ en la temperatura mínima, mientras que en la costa sur, las anomalías fueron de $+0,5^{\circ}\text{C}$ y $+0,2^{\circ}\text{C}$, respectivamente.

La sexta onda Kelvin fría ha continuado impactando en las temperaturas del mar, principalmente frente a la costa norte del Perú.

En las estaciones costeras entre Talara y Lobos de Afuera, la TSM tuvo una anomalía negativa en promedio de $-0,8^{\circ}\text{C}$, mientras que en el litoral central-sur presentó condiciones alrededor de lo normal. Por fuera de las 50 millas de la costa se continuaron observando anomalías positivas de la TSM alrededor de $+1^{\circ}\text{C}$ en promedio. Por otro lado, los niveles del mar promedio se mantuvieron alrededor de lo normal a lo largo de la costa peruana. En las secciones oceanográficas de Paita y de Chicama, dentro de las 50 y 80 millas de la costa, respectivamente, se observaron anomalías negativas de temperatura de hasta -2°C sobre los 50 m de profundidad. En la sección Callao las anomalías negativas de la temperatura alcanzaron -1°C sobre los 50 m y se detectó la aproximación de las aguas subtropicales superficiales hasta las 40 millas de la costa.

Los caudales de los ríos de la costa se incrementaron ligeramente producto de las precipitaciones a partir de la segunda semana de diciembre, aún por debajo del promedio histórico. Los reservorios en la costa norte y sur operaron, en promedio, al 26% y 27% de su capacidad hidráulica útil respectivamente, lo que representó una disponibilidad hídrica limitada.

La clorofila-a, indicador de la producción del fitoplancton, que es base de la cadena alimenticia en el mar, continuó presentando concentraciones por encima del promedio a lo largo de toda la costa. En general, las concentraciones promedio en la superficie de la primavera 2016 presentaron los niveles más altos desde que se tienen registros satelitales (1997).

El stock norte-centro de la anchoveta presentó una amplia cobertura espacial, alta presencia de ejemplares juveniles y la declinación de su periodo principal de desove. La profundidad media de los cardúmenes de anchoveta se redujo a su promedio patrón, asociada al enfriamiento de la columna de agua. Especies indicadoras de aguas costeras frías como la munida (“camaroncito rojo”) fueron registradas dentro de las 30 millas.

Como perspectivas, es posible que la onda Kelvin cálida observada en el Pacífico Central continúe propagándose hacia el este, pudiendo arribar a la costa norte del Perú en marzo y con ello contribuir en aumentar la temperatura del mar y la posibilidad del incremento de lluvias en esta región. No obstante entre fines de diciembre y la primera semana de enero se observó anomalías de vientos del este en el Pacífico Central que podrían reducir el impacto de la onda Kelvin cálida.

Todos los modelos globales actualizados a inicios de enero, pronostican condiciones neutras de la TSM para el Pacífico Central (región Niño 3.4) durante el verano 2016-2017. Sin embargo, para la región Niño 1+2 (frente a las costas de Ecuador y norte de Perú), cinco de los siete modelos globales analizados pronostican el desarrollo de condiciones cálidas débiles durante el verano actual, a diferencia del mes anterior en que todos los modelos pronosticaron condiciones neutras para el verano.

Según el juicio experto basado en el análisis de los pronósticos nacionales e internacionales y del monitoreo, el Comité Multisectorial ENFEN ha ajustado las probabilidades de ocurrencia que se presenten condiciones neutras en el Pacífico Oriental a un 66% y de El Niño Costero Débil a un 30% en el presente verano. Para el Pacífico Central, se estiman como más probables las condiciones neutras (80%).

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 ICEN_{tmp}, 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 “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	Re-análisis NCEP/NOAA	ASCAT	AVHRR (Daily OI SSTv2- NOAA)	OSTIA	JASON-2	AVISO	MODIS		HYCOM	
VARIABLES ATMOSFÉRICAS																								
	Temperatura Ambiental	X											X										SENAMHI	
	Precipitación													X									IGP. Climatología 2001-2014	
	Radiación de Onda Larga													X									IGP	
	Presión Atmosférica														X								SENAMHI	
	Vientos														X	X								IMARPE
															X									IGP, SENAMHI
VARIABLES OCEANOGRÁFICAS																								
Físicas	Temperatura del Mar		X				X	X							X		X						DHN	
				X		X	X																IMARPE	
								X	X						X		X	X					IGP	
	Nivel medio del Mar		X																	X			DHN	
				X																X			IMARPE	
	Salinidad								X										X				X	DHN
				X		X	X																IMARPE	
				X		X	X																IMARPE	
Biogeoquímicas	Oxígeno y Nutrientes			X		X	X																IMARPE	
	Clorofila			X		X	X																IMARPE	
Pesqueras	Desembarques índices reproductivos Indicadores de masas de agua del plancton Distribución de especies incidentales								X	X											X		IMARPE, climatología 2002-2014	
										X													IMARPE	
											X												IMARPE	
									X	X	X													IMARPE
VARIABLES HIDROLÓGICAS																								
	Caudal de ríos				X																		ANA	
	Capacidad Hidráulica de reservorios				X																		ANA	

3. CONDICIONES OBSERVADAS EN DICIEMBRE

3.1 CONDICIONES A MACROESCALA

3.1.1 Circulación atmosférica y temperatura superficial en el Pacífico Ecuatorial

Durante diciembre, las anomalías de la TSM en el Pacífico Ecuatorial Central fluctuaron con valores negativos (Figura 3.1.1.1), aunque tendiendo a disminuir en los últimos días del mes (Figura 3.1.1.2 a, c). Por su parte, en el Pacífico Ecuatorial Oriental (Región Niño 1+2), las anomalías positivas de TSM se mantuvieron (Figura 3.1.1.2 b, d y Figura 3.1.1.3), alcanzando un valor mensual de $+0.43^{\circ}\text{C}$.

El Índice de Oscilación del Sur calculado para el mes de diciembre fue $+6,5$ (Figura 3.1.1.4). Este valor se encuentra dentro del rango asociado a condiciones neutras (± 7). Respecto a la actividad convectiva en el Pacífico Ecuatorial, un indicador clave del acoplamiento océano-atmósfera, la Radiación de Onda Larga (ROL) exhibió la continuación del predominio de anomalías negativas en el Pacífico Central, indicando el fortalecimiento de la subsidencia. Para la región $170^{\circ}\text{W} - 100^{\circ}\text{W}$ y $5^{\circ}\text{S} - 5^{\circ}\text{N}$ la ROL presentó valores alrededor de 270 Wm^2 durante el último mes, por debajo de su valor climatológico; y en un rango similar a diciembre de 1983 (Figura 3.1.1.5 y Figura 3.1.1.6). El mismo comportamiento se observó en la región del Pacífico Central ($170^{\circ}\text{E} - 140^{\circ}\text{W}$ y $5^{\circ}\text{S} - 5^{\circ}\text{N}$), donde los valores de ROL fueron muy próximos a los alcanzados en diciembre de 1998 (Figura 3.1.1.6 y Figura 3.1.1.7).

En niveles bajos de la tropósfera (850 hPa), se observó un comportamiento normal de los vientos del sur frente a las costas de Perú, mientras que, en el Pacífico Ecuatorial Occidental (aproximadamente $160^{\circ}\text{E} - 180^{\circ}\text{W}$) ocurrió el desarrollo de importantes anomalías del este y una ligera anomalía del oeste sobre 140°W (Figura 3.1.1.8.a). En niveles altos (200 hPa), anomalías del oeste sobre el Pacífico Ecuatorial Oriental y sobre el Ecuador (entre 120°W y 80°W) son indicadores de una mayor subsidencia sobre estos sectores (Figura 3.1.1.8.b); sin embargo los valores alcanzados fueron menores con respecto al mes anterior.

El esfuerzo de viento zonal calculado desde el satélite ASCAT mostró un pulso de anomalías del oeste en el Pacífico Central ($180^{\circ}\text{W} - 150^{\circ}\text{W}$) a inicios del mes (Figura 3.1.1.9.a), mientras que de acuerdo a los registros de las boyas TAO TRITON, las anomalías del oeste se extendieron hasta 120°W (Figura 3.1.1.10). Hacia fines de mes se registró un fuerte pulso de anomalías del este sobre el Pacífico Central (Figuras 3.1.1.9a y 3.1.1.10).

Las secciones verticales a lo largo de la franja ecuatorial nuevamente mostraron mayor subsidencia sobre el Pacífico Central-Occidental en este mes ($160^{\circ}\text{E} - 160^{\circ}\text{W}$), principalmente entre los niveles medios y altos (600 a 200 hPa). Este persistente patrón de circulación vertical ha promovido la generación de anomalías de viento del este en niveles bajos de la troposfera sobre el Pacífico Ecuatorial Centro-Occidental (140°E hasta 180°W); y de ligeras anomalías del oeste sobre los 140°W (Figura 3.1.1.11).

3.1.2 Dinámica oceánica en el Pacífico Ecuatorial

Durante el mes, los datos in situ de las boyas TAO/TRITON y ARGO mostraron la profundización de la isoterma de 20°C hasta unos 10 m por debajo de su posición climatológica en la región que va de 170°E a 140°W, asociada a la presencia de pulsos significativos del oeste en el Pacífico Ecuatorial Central a principios del mes (Figura 3.1.1.9 a, b). Asimismo, los datos de altimetría satelital (Jason-2) mostraron que las anomalías positivas de la altura del nivel del mar se extendieron en todo el Pacífico Ecuatorial, alcanzando valores de hasta +20 cm a 140°W (Figura 3.1.1.9 d). En el Pacífico Ecuatorial Oriental (<110°W), la isoterma de 20°C se presentó a 10 m o hasta 30 m por encima de su profundidad climatológica, según los registros de las boyas TAO/TRITON y ARGO, respectivamente. (Figura 3.1.1.9 b, c).

En cuanto a la temperatura sub-superficial, a inicios de mes se presentó un núcleo de hasta +1,5°C a 50 – 150 m de profundidad entre los 145°E y 180°, el cual a finales del mes se intensificó con anomalías de hasta +2°C y se propagó hasta los 160°W a 150 m de profundidad (Figura 3.1.2.1). Esta señal posiblemente corresponda a una onda Kelvin cálida en el Pacífico Central propagándose hacia el Este, como producto de la reflexión de una onda Rossby cálida en el Pacífico Occidental. Por otro lado, un núcleo de hasta -2°C se detectó a 50 - 100 m de profundidad entre los 120°W y 95°W, el cual disminuyó en intensidad y cobertura espacial a finales del mes.

La inclinación zonal de la termoclina a lo largo del Pacífico Ecuatorial y el contenido de calor oceánico tendieron a normalizarse durante el mes (Figura 3.1.2.2).

El índice ONI (Oceanic Niño Index) que es calculado en base a la anomalía de la TSM en la región El Niño 3.4, continuó presentando un valor de -0,84°C para noviembre confirmando la persistencia de La Niña débil en el Pacífico Ecuatorial Central en dicho mes (Tabla 3.1.2.1).

3.2 CONDICIONES A ESCALA REGIONAL

3.2.1 Circulación atmosférica en el Pacífico Sudoriental

El Anticiclón del Pacífico Sur (APS) presentó una configuración zonal y una intensidad de débil a normal, con una ligera anomalía negativa en su núcleo (-1 hPa). El campo de presión atmosférica al nivel del mar frente al litoral peruano presentó en promedio un comportamiento normal en la zona central y norte, y más débil de lo normal en la zona sur (Figuras 3.2.1.1).

Frente al litoral peruano, el esfuerzo de viento exhibió en promedio anomalías del sureste fuera de las 100 mn de la costa, especialmente en la zona central y sur. En la zona más próxima al litoral el esfuerzo de viento mostró un comportamiento normal en promedio (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 a lo largo del litoral (40 km de la costa) presentó valores menores a 7 m/s durante casi todo el mes. Como es normal, 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). A partir de mediados del mes se presentaron anomalías negativas de la velocidad del viento costero, en particular hasta la tercera semana al sur de los 15°S, alcanzando valores entre -1 y -2 m/s (Figura 3.2.2.1 b).

Los registros de la temperatura del aire a nivel de superficie en el litoral peruano continuaron mostrando en promedio anomalías positivas de la temperatura máxima, con mayores anomalías en la estación San Miguel (Piura) y Campo de Marte (Lima) que alcanzaron valores de +2,1°C. Por otro lado, la temperatura mínima registró en promedio valores dentro del rango de +/- 1°C de anomalía. La estación La Yarada (Tacna) registró la mayor anomalía negativa del mes, -1,4°C (Figura 3.2.2.2).

3.2.3 Precipitaciones e hidrología en la vertiente del Pacífico

La Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT) se presentó alrededor de 5°N y 10°N en el Pacífico Oriental (Figura 3.2.1.2.a), proyectándose a la línea ecuatorial en su proximidad a Sudamérica (Figura 3.2.1.2.b), en promedio.

Sobre el territorio nacional, las mayores precipitaciones se dieron sobre el lado oriental de los Andes, así como sobre la región andina (centro-sur) y zonas de selva. (Figura 3.2.1.2 a, b). Al término de diciembre, los ríos monitoreados del país presentaron hidrogramas de tipo ascendentes, producto de precipitaciones en cuencas altas, aunque en su mayoría no alcanzan sus valores normales (Figura 3.2.3.1).

Las reservas hídricas en la costa promediaron el 20% respecto a la capacidad hidráulica de los principales embalses, lo que representa una disponibilidad hídrica limitada. En el sur, el sistema hidráulico Colca – Chili (Arequipa) operó en promedio al 27%, mostrando hidrogramas ascendentes, que aún representa disponibilidad hídrica limitada. En Pasto Grande (Moquegua), el nivel llegó hasta el 26%. Los de Tacna (Aricota, Jarumas y Paucarani) están en promedio al 65% de su capacidad hidráulica. (Tabla 3.2.3.1). Cabe indicar que para la primera semana del mes de enero se presentó un incremento de caudales y volúmenes útiles de los embalses.

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

En la región Niño 1+2 la TSM fluctuó en general sobre su valor climatológico, exhibiendo anomalías positivas diarias menores a +1°C, por encima a los años La Niña 1985, 1988, 2007 2010 y 2013 (Figura 3.1.1.2). El 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), presentó un valor de +0,37 para noviembre del 2016, que correspondió a una condición neutra (Figura 3.2.4.1 y Tabla 3.2.4.1).

Frente al litoral peruano, por fuera de las 150 mn la TSM exhibió anomalías que fluctuaron entre $+0,5^{\circ}\text{C}$ y $+1,5^{\circ}\text{C}$ al sur desde inicios de diciembre hasta la primera semana de enero. Dentro de las 100 mn a lo largo de la costa persistieron anomalías negativas en una delgada franja, según el sensor infrarrojo (Figura 3.2.4.2).

En las estaciones costeras de la DHN, desde la Isla Lobos de Afuera hasta Ilo, se registró el predominio de anomalías negativas de TSM, registrándose promedios mensuales de $-1,3^{\circ}\text{C}$ en Talara, seguida en intensidad por $-0,2^{\circ}\text{C}$ en Mollendo y Chimbote, mientras que en Callao se presentaron anomalías positivas de $+0,4^{\circ}\text{C}$ en promedio (Tabla 3.2.4.2 y Figura 3.2.4.3 a). Las anomalías diarias de TSM mostraron variaciones entre valores positivos y negativos las dos primeras semanas, para luego pasar a valores positivos entre Chimbote y San Juan en la segunda quincena. Las estaciones costeras de IMARPE mostraron el predominio de anomalías negativas diarias de TSM a lo largo de la costa entre -1°C y -2°C en promedio, excepto en Tumbes y Pisco, donde se observaron anomalías positivas de la misma magnitud durante el mes (Figura 3.2.4.3 b).

La anomalía del Nivel Medio del Mar (ANMM) osciló entre valores positivos y negativos a lo largo del litoral. En las estaciones costeras de la DHN, los promedios mensuales de ANMM, variaron entre -4 cm y $+3\text{ cm}$ (Figura 3.2.4.4 a), aunque la ANMM diaria tendió a normalizarse hacia fines de mes. Al observar una mayor extensión a lo largo de la costa (franja de 50 mn), se observó el predominio de condiciones normales, con algunos núcleos de anomalías positivas al sur de los 10°S (Figura 3.2.4.4 b).

3.2.5 Condiciones oceanográficas subsuperficiales frente al litoral peruano

En la sección de Paíta, realizada el 19 de diciembre, la termoclina se presentó en los primeros 40 m de profundidad, por encima de la cual se apreció una estratificación marcada fuera de las 40 mn de la costa. La isoterma de 15°C se encontró a 50- 60 m de profundidad fuera de las 40 mn y a solo 10 m debajo de la superficie cerca de la costa. También la isoterma de 14°C se superficializó hacia la costa, de una profundidad de 160 m a una de 80 m aproximadamente (Figura 3.2.5.1 a). Las anomalías térmicas se presentaron con valores de -2°C sobre los 50 m dentro de las 30 mn, y con valores de -1°C hasta las 80mn entre los 25 y 50 m de profundidad; así como hasta los 150 m cerca de la costa (Figura 3.2.5.1 b). A mayor profundidad las condiciones térmicas fueron normales. La salinidad se presentó en el rango de 34,8 a 34,9 ups sobre los 300 m de profundidad (Figura 3.2.5.1 c). La distribución de la salinidad presentó anomalías alrededor de $+0,1$ ups en los primeros 20 m de profundidad, por fuera de las 50 mn frente a la costa (Figura 3.2.5.1 d). Finalmente, el borde superior de la zona de mínima de oxígeno (ZMO) se ubicó entre 100 y 150 m de profundidad, en tanto la circulación subsuperficial exhibió un flujo dominante hacia el norte en toda la sección, con un valor máximo de 30 cm/s en la capa superficial a 40 mn de la costa.

Con respecto a la sección de Chicama (16 y 17 de diciembre), la termoclina se presentó a 30 - 70 m de profundidad, mientras que la isoterma de 15°C se localizó entre los 20 y 60 m de profundidad, mostrando un ascenso en dirección hacia la costa (Figura 3.2.5.2 a).

Esto ocasionó un núcleo con una anomalías térmicas de alrededor de -2°C ubicado a los 50 m de profundidad por fuera de las 40 mn frente a la costa (Figura 3.2.5.2 b). La distribución de salinidad mostró la influencia de aguas de mezcla y aguas costeras frías (ACF), asociada a salinidades de 35,0 a 35,1 y 34,8 a 35,0 ups, respectivamente, sobre los 300 m de profundidad (Figura 3.2.5.2 c), correspondientes a condiciones halinas normales en toda la columna de agua (Figura 3.2.5.2 d). La ZMO se presentó a 20 – 30 m de la superficie. Sobre la plataforma predominó el flujo hacia el norte, con una velocidad máxima de 20 cm/s a 20 mn de la costa.

Frente a Callao sobre una sección de 50 mn, se observó anomalías térmicas negativas sobre la plataforma continental, alcanzando un valor de $-1,5^{\circ}\text{C}$ dentro de las 10 mn. Fuera de las 40 mn, se detectó la influencia de Aguas Subtropicales Superficiales (ASS), asociadas a condiciones térmicas más estratificadas. La isoterma de 15°C y las iso-oxígenas mostraron un ascenso hacia la costa, indicando el afloramiento costero. La ZMO se ubicó a 60 m de la superficie a 50 mn y a menos de 20 m cerca de la costa. La circulación presentó flujos al norte sobre la plataforma interna y fuera de la plataforma, con velocidades máximas de 20 cm/s (Figura 3.2.5.3).

En la Estación Fija Paita (7 mn de la costa), se registraron temperaturas entre 15° y 17°C sobre los 100 m de profundidad (Figura 3.2.5.4 a), con anomalías negativas de hasta -2°C (Figura 3.2.5.4 b). La salinidad exhibió en general valores entre 34,8 y 35,0 ups, indicando el predominio de aguas costeras frías, aunque a mediados del mes en los primeros 10 m de profundidad se registró la incursión de Aguas Ecuatoriales Superficiales (AES) (Figura 3.2.5.4 c). Se observó una profundización de las iso-oxígenas, con la isolínea de 1 ml/L a inicios del mes a los 20 m y en la última semana a los ~70 m (Figura 3.2.5.4 d).

En la Estación Fija Chicama (10 mn de la costa), se registraron temperaturas entre 14° y 17°C , (Figura 3.2.5.5 a), similares a las encontradas en noviembre. La salinidad presentó valores en un rango de 34,8 a 35,1 ups, indicando la presencia de aguas de mezcla y ACF en toda la columna de agua (Figura 3.2.5.5 b). La oxiclina y la ZMO se ubicaron por encima de los 20 m de profundidad (Figura 3.2.5.5 c)

En la Estación Fija Callao (8 mn de la costa), la temperatura mostró valores en el rango de 14° a 19°C sobre los 90 m de profundidad (Figura 3.2.5.6 a). Las anomalías de temperatura mostraron valores alrededor de -1°C (Figura 3.2.5.6 b). Asimismo, las ACF predominaron la mayor parte del mes, asociada a la disminución de temperaturas en la columna de agua. La oxiclina y la ZMO se ubicaron por encima de los 20 m de profundidad (Figura 3.2.5.6 c, d).

Tomadas en conjunto, la presencia de anomalías térmicas negativas en la capa subsuperficial frente a la costa central y norte, es consistente con la influencia de la sexta onda Kelvin fría que arribó a la costa en noviembre 2016 (Informe ENFEN N°11, 2016).

3.2.6 Nutrientes y Productividad en la costa peruana

En las estaciones fijas de Chicama y Callao se observó una superficialización de las isolíneas de silicatos, respecto al mes de noviembre (Figuras 3.2.5.4 d; 3.2.5.5 e), indicando la intensificación del afloramiento costero. Sin embargo, en Callao, las concentraciones en superficie disminuyeron ($\sim 10 \mu\text{mol/L}$; Figura 3.2.5.5 e).

En cuanto a las concentraciones de clorofila-a en la columna de agua, en la estación fija de Chicama se observó gradualmente a lo largo del mes una disminución de las concentraciones de clorofila-a (de $\sim 2 \text{ mg/m}^3$ a $\sim 0,25 \text{ mg/m}^3$) en la capa superficial (Figura 3.2.5.4 e). En la estación fija de Callao las condiciones se mantuvieron similares a lo observado en noviembre ($\sim 1 \text{ mg/m}^3$), con una disminución en la última semana (Figura 3.2.5.5 f).

Por otro lado, la clorofila-a superficial (satelital) presentó en promedio mayores concentraciones respecto a noviembre, con núcleos ($> 10 \text{ mg/m}^3$) que llegaron hasta los $\sim 150 \text{ km}$ frente a Paita, entre Chicama y Chimbote y entre los $11^\circ\text{-}14^\circ\text{S}$ (Figura 3.2.6.1 a,b). Las anomalías pentadales de clorofila-a, integradas para la franja costera de 100 km entre los 4°S y 16°S , presentaron valores de $\sim +7.$, mg/m^3 durante la primera semana y la última semana, y valores de entre $\sim +1,5 - 4 \text{ mg/m}^3$ en promedio el resto del mes (Figura 3.2.6.1 c).

3.2.7 Recursos Pesqueros e indicadores biológicos

Al 31 de diciembre, el avance de cuota de la Segunda Temporada de Pesca de Anchoveta 2016, correspondiente a 2 millones de toneladas fue de 67,8 %.

La distribución espacial de anchoveta fue amplia, llegando hasta las 90 mn de costa entre Paita y Pucusana. Además se registraron ejemplares juveniles a lo largo de su distribución. Los mayores desembarques se registraron entre los 8°S a 9°S (Figura 3.2.7.1). Por otro lado, la anchoveta presentó una estructura vertical promedio de 19 m de profundidad, similar al promedio patrón.

Los índices reproductivos mostraron que el proceso de desove de la anchoveta del stock norte-centro continuó declinando, con valores por debajo del patrón de la Fracción Desovante (FD) y menores respecto al mes de noviembre. El Índice Gonadosomático (IGS) presentó un valor cercano a su patrón estacional y el Índice de Atresia (IA), ligeramente superior (Figura 3.2.7.2).

Por otra parte, se registró la presencia de “jurel” y “caballa” entre Chicama y Callao cerca de la costa y “samasa” entre Paita y Bayovar, todas especies de aguas cálidas. Asimismo se observaron especies indicadoras de aguas costeras frías como la munida (“camaroncito rojo”) dentro de las 30 millas frente a Callao.

4. PRONÓSTICO

A corto plazo, las perspectivas se basan en los resultados de las simulaciones de las Ondas Kelvin ecuatoriales corridas por IGP e IMARPE. La presentación de las perspectivas de mediano y largo plazo se basa en las simulaciones de los modelos de agencias internacionales inicializados en la primera semana de enero 2017.

4.1 A corto plazo (semanas)

Los modelos de simulación de las Ondas Kelvin corridos por IGP muestran que la onda Kelvin cálida generada a principios de diciembre 2016 en el Pacífico Occidental llegaría a la costa de Sudamérica en marzo de 2017 (Figura 4.1.1). El modelo corrido por IMARPE indica la formación de dos ondas (modo 1 y modo 2) en diciembre en el Pacífico Occidental, de las cuales la primera llegaría Sudamérica en febrero 2017, mientras que la segunda arribaría en marzo 2017 (Figura 4.1.2).

4.2 A mediano plazo (hasta 3 meses)

Para el Pacífico Ecuatorial Central (región Niño 3.4), el valor estimado del ONI (ONItmp) para el mes de diciembre 2016 y para enero 2017 es $-0,65^{\circ}\text{C}$ (La Niña débil) y $-0,35^{\circ}\text{C}$ (Neutro), considerando los datos hasta diciembre de la fuente ERSST4, así como las salidas del ensamble de modelos NMME para enero 2017 (Tabla 3.1.2.1). Por otro lado, los 8 modelos de NMME predicen condiciones neutras para los meses de febrero y marzo. En conjunto, estos resultados indican la transición de las condiciones de La Niña a condiciones neutras entre diciembre y enero, así como la persistencia de estas últimas hasta el fin del verano (Figura 4.2.1; Tabla 4.2.1).

Para el Pacífico oriental (región Niño 1+2), el valor estimado del ICEN (ICENtmp), basado en los datos hasta diciembre de la fuente ERSST4, así como las salidas del ensamble de modelos NMME para enero 2017, es de $+0,48^{\circ}\text{C}$ para diciembre 2016 y $+0,54^{\circ}\text{C}$ para enero 2017, que corresponden a una condición “Cálida Débil” en ambos casos (Figura 3.2.4.1 y Tabla 3.2.4.1). Asimismo, de los 7 modelos NMME, 5 indican que el mes de febrero presentaría condiciones cálidas débiles y 2 condiciones neutras, a diferencia del mes anterior, en el cual todos los modelos pronosticaban condiciones neutras inclusive hasta fines del verano. Considerando los valores de ICENtmp para diciembre y enero, así como los pronósticos para febrero y marzo, 5 de 7 modelos de NMME predicen condiciones de El Niño costero débil en el verano 2016-17, y 2 predicen condiciones neutras (Figura 4.2.2 y Tabla 4.2.2)

4.3 A largo plazo (más de 3 meses)

Para el Pacífico Central, la mayoría de los modelos NMME actualizados pronostican condiciones neutras en el otoño 2017, seguidas de condiciones neutras a cálidas moderadas en el invierno (Tabla 4.2.1). Para el Pacífico Oriental la mayoría de modelos pronostica condiciones entre neutras y cálidas débiles en otoño; a condiciones entre neutras a cálidas moderadas en invierno (Tabla 4.2.2).

Las Tablas 4.3.1 y 4.3.2 de acuerdo al juicio experto del comité ENFEN muestran las probabilidades estimadas de las magnitudes de La Niña–El Niño para el verano 2016-2017. El juicio experto se basó principalmente en:

- i) El análisis crítico de los resultados actualizados de los modelos de pronóstico de agencias internacionales, los cuales en su mayoría prevén condiciones neutras durante el verano en la región Niño 3.; y entre neutras a cálidas débiles en la región Niño 1+2 (Figuras 4.2.1 y 4.2.2; Tablas 4.2.1 y 4.2.2);
- ii) El análisis del monitoreo del océano y de la atmósfera en el Pacífico Central, que indica una tendencia a la normalización en el contenido de calor del Pacífico Ecuatorial (Figura 3.1.2.2), mientras subsisten condiciones de subsidencia y TSM entre normales a ligeramente más frías que lo normal en el Pacífico Central (Figuras 3.1.1.2 y 3.1.1.11). Por otro lado, se observa la propagación de una onda Kelvin cálida desde el Pacífico Occidental hasta el Pacífico Central (Figuras 4.1.1 y 4.1.2), la cual arribaría a Sudamérica entre febrero y marzo; así como la ocurrencia de anomalías de vientos del este en el Pacífico Central a fines de diciembre e inicios de enero, que podrían debilitar la onda cálida (Figuras 3.1.1.9a y 3.1.1.10);
- iii) El análisis del monitoreo del océano y de la atmósfera en el Pacífico Oriental, que indica condiciones normales a débiles del APS (Figura 3.2.1.1) y de los vientos costeros a lo largo del litoral (Figura 3.2.2.1), anomalías cálidas de TSM fuera de la costa y condiciones normales de TSM a lo largo del litoral (Figura 3.2.4.2), en tanto el desarrollo de anomalías térmicas negativas en la capa sub-superficial de columna de agua frente a la costa central y norte (3.2.5.4-6), así como la intensificación del afloramiento costero, consistentes con el efecto de la sexta onda Kelvin fría que arribó en noviembre 2016 (Figuras 4.1.1 y 4.1.2); y
- iv) El análisis retrospectivo/comparativo relativo al desarrollo y transiciones de eventos pasados de El Niño y La Niña, que indica, que a diferencia de los Niños extraordinarios de 1982-83 y 1997-98, la anomalía de la TSM post-evento El Niño 2015-2016 es comparativamente menos fría en el Pacífico Central y Oriental (Figura 3.1.1.2 a,b). Asimismo, la magnitud de las anomalías negativas en relación a otros eventos La Niña en el Pacífico Central es menor actualmente (Figura 3.1.1.2 c).

4.4. Conclusiones

Es posible que la onda Kelvin cálida observada en el Pacífico Central continúe propagándose hacia el este, pudiendo arribar a la costa norte del Perú en marzo y con ello contribuir en aumentar la temperatura del mar y la posibilidad del incremento de lluvias en esta región. No obstante entre fines de diciembre y la primera semana de enero las anomalías de vientos del este observadas en el Pacífico Central podrían debilitar la onda Kelvin cálida.

Todos los modelos globales actualizados a inicios de enero, pronostican condiciones neutras de la TSM para el Pacífico Central (región Niño 3.4) durante el verano 2016-2017.

Sin embargo, para la región Niño 1+2 (frente a las costas de Ecuador y norte de Perú), cinco de los siete modelos globales analizados pronostican el desarrollo de condiciones cálidas débiles durante el verano actual, a diferencia del mes anterior en que todos los modelos pronosticaron condiciones neutras para el verano.

Por consiguiente, el Comité Multisectorial ENFEN ha ajustado las probabilidades de ocurrencia que se presenten condiciones neutras en el Pacífico Oriental a un 66% y de El Niño Costero Débil a un 30% en el presente verano. Para el Pacífico Central, se estiman como más probables las condiciones neutras (80%) (Tablas 4.3.1 y 4.3.2).

5. 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.

ENFEN, 2016: Monitoreo y pronóstico de El Niño y La Niña, noviembre 2016. Informe Técnico ENFEN, N° 11.

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.

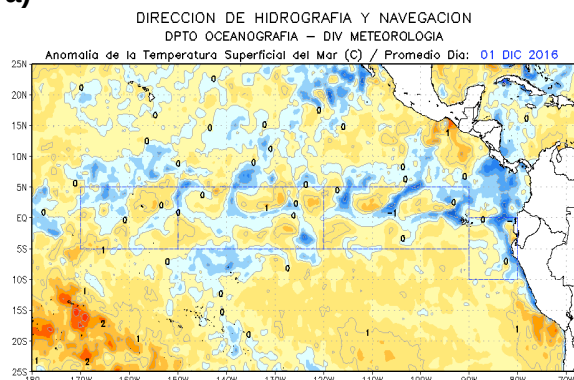
Mosquera, K., B. Dewitte y P. Lagos, 2011: Variabilidad Intra-estacional de la onda de Kelvin ecuatorial en el Pacífico (2000-2007): simulación numérica y datos observados. Magistri et Doctores, Revista de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Año 5, No9, julio-diciembre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

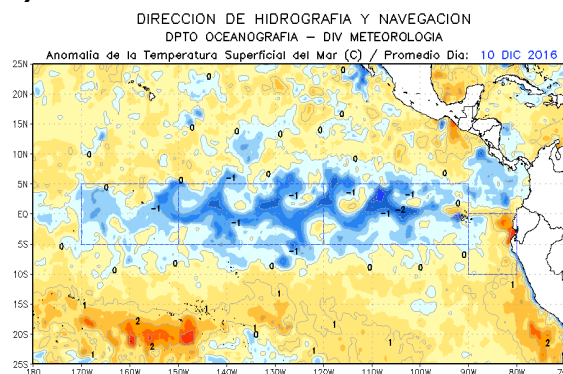
Takahashi, K., K. Mosquera y J. Reupo, 2014: El Índice Costero El Niño (ICEN): historia y actualización, Boletín Técnico "Generación de modelos climáticos para el pronóstico de la ocurrencia del Fenómeno El Niño", Instituto Geofísico del Perú, Febrero, 1, 2, 8-9.

6. FIGURAS

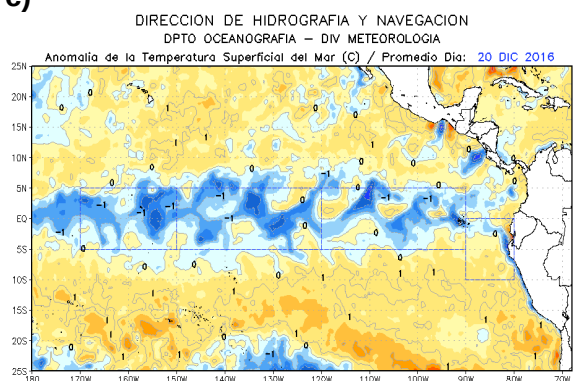
a)



b)



c)



d)

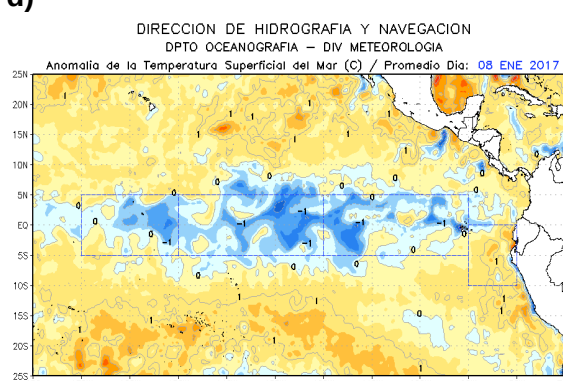
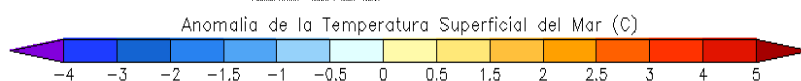


Figura 3.1.1.1. Anomalías de la temperatura superficial del mar (°C) en el océano Pacífico oriental para los días a) 01 de diciembre, b) 10 de diciembre, c) 20 de diciembre, y e) 08 de enero de 2017. La línea sólida en color azul indica el límite externo de la región Niño 1+2. Datos: NCDC/NCEP/NOAA. Procesamiento: DHN.

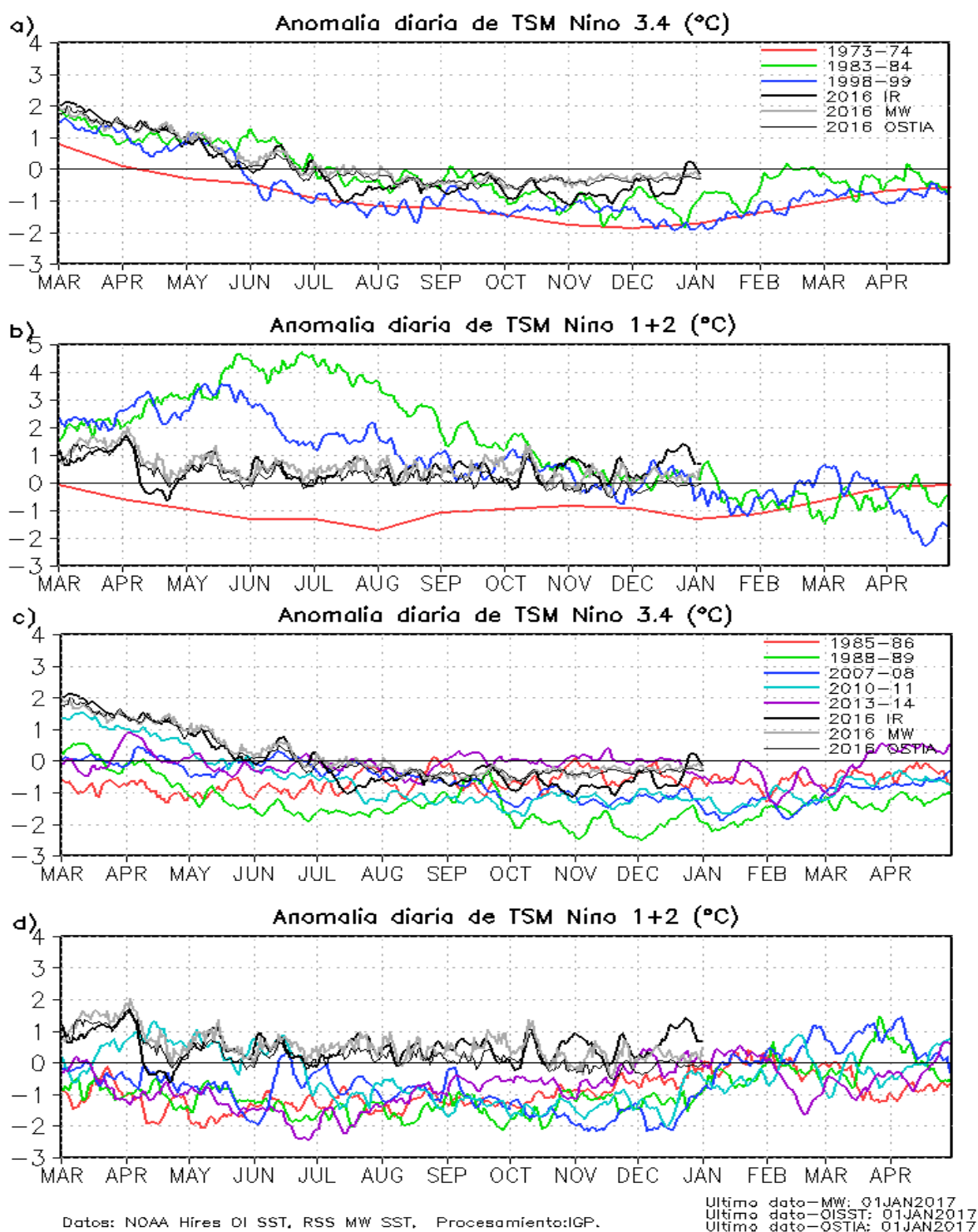


Figura 3.1.1.2 Anomalia de TSM durante algunos eventos Niño, en la región Niño 1+2 (a) y región Niño 3.4 (b), año 1973-74 (rojo), 1983-1984 (verde), 1998-99 (azul). Anomalia de TSM en algunos eventos Niña, en la región Niño 1+2 (c) y región Niño 3.4 (d), año 1985-86 (rojo), 1988-89 (verde), 2007-08 (azul), 2010 -11 (verde oscuro), 2013-14 (morado).

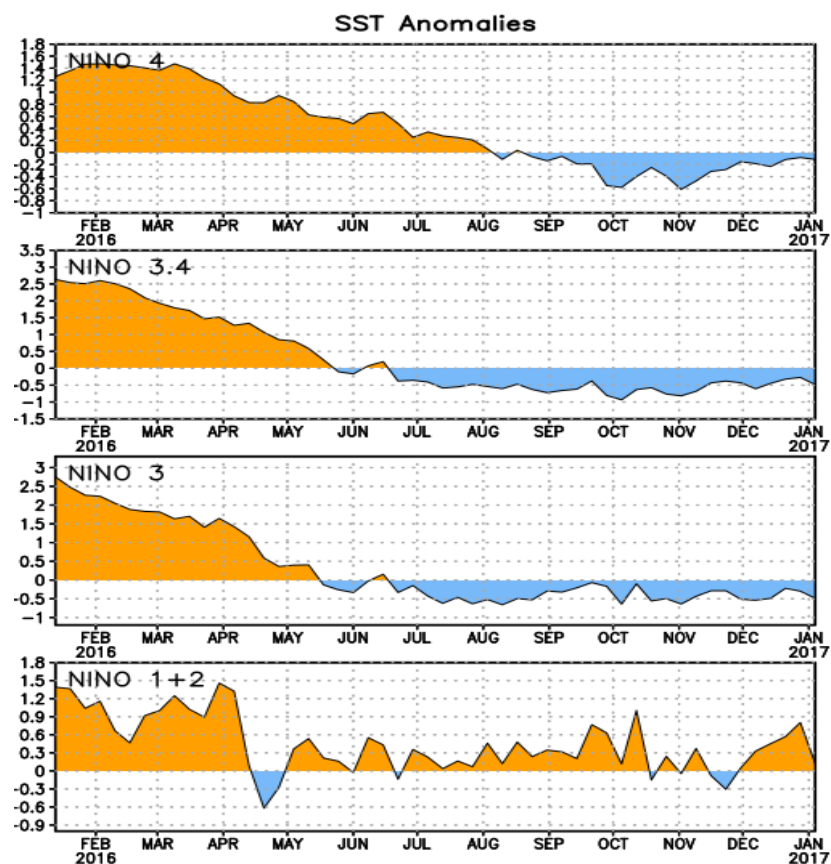


Figura 3.1.1.3 Anomalías de la temperatura superficial del mar (°C) en las regiones Niño de enero del 2016 a diciembre de 2016. Fuente: NCEP/NOAA.

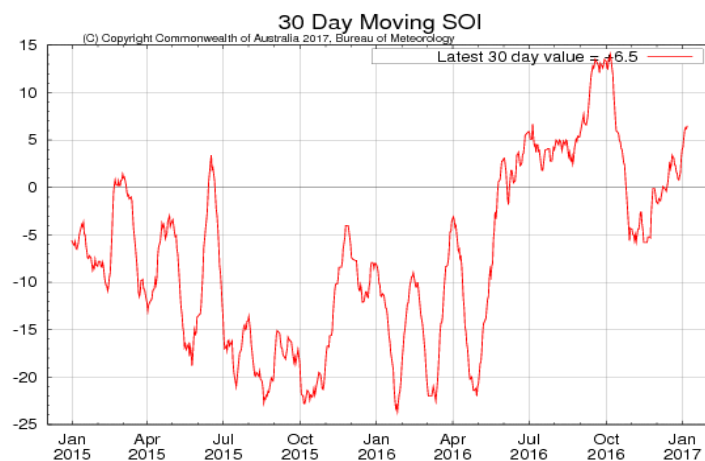


Figura 3.1.1.4 Evolución del Índice de Oscilación Sur (IOS), considerando la media móvil de 30 días. Fuente: Bureau of Meteorology, Australia.

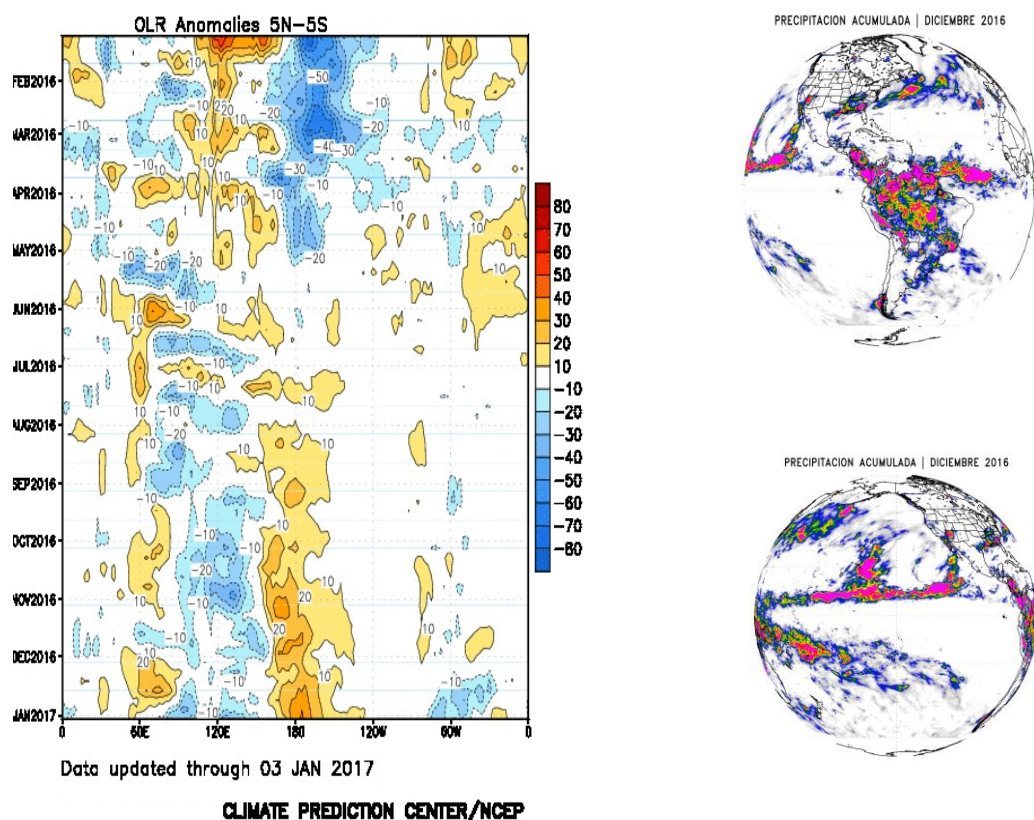


Figura 3.1.1.5. Hovmöller de anomalías de a) Radiación de Onda Larga - OLR (W/m^2) desde el mes de diciembre de 2105 hasta diciembre de 2016. Datos: NCEP b) Precipitaciones en el mes de diciembre de 2016. Datos: TRMM. Procesamiento: IGP/SENAMHI.

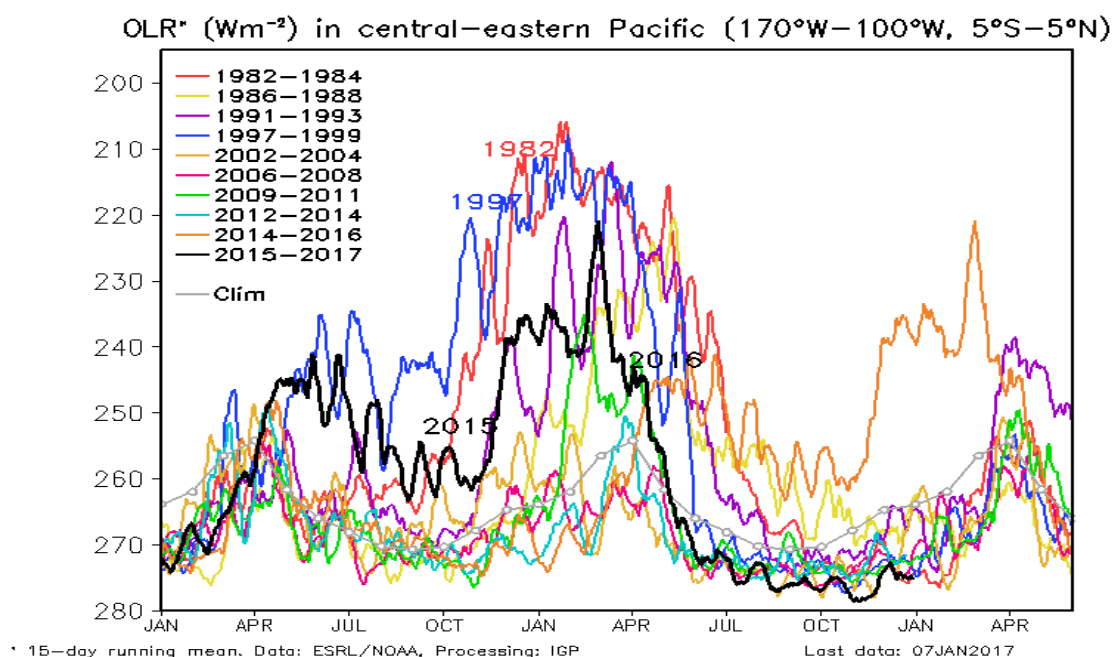


Figura 3.1.1.6. Radiación de Onda Larga - OLR (W/m^2) en el Pacífico central-oriental (170°W-100°W, 5°S-5°N) desde el mes de enero hasta el mes de diciembre. Datos: ESRL/NOAA, Procesamiento: IGP.

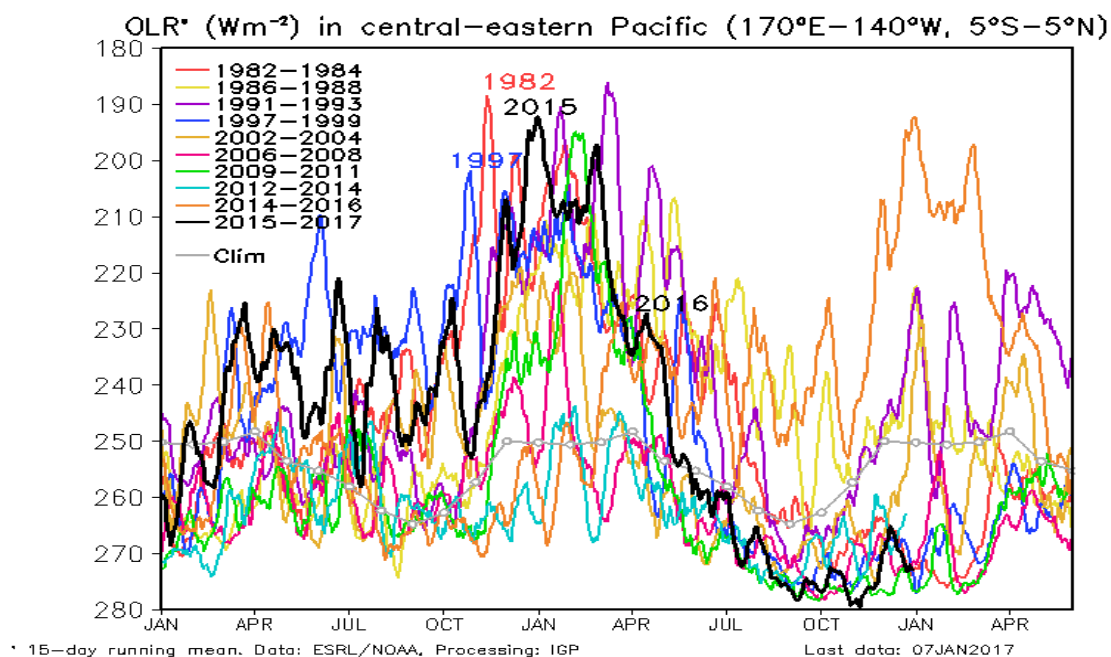


Figura 3.1.1.7. Radiación de Onda Larga - OLR (Wm^2) en el Pacífico Central-Oriental ($170^{\circ}\text{W}-140^{\circ}\text{W}$, $5^{\circ}\text{S}-5^{\circ}\text{N}$) desde el mes de enero hasta el mes de diciembre. Datos: ESRL/NOAA, Procesamiento: IGP.

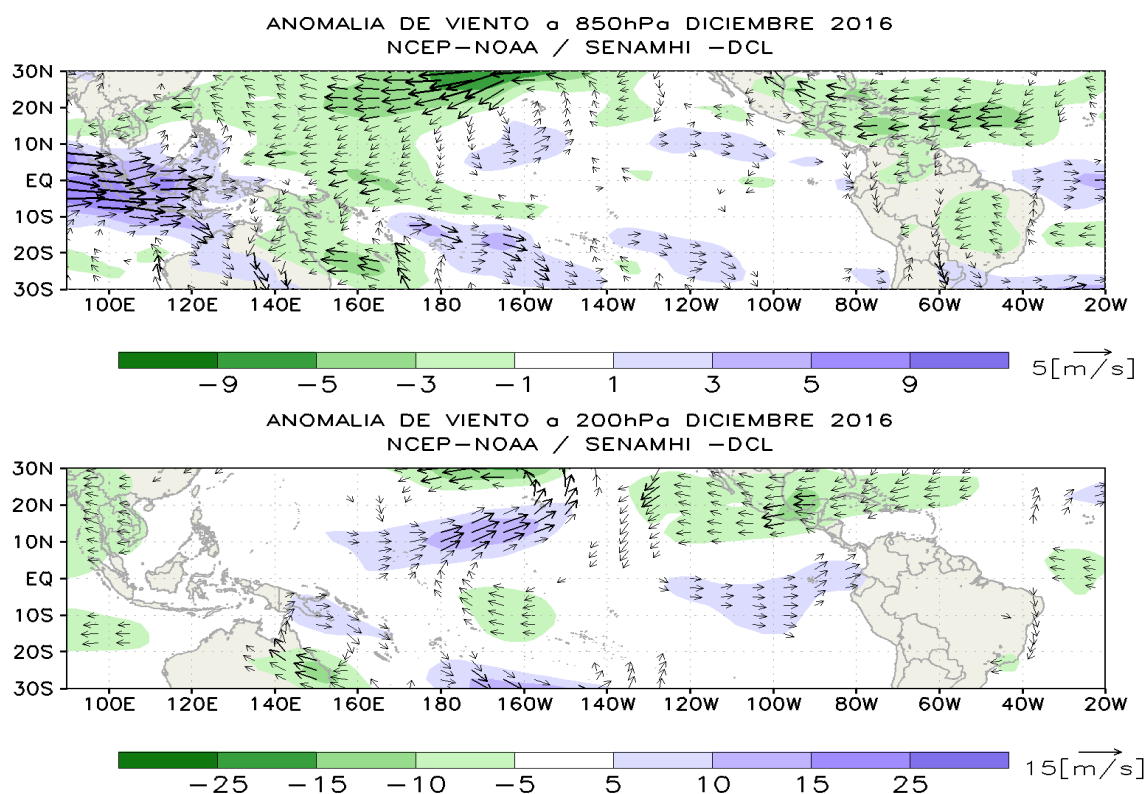


Figura 3.1.1.8. Análisis de anomalías del viento (m/s) en a) 850 hPa y b) 200 hPa para el mes de diciembre del 2016. Datos: NCEP/NOAA. Procesamiento: SENAMHI-DCL.

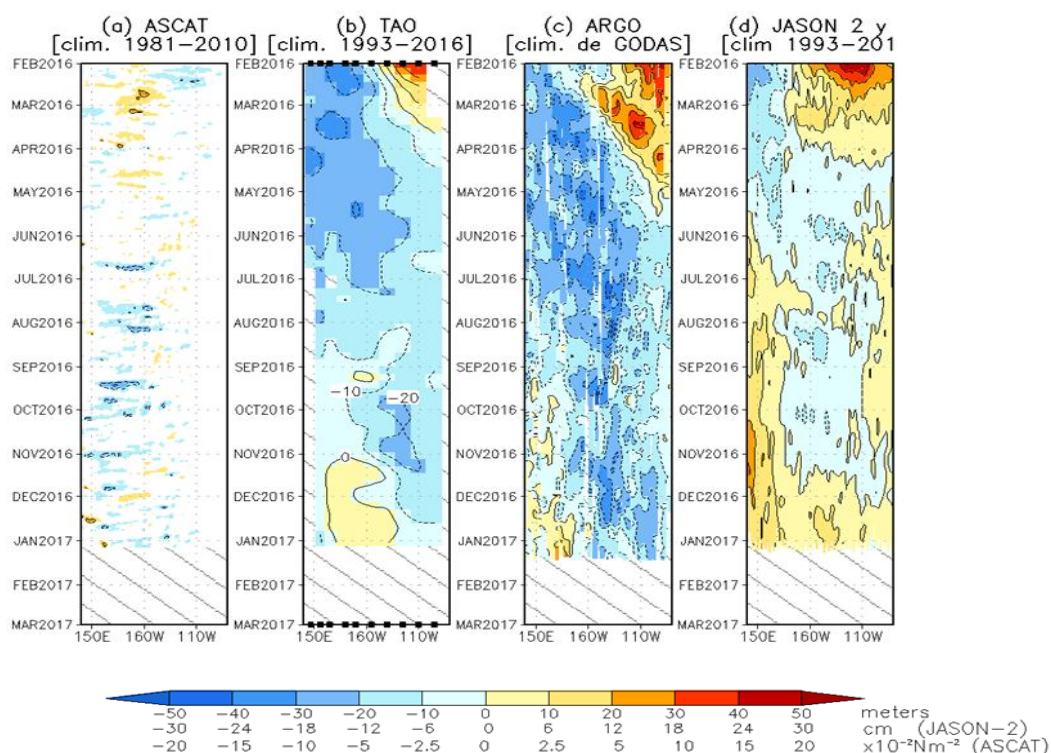


Figura 3.1.1.9. Diagrama longitud-tiempo de las anomalías de esfuerzo de viento zonal ecuatorial basado en datos del escaterómetro ASCAT (a), anomalía de la profundidad de la isoterma de 20°C con datos de TAO (b) y los derivadores de Argo (c), datos del nivel del mar de JASON-2 (d). Las líneas diagonales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

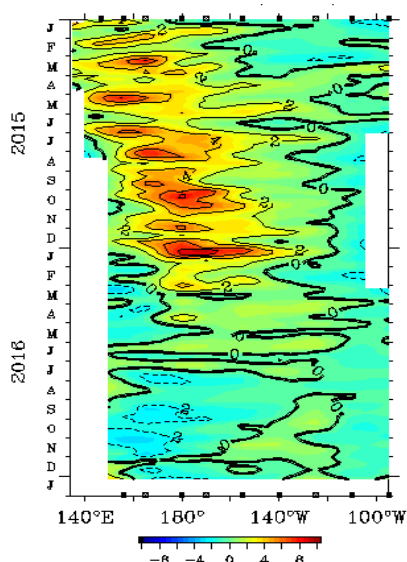


Figura 3.1.1.10. Diagrama longitud-tiempo de las anomalías del viento zonal ecuatorial (entre 2°N-2°S) basado en datos de TAO/TRITON, actualizados al 8 de enero del 2017. Datos: TAO/TRITON. Procesamiento: IGP.

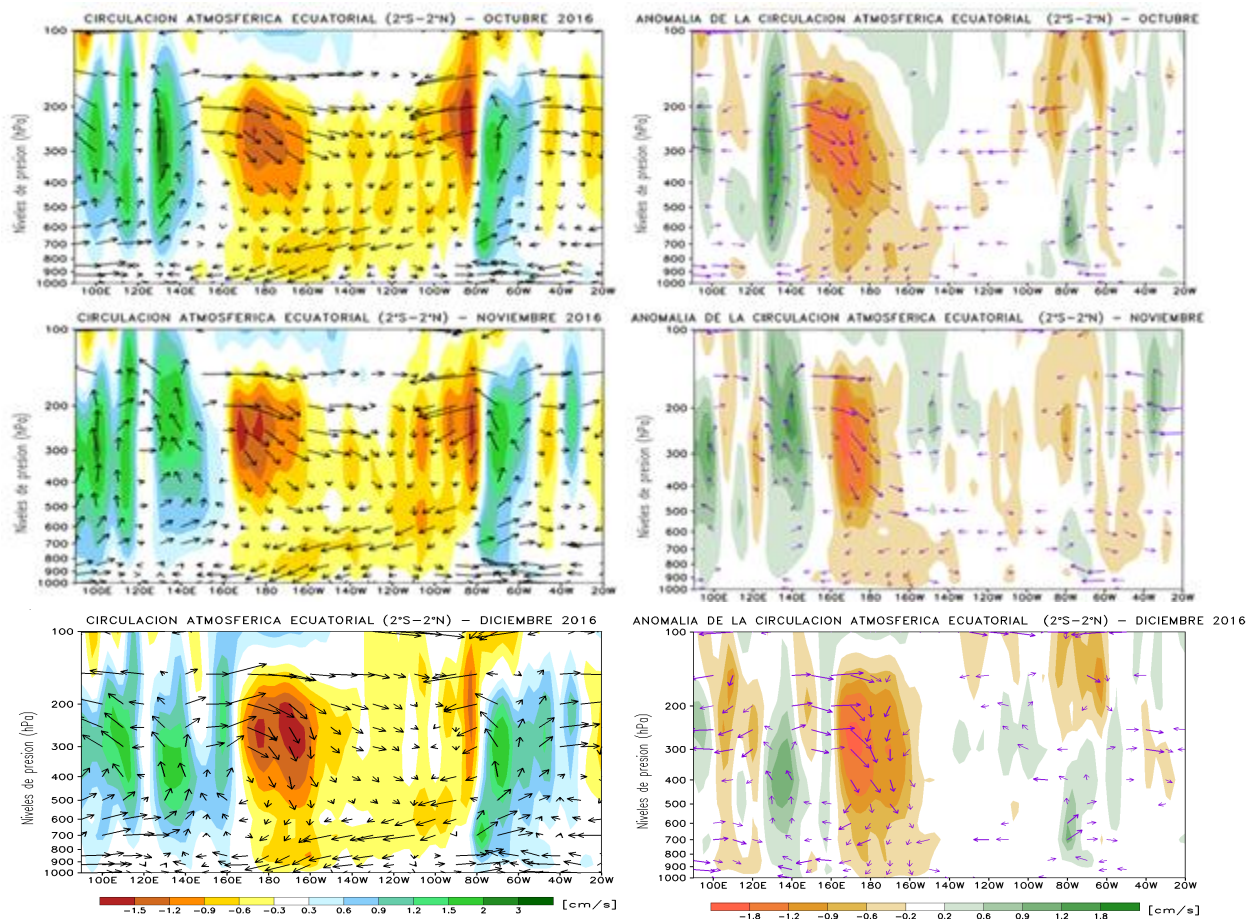


Figura 3.1.1.11. Circulación atmosférica ecuatorial promedio mensual (derecha) y su anomalía (izquierda) en a) octubre; b) noviembre; y c) diciembre. Fuente: SENAMHI con datos de la NCEP-NOAA.

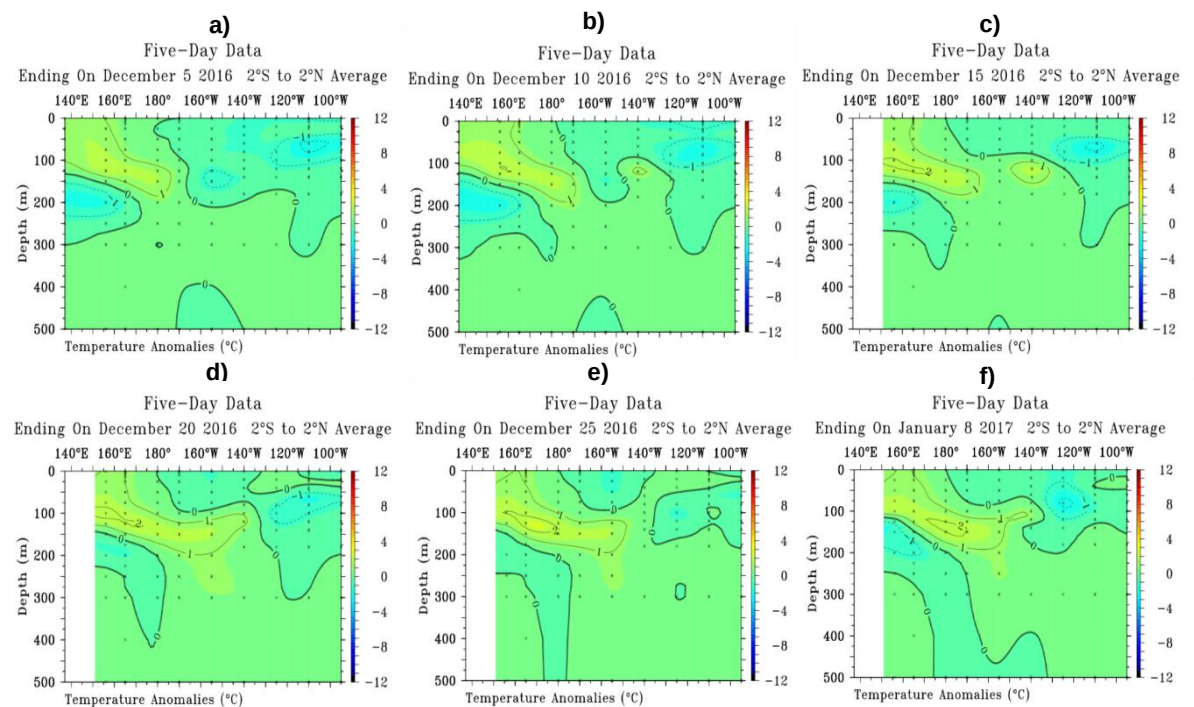


Figura 3.1.2.1. Anomalías de la temperatura sub-superficial del mar (°C) en el océano Pacífico ecuatorial entre los 2°N y 2°S promediadas cada cinco días, finalizando los días: a) 7 de octubre, b) 17 de octubre, c) 22 de octubre, d) 27 de octubre, e) 1 de noviembre y f) 6 de noviembre de 2016. Fuente: TAO/TRITON, PMEL/NOAA.

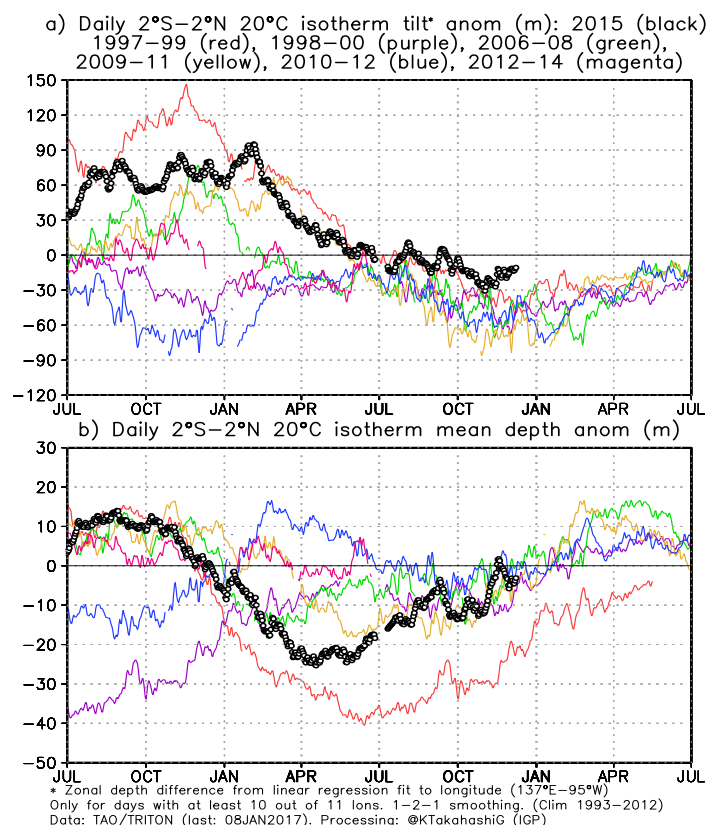


Figura 3.1.2.2. a) Inclínación de la termoclina, diferencia de la profundidad zonal del ajuste de la regresión lineal para la longitud (137°E – 95°W). Climatología 1993-2012 (punteado). b) Contenido de calor en la región ecuatorial entre 2°N y 2°S). Data: TAO/TRITON. Procesamiento: IGP.

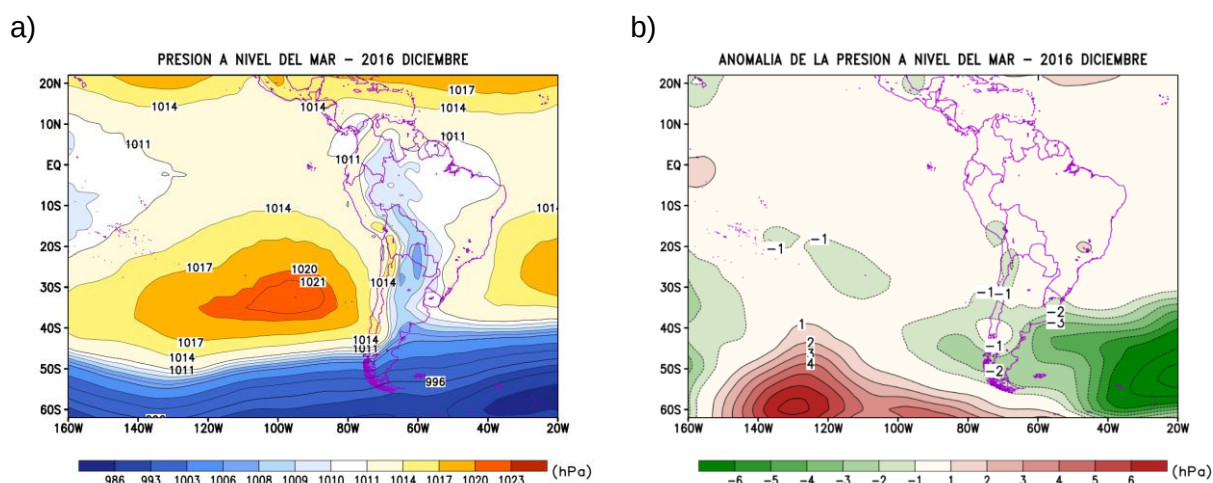


Figura 3.2.1.1 Presión atmosférica (hPa) a nivel medio del mar para diciembre del 2016. a) Promedio de la Presión atmosférica (hPa) a nivel del mar, b) Anomalía de la Presión atmosférica (hPa) a nivel del mar. Datos: NCEP/NOAA. Procesamiento: SENAMHI.

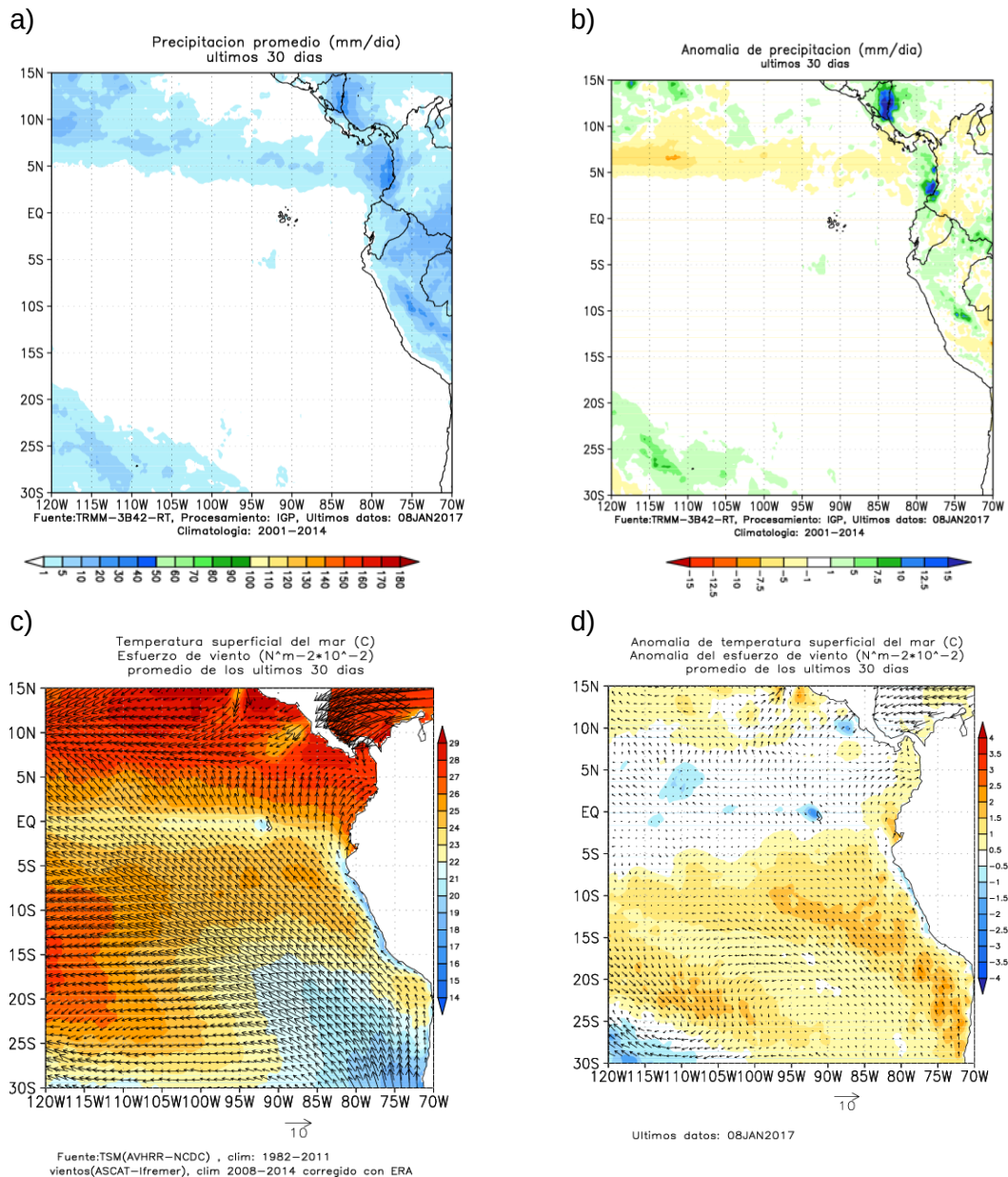


Figura 3.2.1.2. Condiciones promedio de precipitación, temperatura superficial del mar (TSM) y esfuerzo de viento, correspondientes al mes de diciembre, a) valores absolutos de precipitación, b) anomalía de precipitación, c) valores absolutos de TSM asociados al esfuerzo de vientos, d) anomalías de TSM,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

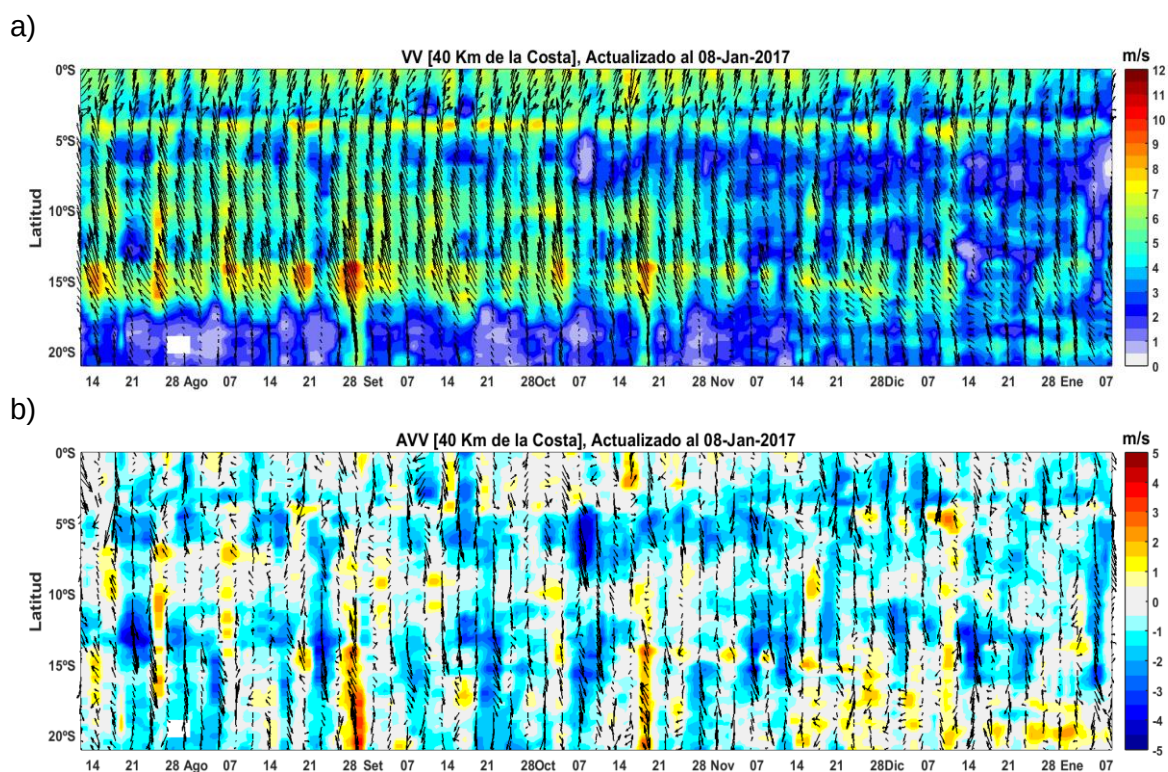


Figura 3.2.2.1. a) Velocidad del viento (m/s) y b) Anomalía del viento (m/s), desde los 0° hasta 20°S en el periodo de julio del 2016 al 08 de enero del 2017. Los vectores representan la dirección del viento y anomalía de la dirección del viento, respectivamente. Datos: ASCAT. Procesamiento: IMARPE.

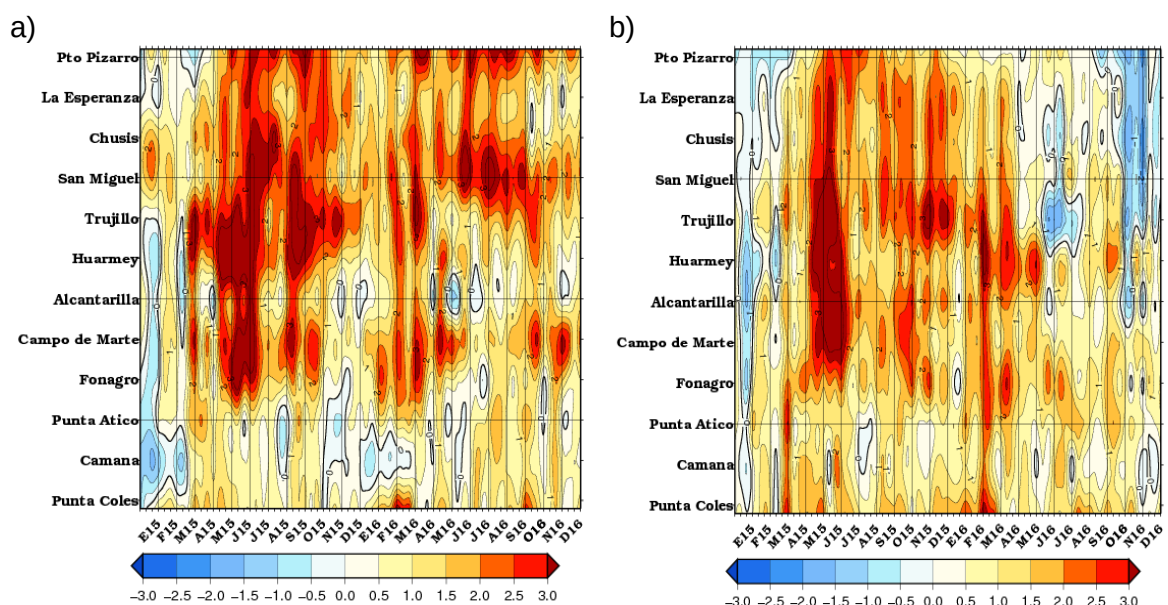


Figura 3.2.2.2. Anomalías de las temperaturas extremas del aire (°C) en la costa peruana desde enero 2015 a diciembre del 2016. a) Temperatura máxima y b) Temperatura mínima. Fuente: SENAMHI.

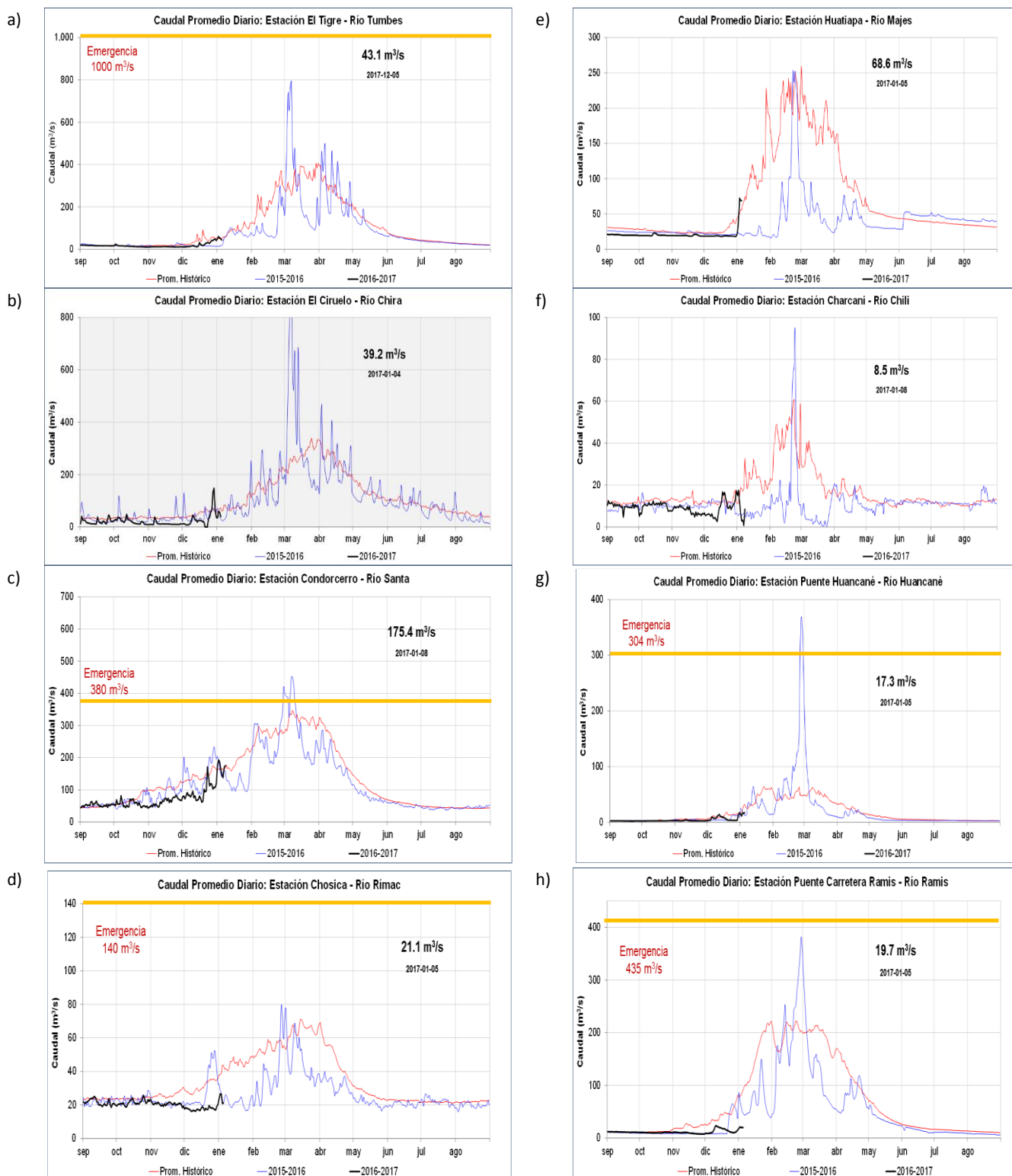


Figura 3.2.3.1. Series de tiempo actualizados a inicios de enero, de los caudales diarios (m^3/s) de los principales ríos del Perú, entre los meses de setiembre y agosto: a) Tumbes, b) Chira, c) Santa, d) Rímac, e) Majes, f) Chili, de la vertiente del pacífico; g) Huancané y h) Ramis, de la cuenca del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

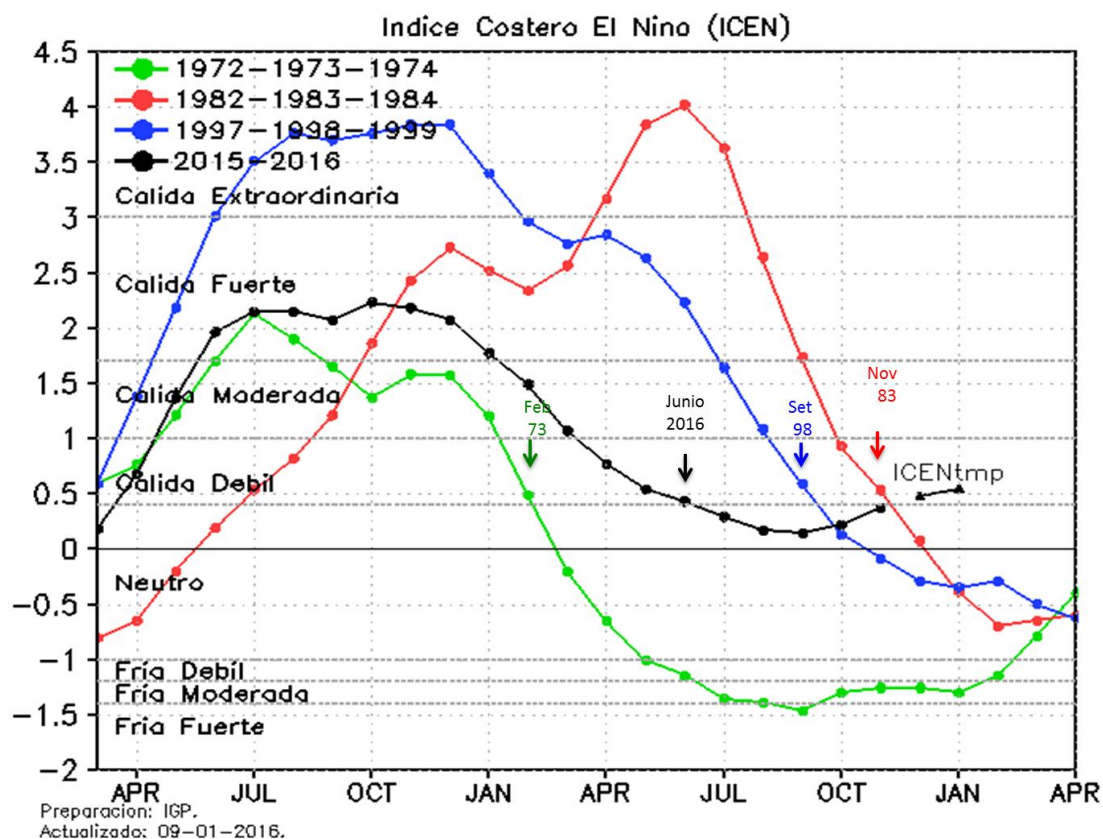


Figura 3.2.4.1. Índice Costero El Niño para los años 1972-1973 (verde), 1982-1983 (rojo), 1997-1998 (azul) y 2015-2016 (negro). Fuente IGP.

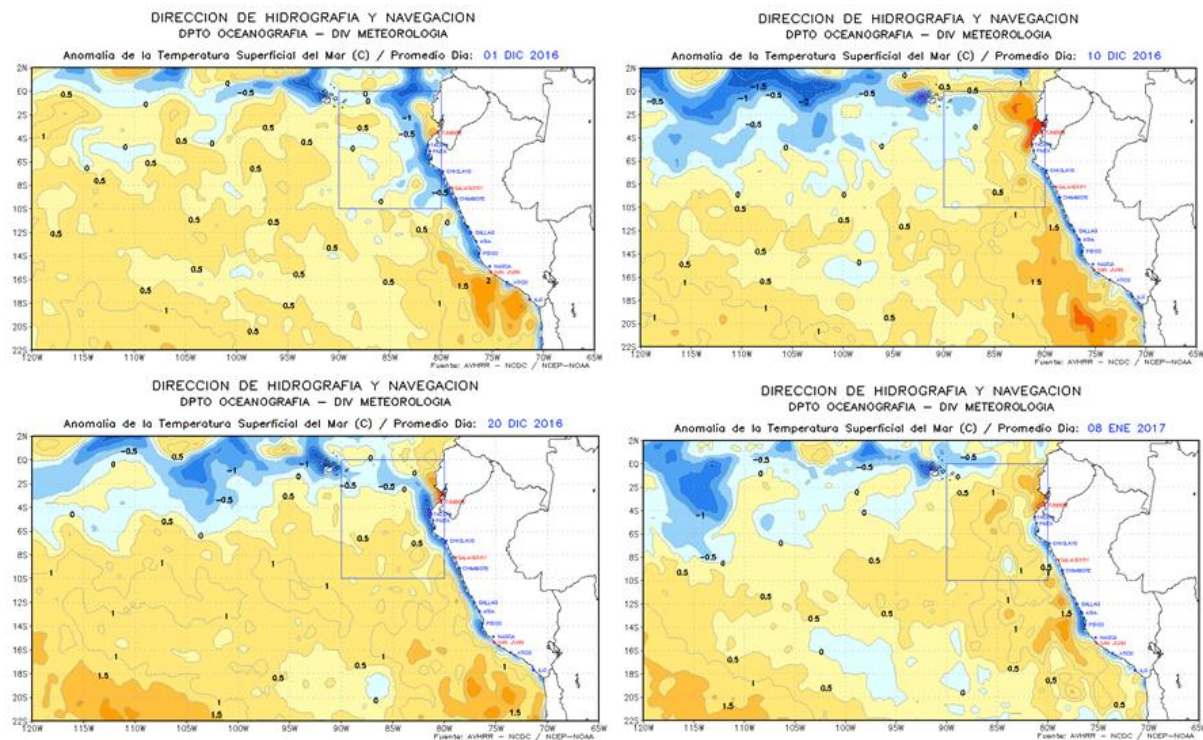


Figura 3.2.4.2. Anomalía de la TSM frente a la costa peruana, entre el 01 de diciembre de 2016 y el 08 de enero de 2017. Fuente: DHN, con datos de AVHRR-NCEP-NOAA.

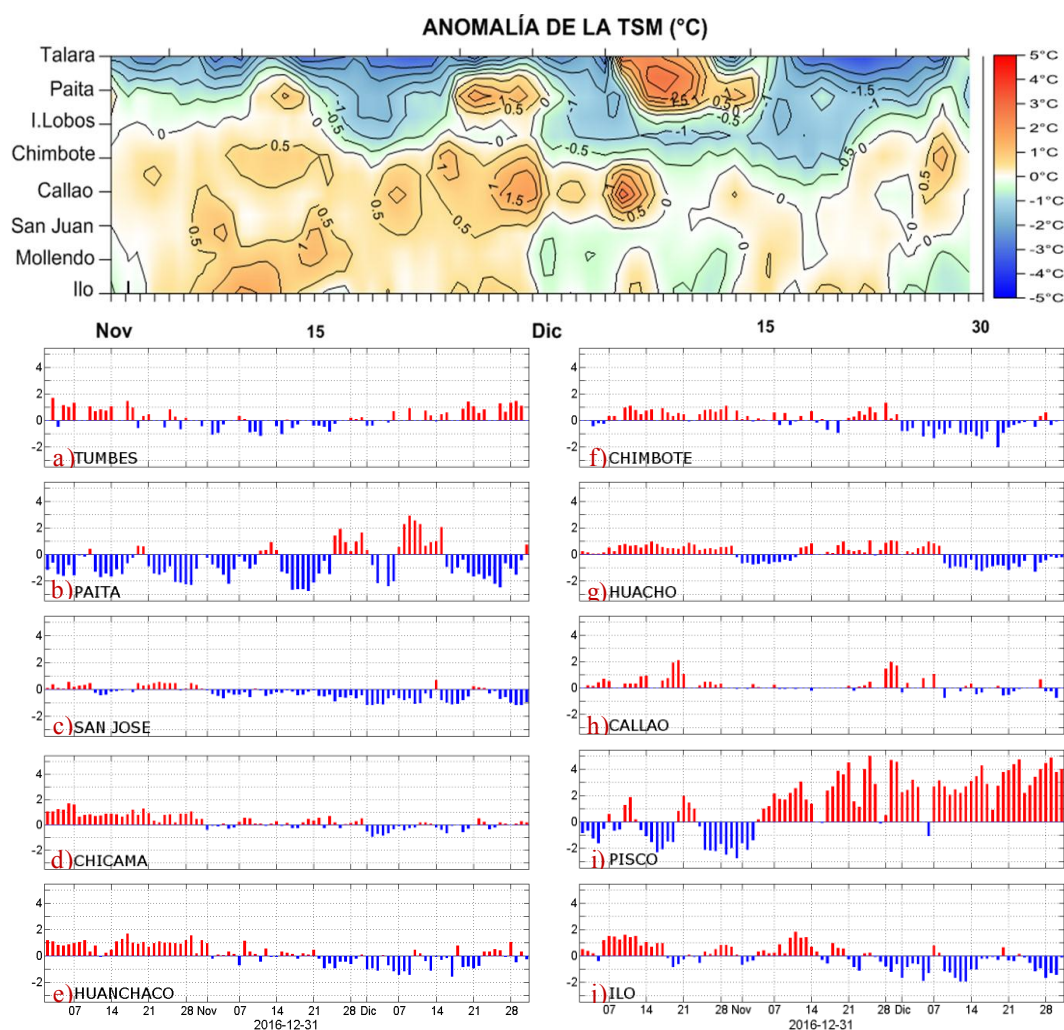


Figura 3.2.4.3. Anomalías de Temperatura Superficial del Mar (ATSM), registradas en estaciones del litoral costero de Perú, hasta diciembre del 2016; a) Diagrama Hovmöller durante el último bimestre, en estaciones de la DHN, c) Series diarias durante el último trimestre, en estaciones del IMARPE.

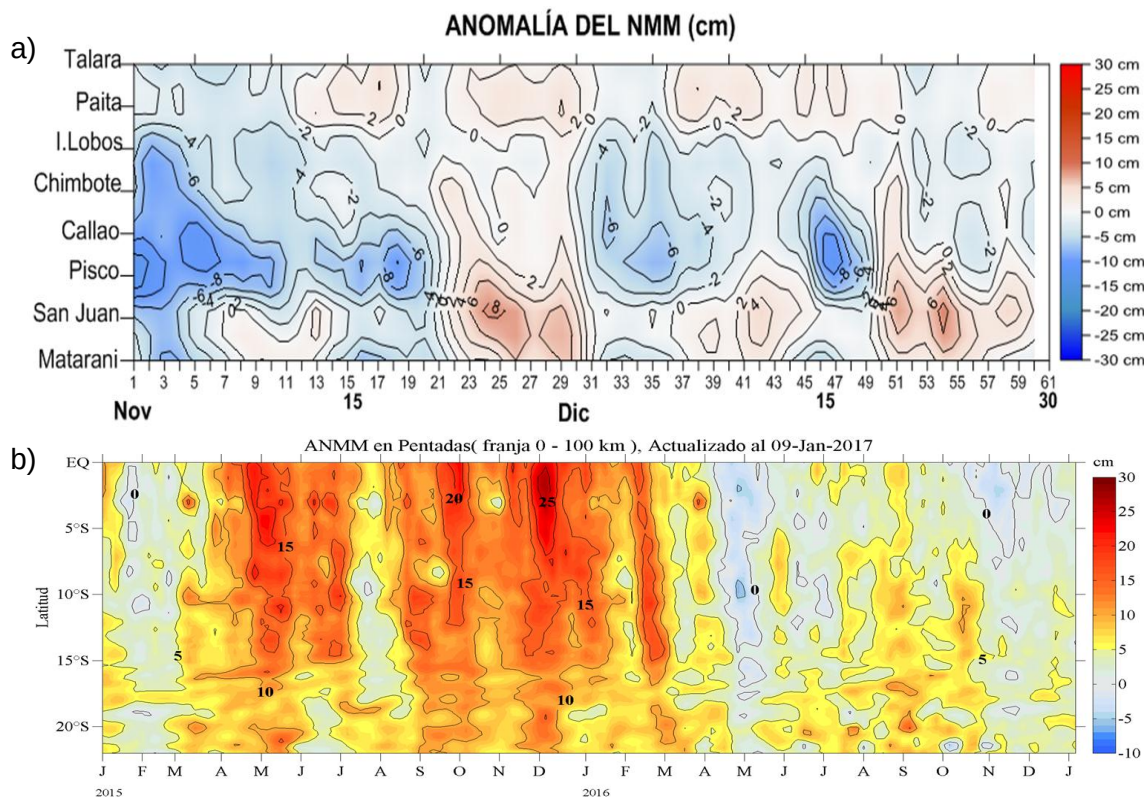


Figura 3.2.4.4. Anomalías del Nivel Medio del Mar, actualizados a diciembre del 2016, a) Diagrama Hovmöller durante el último bimestre en estaciones costeras de la DHN, c) Hovmöller en franja costera de 0-100 km, entre 2015-2016; Fuente AVISO – IMARPE.

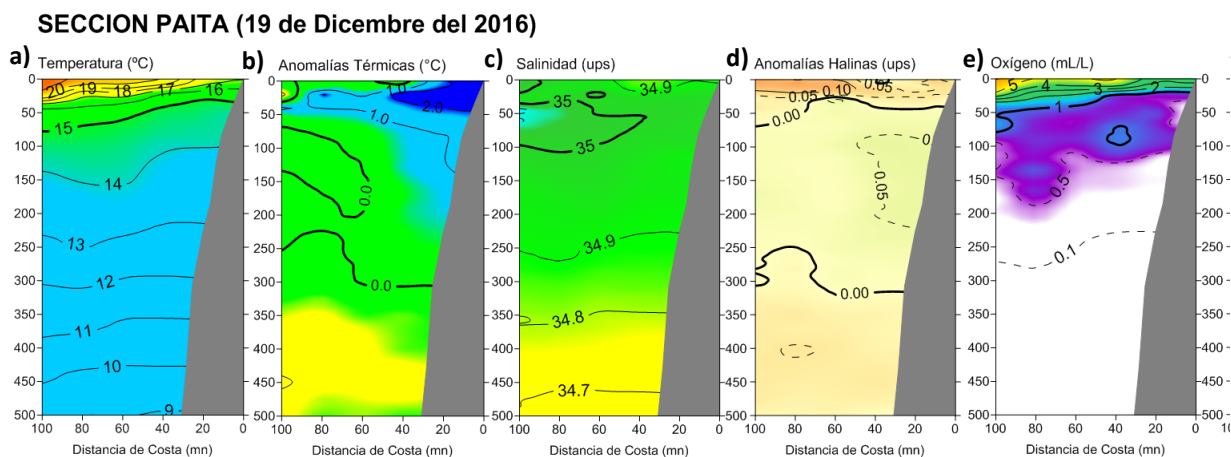


Figura 3.2.5.1. Distribución vertical de: a) temperatura (°C), b) anomalía de temperatura (°C), c) salinidad (ups), d) anomalía de salinidad (ups) y e) oxígeno (mL/L) frente a Paita, realizada durante el 19 de diciembre de 2016. Fuente: IMARPE.

SECCION CHICAMA (16-17 de Diciembre del 2016)

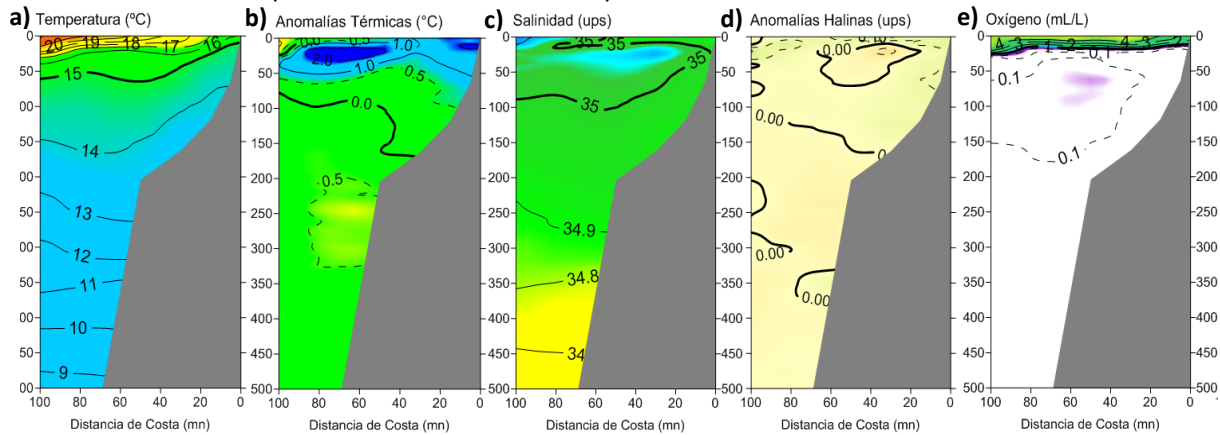


Figura 3.2.5.2. Distribución vertical de: a) temperatura ($^{\circ}\text{C}$), b) anomalía de temperatura ($^{\circ}\text{C}$), c) salinidad (ups) y d) anomalía de salinidad (ups) frente a Chicama, realizada durante el 16 y 17 de diciembre de 2016. Fuente: IMARPE.

Callao (06-07 Diciembre 2016) BIC Luis Flores P.

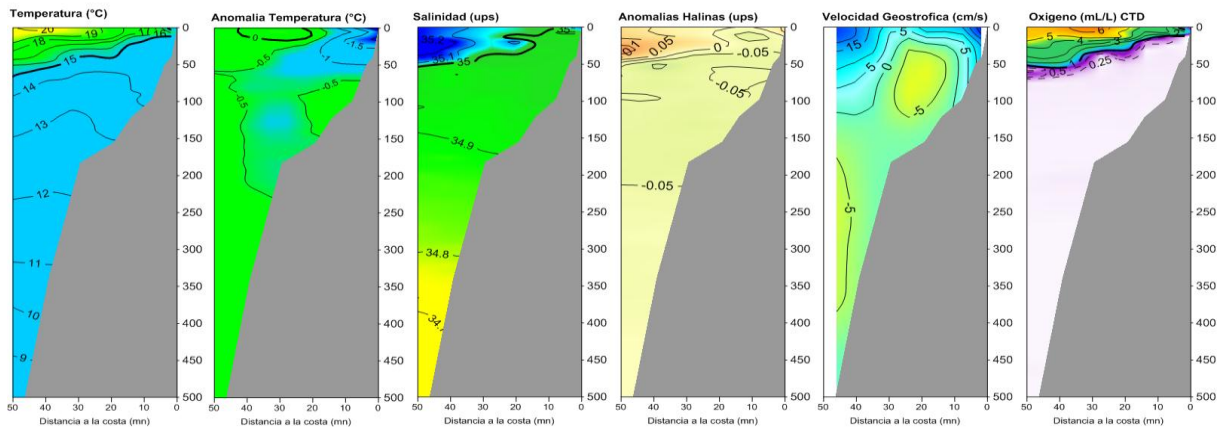


Figura 3.2.5.3. Distribución vertical de: a) temperatura ($^{\circ}\text{C}$), b) anomalía de temperatura ($^{\circ}\text{C}$), c) salinidad (ups), d) anomalía de salinidad (ups), velocidad geostrofica (cm/s) y concentración de oxígeno disuelto frente a Callao, realizada durante el 06 y 07 de diciembre de 2016. Fuente: IMARPE.

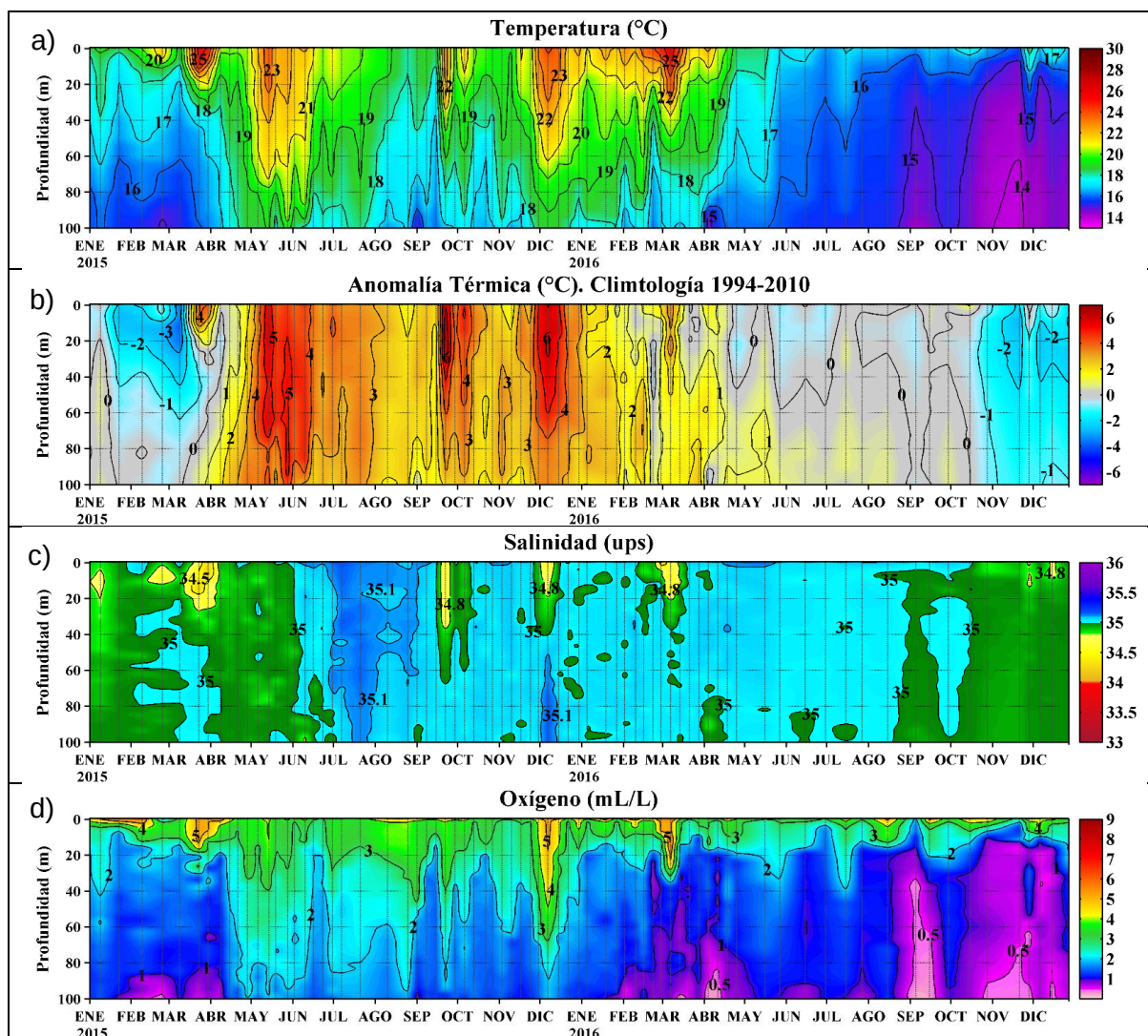


Figura 3.2.5.4. Series de tiempo para la estación oceanográfica fija frente a Paíta (punto fijo Paíta) de: a) temperatura (°C), b) anomalía de la temperatura (°C), c) Salinidad (ups) y d) oxígeno (mL/L) para el periodo del 01 de enero de 2015 al 27 de diciembre de 2016. Climatología: 1994-2010. Fuente: IMARPE.

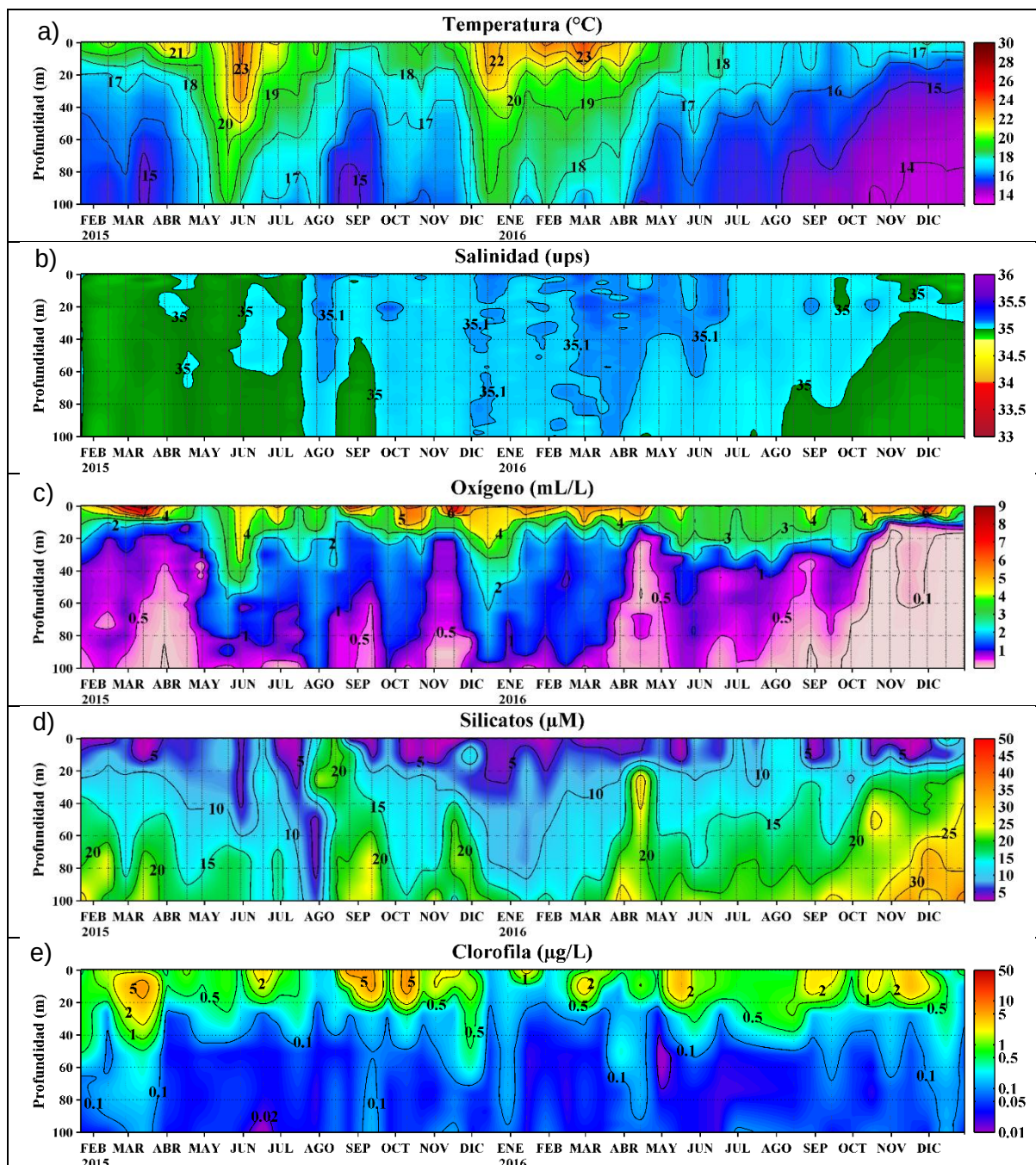


Figura 3.2.5.5. Series de tiempo para la estación oceanográfica fija frente a Chicama (punto fijo Chicama) de: a) Temperatura (°C), b) Salinidad (ups), c) Oxígeno (mL/L), d) Silicatos (µM) y e) Clorofila (µg/L), para el periodo del 22 de enero de 2015 al 29 de diciembre de 2016. Fuente: IMARPE.

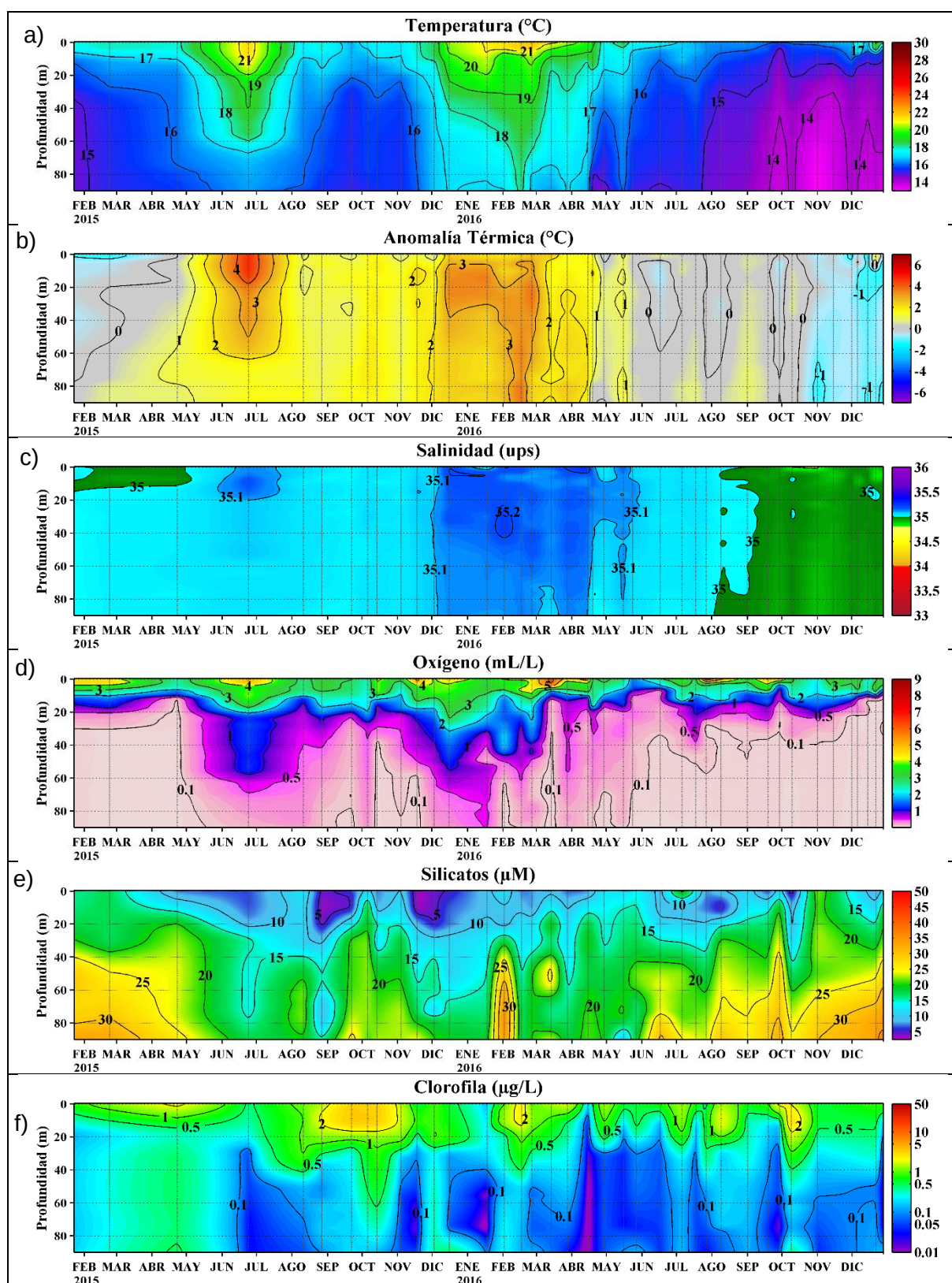


Figura 3.2.5.6. Series de tiempo para la estación oceanográfica fija frente a Callao (punto fijo Callao) de: a) temperatura ($^{\circ}\text{C}$), b) anomalía de la temperatura ($^{\circ}\text{C}$), c) Salinidad (ups), d) oxígeno (mL/L), e) Silicatos (μM) y f) Clorofila ($\mu\text{g/L}$), para el periodo del 01 de enero de 2015 al 28 de diciembre de 2016. Climatología: 1994-2010. Fuente: IMARPE.

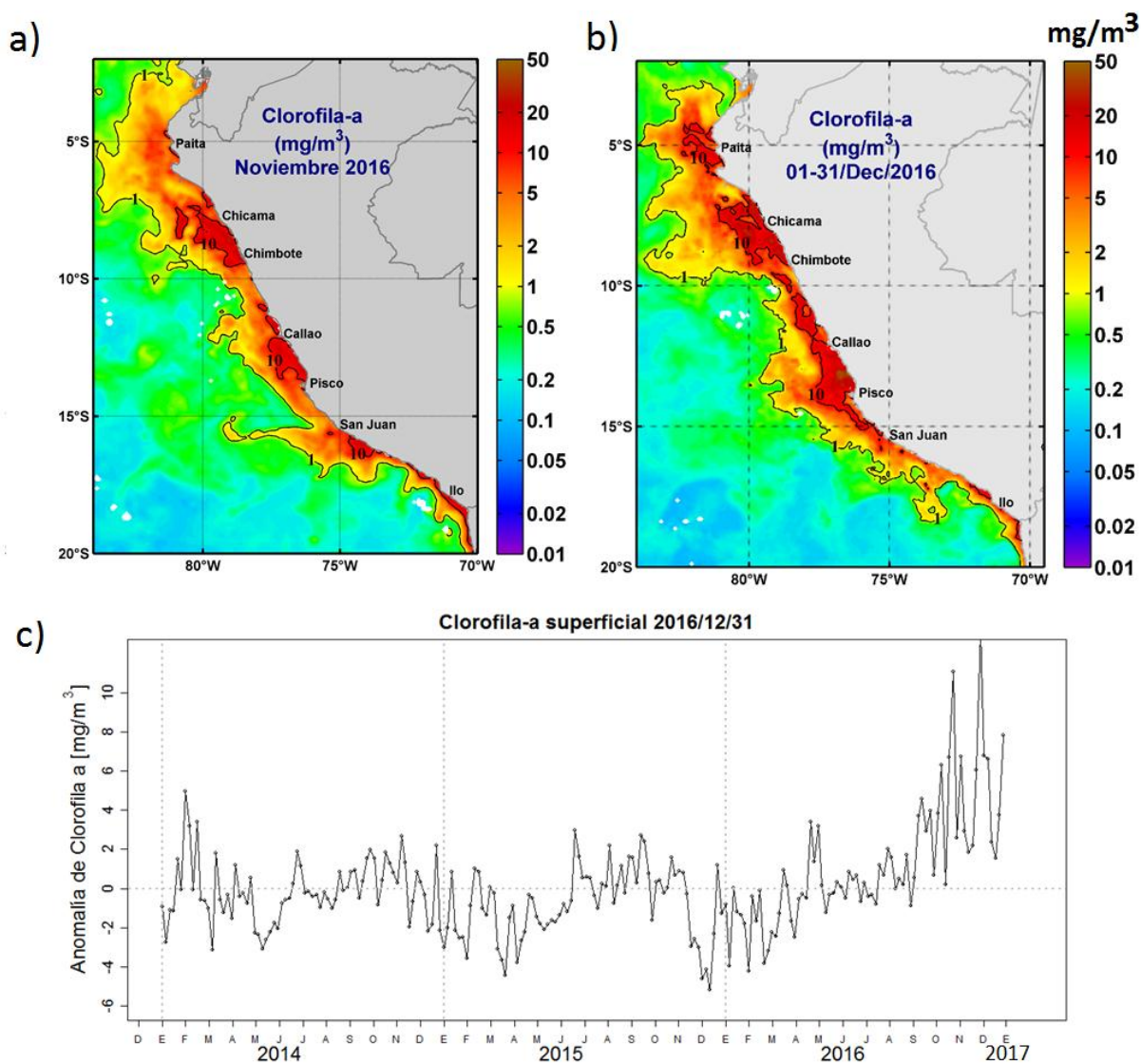


Figura 3.2.6.1. Clorofila satelital promedio para el mes de octubre (a) y noviembre (b) del satélite MODIS frente a Perú y la serie de tiempo de anomalías de clorofila superficial satelital promedio (entre los 4°S-16°S y de 0 a 100km de la costa) provenientes del satélite MODIS entre enero del 2014 a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

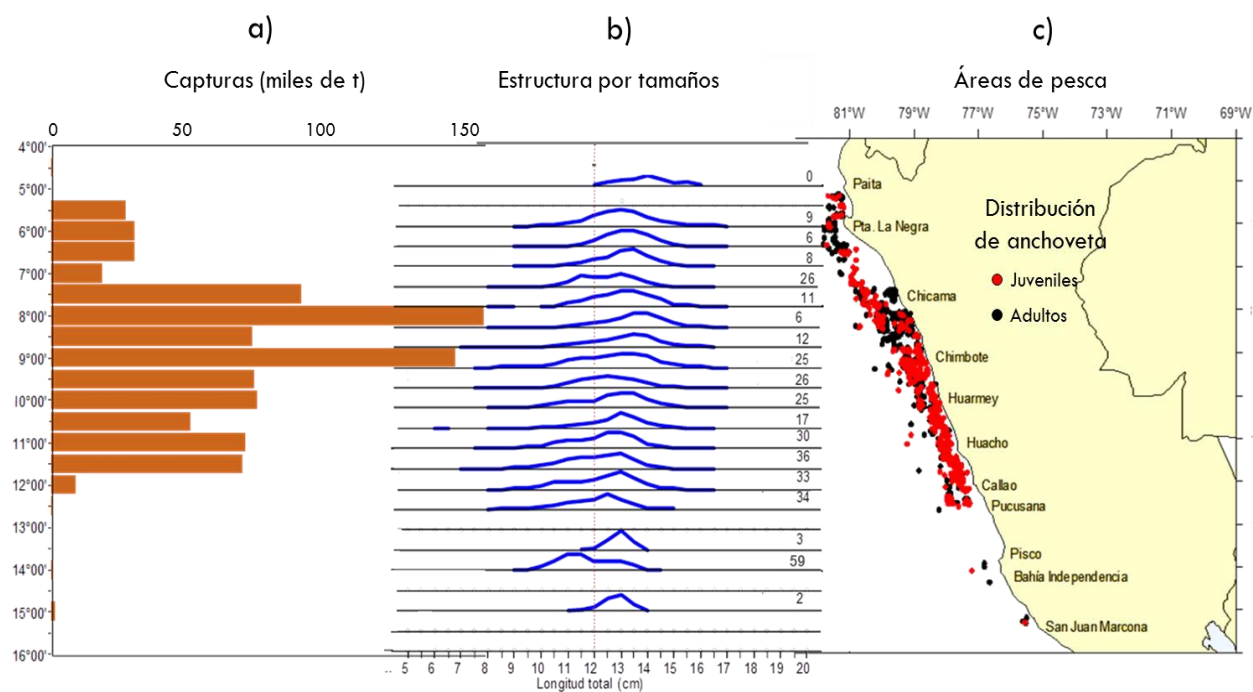


Figura 3.2.7.1. Distribución de los desembarques por latitud (a), estructura de tallas (b) y distribución espacial de las capturas de anchoveta durante diciembre 2016. **Fuente:** LBR/IMARPE

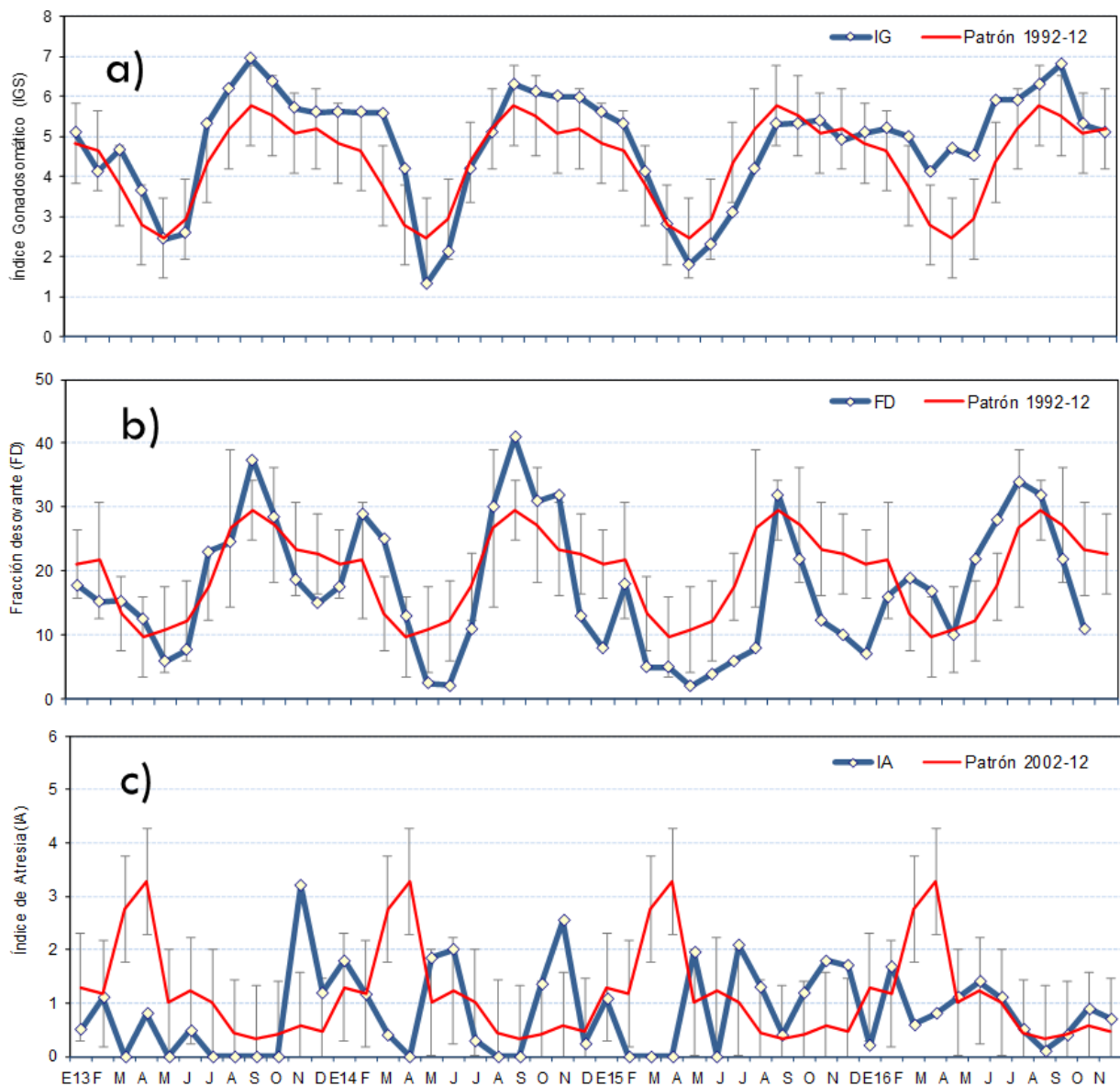


Figura 3.2.7.2. Indicadores reproductivos, a) Índice Gonadosomático (IGS), b) Fracción Desovante (FD), y c) Índice de atresia del stock norte – centro de anchoveta. Serie mensual: enero 2013 – diciembre 2016. **Fuente:** LBR/IMARPE

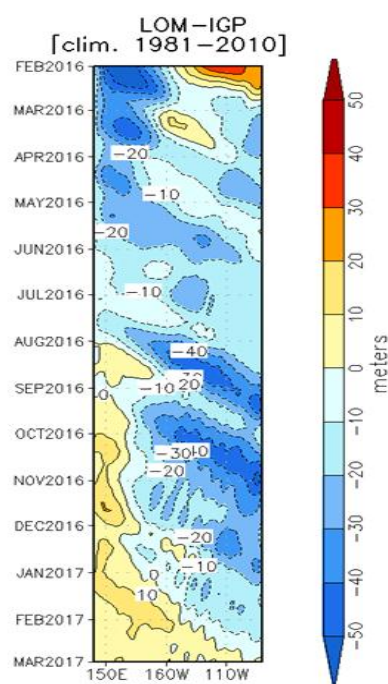


Figura 4.1.1. Diagrama Hovmöller longitud-tiempo mostrando las simulaciones de las ondas Kelvin en el Océano Pacífico ecuatorial. Modelo oceánico lineal (LOM-IGP, suma de componentes Kelvin y Rossby).

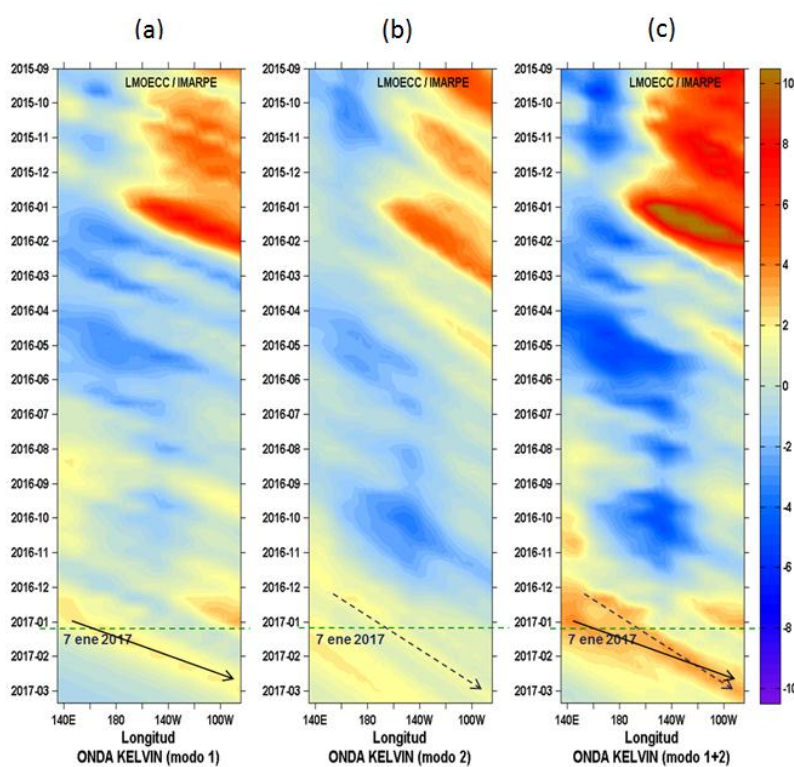


Figura 4.1.2. Diagramas Hovmöller longitud-tiempo mostrando las simulaciones de las ondas Kelvin en el Océano Pacífico ecuatorial. Modelo oceánico de complejidad intermedia: Modo 1 (a), Modo 2 (b), Modos 1+2 (c) de la isoterma de 20°C, en metros. La línea discontinua horizontal indica el inicio del pronóstico.

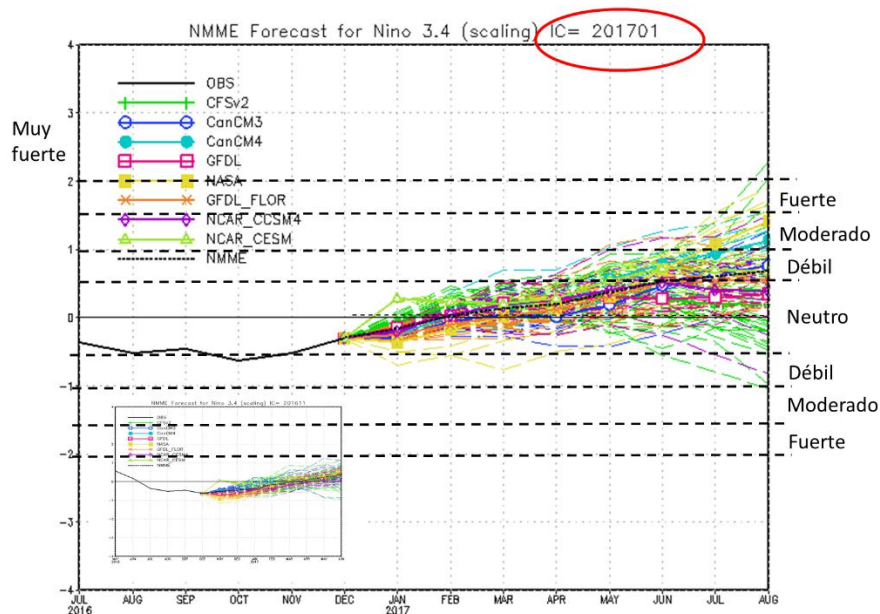


Figura 4.2.1. Índice Niño 3.4 mensual observado y pronosticado por los modelos de NMME. Fuente: CPC/NCEP/NOAA.

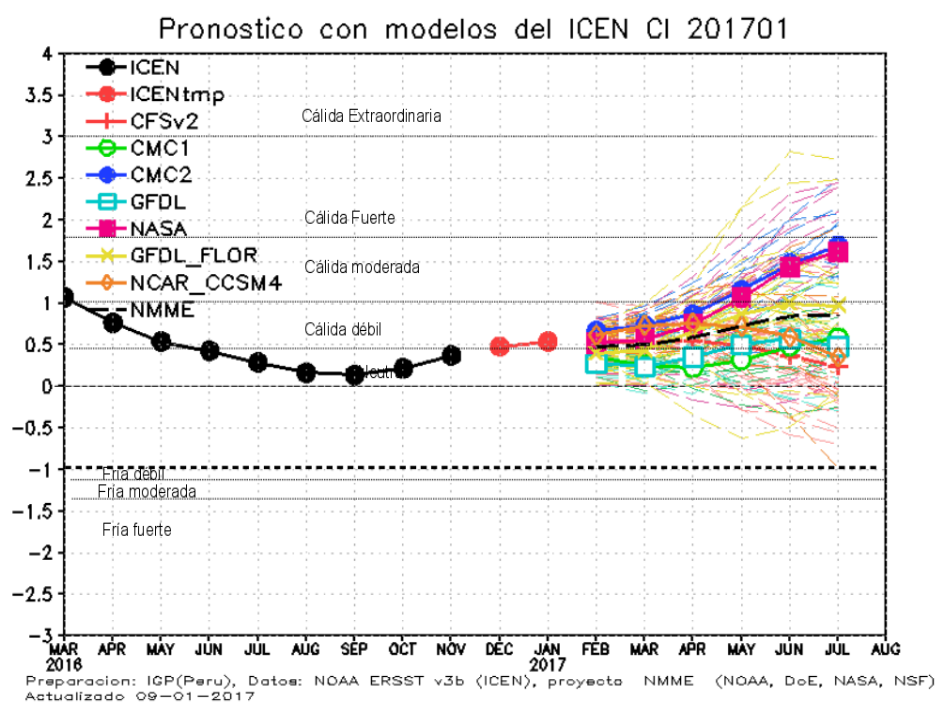


Figura 4.2.2. Índice Costero El Niño (ICEN, círculos llenos en color negro) y sus valor temporal (ICENtmp, círculo lleno en color rojo). Además, pronósticos numéricos del ICEN (media móvil de 3 meses de las anomalías pronosticadas de TSM en la región Niño1+2) por diferentes modelos climáticos. Las líneas 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 enero de 2016. Fuente: IGP, NOAA, proyecto NMME, ECMW.

7. TABLAS

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

Zona	Reservorio	Fecha Reporte	Departamento de Influencia	Capacidad Hidráulica (hm ³)		Capacidad Hidráulica Almacenada (%)
				Útil	Almacenada	
Costa - Norte	Poechos	09-ene	Piura	396.1	97.6	25
	San Lorenzo	09-ene	Piura	193.0	33.1	17
	Tinajones	09-ene	Lambayeque	319.0	73.4	23
	Gallito Ciego	09-ene	La Libertad	366.0	121.3	33
Costa - Centro	Viconga	08-ene	Lima	30.0	4.1	14
Costa - Sur	Choclococha	02-ene	Ica	131.1	46.7	36
	Condoroma	09-ene	Arequipa	259.0	44.9	17
	El Pañe	09-ene	Arequipa	99.6	8.2	8
	Los Españoles	09-ene	Arequipa	9.1	1.0	11
	Pillones	09-ene	Arequipa	78.5	30.7	39
	El Frayle	09-ene	Arequipa	127.2	70.8	56
	Aguada Blanca	09-ene	Arequipa	30.4	9.1	30
	Chalhuanca	09-ene	Arequipa	25.0	3.4	14
	Bamputañe	09-ene	Arequipa	40.0	5.3	13
	Pasto Grande	09-ene	Moquegua	175.0	45.4	26
	Paucarani	09-ene	Tacna	10.5	2.5	24
	Aricota	09-ene	Tacna	260.0	172.3	66
	Jarumas	09-ene	Tacna	12.5	7.8	62
Sierra - Centro	Cuchoquesera	01-ene	Ayacucho	60.0	0.7	1
Sierra - Sur	Lagunillas	09-ene	Puno	500.0	368.0	74
	Sibinacocha	09-ene	Cusco	110.0	58.6	53

Tabla 3.1.2.1 Valores del Oceanic Niño Index (ONI) de enero a octubre del 2016. Además el ONItmp para noviembre y diciembre del 2016 Fuente IGP.

Valores del Oceanic Niño Index (ONI)

Mes	ONI	Categoría
03/2016	1.58	Cálida Fuerte
04/2016	1.09	Cálida Moderada
05/2016	0.60	Cálida Débil
06/2016	0.10	Neutra
07/2016	-0.32	Neutra
08/2016	-0.58	Fría Débil
09/2016	-0.75	Fría Débil
10/2016	-0.84	Fría Débil
11/2016	-0.84	Fría Débil

Mes	ONItmp	Categoría
12/2016	-0.65*	Fría Débil
01/2017	-0.35**	Neutra

* Se usaron los datos de (Nov. Y Dic 2016) ERSST4, (Ene. 2017).

** Se usaron los datos de (Dic. 2016) ERSST4, (Ene. Y Feb. 2017) NMME (CI 2017 01)

Tabla 3.2.4.1 Valores del Índice Costero El Niño (ICEN) de marzo de 2016 a noviembre de 2016. Fuente IGP.

Mes	ICEN	Categoría
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
09/2016	0.14	Neutra
10/2016	0.22	Neutra
11/2016	0.37	Neutra

Mes	ICENtmp	Categoría
12/2016	0.48*	Cálida Débil
01/2017	0.54**	Cálida Débil

* Se usaron los datos de (Nov. Y Dic. 2016) ERSST3v, (Ene. 2017) NMME.

** Se usaron los datos de (Dic. 2016) ERSST3v, (Ene. Y Feb. 2017) NMME NMME CI 2017 01

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

Estación	Anomalías de la TSM (°C)						Anomalías del NMM (cm)					
	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
Talara	-1.4	-0.9	-0.7	-1.7	-2.3	-1.3	2	4	2	3	-1	0
Paíta	0.0	0.3	0.6	-0.2	-0.1	-0.1	4	6	4	3	1	1
Isla Lobos de Afuera	0.6	0.8	0.3	0.4	-0.5	-1	1	2	0	0	-4	-3
Chimbote	0.4	0.8	0.9	1.1	0.6	-0.2	2	3	1	1	-2	-2
Callao	0.3	0.3	0.5	1.0	0.6	0.4	-1	0	-4	-1	-4	-4
San Juan	0.4	0.4	0.1	0.4	0.4	0	4	4	2	5	-5	3
Mollendo	0.9	0.9	0.5	0.4	0.4	-0.2	-	-	-	-	-	-
Matarani	-	-	-	-	-	-	5	5	2	1	-1	-1
Ilo	0.6	1.1	1.0	1.0	0.5	-0.1	-	-	-	-	-	-

Tabla 4.2.1 Pronósticos de ONI por modelos de NMME (promedios trimestrales de los pronósticos de las anomalías en Niño 3.4). Para los trimestres NDE y DEF los meses de noviembre y diciembre son datos observados.

Modelo	NDE	DEF	EFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA
CFS2		-0.26	0.25	0.29	0.34	0.36	0.33	0.28
CMC1		-0.37	-0.12	-0.02	0.05	0.18	0.43	0.70
CMC2		-0.34	0.00	0.28	0.57	0.87	1.22	1.53
GFDL		-0.29	0.05	0.25	0.41	0.47	0.52	0.54
NASA		-0.48	-0.23	0.01	0.25	0.50	0.82	1.20
GFDL_FLOR		-0.38	-0.14	0.00	0.15	0.35	0.57	0.76
NCAR_CCSM4		-0.30	-0.01	0.14	0.25	0.37	0.45	0.50
NMME		-0.35	-0.03	0.14	0.29	0.44	0.62	0.79
ONItmp	-0.65							

Tabla 4.2.2 Pronósticos de ICEN por modelos de NMME (promedios trimestrales de los pronósticos de las anomalías en Niño 1+2). Para los trimestres NDE y DEF los meses de noviembre y diciembre son datos observados.

Modelo	NDE	DEF	EFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA
CFS2		0.62	0.55	0.54	0.55	0.49	0.37	0.24
CMC1		0.50	0.35	0.26	0.23	0.32	0.49	0.59
CMC2		0.65	0.67	0.73	0.87	1.16	1.47	1.69
GFDL		0.42	0.28	0.24	0.35	0.50	0.55	0.48
NASA		0.55	0.52	0.57	0.74	1.07	1.44	1.62
GFDL_FLOR		0.51	0.40	0.44	0.66	0.86	1.00	0.97
NCAR_CCSM4		0.59	0.61	0.73	0.76	0.72	0.60	0.35
NMME		0.55	0.48	0.50	0.59	0.73	0.85	0.85
ICENtmp	0.48							

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
La Niña moderado-fuerte	1%
La Niña débil	2%
Neutro	66%
El Niño débil	30%
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
La Niña moderado-fuerte	1%
La Niña débil	13%
Neutro	80%
El Niño débil	5%
El Niño moderado-fuerte-extraordinario	1%