

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



INFORME TÉCNICO ENFEN

Año 1 N°8

Noviembre de 2015

Programa Presupuestal por Resultados N° 068:

“Reducción de vulnerabilidad y atención de emergencias por desastres”

Producto: Entidades informadas en forma permanente y con pronósticos frente al Fenómeno El Niño

Autor: Comité Multisectorial encargado del Estudio Nacional del Fenómeno El Niño (Enfen)

Comité Multisectorial Enfen

Presidente:

Calm. (r) Germán A. Vásquez Solís Talavera
Presidente del Consejo Directivo, Instituto del Mar del Perú (Imarpe)

Vice-Presidente:

Dr. Ronald Woodman Pollitt
Presidente Ejecutivo, Instituto Geofísico del Perú (IGP)
Ing. Amelia Díaz Pabló
Presidente Ejecutiva, Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI)
Calm. Rodolfo Sablich Luna-Victoria
Director de Hidrografía y Navegación de la Marina de Guerra del Perú (DHN)
Ing. Juan Carlos Sevilla Gildemeister
Jefe, Autoridad Nacional del Agua (ANA)
Gral. de Div (R) Alfredo Murgueytio Espinoza
Jefe, Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI)

Comité Técnico Enfen

Coordinador: Ken Takahashi (IGP)

IMARPE: Marilú Bouchón, Luis Vásquez, Carlos Quispe, Cecilia Peña, Octavio Morón,
David Correa, Dante Espinoza, Ing. José Salcedo.

DHN: Gustavo Laos, Rina Gabriel, Roberto Chauca.

SENAMHI: Grinia Avalos, Christian Barreto, Nelson Quispe.

IGP: Ken Takahashi, Kobi Mosquera, Jorge Reupo Vélez.

ANA: Gustavo Galindo, Carlos Verano

INDECI: Marcial García Blásquez, Sheila Yauri

Año: 1

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). 2015.
Informe Técnico Enfen. Año 1, N° 8, noviembre de 2015, **61 p.**

El Informe Técnico Enfen de noviembre 2015 y los informes previos están disponibles en la World Wide Web en las páginas electrónicas de las instituciones que conforman el Comité. De tener inconvenientes para acceder al informe, contacte a la Secretaría Técnica Enfen a la dirección electrónica st_enfen@imarpe.gob.pe.

MONITOREO Y PRONÓSTICO DE EL NIÑO Y LA NIÑA

Análisis mensual de los impactos de El Niño-Oscilación del Sur en las condiciones meteorológicas, oceanográficas, biológico-pesqueras e hidrológicas del mes de **noviembre de 2015** en el Perú y las perspectivas de variabilidad.



PRESENTACIÓN



Calm (r) Germán Vásquez Solís
Talavera

Presidente del Comité Multisectorial Enfen
Presidente del Consejo Directivo del Imarpe

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

Han transcurrido casi cuatro décadas desde que el Estado Peruano estableciera el Comité Multisectorial encargado del Estudio Nacional del Fenómeno El Niño (Enfen). Durante este tiempo, el Comité ha monitoreado, vigilado, analizado y alertado sobre las anomalías del océano y la atmósfera con el fin de prevenir y mitigar los impactos de El Niño en el Perú. Estas acciones se realizan de forma sinérgica, coordinada, con el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI), la Dirección de Hidrografía y Navegación (DHN), el Instituto Geofísico del Perú (IGP), la Autoridad Nacional del Agua (ANA), el Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI) y el Instituto del Mar del Perú (Imarpe), institución que preside el Comité.

Las capacidades observacionales (meteorológica, oceanográfica, biológico-pesquera e hidrológica), de infraestructura, analíticas y de gestión se vienen fortaleciendo ahora con la participación de algunas instituciones del Comité Enfen en el Programa Presupuestal por Resultados N°068 “Reducción de vulnerabilidad y atención de emergencias por desastres”. Su producto denominado “Entidades informadas en forma permanente y con pronósticos frente al Fenómeno El Niño” comprende una versión resumida “Comunicado Oficial” que se publica actualmente en la primera y tercera semana de cada mes en períodos de contingencia como el actual, así como una versión extendida “Informe Técnico”. Este último documento incorpora ahora nuevos elementos de información que tengo el honor de presentar, esperando que contribuya a mejorar el conocimiento y a adoptar decisiones y acciones oportunas hacia una eficiente y eficaz gestión del riesgo asociado a El Niño-Oscilación del Sur en nuestro país.

Cordialmente,

A handwritten signature in black ink, consisting of stylized, overlapping loops and strokes.

Calm (r) Germán Vásquez Solís Talavera

TABLA DE CONTENIDOS

1. RESUMEN	9
2. CONDICIONES OBSERVADAS EN NOVIEMBRE DE 2015	11
2.1 Temperatura superficial del aire y del mar en la costa peruana	11
2.2 Precipitaciones e hidrología en la vertiente del Pacífico.....	12
2.3 Nivel medio del mar y temperaturas subsuperficiales en el litoral peruano	12
2.4 Circulación Atmosférica en el Pacífico Sudoriental	14
2.5 Circulación atmosférica y temperatura superficial en el Pacífico ecuatorial.....	15
2.6 Dinámica oceánica en el Pacífico ecuatorial	16
2.7 Recursos pesqueros e indicadores biológicos	17
3. PERSPECTIVAS	18
3.1 A corto plazo(semanas)	18
3.2 A mediano plazo (hasta 3 meses).....	18
3.3 A largo plazo (más de 3 meses)	19
4. CONCLUSIONES	21
5. REFERENCIAS	22
6. FIGURAS	24
7. TABLAS	54

Figuras:

2.1.1.	Anomalías de las temperaturas extremas del aire (°C) en la costa peruana de enero 2014 a noviembre de 2015. a) Temperatura máxima y b) Temperatura mínima. Fuente: SENAMHI.	24
2.1.2.	Serie de tiempo diaria de: a) Temperatura superficial del mar (°C) y b) Nivel medio del mar (m) en el litoral peruano durante el mes de noviembre de 2015. Procesamiento: DHN.	25
2.1.3.	Serie diarias de Anomalías de TSM registradas en estaciones costeras del IMARPE. Procesamiento: Laboratorio de Hidro-Física Marina, IMARPE.	26
2.1.4.	Anomalías de la temperatura superficial del mar (°C) en el océano Pacífico oriental para los días a) 5 de noviembre, b) 10 de noviembre, c) 20 de noviembre de 2015. La línea sólida en color azul indica el límite externo de la región Niño 1+2. Datos: NCEP/NOAA. Procesamiento: DHN	27
2.1.5.	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	28
2.1.6.	a) Temperatura superficial del mar (°C), climatología (línea punteada) en la región Niño 1+2 según los datos de infrarrojo (negro; NOAA Daily OI SST v2 AVHRR) y de microondas (gris; RSS Microwave OI SST v4.0). b) Anomalía de TSM en la región 1+2, según los datos infrarrojo (negro) y microondas (gris) y el ICEN (rojo). Procesamiento: IGP	29
2.1.7.	Índice Costero El Niño para los años 1972-73 (verde), 1982-1983 (rojo), 1997-1998 (azul) y 2015 (negro).	30
2.2.1.	Serie de tiempo de los caudales (m³/s) de los ríos a) Tumbes, b) Chira y c) Chancay-Lambayeque, en la zona norte de Perú. Fuente: ANA.	31
2.2.2.	Serie de tiempo de la precipitación (mm) y temperatura máxima y mínima (°C) durante noviembre en la estación: a) Ayabaca y b) Huambos, en la zona norte de Perú. Fuente: SENAMHI.	32
2.2.3.	(a) Precipitación acumulada (mm/mes) de noviembre y (b) Climatología de la precipitación acumulada (mm/mes) de noviembre. Datos: TRMM NCEP/NOAA. Procesamiento: SENAMHI.	33
2.3.1.	Anomalías de la altura del nivel del mar (cm) de altimetría satelital para la franja de 0 a 100 km. a) Serie temporal en pentadas durante el periodo 2012-2015. Datos: AVISO. Procesamiento: IMARPE.	33
2.3.2.	Serie 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 30 de marzo de 2014 al 30 de noviembre de 2015. Climatología: 1994- 2010. Fuente: IMARPE.	34
2.3.3.	Serie de tiempo para la estación oceanográfica fija frente a Chicama (punto fijo Chicama) de: a) Temperatura (°C), b) Salinidad (ups) y c) Oxígeno (mL/L) para el periodo del 22 de enero de 2014 al 30 de noviembre de 2015. Fuente: IMARPE.	35
2.3.4.	Distribución vertical de: a) temperatura y b) anomalía de temperatura (°C), c) salinidad y d) anomalía de salinidad (ups) frente a Paíta. Operación BIC Flores, realizada durante el 25 y 26 de noviembre de 2015. Fuente: IMARPE.	36
2.3.5.	Distribución vertical de: a) temperatura y b) anomalía de temperatura (°C), c) salinidad y d) anomalía de salinidad (ups) frente a Chicama. Operación BIC Flores realizada durante el 23 y 24 de noviembre de 2015. Fuente: IMARPE.	36
2.4.1.	a) Velocidad del viento (m/s) y b) Anomalía del viento (m/s), desde los 0° hasta 20°S en el periodo de mayo a noviembre de 2015. Datos: ASCAT. Procesamiento: IMARPE	37
2.4.2.	Anomalía del Esfuerzo del Viento del sureste (10^{-2}N/m^2) en el Pacífico suroriental (90°W-80°W, 25°S-15°S) desde el mes de enero hasta el mes de julio del año siguiente. Datos: NCEP, NCAR, procesamiento IGP.	37
2.4.3.	Presión atmosférica (hPa) a nivel medio del mar para noviembre del 2015. 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.	38
2.4.4.	Análisis de la Presión atmosférica (hPa) a nivel medio del mar para noviembre del 2015. Datos: NCEP/NCAR Reanalysis. Procesamiento: SENAMHI.	39

2.5.1.	a) Anomalías de la temperatura superficial del mar (°C) en el océano Pacífico ecuatorial (5°N-5°S), b) Anomalías de la temperatura superficial del mar (°C) en las regiones Niño de noviembre de 2014 a noviembre de 2015. Fuente: NCEP/NOAA.	40
2.5.2.	Evolución del Índice de Oscilación Sur (IOS), considerando la media móvil de 30 días. Fuente: Bureau of Meteorology, Australia	41
2.5.3.	Análisis de anomalías del viento (m/s) en a) 850 hPa y b) 200hpa para el mes de noviembre del 2015. Datos: NCEP/NOAA. Procesamiento: SENAMHI-DCL	42
2.5.4.	Hovmoller de anomalías de a) Radiación de onda larga - OLR (W/m2) desde el mes de diciembre de 2014 hasta noviembre de 2015. Datos: NCEP b) Viento zonal 850 hPa., desde junio de 2015 hasta noviembre de 2015. Datos: CDAS, Procesamiento: SENAMHI-DCL	43
2.5.5.	Radiación de onda larga - OLR (W/m2) en el Pacífico central-oriental (170°W-100°W, 5°S-5°N) desde el mes de enero hasta el mes de julio del año siguiente. Datos: ESRL/NOAA, Procesamiento: IGP.	44
2.5.6.	Anomalía del esfuerzo del viento zonal (10^{-2} Nm^{-2}) en el Pacífico central-oriental (160°E-160°W, 5°S-5°N) desde el mes de enero hasta el mes de julio del año siguiente. Datos: NCEP-NCAR, Procesamiento: IGP.	44
2.5.7.	Anomalía del esfuerzo del viento zonal (10^{-2} Nm^{-2}) en el Pacífico oriental (160°E-160°W, 5°S-5°N) desde el mes de enero hasta el mes de julio del año siguiente. Datos: ICOADS, Procesamiento: IGP.	45
2.5.8.	a. Índice de la Oscilación Decadal del Pacífico (PDO) y b. Anomalía de esfuerzo de viento zonal en el Pacífico ecuatorial central. Datos: JISAO/UW y NCEP/NCA, Procesamiento: IGP.	45
2.6.1.	Diagrama longitud-tiempo de las anomalías de esfuerzo de viento zonal ecuatorial basado en datos del escaterómetro ASCAT (a), anomalía de la profundidad de la isoterma de 20°C con datos de TAO (b) y los derivadores de Argo (c), datos del nivel del mar de JASON-2 (d). Finalmente en (e) se muestra la anomalía de la profundidad de la termoclina calculada con el modelo LOM-IGP (forzado por ASCAT, y $\text{taux}=0$ para el pronóstico). Las líneas diagonales plomas representan una propagación hacia el este con velocidad de 2.7 m/s para la onda de nivel del mar. Datos: ASCAT, TAO/TRITON, Argo, JASON-2. Procesamiento: IGP.	46
2.6.2.	Anomalías de la temperatura sub-superficial del mar (°C) en el océano Pacífico ecuatorial entre los 2°N y 2°S promediadas cada cinco días finalizando los días a) 1 de noviembre, b) 14 de noviembre, c) 29 de noviembre, d) 22 Promedio mensual de noviembre de 2015. Fuente: TAO/TRITON, PMEL/NOAA.	47
2.6.3.	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). Data: TAO/TRITON. Procesamiento: IGP	48
2.7.1.	Desembarque diario de anchoveta en la Región Sur. Periodo 01 de enero al 30 de noviembre 2015. Fuente: IMARPE.	48
2.7.2.	a) Desembarque mensual de anchoveta según puerto, b) Distribución de la anchoveta proveniente de la flota industrial y c) Estructura mensual de tallas anchoveta en la Región Norte-centro. Periodo: noviembre 2015. Fuente: IMARPE.	49
2.7.3.	Profundidad de los cardúmenes de anchoveta en la Región Norte-Centro según grado latitudinal. Periodo: noviembre 2015. Fuente: IMARPE	49
2.7.4.	Indicadores reproductivos a) Índice gonadosomático (IGS), b) Fracción Desovante (FD) y c) Contenido Graso (CG) del stock norte-centro de anchoveta. Serie mensual: Enero 2013 – noviembre 2015. Fuente: IMARPE.	50
3.1.1.	Diagrama Hovmöller longitud-tiempo de las ondas Kelvin en el océano Pacífico ecuatorial (0°N): (a) Modo 1, (b) Modo 2, (c) Modos 1+2 de la isoterma de 20 C (m) en la Pacífico Ecuatorial (2°S y 2°N). La línea discontinua horizontal, en verde, indica el inicio del pronóstico sin el forzante de vientos. Fuente: IMARPE, forzado con vientos de NCEP (Figuras a-c).	51
3.2.1.	Índice Niño 3.4 mensual observado y pronosticado por los modelos de NMME. Fuente: CPC/NCEP/NOAA.	52

3.2.2.	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 y NCAR tienen como condición inicial el mes de noviembre de 2015. El modelo ECMWF tiene como condición inicial el mes de noviembre de 2015. Fuente: IGP, NOAA, proyecto NMME, ECMWF.	53
--------	---	----

Tablas

Tabla 2.1.1.	Anomalías mensuales de la temperatura superficial del mar (°C) y nivel medio del mar (cm) de julio de 2015 a noviembre de 2015. Fuente: Estaciones costeras – DHN.	54
Tabla 2.1.2.	Valores del Índice Costero El Niño (ICEN) de enero de 2015 a octubre de 2015. Fuente: IGP	54
Tabla 2.2.1.	Volumen de agua almacenado (hm3) en los principales reservorios. Fuente: ANA	55
Tabla 2.5.1.	Anomalías semanales (centradas en los días 04, 11, 18 y 25 de noviembre 2015 y mensuales (de julio de 2014 hasta noviembre de 2015) de la temperatura superficial del mar (°C) en las regiones Niño. Fuente: NCEP/NOAA.	56
Tabla 2.7.1.	Desembarque (t) acumulado de recursos pelágicos proveniente de la flota industrial (01 enero - 30 noviembre 2015). Fuente: AFIRNP/IMARPE.	57
Tabla 2.8.1.	Probabilidades acumuladas de las magnitudes de El Niño costero en el verano 2015-2016 (Diciembre 2015-marzo 2016)	58
Tabla 2.8.2.	Probabilidades de las magnitudes de El Niño costero en el verano 2015-2016 (Diciembre 2015-marzo 2016)	58
Tabla 2.8.3.	Probabilidades de las magnitudes de El Niño en el Pacífico central en el verano 2015-2016 (Diciembre 2015-marzo 2016)	58

1. RESUMEN

Las anomalías de la temperatura superficial del mar (TSM), a lo largo del Pacífico ecuatorial y litoral peruano, continuaron con temperaturas por encima de lo normal (cálidas) durante todo el mes de noviembre. Los promedios mensuales de los índices El Niño, los cuales están basados en la TSM en la región ecuatorial, presentaron valores positivos mensuales de: $+1.78^{\circ}\text{C}$ (Niño 4); $+2.98^{\circ}\text{C}$ (Niño 3.4); $+2.95^{\circ}\text{C}$ (Niño 3) y $+2.15^{\circ}\text{C}$ (Niño 1+2). Cabe resaltar que la anomalía de la TSM para la región Niño 1+2 disminuyó con respecto al mes anterior. Asimismo, las estaciones costeras registraron anomalías cálidas de la TSM desde $+1.0^{\circ}\text{C}$ (Ilo) hasta $+2.9^{\circ}\text{C}$ (Talara). Similarmente, las anomalías de la temperatura del aire continuaron positivas, con la máxima del aire de hasta $+3.0^{\circ}\text{C}$ en la estación de Trujillo (La Libertad), y $+2.2^{\circ}\text{C}$ en la estación de Chusis (Piura). Con respecto a la temperatura mínima del aire, se han registrado anomalías de hasta $+3.1^{\circ}\text{C}$ en la estación de Trujillo, y $+2.3^{\circ}\text{C}$ en la estación de Lambayeque.

Las anomalías del Nivel Medio del Mar (NMM), que se registraron en las estaciones mareográficas, continuaron mostrando valores sobre lo normal para el mes de noviembre. En promedio, el NMM en el litoral norte fue de $+17\text{ cm}$, mientras que en el litoral centro y sur, las anomalías fueron $+11\text{ cm}$. Asimismo, también se registraron anomalías positivas de temperatura sub-superficial frente a Paíta. Los valores máximos de las anomalías se produjeron durante la última semana, con un incremento del NMM de al menos $+30\text{ cm}$ y en lo que respecta a la temperatura se alcanzó los $+5^{\circ}\text{C}$ sobre los 60 m .

En promedio, los vientos a lo largo de la costa peruana presentaron anomalías positivas con valores máximos durante la primera quincena, mientras que las anomalías negativas de presión atmosférica abarcaron desde el litoral peruano hasta los 20°N , con máximos valores negativos al norte del Ecuador.

Las lluvias y los caudales en la costa norte y sierra sur del Perú se mantuvieron alrededor de lo normal a excepción de fines de mes en las cuencas de los ríos Chira y Chancay-Lambayeque; sin embargo, sin riesgo de inundación. Los reservorios en la costa norte y sur cuentan, en promedio, con almacenamiento al 45% y 43% de su capacidad máxima, respectivamente. Asimismo, la cantidad de agua almacenada en los reservorios de la costa norte continuará disminuyendo debido a que ya se iniciaron las campañas agrícolas.

En relación al sector pesquero, se presentó el mayor desembarque de anchoveta proveniente de la flota industrial. El área de pesca se extendió hasta las 50 millas náuticas (mn), mostrando tres áreas focales; Chimbote (9°S), Callao (12°S) y Pisco (13°S). Asimismo, la Fracción Desovante (FD), indicador biológico, mostró la declinación del periodo principal de desove, mientras que el Contenido Graso (CG) mantuvo valores por debajo del patrón, lo que indicaría que la anchoveta viene utilizando sus reservas de grasa en migraciones latitudinales y longitudinales, el cual es una consecuencia del ingreso de la última onda Kelvin.

Las actuales condiciones atmosféricas/oceánicas del Pacífico ecuatorial central – oriental continúan mostrando un acoplamiento de gran escala entre la atmósfera y el océano. Sin embargo, las anomalías de vientos del oeste han disminuido respecto al mes anterior y no se observaron pulsos de vientos del oeste que puedan forzar ondas Kelvin cálidas. Asimismo, la temperatura del mar en el Pacífico central continúa alta, superando a las observadas en el año 1997 y 1982 para esta época.

El Índice Costero El Niño (ICEN, región Niño 1+2) correspondiente al mes de octubre fue de $+2,23^{\circ}\text{C}$, lo cual corresponde a una condición cálida fuerte. Igualmente, el valor estimado para el mes de noviembre corresponde a condiciones cálidas fuertes con un valor de ICEN_{tmp} de $+2,12^{\circ}\text{C}$. A pesar que El Niño costero muestra una aparente declinación, se estima un 95% de probabilidad de que el evento se extienda hasta el próximo verano, con 35% de que pueda alcanzar las magnitudes observadas en el verano de 1982-1983 y 5% similares al verano 1997-1998 (Tabla 2.8.2).

2. CONDICIONES OBSERVADAS EN NOVIEMBRE DE 2015

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

Durante el mes de noviembre, de acuerdo a las estaciones meteorológicas del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI), se han registrado anomalías positivas en la temperatura máxima del aire de hasta $+3.0^{\circ}\text{C}$ en la estación de Trujillo (La Libertad), y $+2.2^{\circ}\text{C}$ en la estación de Chusis (Piura). Con respecto a la temperatura mínima del aire, se han registrado anomalías positivas de hasta $+3.1^{\circ}\text{C}$ en la estación de Trujillo (La Libertad), y $+2.3^{\circ}\text{C}$ en la estación de Lambayeque (Figura 2.1.1).

Las estaciones costeras de la Dirección de Hidrografía y Navegación de la Marina de Guerra del Perú (DHN) registraron anomalías positivas de TSM (Figura 2.1.2), siendo de hasta 2.9°C en la estación de Talara, y 2.8°C en la estación de Paita. De norte a sur, las estaciones registraron anomalías promedio de $+2.9^{\circ}\text{C}$ en Talara, $+2.8^{\circ}\text{C}$ en Paita, $+1.7^{\circ}\text{C}$ en Isla Lobos de Afuera, $+1.3^{\circ}\text{C}$ en Chimbote, $+2.2^{\circ}\text{C}$ en Callao, $+1.7^{\circ}\text{C}$ en San Juan, $+1.0^{\circ}\text{C}$ en Mollendo, y $+1.1$ en Ilo (ver Tabla 2.1.1). Los datos de TSM registrados en las estaciones costeras de IMARPE son consistentes con la información anterior (Figura 2.1.3).

Con respecto a la distribución espacial de la anomalía de la TSM frente a la costa norte del Perú, de acuerdo al producto NOAA Daily OI SSTv2¹ (Reynolds et al., 2007) que combina mediciones satelitales infrarrojas (AVHRR) con mediciones *in situ*, se observó durante el mes anomalías de hasta $+3.5^{\circ}\text{C}$ entre la línea ecuatorial y 6°S . En promedio, los valores han oscilado en 2°C durante el mes (Figura 2.1.4).

La comparación de las series temporales de la TSM y su anomalía durante el año 2015 con respecto a los años 1972, 1982 y 1997, en la región Niño 1+2 (Figura 2.1.5), indica que las condiciones actuales lo ubican por debajo de lo que sucedió en los años 1982 y 1997. Asimismo, en la región Niño 3.4, las anomalías durante este mes han sido superiores a la de los años 1982 y 1997. Con respecto al Índice Costero El Niño (ICEN), basado en la anomalía observada de la TSM en la región Niño 1+2 (90°W - 80°W , 10°S - Ec), este presentó un valor de $+2.23^{\circ}\text{C}$ para octubre del año en curso, correspondiente a una condición Cálida Fuerte (ENFEN, 2012). Los valores temporales del ICEN (ICEN_{tmp}), basados parcialmente en los pronósticos de los modelos numéricos, para noviembre y diciembre, es de $+2.12^{\circ}\text{C}$ y $+1.96^{\circ}\text{C}$ respectivamente, correspondiente a condiciones Cálida Fuerte (Figura 2.1.6 y Tabla 2.1.2).

Discusión: Durante noviembre, en el litoral costero, los valores de las temperaturas oceánicas y atmosféricas (extremas) se encuentran por encima de lo normal como consecuencia del desarrollo de El Niño costero de magnitud fuerte (ICEN $+2.23^{\circ}\text{C}$) que se inició en abril de 2015. La anomalía de la TSM en la región Niño 1+2 ($+2.1^{\circ}\text{C}$) disminuyó 0.4°C comparado al mes anterior. Asimismo, estos valores están por debajo de lo que sucedió en los años 1982 y 1997.

¹Fuente: <ftp://eclipse.ncdc.noaa.gov/pub/OI-daily-v2/NetCDF/2015/AVHRR>
Diagnóstico Climático y Previsión de El Niño-Oscilación del Sur en el Perú, noviembre 2015

2.2 Precipitaciones e hidrología en la vertiente del Pacífico

Durante el mes de noviembre, las condiciones hidrológicas se mantuvieron próximas al promedio histórico acorde a la estacionalidad en el río Tumbes, a excepción de los ríos Chira y Chancay-Lambayeque (Figura 2.2.1). En la cuenca del río Chira, las condiciones hidrológicas se mantuvieron dentro de lo normal a lo largo del mes y en los últimos días se presentó un pico anómalo en el caudal (Figura 2.2.1-b). Respecto a la cuenca del río Chancay Lambayeque, se presentó un incremento del caudal a fines del mes (Figura 2.2.1-c).

A gran escala la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT) se posicionó, en promedio, en los 5°N (principalmente en el Pacífico ecuatorial central y oriental), manteniendo su aproximación al continente. Hubo cobertura nubosa y humedad sobre el norte-oeste de la Amazonía (Figura 2.2.3). Por otra parte, se produjeron lluvias en la sierra y selva central.

Por otro lado, la capacidad de almacenamiento de los principales embalses es de 45% en la costa norte y 43% en la costa sur del país (Tabla 2.2.1). A noviembre del año hidrológico 2015-2016, los ríos de la vertiente del Pacífico presentaron condiciones mayormente normales.

Discusión: Se sabe que las lluvias en la costa norte del Perú responden directamente a los valores absolutos de la TSM (Woodman, 1999; Takahashi, 2004). Sin embargo, a pesar de las actuales anomalías positivas frente a la costa peruana, la TSM absoluta en el mes de noviembre no alcanzó valores que puedan contribuir al desarrollo de precipitación intensa en esta región, ello como consecuencia de la época del año en la que nos encontramos, donde se requieren anomalías de TSM superiores a +4°C para tener lluvia intensa (Woodman y Takahashi, 2014). Por otra parte, las lluvias en la sierra y selva central se produjeron gracias a la alta advección de humedad en niveles medios y bajos en la atmósfera hacia esta región.

Las condiciones hidrológicas en la costa norte del país estuvieron acorde a la estacionalidad y periodo hidrológico: transición, por debajo del valor que pueda significar riesgo por inundaciones en puntos críticos. No obstante, se presentó un incremento de caudal en los ríos Chira y Chancay-Lambayeque a fines de mes debido a la precipitación ocurrida en las cuencas media-alta, según el registro de la estación Ayabaca (Figura 2.2.2-a) y la estación Huambos (Figura 2.2.2-b), respectivamente. El almacenamiento de los principales embalses en la costa norte y sur disminuyó respecto al mes anterior como reflejo del desarrollo de las campañas agrícolas, cuyo almacenamiento es similar a las condiciones de los años anteriores.

2.3 Nivel medio del mar y temperaturas sub-superficiales en el litoral peruano

Frente a la costa peruana los datos mareográficos diarios de la DHN mostraron que las anomalías del Nivel Medio del Mar (NMM) presentaron valores sobre lo normal, con máximos en la zona norte de hasta +30 cm durante la última semana de noviembre (Figura 2.1.2 b). Con respecto a los valores mensuales (Tabla 2.1.1), el litoral norte alcanzó, en promedio, anomalías de +17 cm, mientras que en el litoral centro y sur, las anomalías fueron +11 cm.

La anomalía del NMM para la franja de 100 Km desde la costa peruana, basada en altimetría satelital, se mantuvo sobre lo normal durante el presente mes, con tendencia ascendente, que superó los +20 cm, en el punto 90,125°W, 0,125°S (región de las islas Galápagos), mientras que en las regiones ubicadas entre los 5-14°S y 14-18°S los incrementos fueron pequeños en comparación a Galápagos, ya que las anomalías no superaron los +13 cm (Figura 2.3.1a).

La estructura térmica en el Punto Fijo de Paita, perteneciente al Instituto del Mar del Perú (IMARPE) y localizada a siete millas náuticas de la costa, mostró temperaturas en un rango aproximado entre 17° y 22°C durante el mes de noviembre y en los primeros 100 metros de profundidad (Figura 2.3.2 a). Estos valores estuvieron por encima de lo normal, en especial durante la última semana, en la cual las anomalías se incrementaron hasta +4°C (+5°C) en los primeros 100 (60) metros (Figura 2.3.2 b). Durante gran parte del presente mes la estructura halina mostró predominio de valores típicos de aguas de mezcla, asociada a la influencia de las ASS, AES y ACF², a excepción de la última semana donde predominaron valores típicos de AES sobre los 25m de profundidad (Figura 2.3.2 c), mientras que la distribución de oxígeno mostró valores superiores a los 2mL/L sobre los 60 m de profundidad (Figura 2.3.2 d).

Con respecto a las variables oceanográficas medidas en el punto fijo frente a Chicama, la temperatura tuvo valores entre 17° y 20°C, y durante la segunda quincena de mes se produjo incremento término en toda la columna de agua (Figura 2.3.3 a). En esta estación, tal como en Paita, también existió predominancia de aguas de mezcla, pero con poca incidencia de AES (Figura 2.3.3 b). Asimismo, el comportamiento del oxígeno también mostró profundización de iso-oxigenas entre la superficie y los 80m de profundidad, con la parte superior de la capa mínima de oxígeno (0,5 mL/L) ubicada por debajo de esta zona (Figura 2.3.3 c).

Los datos de las secciones del crucero oceanográfico, ejecutado por el IMARPE, a través de la operación BIC Flores durante el 24 y 25 de noviembre frente a Paita, mostraron una termoclina compuesta por las isoterms de 16° a 22°C, con el mayor gradiente por fuera de las 60 millas de costa y por encima de los 150 m de profundidad, mientras que en la zona costera se produjo ascenso (descenso) de las isoterms mayores (menores) a los 21°C (19°C) (Figura 2.3.4 a). Asimismo, la isoterma de 15°C se localizó entre los 180 y 220 metros de profundidad. Como consecuencia de esta estructura, las anomalías térmicas superiores a +2°C se localizaron, principalmente, por encima de los 150 m de profundidad, y con máximos de +4°C por encima de los 80 m (Figura 2.3.4 b). La estructura halina presentó fuerte incidencia de ASS sobre los 30 m de profundidad y por fuera de las 60 millas de costa (Figura 2.3.4 c), lo que produjo la existencia de un núcleo anómalo de alrededor de +0.2 ups en dicha zona (Figura 2.3.4 d). Asimismo, se observó un núcleo anómalo de -0.05 ups localizado entre las 10 y 50 millas de costa, mientras que valores menores 0.1 ups se encontraron por debajo de estas capas.

²ACF: Aguas Costeras Frías, ASS: Aguas Subtropicales Superficiales, AES: Aguas Ecuatoriales Superficiales.
Diagnóstico Climático y Previsión de El Niño-Oscilación del Sur en el Perú, noviembre 2015

Con respecto a la sección de Chicama, esta presentó, a diferencia de Paita, una termoclina menos estratificada compuesta por las isotermas de 17° a 21 °C, con el mayor gradiente por fuera de las 70 millas de costa y por encima de los 50 m de profundidad, mientras que en la zona costera se produjo ascenso de las isotermas mayores a los 19°C (Figura 2.3.5 a). Asimismo, la isoterma de 15°C se ubicó entre 160 y 180 m de profundidad, más superficial en comparación con Paita. En consecuencia, se registraron anomalías mayores a +2.0°C sobre los 160 m y núcleos con anomalías de hasta +3°C sobre los 80m (Figura 2.3.5 b). La estructura halina indicó condiciones asociadas a aguas de mezcla entre las ACF y ASS sobre los 150 m, pero con mayor incidencia de estas últimas (Figura 2.3.5 c), y con núcleos anómalos del orden de +0.1 ups (Figura 2.3.5 d).

Discusión: El nivel del mar, tanto in situ como satelital, indican que a lo largo de la costa peruana se presentaron anomalías positivas durante todo el mes de noviembre. Asimismo, el Punto fijo de Paita y las secciones de Paita y Chicama, localizados en la zona norte, mostraron anomalías positivas en la temperatura sub-superficial. Durante la última semana del mes se produjo, principalmente en el norte, un incremento del NMM de al menos +30 cm, mientras que en la estación fija Paita la profundización de las isotermas produjo valores anómalos de hasta +5°C en los primeros 60m. Asimismo, se observó presencia de AES frente a Paita debido a la existencia de un núcleo anómalo de -0.05 ups. Esto es consecuencia del arribo de la onda Kelvin cálida generada por la anomalía de vientos del oeste durante setiembre y octubre.

2.4 Circulación atmosférica en el Pacífico sudoriental

La velocidad de viento frente y a lo largo de la costa peruana (40 km de la costa), de acuerdo a los datos del satélite ASCAT, osciló entre 2 a 9 m/s durante el mes de noviembre de 2015; con vientos menores a 3 m/s al sur de los 17°S, y mayores a 3 m/s entre los 0°S y 17°S con valores máximos de 9 m/s alrededor de 15°S durante la primera quincena del mes (Figura 2.4.1a). En promedio, las anomalías de viento fueron positivas durante el mes, con valores de hasta +4 m/s entre 10°S y 15°S durante la primera quincena. Cabe mencionar que, durante los últimos días del mes se observó un núcleo de hasta +5 m/s en 5°S (Figura 2.4.1b). Asimismo, la magnitud de la anomalía del esfuerzo del viento del sureste en el Pacífico Sudoriental (90°W-80°W; 25°S-15°S), durante este mes, presentaron valores positivos cercanos a los $+4 \times 10^{-2} \text{ Nm}^{-2}$ (Figura 2.4.2).

Con respecto al campo de presiones frente al litoral costero, este ha presentado anomalías negativas de hasta -2 hPa, debido a la persistencia de las anomalías positivas de la TSM (Figuras 2.4.3). Asimismo, el Anticiclón del Pacífico Sur (APS), desde el 11 al 25 de noviembre, mostró una configuración zonal con núcleo definido y valores superiores a su climatología (1023 hPa). Para la última semana del mes se observa dos núcleos con intensidad de 1029 hPa y 1023 hPa centrados en 160°W y 90°W, respectivamente (Figura 2.4.4).

Discusión: Durante noviembre, en promedio, se observó anomalías positivas de esfuerzo viento del sureste (Figura 2.4.2) y anomalías positivas de viento (Figura 2.4.1b). Este mes al igual que meses anteriores, los vientos del sureste continuaron intensos intermitentemente a lo largo de la costa Peruana. Este comportamiento puede estar asociado a las anomalías positivas de la TSM en esta región (Lindzen y Nigam, 1987; Figuras 2.1.5), así como a anomalías negativas de presión frente a Perú. Esto es consistente también con la fase decadal fría que aparentemente persiste en el Pacífico sureste (Figura 2.5.8). Además el sistema APS presentó una configuración zonal que generó un elevado gradiente de presión, lo cual aportó para la intensificación de vientos a los largo de la costa.

2.5 Circulación atmosférica y temperatura superficial en el Pacífico ecuatorial

Las condiciones cálidas a lo largo del Pacífico ecuatorial continúan presentándose en este mes según los datos de las anomalías de la TSM en dicha región, la cual registró sus mayores valores en el Pacífico ecuatorial (Niño 3 y Niño 3.4), alcanzando núcleos de anomalías de hasta $+4^{\circ}\text{C}$ desde el día 20 hasta fines de mes (Figuras 2.1.4 c, d). La mayor anomalía semanal se registró en las regiones Niño 3 y Niño 3.4 con $+3^{\circ}\text{C}$ como promedio de la última semana (Figuras 2.5.1; Tabla 2.5.1). Por otro lado, los índices El Niño en la región ecuatorial continuaron con valores mensuales³ positivos: $+1.78^{\circ}\text{C}$ (Niño 4), $+2.98^{\circ}\text{C}$ (Niño 3.4), $+2.95^{\circ}\text{C}$ (Niño 3) y $+2.15^{\circ}\text{C}$ (Niño 1+2) (Tabla 2.5.1).

El promedio de los últimos 30 días de los valores del IOS, calculado desde el 31 de octubre al 29 de noviembre, es de $-4,7$ (Figura 2.5.2), este valor se encuentra dentro del rango normal (± 7), esta categorización del índice es realizada por la Bureau of Meteorology. Respecto a la actividad convectiva en la región del Pacífico ecuatorial central-oriental, un indicador clave del acoplamiento océano-atmósfera, se ha incrementado en comparación al mes anterior; sin embargo, en promedio, continúa siendo de menor magnitud a la de los años 1982-83 y 1997-98, pero parecido al año 1991-92 (Figura 2.5.5).

En niveles bajos de la tropósfera (850 hPa) continúan los vientos alisios débiles sobre el Pacífico central y occidental, mostrando anomalías de vientos del oeste (Figura 2.5.3a y Figura 2.5.4 b), pero no se observaron pulsos de vientos del oeste. Además, la magnitud de la anomalía de viento del oeste (160°E - 160°W ; 5°S - 5°N) del presente mes ha disminuido significativamente desde el mes anterior, encontrándose por debajo de los años 1982 y 1997 (Figura 2.5.6). Asimismo, los procesos convectivos sobre el océano Pacífico (Figura 2.5.4 a) y la divergencia en niveles altos de la tropósfera persistieron, con anomalías del este en 200 hPa en el Pacífico central en ambos lados del ecuador (Figura 2.5.3 b)

Discusión: Durante noviembre se observó la persistencia de las anomalías cálidas de la TSM en casi todo el Pacífico ecuatorial. Asimismo, continúa el acoplamiento de gran escala entre la atmósfera y el océano en el Pacífico central - oriental, pero con valores por debajo de los años 1982 y 1997.

³<http://www.cpc.ncep.noaa.gov/data/indices/sstoi.indices>

Por otra parte, los vientos del oeste, en promedio, en la zona del Pacífico central (160°E-160°W; 5°S-5°N) han disminuido considerablemente y no se han observado pulsos de vientos del oeste que puedan generar ondas Kelvin cálidas. Además, el valor del IOS de noviembre ha disminuido ubicándose dentro de su rango normal (Figura 2.5.4 a). Es posible que la variación decadal (PDO) esté influyendo en este relativamente débil acoplamiento de la atmósfera al océano.

2.6 Dinámica oceánica en el Pacífico ecuatorial

Durante el mes de noviembre los datos in situ de las boyas TAO/TRITON mostraron una profundización de la termoclina mayor a los +40m alrededor de 125°W. Entre la región 120°W-95°W no se puede observar la evolución de la termoclina en las boyas TAO/TRITON debido a que en esta región continúan sin mostrar información (Figura 2.6.1 b). Sin embargo, los derivadores ARGO mostraron que la profundidad de la isoterma de 20°C ecuatorial entre 140°W y 95°W presentó una profundización mayor a los +40 m durante gran parte del mes (Figura 2.6.1 c). Por otro lado, durante los primeros días del mes de noviembre los datos de altimetría de Jason-2 mostraron anomalías positivas superiores a los +18 cm. No obstante, a partir de la segunda quincena del mes, estas anomalías positivas superaron los +24 cm. Estas anomalías positivas abarcaron la región comprendida entre los 160°W y 90°W (Figura 2.6.1. d).

Por otro lado, por encima de los 200m de profundidad, las temperaturas subsuperficiales ecuatoriales, según la información de las boyas del proyecto TAO/TRITON, presentaron anomalías positivas que alcanzaron los +7°C durante el mes en la región 135°W-105°W, y su profundización alcanzó los +125 m (Figura 2.6.2 d). Durante el mes el núcleo de +7°C presentó un comportamiento variable ubicándose entre los 140°W y 115°W y su profundización varió entre los +100 m y 150 m (Figura 2.6.2 a, b y c).

Discusión: De acuerdo a los datos de profundidad de la termoclina y NMM en la región del Pacífico ecuatorial central, se observó la presencia de la onda Kelvin cálida forzada por los pulsos de viento del oeste generadas en la segunda quincena de setiembre y que se fortaleció por los pulsos de la primera quincena de octubre, la cual continúa su propagación hacia el extremo oriental del Pacífico, profundizando la termoclina en el extremo oriental (95°W). El aumento de las anomalías positivas del NMM fue originado por el arribo de la onda Kelvin hacia las costas de Sudamérica. Asimismo, la evolución de la inclinación de la profundidad de la termoclina ha mostrado un comportamiento variable de aumento y disminución de su inclinación durante todo el mes de noviembre por el inicio de la llegada de la onda Kelvin (Figura 2.6.3).

Por otro lado, según lo observado en los vientos calculados del satélite ASCAT, no se han observado nuevos pulsos lo suficientemente intensos que puedan generar nuevas ondas Kelvin cálidas. Sin embargo, aún se mantiene una persistencia de anomalía positiva de intensidad inferior a los $+10 \times 10^{-2} \text{ Nm}^{-2}$ (Figura 2.6.1 a).

2.7 Recursos pesqueros e indicadores biológicos

El desembarque de los recursos pelágicos proveniente de la flota industrial en el litoral peruano del 01 de enero al 30 de noviembre ascendió a 3 178 045 toneladas (t). La especie *Engraulis ringens* “anchoveta” fue la de mayor desembarque con el 99,88% (Tabla 2.7.1).

El 17 de noviembre, mediante la RM N°369 2015-PRODUCE, se inició la segunda temporada de pesca de anchoveta en la región norte – centro. El desembarque total de anchoveta proveniente de la flota industrial al 30 de noviembre, fue de 326 669 t, promedio mensual de 20 mil t (Figura 2.7.1), correspondiente a un 29% de la cuota de 1,11 millones de t establecida.

El área de pesca se presentó dentro de las 50 millas náuticas (mn) en tres núcleos principales frente al litoral peruano, Chimbote (9°S), Callao (12°S) y Pisco (13°S), presentando una estructura de tallas de la anchoveta entre 11,0 y 17,0 cm de longitud total (LT), moda en 13,5 cm y juveniles menor al 5% (Figura 2.7.2). Los cardúmenes de anchoveta se registraron a 24 metros (m) de profundidad (Figura 2.7.3).

El 01 de agosto, mediante la RM N°246-2015-PRODUCE, se inició la segunda temporada de pesca de anchoveta en la región sur. El desembarque total de anchoveta proveniente de la flota industrial se mantuvo en 4 611 t, correspondiente a un 1,03% de la cuota de 450 mil toneladas establecida. Durante el presente mes no se registró desembarque del recurso.

La Fracción Desovante (FD), indicador biológico del stock norte-centro de anchoveta mostró la declinación del periodo principal de desove. El Contenido Graso (CG) mantuvo valores por debajo del patrón indicando que la anchoveta viene utilizando sus reservas de grasa en migraciones latitudinales y longitudinales que viene realizando con el ingreso de la última onda Kelvin (Figura 2.7.4). Asimismo, la distribución vertical de los cardúmenes exhibió una profundidad moderadamente mayor a lo normal.

La especie *Merluccius gayi peruvianus* “merluza”, típica de la zona panameña, que se distribuye entre el Ecuador y el norte del Perú, fue registrada frente a Callao (12°S), con una captura de 1,5 millones de t, claro registro del avance de ondas cálidas en dirección sur (Figura 2.7.5).

Discusión: En noviembre, con el ingreso de una onda Kelvin se registró cambios en los recursos. La flota pesquera, cuya especie objetivo es la anchoveta, se distribuyó principalmente al sur de Chimbote (9°S) dentro de las 50 mn. Los índices reproductivos muestran la declinación del periodo principal de desove de la anchoveta. La merluza, especie demersal (de fondo) típica de la región norte, se registró frente a Huacho (11°S).

3. PERSPECTIVAS

3.1 A corto plazo (semanas)

Según los resultados de los modelos oceánicos lineales corrido en el IGP (Mosquera 2009, 2011; Figura 2.6.1 e) e IMARPE (Dewitte et al., 1999; Figura 3.1.1 c), existen perturbaciones positivas en el NMM y profundidad de la termoclina (estos modelos se asumen proporcionales entre sí) asociadas a ondas Kelvin cálidas, que se formó debido a los pulsos del viento en la segunda quincena de setiembre y que se fortaleció por los pulsos de la primera quincena de octubre, la cual continuaría arribando al Pacífico oriental en los siguientes días.

A la fecha, no se observa la presencia de ondas Kelvin cálidas en el Pacífico occidental ecuatorial relevante que se estén desplazando hacia el Este. Asimismo, no se han desarrollado pulsos de viento del oeste en el Pacífico ecuatorial que puedan generar ondas Kelvin cálidas. En su lugar, hay una aparente onda Kelvin fría (Figuras 2.6.1 c y 2.6.1 e) acercándose del Pacífico occidental

Discusión: Como resultado del arribo de la onda Kelvin cálida hacia las costas de América, prevista para fines de diciembre, contribuiría en mantener; e incluso incrementar, si es fortalecida por los vientos del oeste; el actual calentamiento en la costa peruana. El aumento en el nivel del mar incrementarían los impactos de procesos costeros asociados a las mareas y oleajes. Por otro lado el arribo posterior de la aparente onda fría que se observa podría contrarrestar el efecto cálido de los vientos del oeste.

3.2 A mediano plazo (hasta 3 meses)

Las anomalías del viento del oeste en el Pacífico central descendieron y en promedio son inferiores a la de los años 1982 y 1997 (Figura 2.5.6). Asimismo, en los modelos oceánicos lineales corrido en el IGP (Mosquera 2009, 2011; Figura 2.6.1 e) e IMARPE (Dewitte et al., 1999; Figura 3.1.1 c) no se observa la presencia de ondas Kelvin que se aproximen a las costas sudamericanas en los siguientes meses.

Los pronósticos de los modelos climáticos dinámicos para el océano Pacífico ecuatorial central (Niño 3.4), evaluados del proyecto North American Multi-Model Ensemble NMME (Kirtman et al., 2014; Figura 3.2.1) y otros (compilación del International Research Institute for Climate and Society IRI), inicializados en el mes de noviembre, para los meses de diciembre del 2015 y enero del 2016, indican que la ATSM continuará con una tendencia positiva, alcanzando condiciones muy fuerte (mayores a 2°C) en promedio para estos meses.

Para el Pacífico oriental (Niño 1+2), los pronósticos de los modelos climáticos dinámicos evaluados (siete del proyecto NMME y el European Center for Medium Range Weather Forecasting ECMWF) e inicializados en noviembre, para los meses de diciembre de 2015 y enero de 2016, indican condiciones cálidas fuertes y cálidas moderadas (Figura 3.2.2). Los modelos en mención indican que en el Pacífico oriental habría condiciones El Niño costero, el cual se inició en abril y tuvo un máximo en julio.

Los modelos CFS2 CMC1, GFDL, GFDL_FLOR, NCAR CCSM4 y ECMWF indican una magnitud moderada (75%), por otro lado los modelos CMC2 y NASA indican una magnitud fuerte (25 %) (Figura 3.2.2). El promedio de los modelos de NMME corresponde a evento El Niño de magnitud moderada.

Discusión:

Con el arribo de la onda Kelvin cálida se esperaba que se mantenga o incremente la anomalía de la TSM, sin sobrepasar, en promedio, los $+2.5^{\circ}\text{C}$ (Comunicado Oficial ENFEN 21-2015), en la región Niño 1+2 durante el mes de diciembre de 2015 y enero de 2016, manteniendo las condiciones de El Niño. La llegada de la onda Kelvin también incrementará la anomalía del NMM, de la TSM, la profundidad de la termoclina y la temperatura del aire, principalmente en el litoral norte y centro del Perú.

Las condiciones cálidas que se observarían en la región Niño 1+2 para los meses de diciembre del 2015 y enero del 2016 podrían ocasionar lluvias ocasionales que alcanzarían la categoría de lluvias “muy fuertes”⁴ en Tumbes y Piura.

Los pronósticos de los modelos climáticos indican principalmente condiciones El Niño costero de magnitud fuerte en su mayoría hasta el mes de diciembre, mientras que para el mes de enero de 2016 indican condiciones cálidas moderadas. Se nota que la bondad de los pronósticos para diciembre de 2015 y enero 2016 inicializados en noviembre es alta, con correlaciones observadas alrededor de 0.87 (Reupo y Takahashi, 2014 a, b).

3.3 A largo plazo (más de 3 meses)

Para el verano 2015-2016 en el Pacífico central (Niño 3.4), los pronósticos con los modelos climáticos dinámicos (NMME) indican que las condiciones cálidas de las anomalías de la TSM continuarían en el Pacífico central con anomalías mayores a 2.5°C en promedio hasta el mes de enero (Figura 3.2.1), con algunos miembros de los ensembles excediendo los 3.5°C (Figura 3.2.1). Los modelos indican, en promedio, una disminución de las anomalías positivas de TSM para los meses entre enero y junio.

Los pronósticos de los modelos climáticos de NMME para el Pacífico oriental (Niño 1+2, ICEN), en promedio indican condiciones cálidas moderadas para el verano (Figura 3.2.2), considerando que los pronósticos de los modelos inicializados en noviembre, en general, son utilizables al menos hasta el trimestre diciembre-febrero, incluso para representar la diversidad de El Niño (Jeong et al, 2012). Sin embargo, esta capacidad parece haber disminuido desde aproximadamente el año 2000 (Barnston et al., 2012; Reupo y Takahashi, 2014). En general, la calidad de los pronósticos es baja en el Pacífico oriental relativo al central (Reupo y Takahashi, 2014), y particularmente los GCMs subestimaron las anomalías de TSM durante los dos El Niño extraordinarios (1982-1983 y 1997-1998). Para el verano 2015-2016, los GCMs a nivel internacional pronostican anomalías de TSM en la región Niño 3.4 sustancialmente por encima de $+2^{\circ}\text{C}$, lo cual solo se ha observado en 1972-1973, 1982-1983 y 1997-1998.

⁴ Lluvias muy fuertes: Aquellas que superan el umbral del percentil 95 (aproximadamente de 20-30 mm/día para diciembre y enero)

Para el Pacífico oriental, las anomalías pronosticadas corresponden a condiciones cálidas entre moderadas y fuertes.

El índice de anomalías del esfuerzo del viento zonal (de oeste) en el Pacífico central (u_c) estimado con los datos de noviembre del 2015 tiene un valor menor a lo de los observados en 1982 y 1997 (Figura 2.5.6). Desde una visión de escala de tiempo decadal, este índice, el cual representa la región enmarcada entre 160°E-160°W y 5°S-5°N, ha mostrado valores anómalos positivos (hacia el Este) desde inicios del año 2015. Este valor tiene una correspondencia casi directa, desde el año 1999, con el índice PDO que también muestra valores positivos desde esa fecha (ver Figura 2.5.8).

Desde aproximadamente el año 2000, el océano Pacífico ha estado en una fase fría de variabilidad natural interdecadal, lo cual parece haber reducido el potencial de El Niño en el Pacífico oriental (Lee y McPhaden, 2010), además de desacelerar la tasa del calentamiento global (Kosaka y Xie, 2013). Sin embargo, desde el inicio del año 2014, el índice de la Oscilación Decadal del Pacífico (PDO, en inglés; Mantua et al, 1997) ha tomado valores positivos consistentemente, reflejando la presencia de anomalías cálidas al oeste de Norte América.

La presencia de las ondas Kelvin cálidas ecuatoriales ha contribuido a mantener una menor inclinación de la termoclina hacia el Este. Sin embargo, el grado de inclinación anómala de la termoclina no se compara al observado en el año 1997 (Figura 2.6.3). Es posible que los vientos anómalamente del este y del sur, en el extremo oriental, estén contribuyendo a que el impacto de las ondas Kelvin cálidas no sea superior al observado. Actualmente no existen ondas Kelvin cálidas ecuatoriales intensas.

Discusión: Las anomalías positivas de las temperaturas del aire y la temperatura superficial del mar (TSM) registrados por las estaciones costeras, han reducido su magnitud, la persistencia en general de los vientos del sur estarían atenuando el calentamiento costero. En este aspecto, las anomalías de la TSM en el Pacífico oriental (Niño 1+2) en este mes son superiores a las del evento de 1972 e inferiores a las de 1982, estamos ante la presencia del evento El Niño, que hasta la fecha ha alcanzado la magnitud fuerte, el máximo valor del ICEN se presenta en el mes de octubre (Figura 2.1.7). Mientras tanto, las anomalías de la TSM en el Pacífico central (Niño 3.4) vienen comportándose en forma similar al año 1997.

No es claro si los valores positivos recientes del PDO corresponden a un cambio decadal o transiente, ni cuáles son las implicancias para el Pacífico ecuatorial. Para el presente análisis de probabilidades se consideran ambas posibilidades, fase fría o fase cálida, con la misma probabilidad en cuanto a su influencia sobre el evento en curso. Las condiciones océano-atmósfera observadas y los pronósticos para el Pacífico central sugieren una alta probabilidad de que El Niño en esta región tenga magnitud muy fuerte hasta fin de año, para luego decaer a lo largo de los primeros meses de 2016. Existe la probabilidad de que los modelos climáticos globales (GCMs en inglés) estén sobreestimando estas probabilidades, tal como lo hicieron en el año 2012 y 2014, posiblemente porque no están representando adecuadamente los efectos de las fases decadales.

Las condiciones para el Pacífico oriental han declinado desde el mes de julio, no se espera que la actual onda Kelvin cálida pueda incrementar la anomalía de la TSM por encima de $+2.5^{\circ}\text{C}$ en los siguientes dos meses; además, actualmente, no existen nuevas ondas Kelvin cálidas ecuatoriales intensas que contribuyan al incremento de la anomalía de la TSM, por encima de $+2.5^{\circ}\text{C}$, los próximos meses. Para que se desarrolle un evento El Niño fuerte o extraordinario en el verano, el calentamiento debería ser suficientemente elevado para activar los procesos de retroalimentación convectivos en el Pacífico oriental (Takahashi & Dewitte, 2015).

El comité multisectorial ENFEN, a través de la evaluación experta de las condiciones climáticas en el Pacífico tropical y de los pronósticos con modelos climáticos a nivel internacional estima en 95% la probabilidad de que el evento se extienda hasta el próximo verano (Tabla 2.8.1), con 35% de que en esta segunda fase pueda alcanzar las magnitudes observadas al verano de 1982-1983 y 5% similares al verano 1997-1998 (Tabla 2.8.2). Si bien no hay registro previo de un evento El Niño costero con magnitud moderada durante el verano, hay que señalar que las condiciones cálidas moderadas en el verano pueden producir lluvias intensas en la costa norte, particularmente en los meses de febrero y marzo que son estacionalmente más cálidos.

Basado en lo anterior, el Comité ENFEN estima un 75% de probabilidad de que el Niño alcance una magnitud fuerte o muy fuerte para el Pacífico central (Tabla 2.8.3). Con respecto a las precipitaciones en los Andes y la Amazonia, El Niño en el Pacífico central implica la posibilidad sin ser determinante que incrementen las lluvias en noviembre y se reduzcan en febrero (Lagos et al, 2007; Silva et al, 2008; Lavado y Espinoza, 2014).

4. CONCLUSIONES

Durante el mes noviembre las condiciones oceánicas y atmosféricas de la fase cálida de El Niño-Oscilación del Sur continúan. Las condiciones de la TSM en el litoral costero fueron ligeramente menores al mes de octubre. Además los datos de profundidad de la termoclina y nivel medio del mar (NMM) en la región del Pacífico ecuatorial central muestran la presencia de la onda Kelvin cálida forzada por las anomalías de vientos del oeste en la segunda quincena de setiembre y durante el mes de octubre. En promedio el NMM en el litoral norte fue de $+17$ cm por encima de lo normal, mientras que en el litoral centro y sur, las anomalías fueron $+11$ cm, con máximos de al menos $+30$ cm en la zona norte y durante la última semana del mes.

En la zona costera del Perú, el promedio de las anomalías de la TSM fue $+2.9^{\circ}\text{C}$ en la costa norte y $+1.8^{\circ}\text{C}$ en el centro. En la misma región, las temperaturas extremas del aire continuaron por encima de lo normal a lo largo de la costa norte y central con valores de 1.9°C , tanto para la temperatura máxima como para la mínima

En la estación fija Paita, localizada a siete millas náuticas de la costa, se registraron anomalías positivas durante todo el mes, con máximos de hasta $+5.0^{\circ}\text{C}$ sobre los 60 m en la última semana.

El Índice Costero El Niño (ICEN) para el mes de octubre fue +2.23 ° C, manteniendo la categoría Cálida Fuerte, al igual que en los meses de julio, agosto y setiembre.

Las lluvias y caudales en la costa del país en el mes de noviembre se presentaron dentro de lo normal, a excepción de algunas lluvias puntuales a fin de mes en la cuenca media-alta de los ríos Chira y Chancay-Lambayeque que provocaron caudales por encima de lo normal sin riesgo de inundación.

Los reservorios en la costa norte y sur cuentan, en promedio, con almacenamiento al 45% y 43% de su capacidad máxima, respectivamente. Esta disminución respecto al mes anterior, refleja su utilización en las campañas agrícolas.

Para la región costera en el verano 2015-2016, se estima 95% de probabilidad que el evento se extienda hasta el próximo verano, con 35% de que en esta segunda fase pueda alcanzar las magnitudes observadas al verano de 1982-1983 y 5% similares al verano 1997-1998.

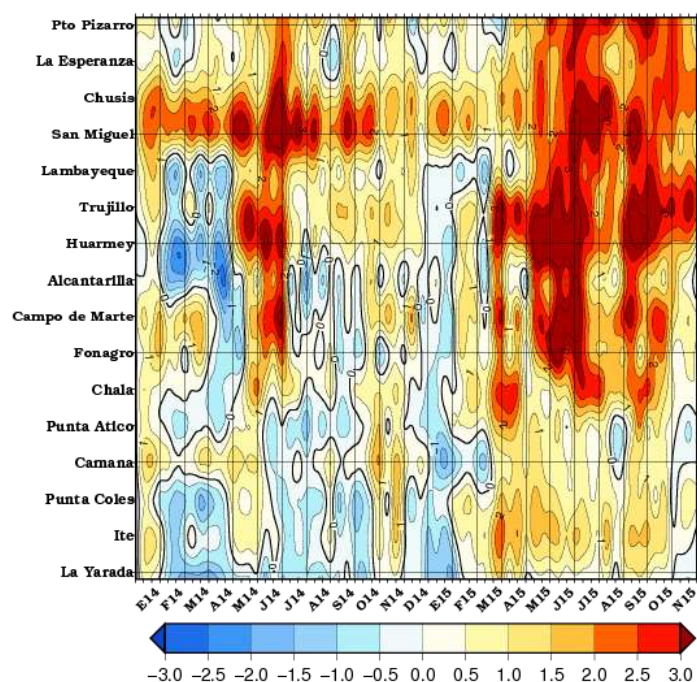
5. REFERENCIAS

- Barnston, A. G., Tippett M. K., L'Heureux M. L., Li S., DeWitt D. G., 2012: Skill of Real-Time Seasonal ENSO Model Predictions During 2002–11: Is Our Capability Increasing?, *Bulletin of the American Meteorological Society*, 93 (5), 631-651, doi:10.1175/BAMS-D-11-00111.1.
- Comunicado Oficial ENFEN N° 17-2015, Comité Multisectorial Encargado Del Estudio Nacional Del Fenómeno El Niño (ENFEN).
- Comunicado Oficial ENFEN N° 21-2015, Comité Multisectorial Encargado Del Estudio Nacional Del Fenómeno El Niño (ENFEN).
- Dewitte B., G. Reverdin and C. Maes, 1999: Vertical structure of an OGCM simulation of the equatorial Pacific Ocean in 1985-1994. *J. Phys. Oceanogr.*, 29, 1542-1570.
- Jeong H, Lee D, Ashok K, Ahn J, Lee J, Luo JJ, Schemm J, Hendon HH, Braganza K, Ham YG, 2012: Assessment of the APCC coupled MME suite in predicting the distinctive climate impacts of two flavors of ENSO during boreal winter. *Climate Dynamics*, doi:10.1007/s00382-012-1359-3.
- 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
- Kosaka Y, Xie SP, 2013: Recent global-warming hiatus tied to equatorial Pacific surface cooling, *Nature*, doi: 10.1038/nature12534.
- Lagos, P., 2007: Peru's Approach to Climate Change in the Andean Mountain Region: Achieving Multidisciplinary Regional Cooperation for Integrated Assessment of Climate Change, Mountain Research and Development. Vol. 27 No 1 February 2007: 28-31.
- Lavado W and Espinoza J.C., 2014: Impact of El Niño and La Niña events on Rainfall in Peru. *Revista Brasileira de Meteorología*, v.29, 171-182

- Lee, T., and M. J. McPhaden, 2010: Increasing intensity of El Niño in the central-equatorial Pacific, *Geophysical Research Letters*, 37, L14603, doi: 10.1029/2010GL044007.
- 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.
- Reupo, J., y Takahashi, K., 2014a: Validación de pronósticos con modelos globales: Correlaciones de TSM (1982-2010). *Bol. Tec. El Niño IGP*, 1 (1), 8-9.
- Reupo, J., y Takahashi, K., 2014b: Variabilidad decadal en la bondad de los pronósticos con modelos climáticos globales. *Bol. Tec. El Niño IGP*, 1 (8), 9-10.
- Richard W. Reynolds, Thomas M. Smith, Chunying Liu, Dudley B. Chelton, Kenneth S. Casey, and Michael G. Schlax, 2007: Daily High-Resolution-Blended Analyses for Sea Surface Temperature. *J. Climate*, 20, 5473–5496.
- Takahashi, K., 2004: The atmospheric circulation associated with extreme rainfall events in Piura, Peru, during the 1997-1998 and 2002 El Niño events, *Ann. Geophys.*, 22, 3917-3926.
- Woodman, R. y Takahashi, K., 2014 ¿Por qué no llueve en la costa del Perú (salvo durante El Niño)? - *Bol. Tec. El Niño IGP*, 1 (6), 4-7.
- Y. Silva, Takahashi, K., y Chávez, R., 2008: Dry and wet rainy seasons in the Mantaro river basin (Central Peruvian Andes). *Advances in Geosciences* 14, 261-264.
- Takahashi, K., and Dewitte, B., 2015: Strong and moderate nonlinear El Niño regimes, *Climate Dynamics*, doi: 10.1007/s00382-015-2665-3.
- Woodman, R., 1999: Modelo estadístico de pronóstico de las precipitaciones en la costa norte del Perú, *El Fenómeno del Niño, Investigación para una prognosis, 1er encuentro de Universidades del Pacífico Sur: Memoria*, 93-108.

6. FIGURAS

a)



b)

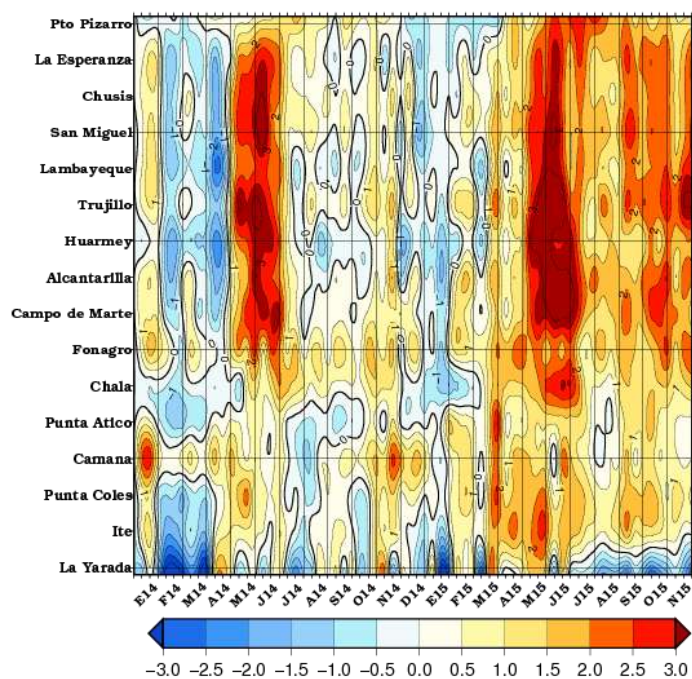
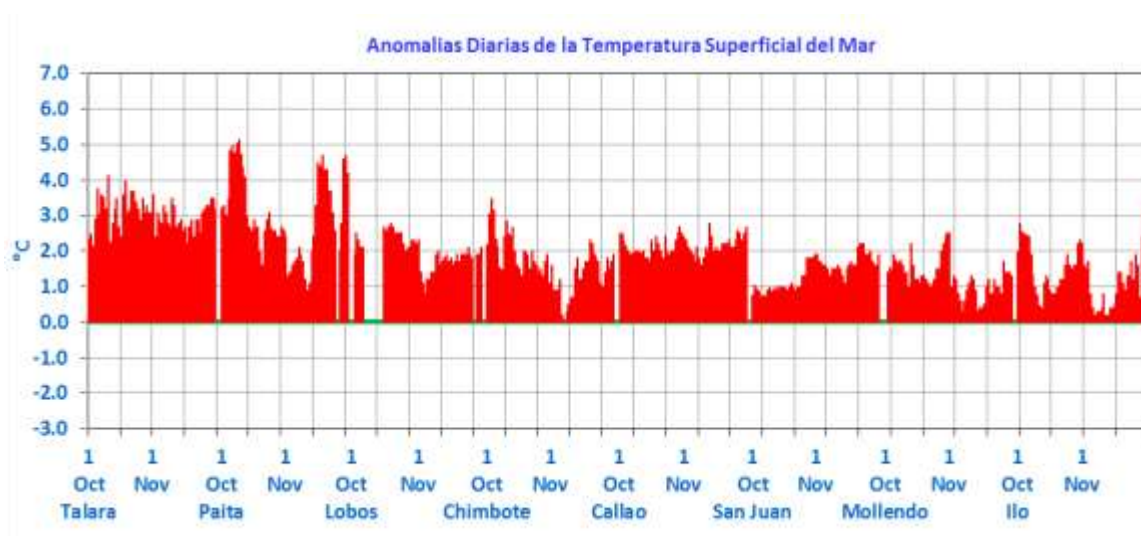


Figura 2.1.1. Anomalías de las temperaturas extremas del aire (°C) en la costa peruana desde enero 2014 a Noviembre de 2015. a) Temperatura máxima (imagen superior) y b) Temperatura mínima (imagen inferior). Fuente: SENAMHI

a)



b)

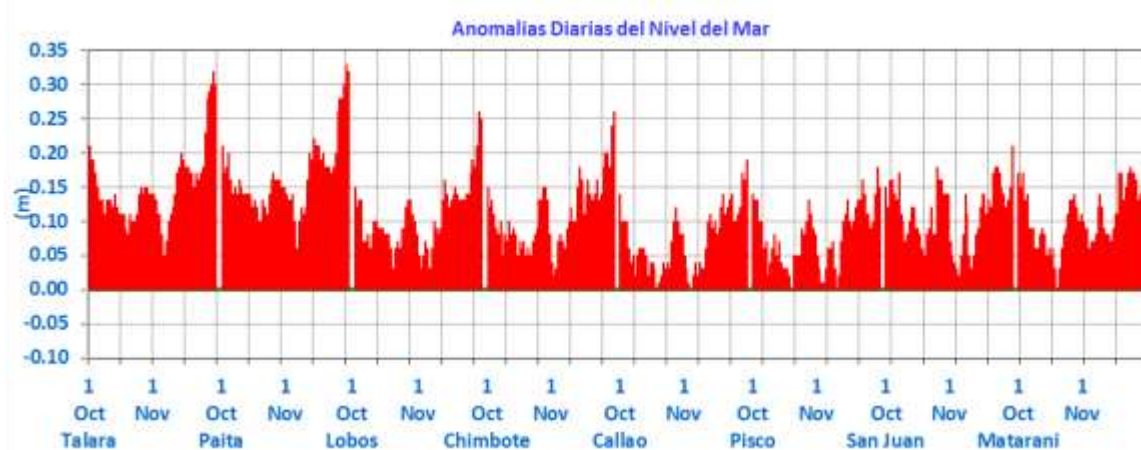


Figura 2.1.2. Serie de tiempo diaria de: a) Temperatura superficial del mar (°C) y b) Nivel medio del mar (m) en el litoral peruano durante el mes de octubre-noviembre de 2015. Procesamiento: DHN

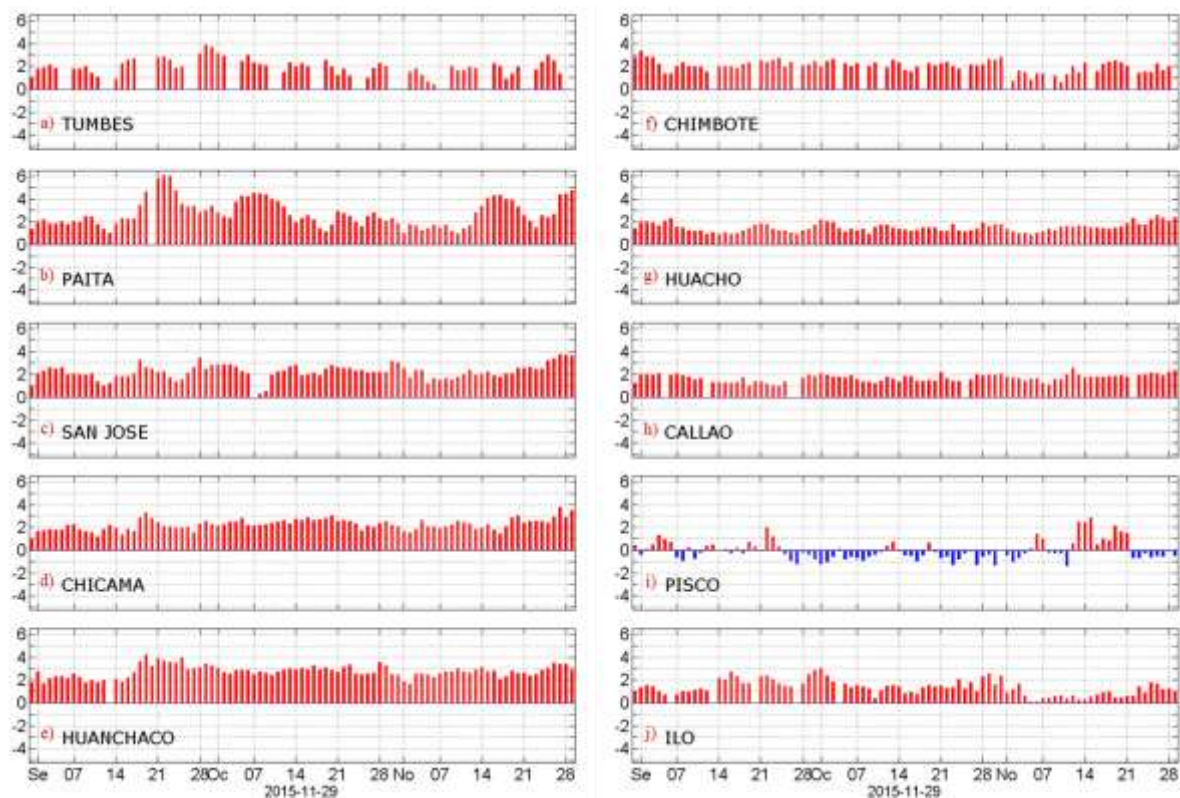


Figura 2.1.3 Series diarias de Anomalías de TSM registradas en estaciones costeras del IMARPE. Procesamiento: Laboratorio de Hidro-Física Marina, IMARPE.

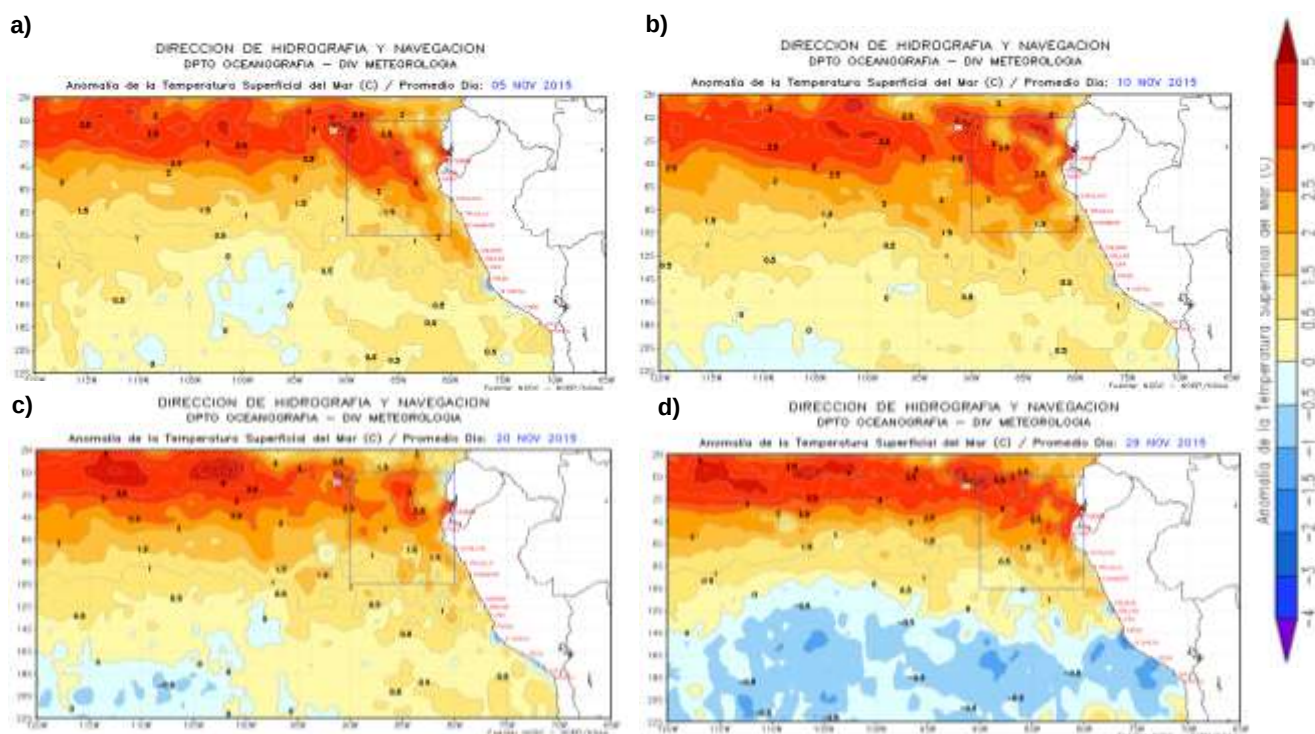


Figura 2.1.4. Anomalías de la temperatura superficial del mar (°C) en el océano Pacífico oriental para los días a) 5 de noviembre, b) 10 de noviembre, c) 20 de noviembre, d) 29 de noviembre de 2015. La línea sólida en color azul indica el límite externo de la región Niño 1+2. Datos: NCDC/NCEP/NOAA. Procesamiento: DHN

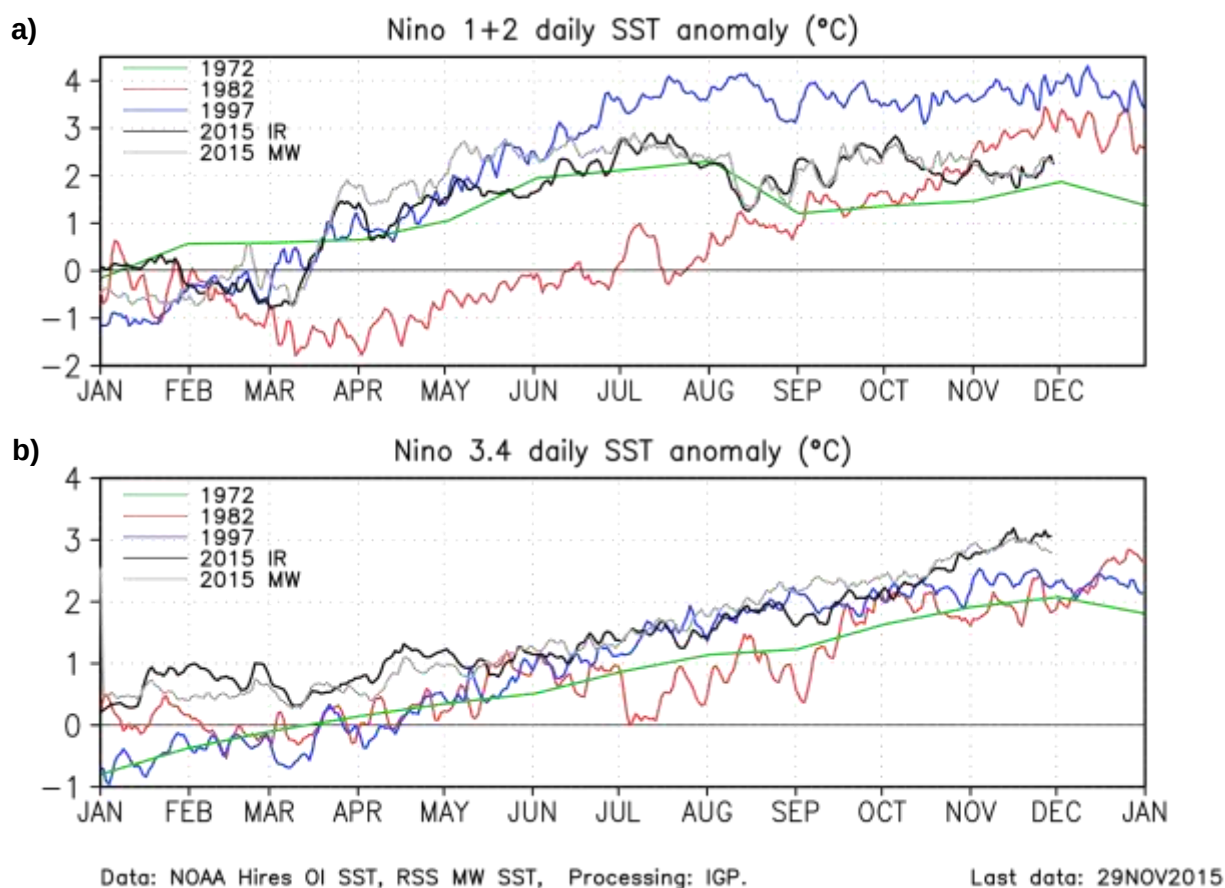


Figura 2.1.5. Anomalía de TSM (°C) durante el año 1982 (rojo), 1997 (azul) y 1972 (verde) según los datos infrarrojos (NOAA Daily OI SST v2 AVHRR), en la región 1+2 (a) y en la región 3.4 (b). Procesamiento: IGP

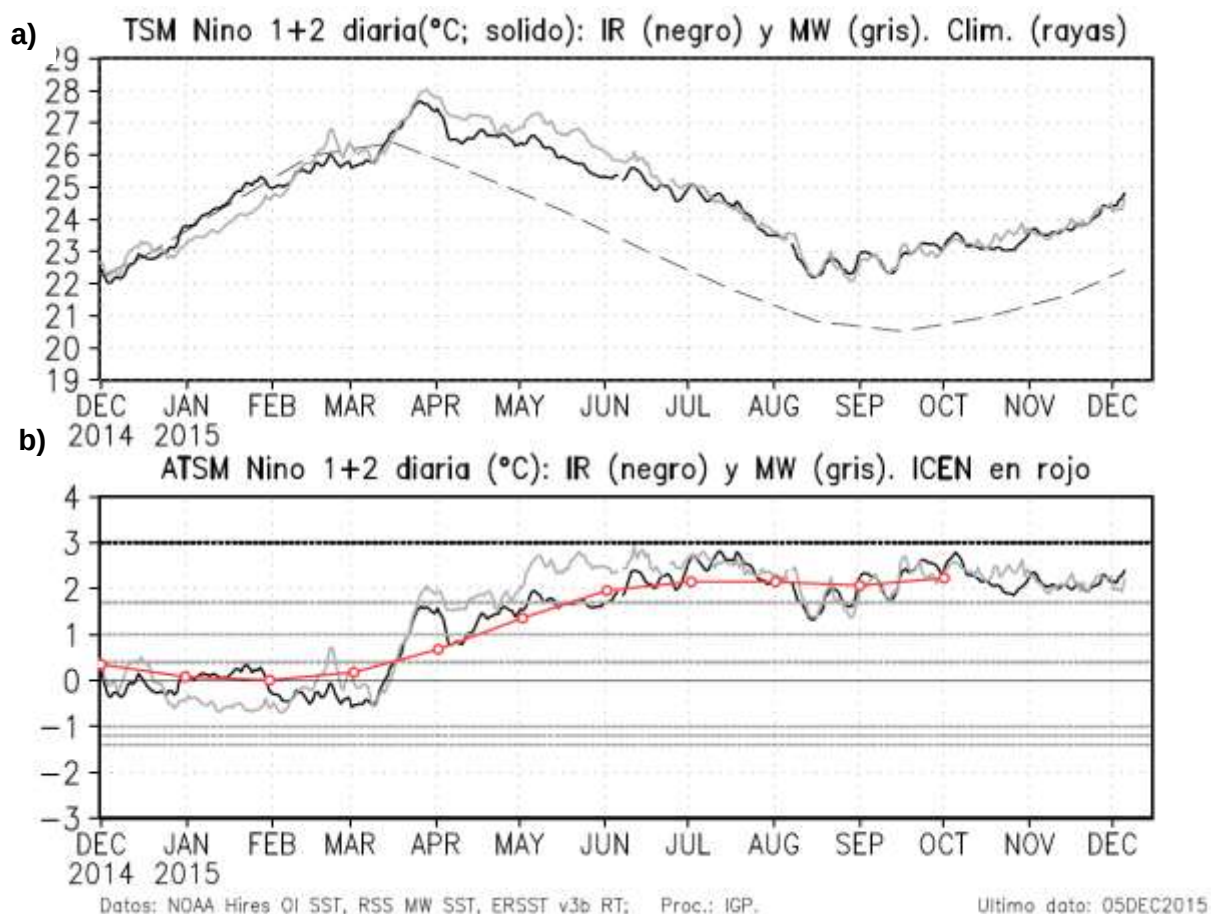


Figura 2.1.6. a) Temperatura superficial del mar (°C), climatología (línea punteada) en la región Niño 1+2 según los datos de infrarrojo (negro; NOAA Daily OI SST v2 AVHRR) y de microondas (gris; RSS Microwave OI SST v4.0). b) Anomalía de TSM en la región 1+2, según los datos infrarrojo (negro) y microondas (gris) y el ICEN (rojo). Procesamiento: IGP .

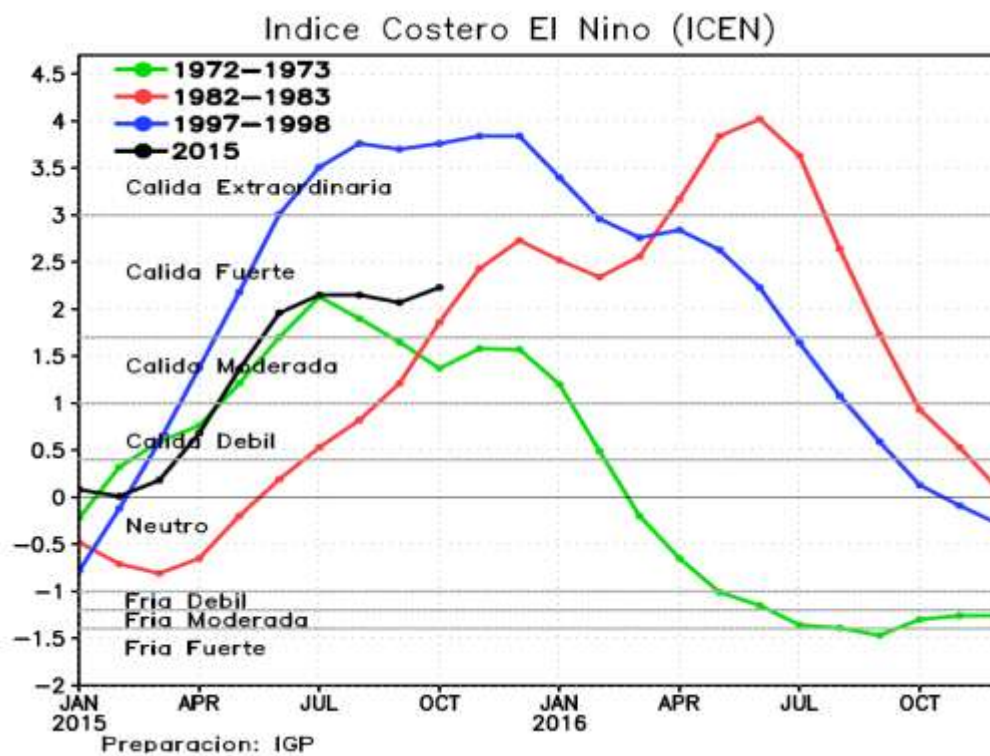
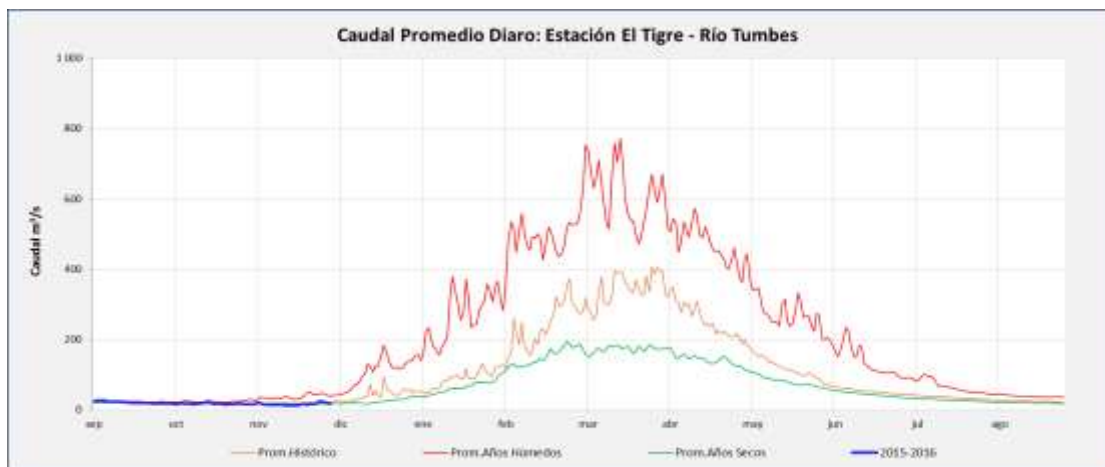


Figura 2.1.7. Índice Costero El Niño para los años 1972-1973 (verde), 1982-1983 (rojo), 1997-1998(azul) y 2015 (negro)

a)



b)



c)



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

a)



b)

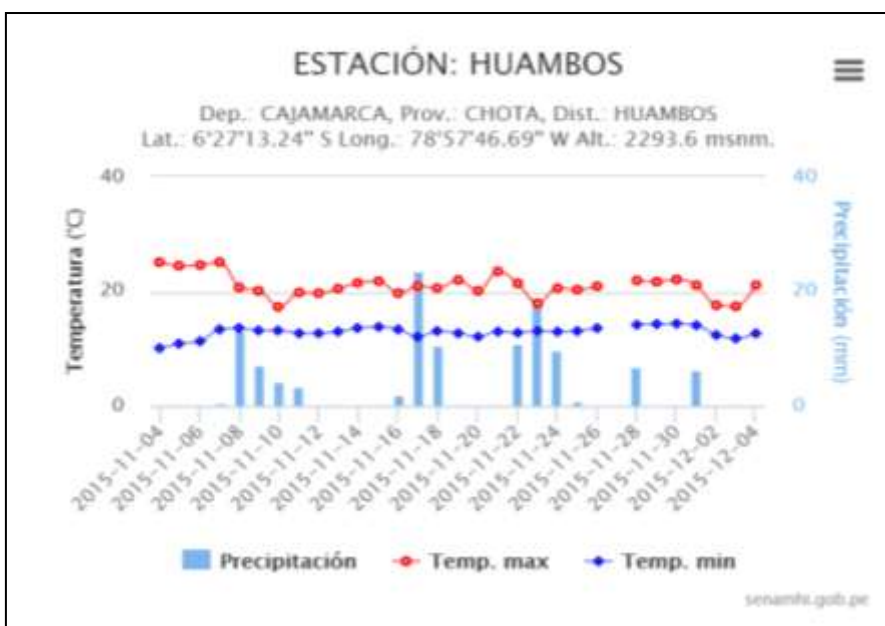


Figura 2.2.2. Serie de tiempo de la precipitación (mm) y temperatura máxima y mínima (°C) durante noviembre en la estación: a) Ayabaca y b) Huambos, en la zona norte de Perú. Fuente: SENAMHI.

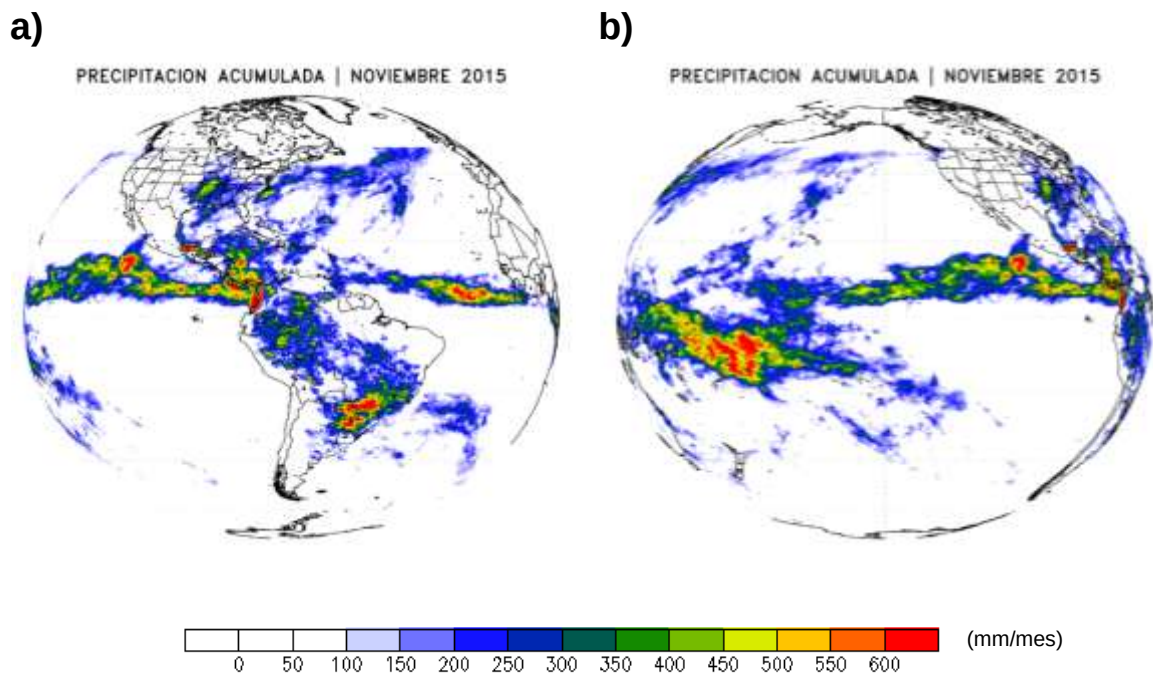


Figura 2.2.3. (a) Precipitación acumulada (mm/mes) de noviembre y (b) Climatología de la precipitación acumulada (mm/mes) de noviembre. Datos: TRMM NCEP/NOAA. Procesamiento: SENAMHI.



Figura 2.3.1. Anomalías de la altura del nivel del mar (cm) de altimetría satelital para la franja de 0 a 100 km. a) Serie temporal en pentadas durante el periodo 2012-2015. Datos: AVISO. Procesamiento: IMARPE.

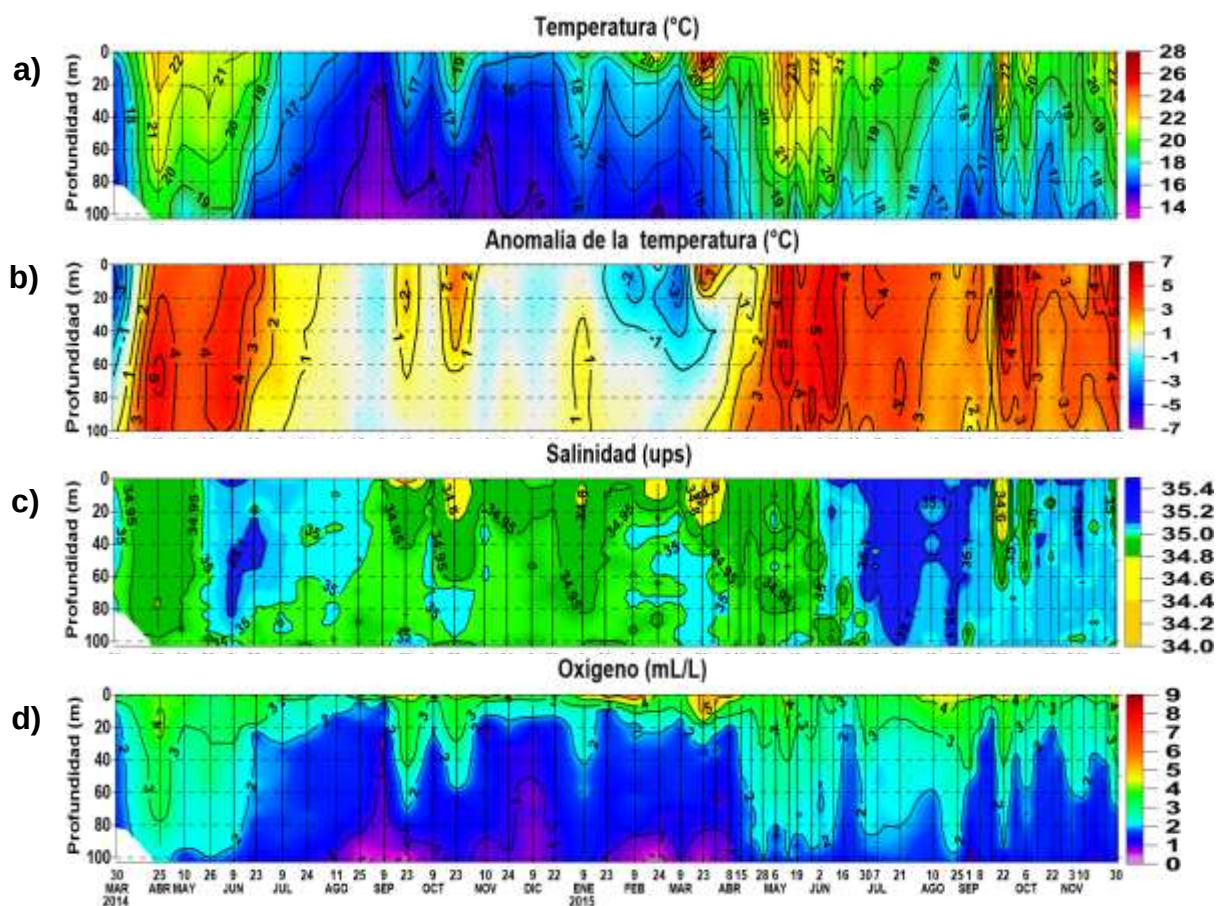


Figura 2.3.2. Series de tiempo para la estación oceanográfica fija frente a Paita (punto fijo Paita) de: a) temperatura ($^{\circ}\text{C}$), b) anomalía de la temperatura ($^{\circ}\text{C}$), c) Salinidad (ups) y d) oxígeno (mL/L) para el periodo del 30 de marzo de 2014 al 30 de noviembre de 2015. Climatología: 1994-2010. Fuente: IMARPE.

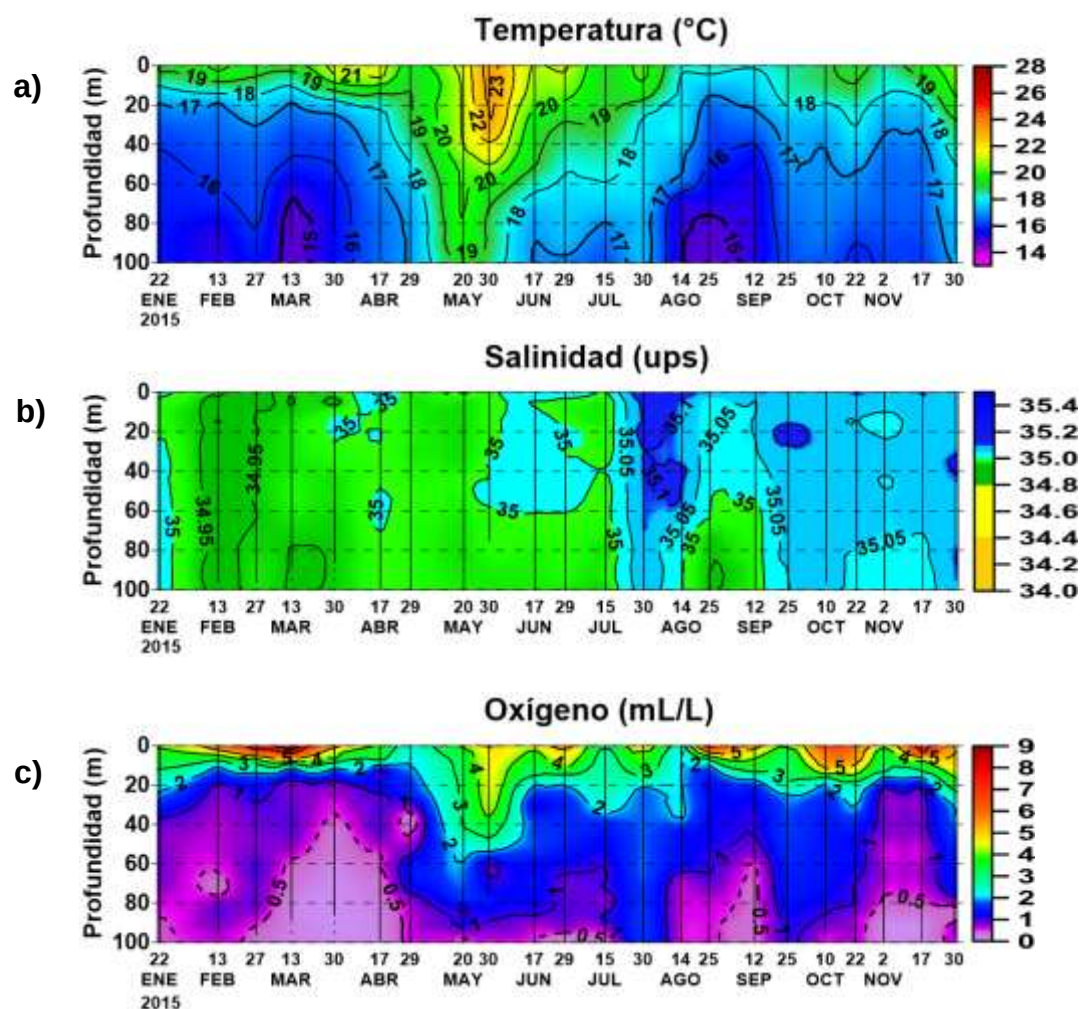


Figura 2.3.3. Series de tiempo para la estación oceanográfica fija frente a Chicama (punto fijo Chicama) de: a) Temperatura (°C), b) Salinidad (ups) y c) Oxígeno (mL/L) para el periodo del 22 de enero de 2014 al 30 de noviembre de 2015. Fuente: IMARPE.

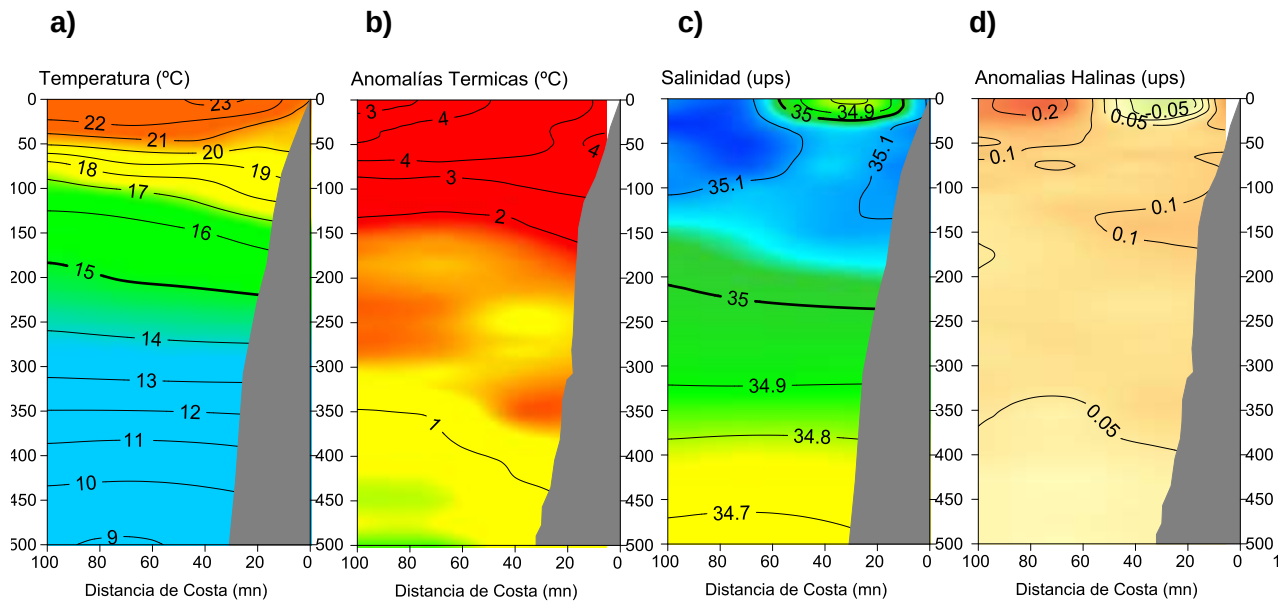


Figura 2.3.4. Distribución vertical de: a) temperatura y b) anomalía de temperatura ($^{\circ}\text{C}$), c) salinidad y d) anomalía de salinidad (ups) frente a Paíta. Operación BIC Flores, realizada durante el 25 y 26 de noviembre de 2015. Fuente: IMARPE.

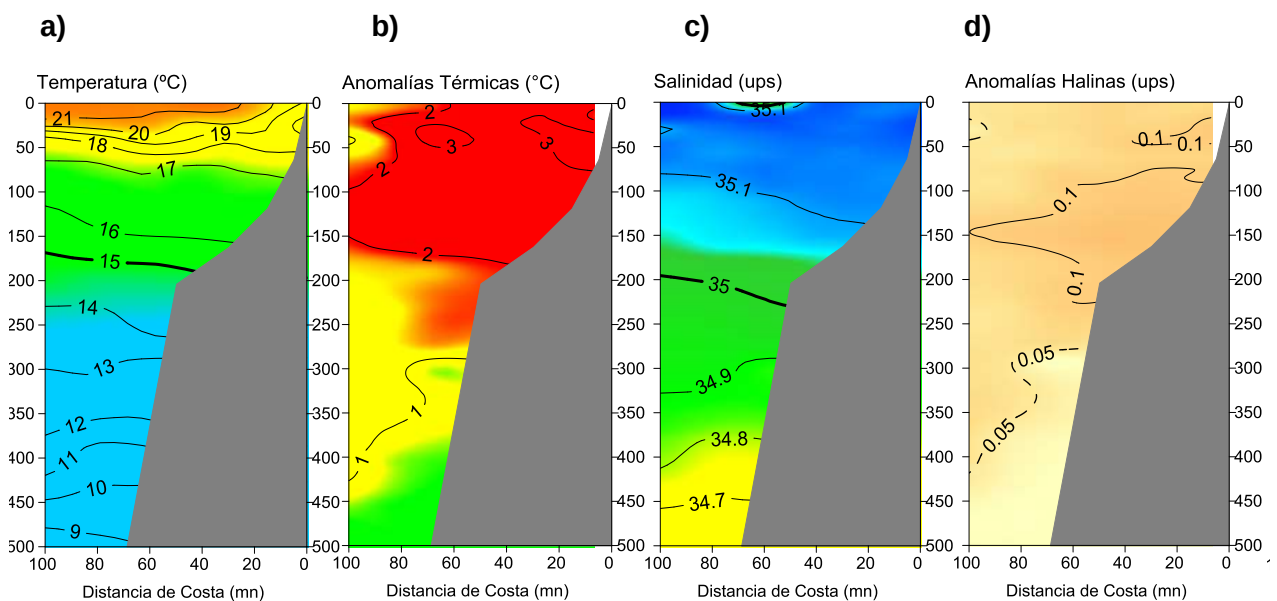
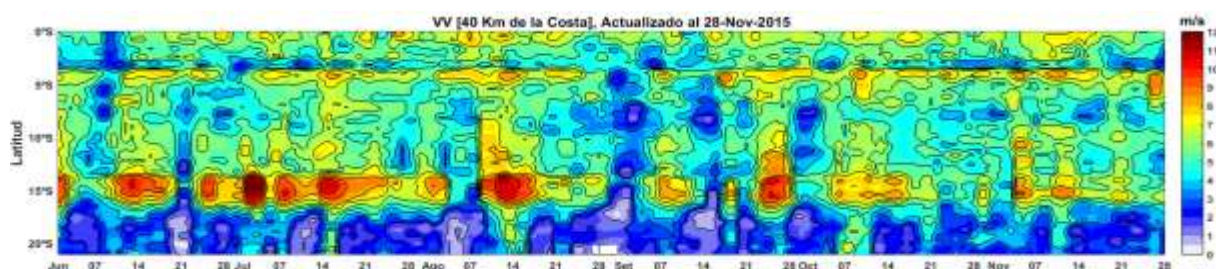


Figura 2.3.5 Distribución vertical de: a) temperatura y b) anomalía de temperatura ($^{\circ}\text{C}$), c) salinidad y d) anomalía de salinidad (ups) frente a Chicama. Operación BIC Flores realizada durante el 23 y 24 de noviembre de 2015. Fuente: IMARPE.

a)



b)

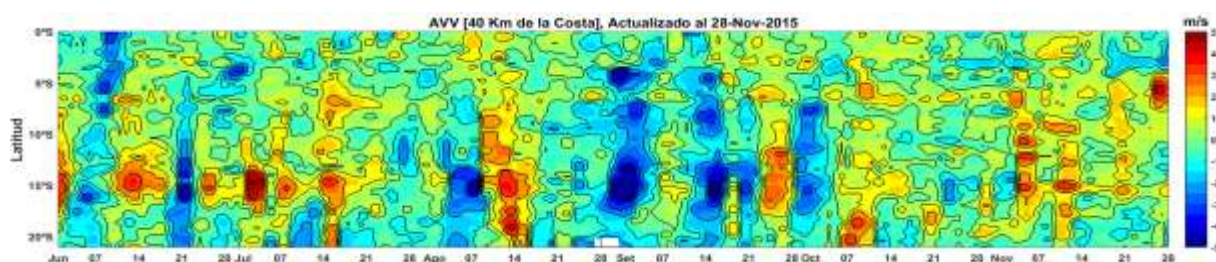


Figura 2.4.1. a) Velocidad del viento (m/s) y b) Anomalía del viento (m/s), desde los 0° hasta 20°S en el periodo de junio a noviembre de 2015. Datos: ASCAT. Procesamiento: IMARPE.

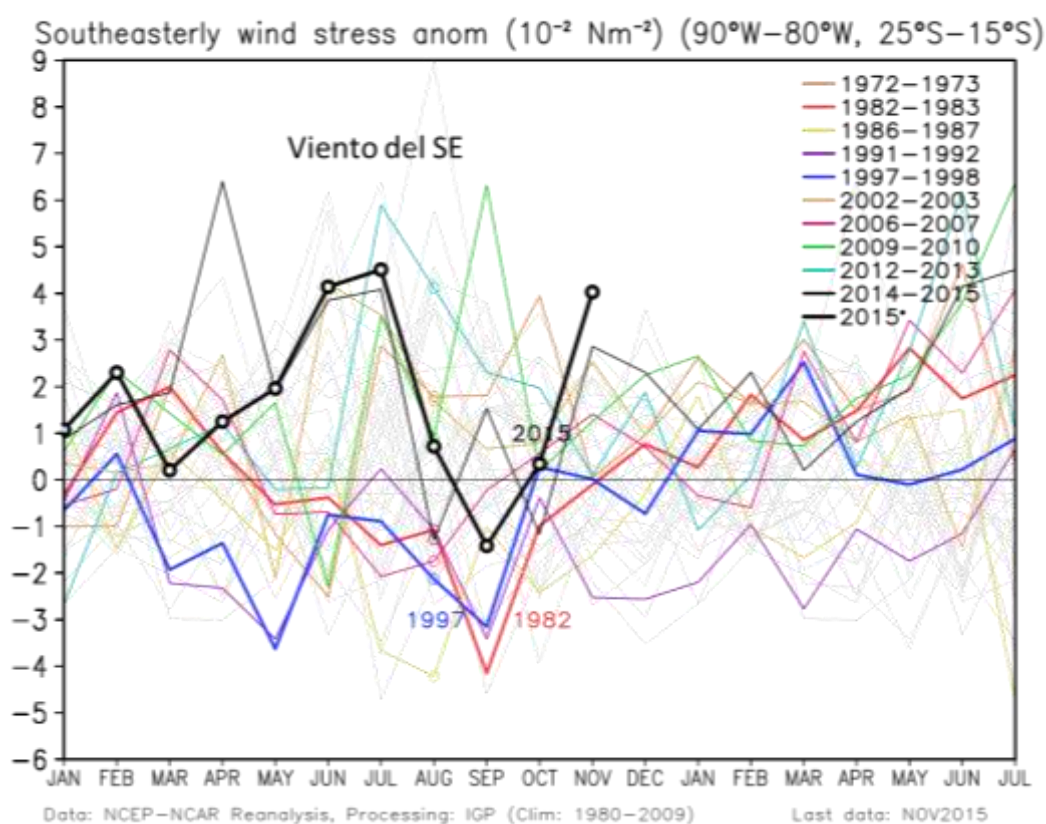


Figura 2.4.2. Anomalía del esfuerzo de viento del sureste (10^{-2} Nm^{-2}) en el Pacífico sudoriental ($90^{\circ}\text{W}-80^{\circ}\text{W}$, $25^{\circ}\text{S}-15^{\circ}\text{S}$) desde el mes de enero hasta el mes de julio del año siguiente. Datos: Re-análisis NCEP NCAR, Procesamiento: IGP.

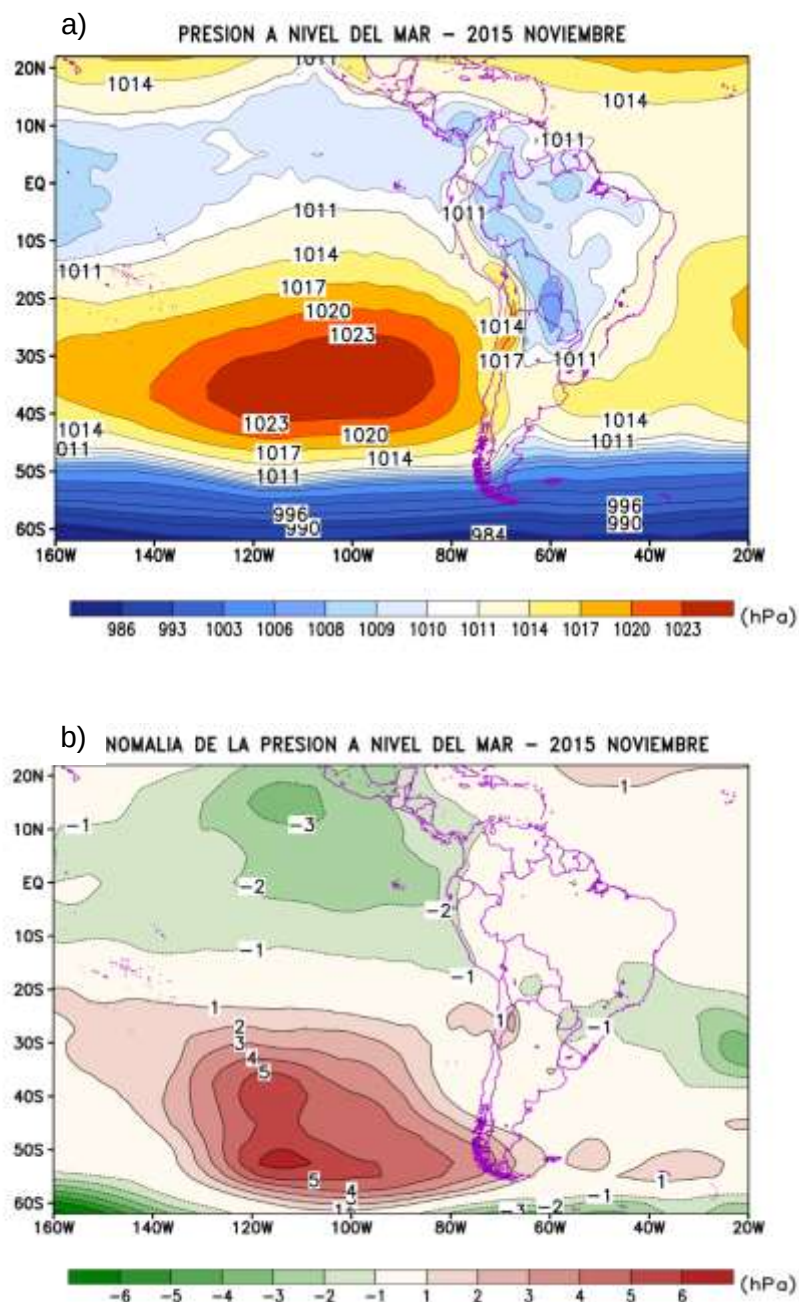


Figura 2.4.3 Presión atmosférica (hPa) a nivel medio del mar para noviembre del 2015. a) Promedio de la Presión atmosférica (hPa) a nivel del mar, b) Anomalía de la Presión atmosférica (hPa) a nivel del mar. Datos: NCEP/NOAA. Procesamiento: SENAMHI.

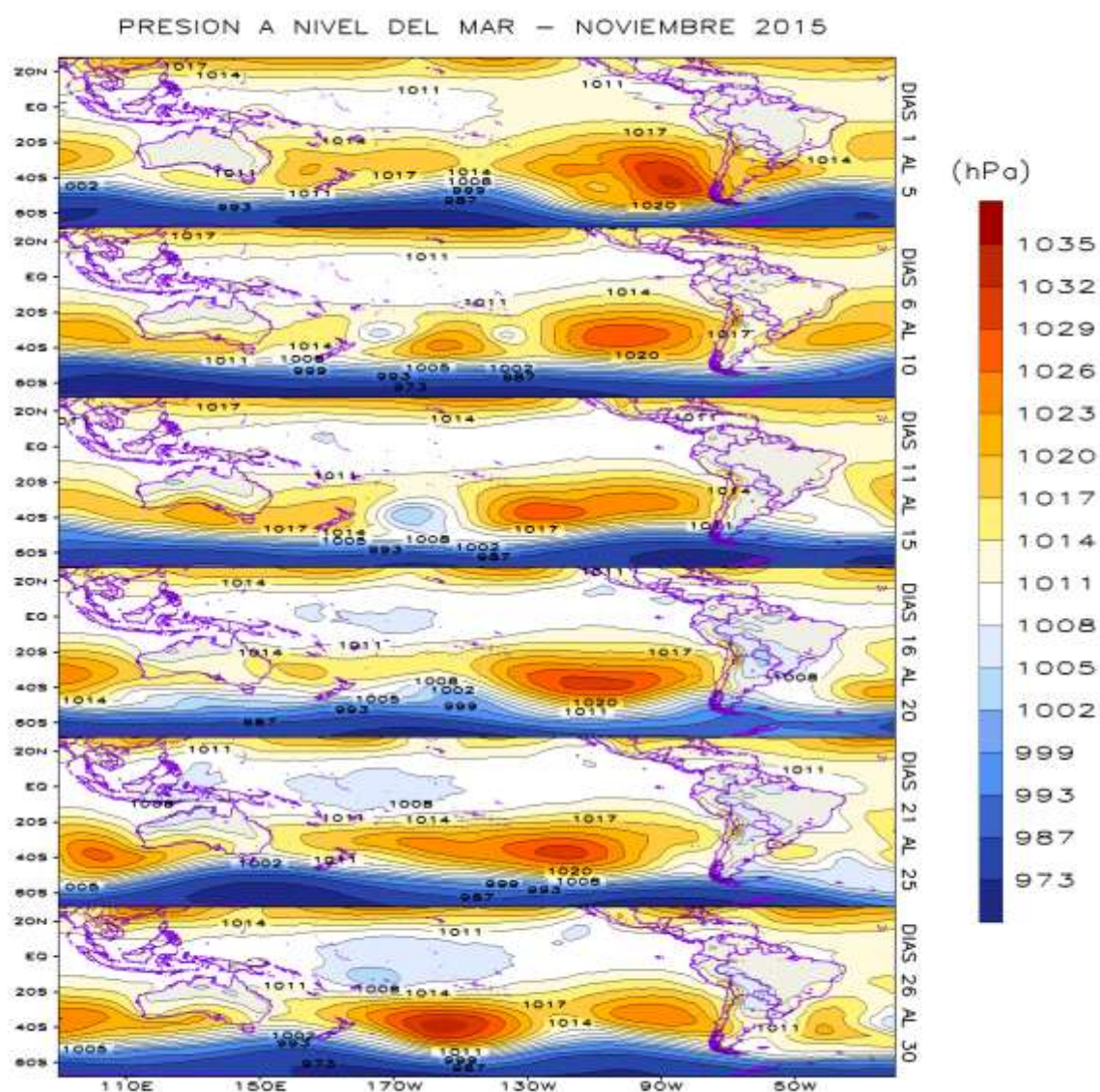
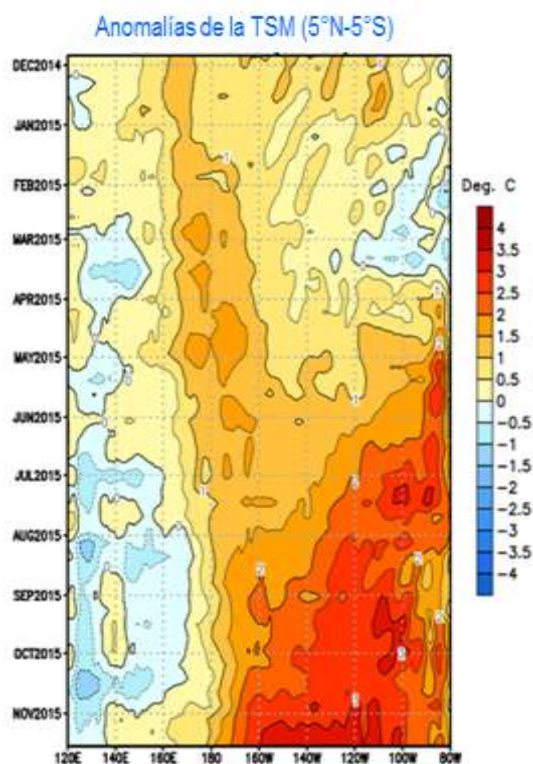


Figura 2.4.4 Análisis de la Presión atmosférica (hPa) a nivel medio del mar para noviembre del 2015. Datos: NCEP/NCAR Reanalysis. Procesamiento: SENAMHI.

a)



b)

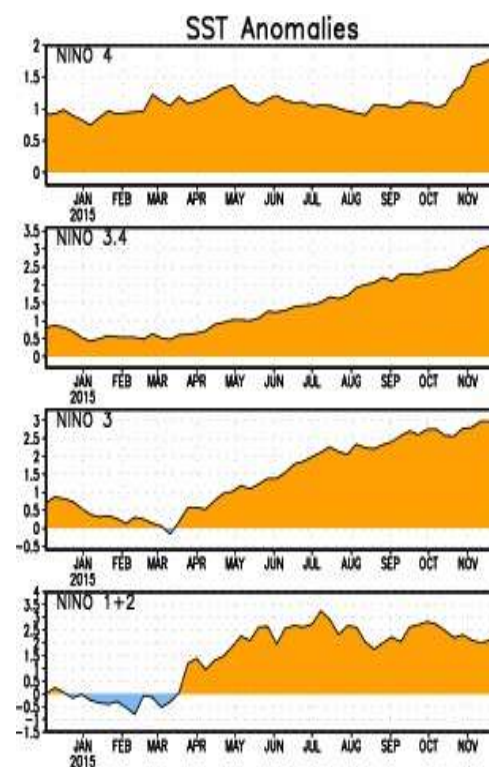


Figura 2.5.1. a) Anomalías de la temperatura superficial del mar (°C) en el océano Pacífico ecuatorial (5°N-5°S), b) Anomalías de la temperatura superficial del mar (°C) en las regiones Niño de noviembre de 2014 a noviembre de 2015. Fuente: NCEP/NOAA.

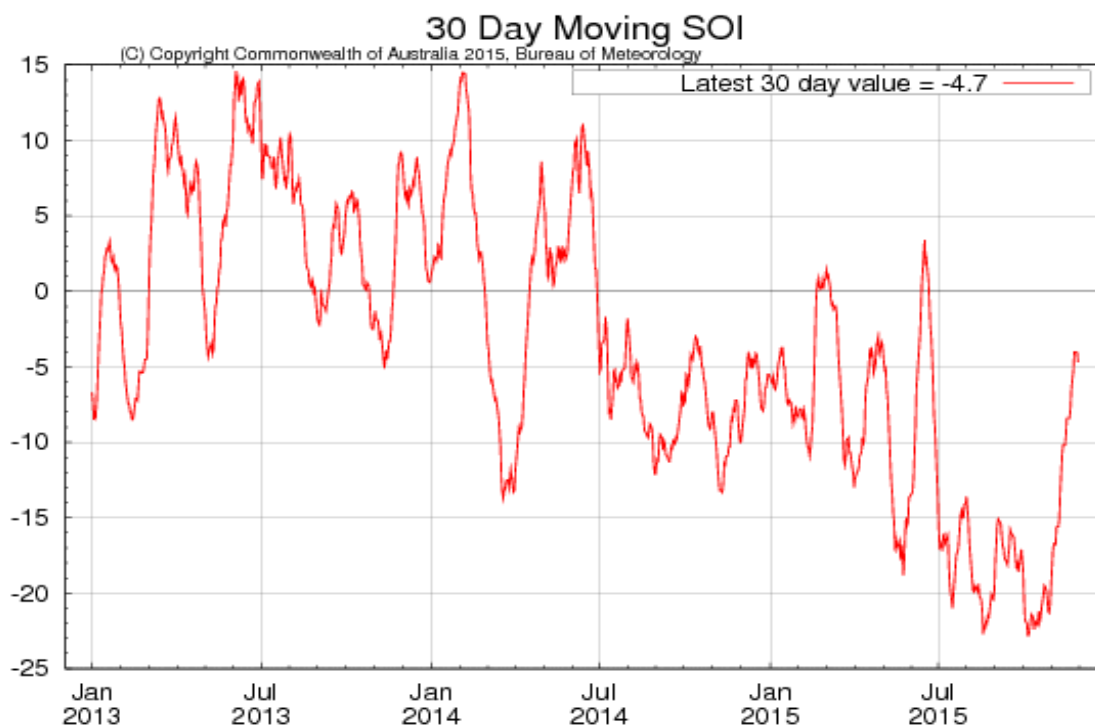
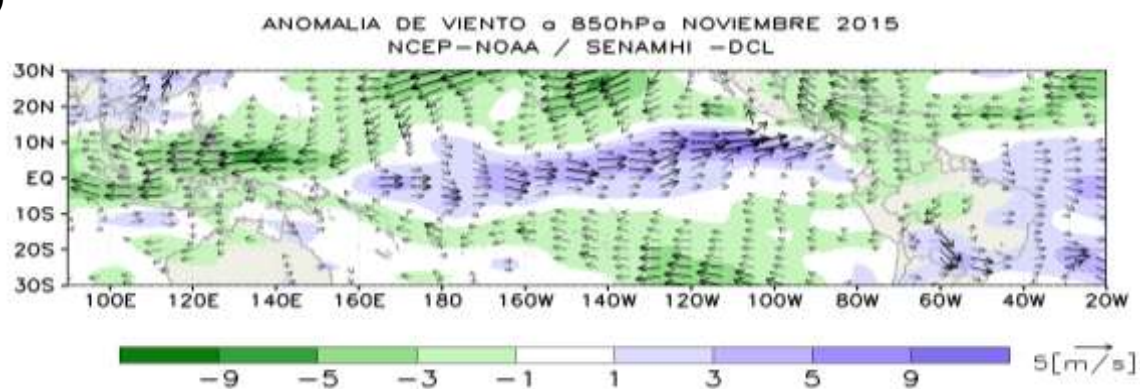


Figura 2.5.2. Evolución del Índice de Oscilación Sur (IOS), considerando la media móvil de 30 días. Fuente: Bureau of Meteorology, Australia.

a)



b)

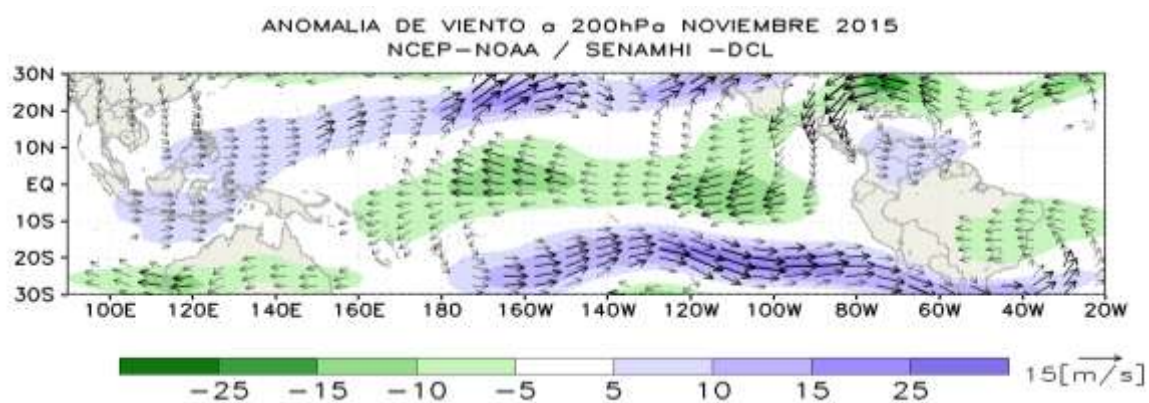


Figura 2.5.3. Análisis de anomalías del viento (m/s) en a) 850 hPa y b) 200 hPa para el mes de noviembre del 2015. Datos: NCEP/NOAA. Procesamiento: SENAMHI-DCL.

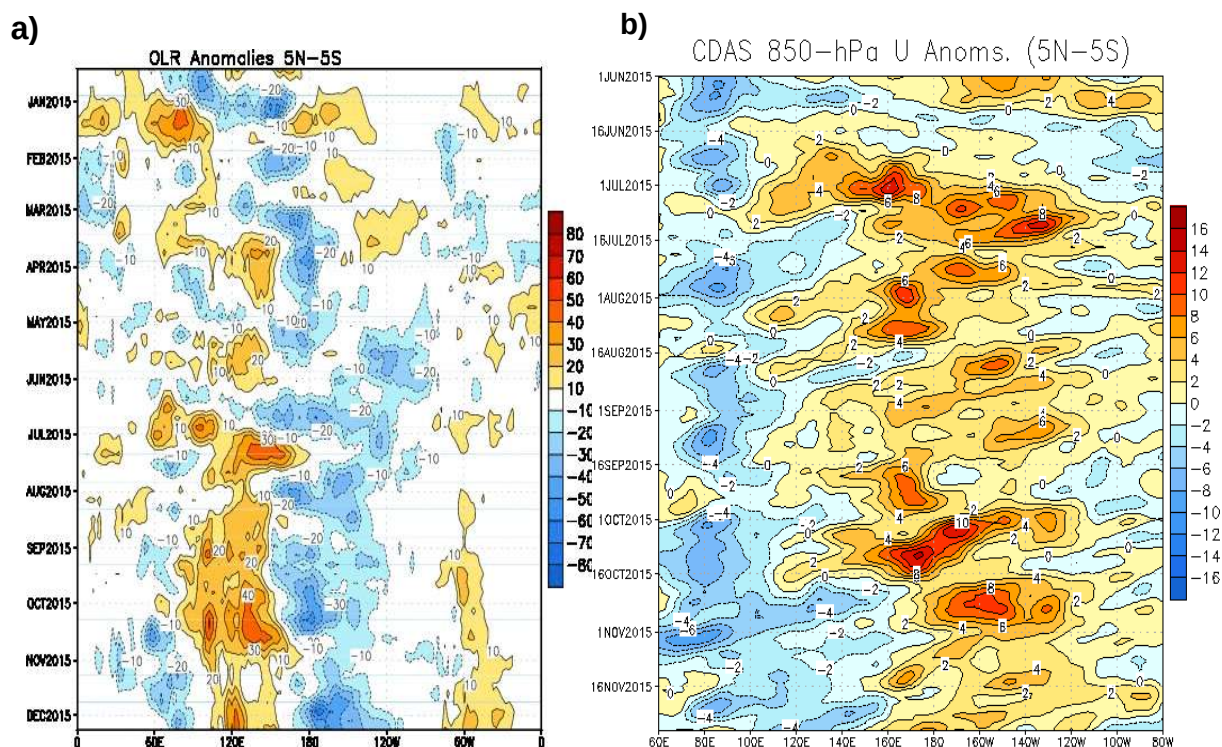


Figura 2.5.4. Hovmoller de anomalías de a) Radiación de onda larga - OLR (W/m²) desde el mes de diciembre de 2104 hasta diciembre de 2015. Datos: NCEP b) Viento zonal 850 hPa desde junio de 2015 hasta noviembre de 2015. Datos: CDAS, Procesamiento: SENAMHI DCL.

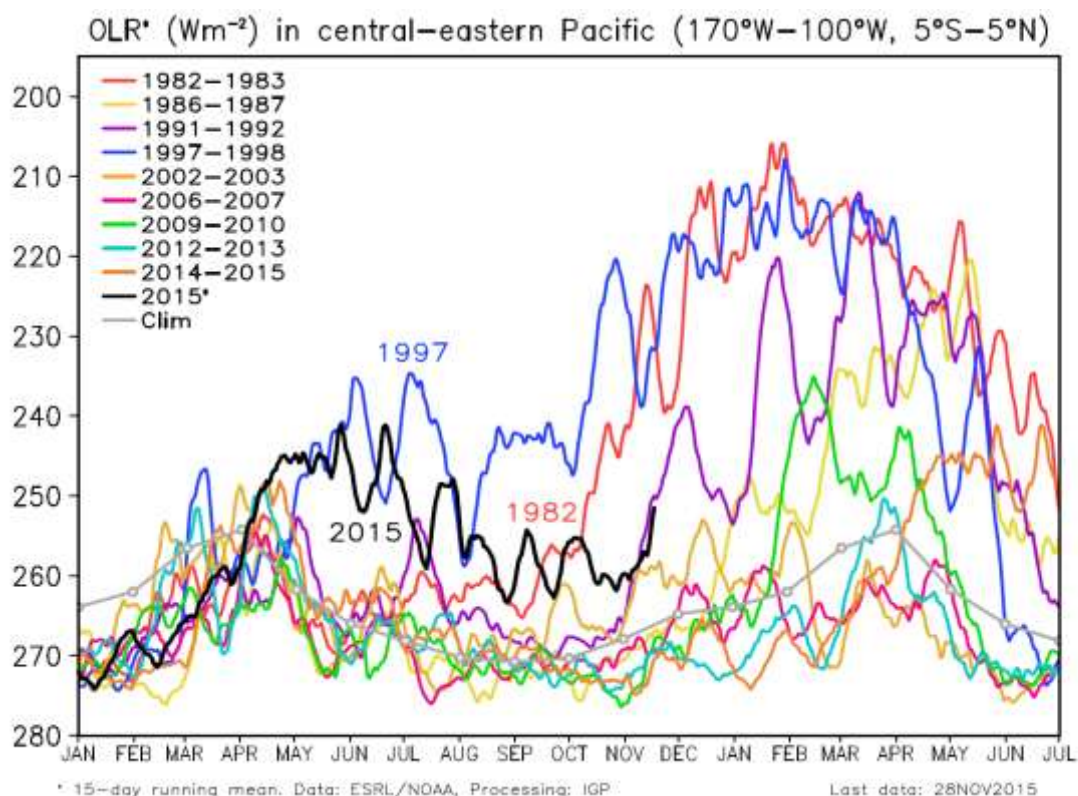


Figura 2.5.5. Radiación de onda larga - OLR (W/m^2) en el Pacífico central-oriental (170°W – 100°W , 5°S – 5°N) desde el mes de enero hasta el mes de julio del año siguiente. Datos: ESRL/NOAA, Procesamiento: IGP.

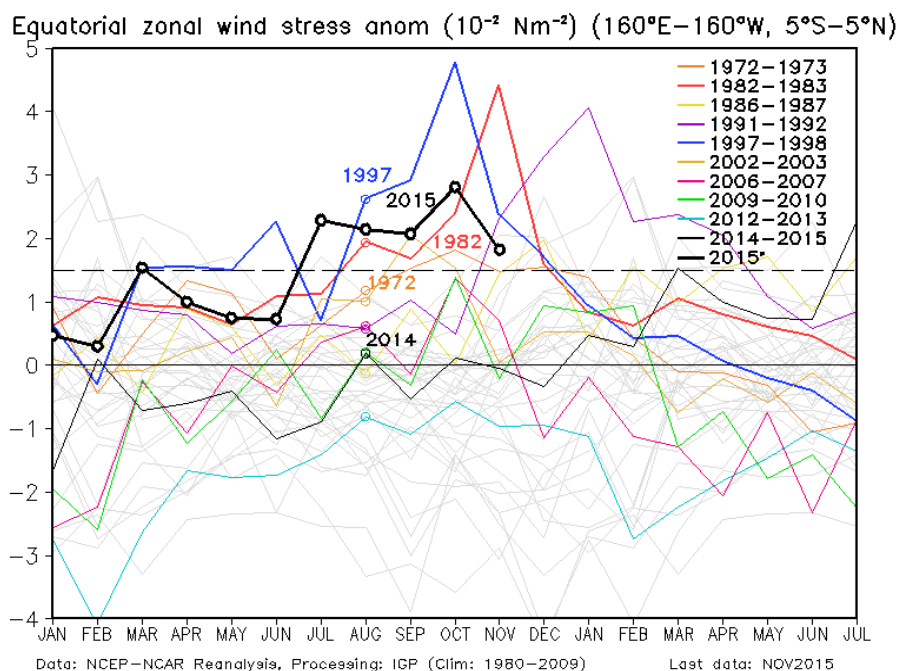


Figura 2.5.6. Anomalia del esfuerzo del viento zonal (10^{-2} Nm^{-2}) en el Pacífico central-oriental (160°E – 160°W , 5°S – 5°N) desde el mes de enero hasta el mes de julio del año siguiente. Datos: NCEP-NCAR, Procesamiento: IGP.

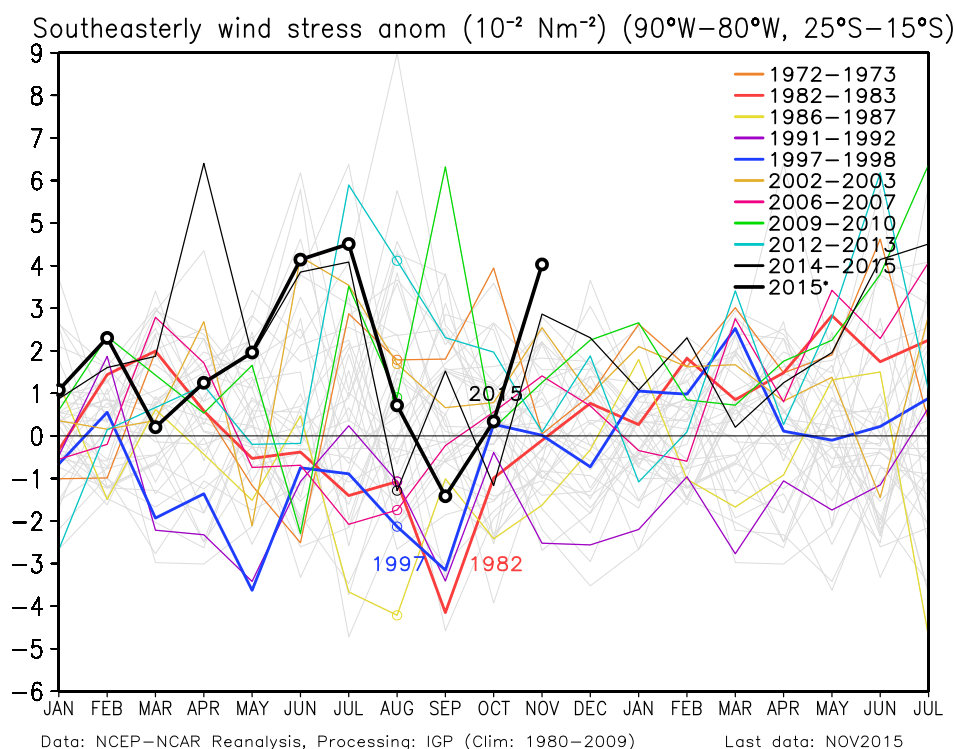


Figura 2.5.7. Anomalia del esfuerzo del viento zonal (10^{-2} Nm^{-2}) en el Pacífico oriental ($160^{\circ}\text{E}-160^{\circ}\text{W}$, $5^{\circ}\text{S}-5^{\circ}\text{N}$) desde el mes de enero hasta el mes de julio del año siguiente. Datos: ICOADS, Procesamiento: IGP.

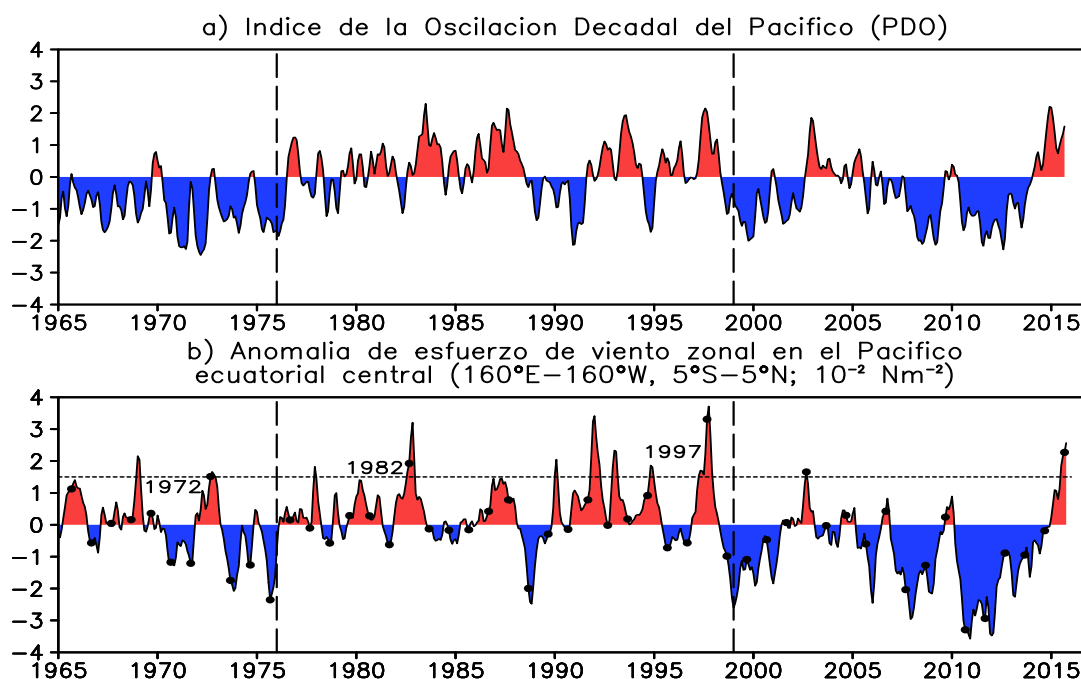


Figura 2.5.8. a. Índice de la Oscilación Decadal del Pacífico (PDO) y b. Anomalia de esfuerzo de viento zonal en el Pacífico ecuatorial central. Datos: JISAO/UW Y NCEP/NCA, Procesamiento: IGP.

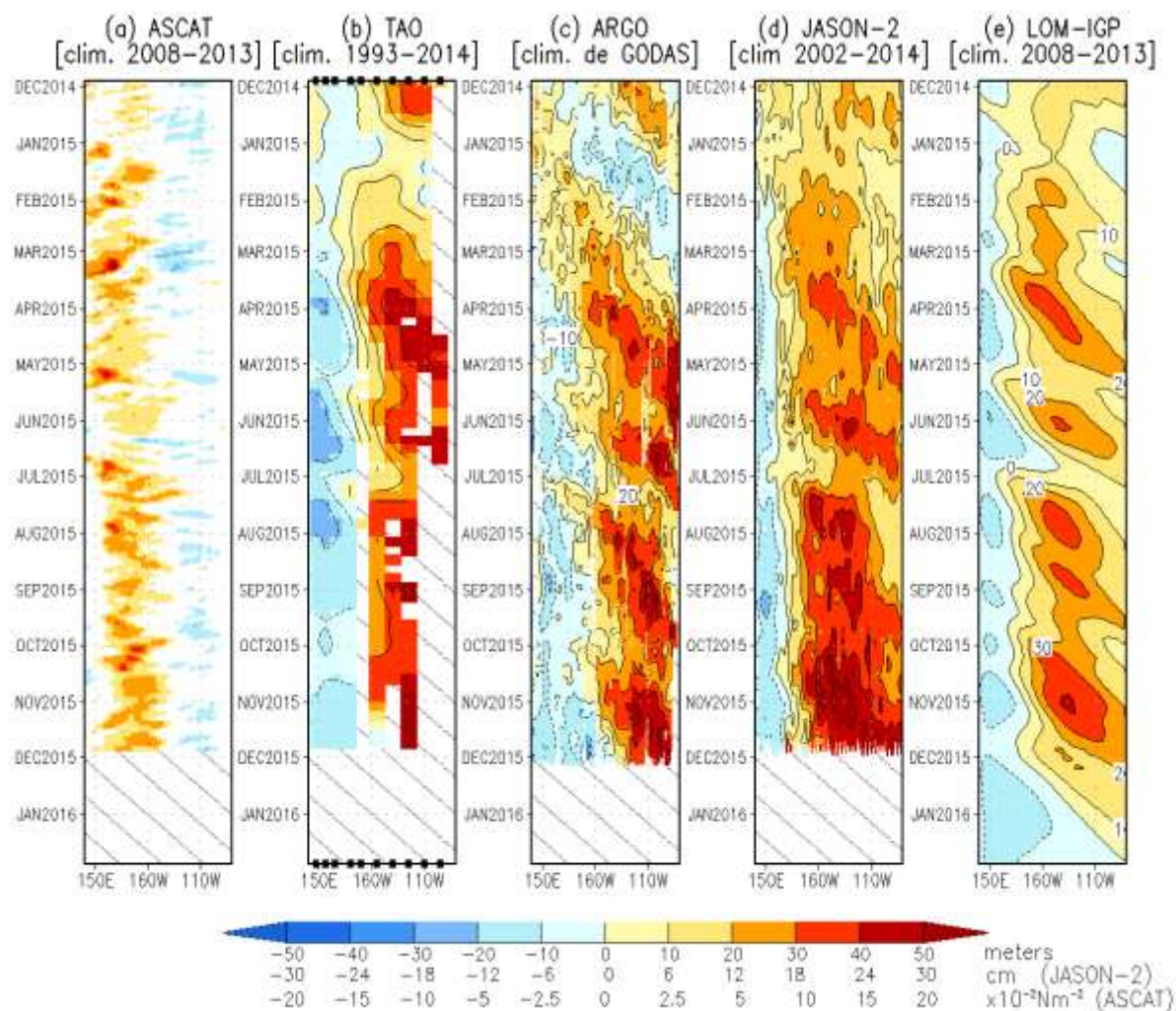


Figura 2.6.1. Diagrama longitud-tiempo de las anomalías de esfuerzo de viento zonal ecuatorial basado en datos del escaterómetro ASCAT (a), anomalía de la profundidad de la isoterma de 20°C con datos de TAO (b) y los derivadores de Argo (c), datos del nivel del mar de JASON-2 (d). Finalmente en (e) se muestra la anomalía de la profundidad de la termoclina calculada con el modelo LOM-IGP (forzado por ASCAT, y $\text{taux}=0$ para el pronóstico). 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.

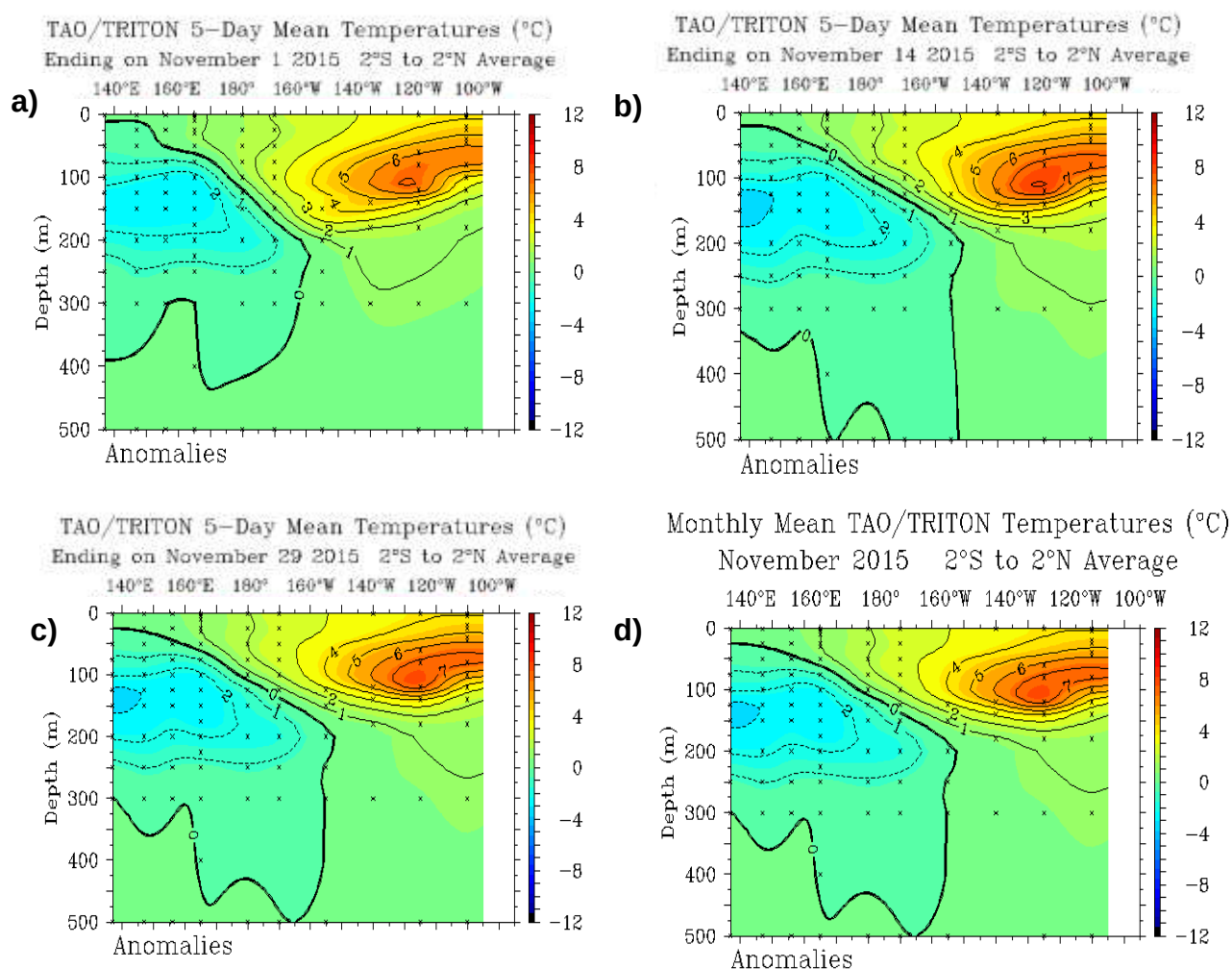


Figura 2.6.2. Anomalías de la temperatura sub-superficial del mar (°C) en el océano Pacífico ecuatorial entre los 2°N y 2°S promediadas cada cinco días finalizando los días a) 1 de noviembre, b) 14 de noviembre, c) 29 de noviembre, d) promedio mensual de noviembre de 2015. Fuente: TAO/TRITON, PMEL/NOAA.

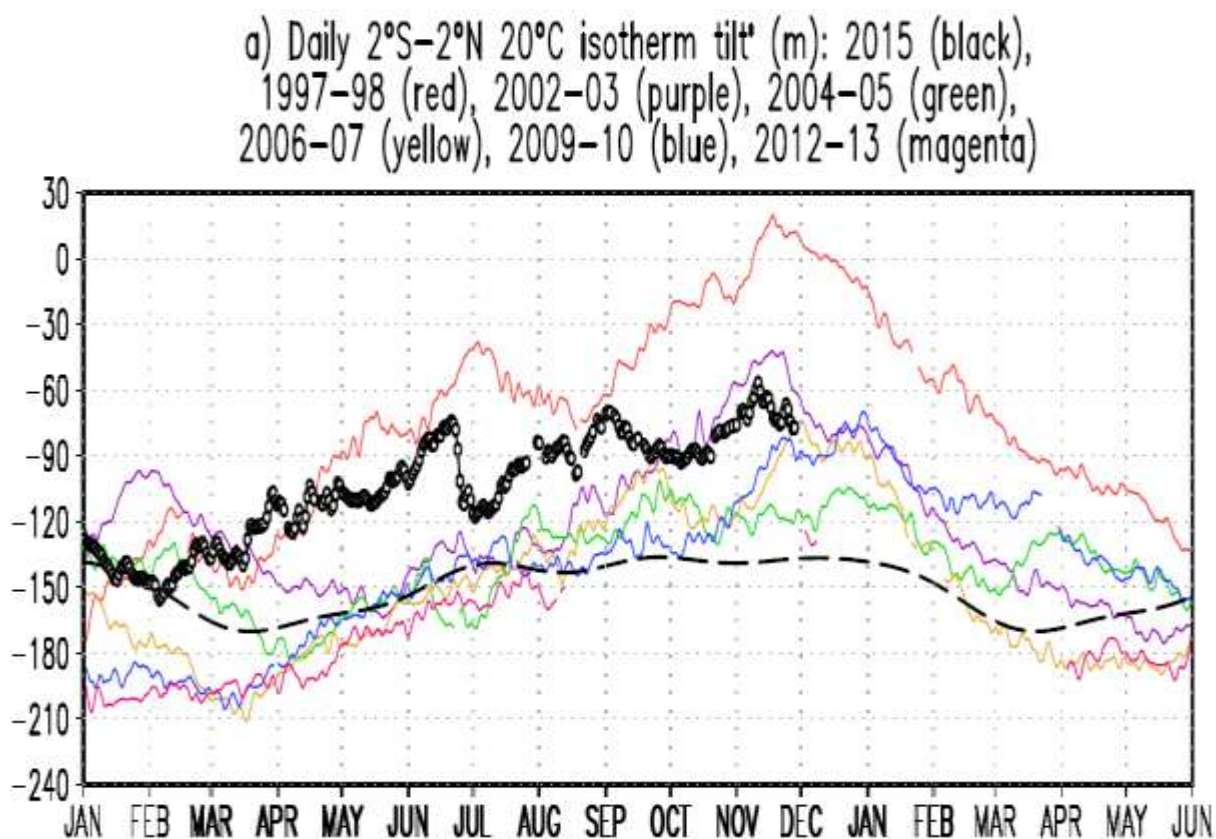


Figura 2.6.3. Inclinación de la termoclina, diferencia de la profundidad zonal del ajuste de la regresión lineal para la longitud (137°E – 95°W). Climatología 1993-2012 (punteado). Data: TAO/TRITON. Procesamiento: IGP

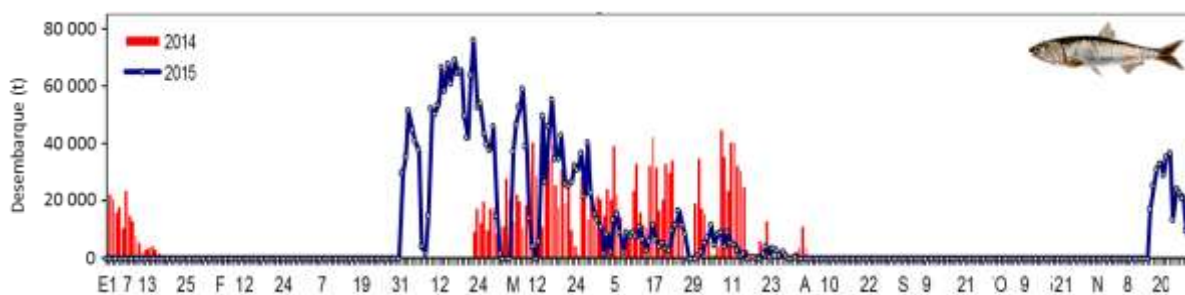


Figura 2.7.1. Desembarque diario de anchoveta en la Región Norte - Centro. Periodo 01 de enero al 30 de noviembre 2015. **Fuente:** IMARPE.

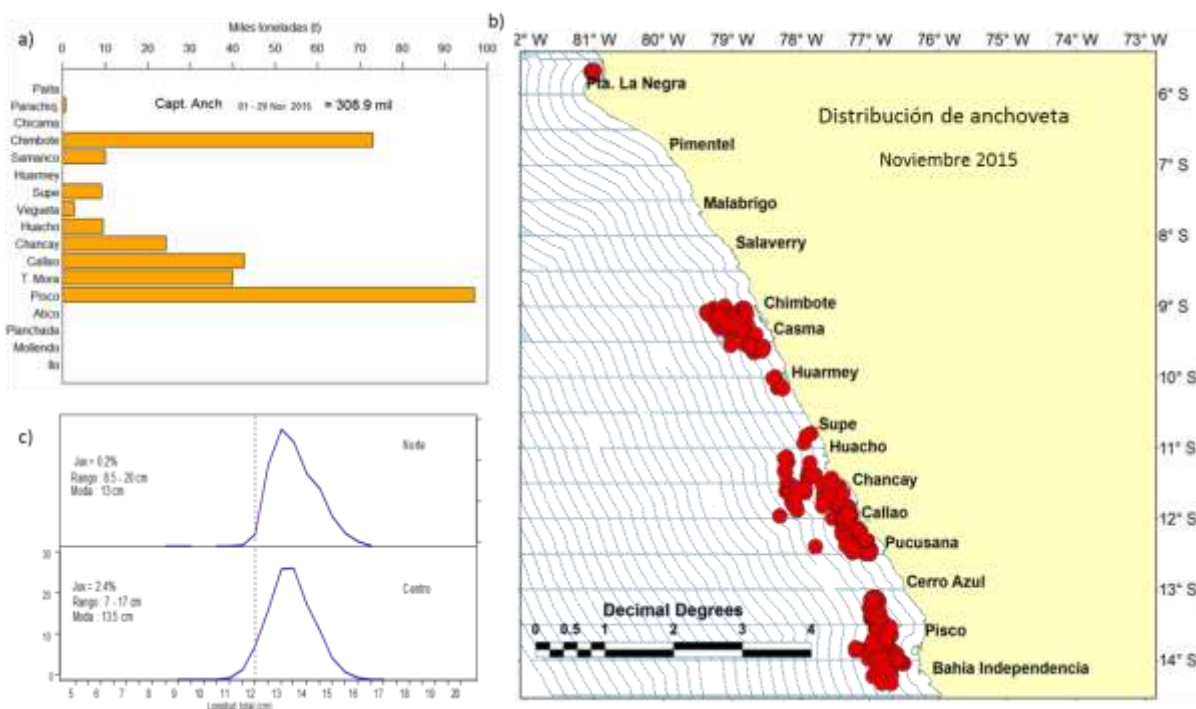


Figura 2.7.2. a) Desembarque mensual de anchoveta según puerto, b) Distribución de la anchoveta proveniente de la flota industrial y c) Estructura mensual de tallas anchoveta en la Región Norte – centro. Periodo: Noviembre 2015. **Fuente:** IMARPE.

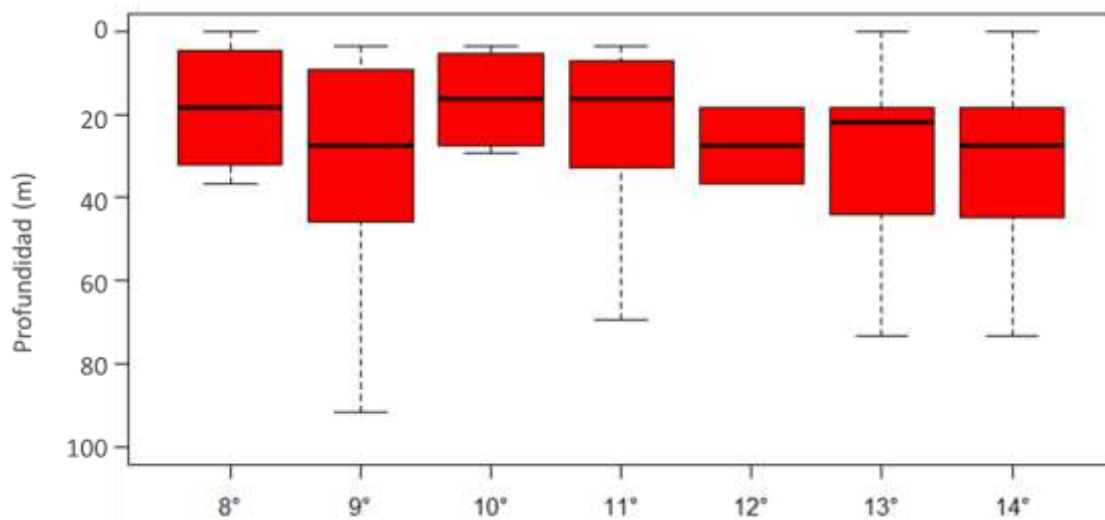


Figura 2.7.3. Profundidad de los cardúmenes de anchoveta en la Región Norte – centro según grado latitudinal. Periodo: Noviembre 2015. **Fuente:** IMARPE.

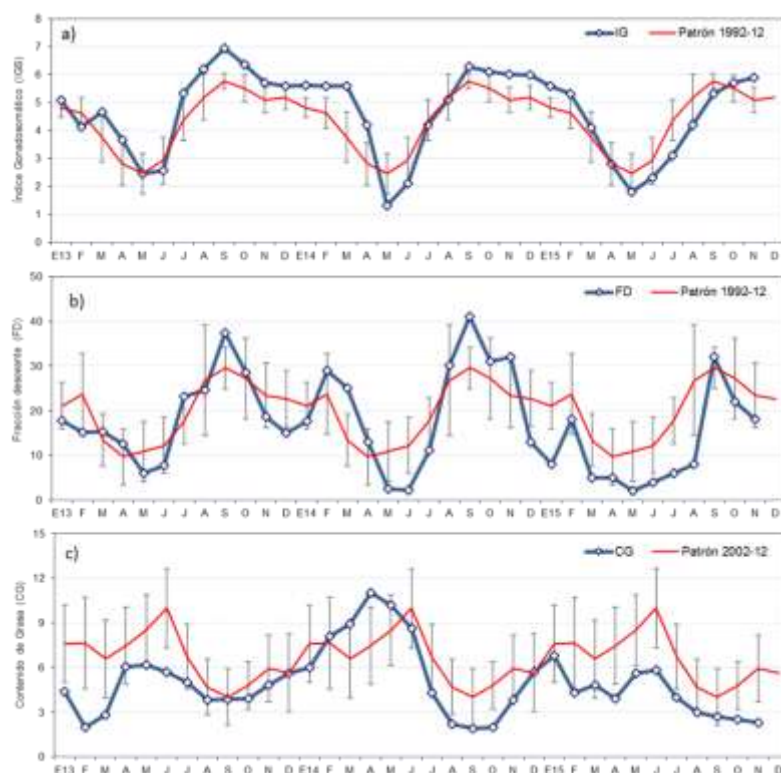


Figura 2.7.4. Indicadores reproductivos a) Índice gonadosomático (IGS), b) Fracción Desovante (FD) y c) Contenido Graso del stock norte – centro de anchoveta. Serie mensual: Enero 2013 – noviembre 2015. **Fuente:** IMARPE.

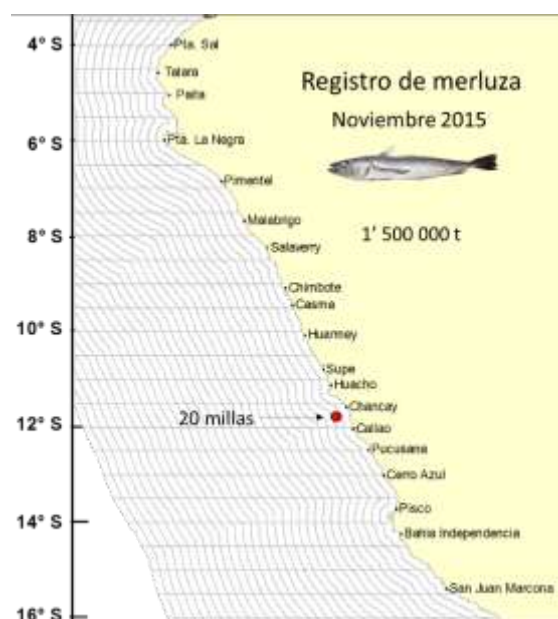


Figura 2.7.5. Presencia de merluza frente a Callao. Periodo: Noviembre 2015. **Fuente:** IMARPE.

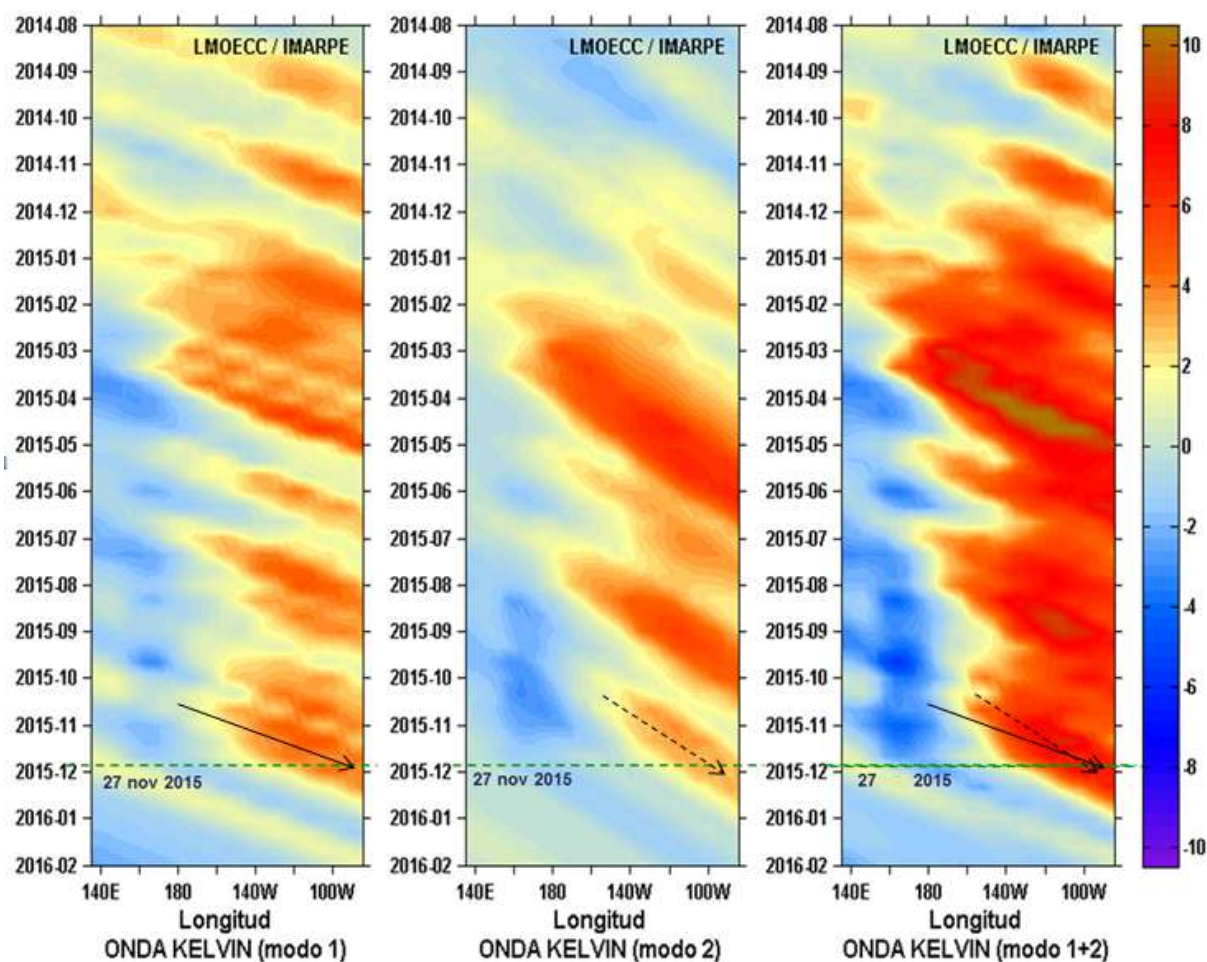


Figura 3.1.1. Diagrama Hovmöller longitud-tiempo de las ondas Kelvin en el océano Pacífico ecuatorial (0°N): (a) Modo 1, (b) Modo 2, (c) Modos 1+2 de la isoterma de 20°C (m) en la Pacífico Ecuatorial (2°S y 2°N). La línea discontinua horizontal, en verde, indica el inicio del pronóstico sin el forzante de vientos. Fuente: IMARPE, forzado con vientos de NCEP (Figuras a-c).

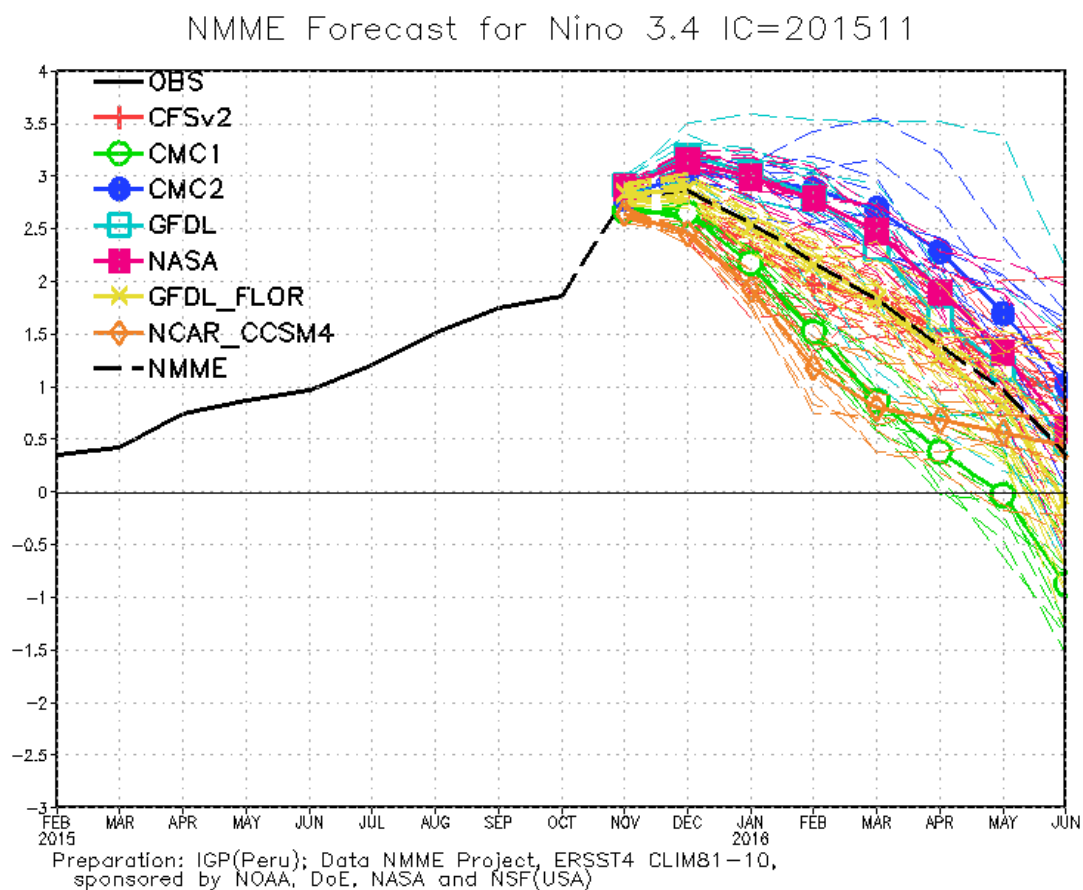


Figura 3.2.1. Índice Niño 3.4 mensual observado y pronosticado por los modelos de NMME.
Fuente: CPC/NCEP/NOAA.

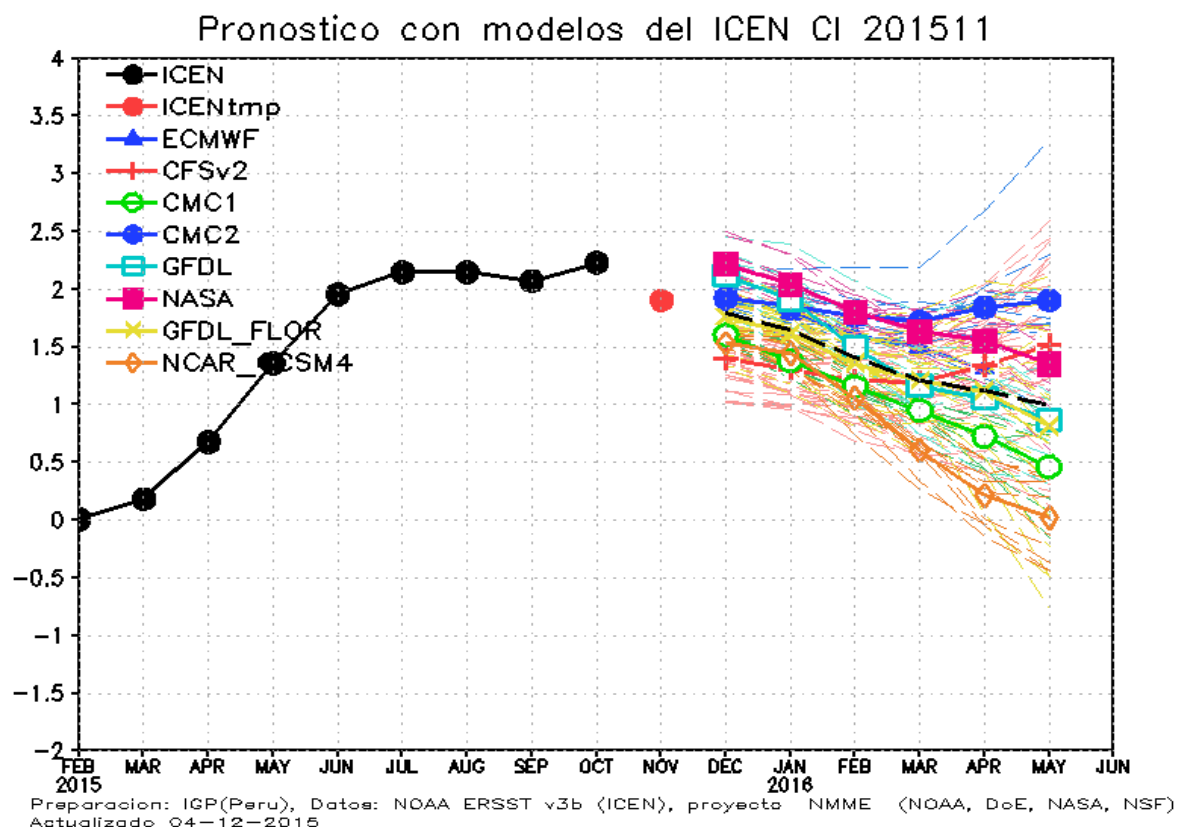


Figura 3.2.2. Índice Costero El Niño (ICEN, círculos llenos en color negro) y sus valor temporal (ICENTmp, círculo lleno en color rojo). Además, pronósticos numéricos del ICEN (media móvil de 3 meses de las anomalías pronosticadas de TSM en la región Niño1+2) por diferentes modelos climáticos. Las líneas entrecortadas corresponden a los miembros de los "ensembles". Los pronósticos de los modelos CFSv2, CMC1, CMC2, GFDL, NASA y NCAR tienen como condición inicial el mes de noviembre de 2015. El modelo ECMWF tiene como condición inicial el mes de noviembre de 2015. Fuente: IGP, NOAA, proyecto NMME, ECMWF.

7. TABLAS

Tabla 2.1.1. Anomalías mensuales de la temperatura superficial del mar (°C) y nivel medio del mar (cm) de julio de 2015 a noviembre de 2015. Fuente: Estaciones costeras – DHN.

Estación	Anomalías de la TSM (°C)					Anomalías de la NMM (cm)				
	Jul.	Aug.	Set.	Oct.	Nov.	Jul.	Aug.	Set.	Oct.	Nov.
Talara	2.5	1.2	2.5	3.2	3.0	10	12	16	13	18
Paita	2.8	2.1	3.2	3.2	2.8	12	13	17	15	19
Isla Lobos de Afuera	2.4	1.4	2.1	2.4	1.7	7	9	11	9	13
Chimbote	2.5	2.2	2.4	2.0	1.3	7	10	12	9	13
Callao	2.1	1.7	1.8	2.1	2.2	3	8	8	6	9
San Juan	0.8	1	1.1	1.1	1.7	3	8	13	11	11
Mollendo	1.5	0.8	2.3	1.6	1.0	-	-	-	-	-
Matarani	-	-	-	-	-	4	8	12	9	12
Ilo	1.9	0.7	1.8	1.5	1.1	-	-	-	-	-

Tabla 2.1.2. Valores del Índice Costero El Niño (ICEN) de enero de 2015 a octubre de 2015. Fuente: IGP

Mes	ICEN	Categoría
02/2015	0.01	Neutro
03/2015	0.18	Neutro
04/2015	0.68	Cálida Débil
05/2015	1.36	Cálida Moderada
06/2015	1.96	Cálida Fuerte
07/2015	2.15	Cálida Fuerte
08/2015	2.15	Cálida Fuerte
09/2015	2.07	Cálida Fuerte
10/2015	2.23	Cálida Fuerte

Mes	ICENTmp	Categoría
11/2015	2.12*	Cálida Fuerte
12/2015	1.96**	Cálida Fuerte

* Se usaron los datos de (Oct. Nov 2015) ERSST3v, (Dic 2015) NMME

** Se usaron los datos de (Nov. 2015) ERSST3v, (Dic. y Ene. 2015) NMME

Tabla 2.2.1. Volumen de agua almacenado (hm³) en los principales reservorios.
Fuente: ANA

Zona	Nombre del Reservorio	Fecha Reporte	Departamento de Influencia	Capacidad Hidráulica (hm ³)		Capacidad Hidráulica Almacenada (%)	
				Útil	Almacenada		
Costa - Norte	POECHOS	30-nov	Piura	490,0	200,0	40,8	45
	SAN LORENZO	27-nov	Piura	193,0	40,4	20,9	
	TINAJONES	30-nov	Lambayeque	308,0	203,6	66,1	
	GALLITO CIEGO	27-nov	La Libertad	392,0	197,5	50,4	
Costa - Sur	CONDOROMA	30-nov	Arequipa	259,0	100,2	38,7	43
	EL PAÑE	30-nov	Arequipa	99,6	37,4	37,5	
	LOS ESPAÑOLES	30-nov	Arequipa	9,1	2,2	24,6	
	PILLONES	30-nov	Arequipa	78,5	32,6	41,5	
	EL FRAYLE	30-nov	Arequipa	127,2	73,5	57,8	
	AGUADA BLANCA	30-nov	Arequipa	30,4	16,7	54,8	
	PASTO GRANDE	09-nov	Moquegua	185,0	104,5	56,5	

Tabla 2.5.1. Anomalías semanales (centradas en los días 04, 11, 18 y 25 de noviembre 2015 y mensuales (de julio de 2014 hasta noviembre de 2015) de la temperatura superficial del mar (°C) en las regiones Niño. Fuente: NCEP/NOAA.

Regiones Niño	Anomalías de TSM semanales - 2015			
	Niño 1+2	Niño 3	Niño 3.4	Niño 4
04 Nov. 2015	2.1	2.8	2.8	1.7
11 Nov. 2015	2	3	3	1.8
18 Nov. 2015	2.1	3	3.1	1.8
25 Nov. 2015	2.4	3	3	1.8

Regiones Niño	Anomalías de TSM mensuales - 2014-2015			
	Niño 1+2	Niño 3	Niño 3.4	Niño 4
Jul. 2014	1.36	0.65	0.18	0.29
Ago. 2014	1.27	0.52	0.20	0.46
Sep. 2014	0.96	0.45	0.45	0.65
Oct. 2014	0.75	0.66	0.49	0.64
Nov. 2014	0.74	0.91	0.85	0.88
Dic. 2014	0.08	0.80	0.78	0.91
Ene. 2015	-0.39	0.36	0.53	0.86
Feb. 2015	-0.55	0.18	0.56	1.02
Mar. 2015	0.06	0.15	0.58	1.13
Abr. 2015	1.35	0.67	1.23	0.78
May. 2015	2.43	1.19	1.03	1.09
Jun. 2015	2.54	1.66	1.32	1.09
Jul. 2015	2.87	2.17	1.60	1.00
Ago. 2015	2.29	2.34	2.06	0.98
Set. 2015	2.57	2.63	2.28	1.04
Oct. 2015	2.43	2.70	2.50	1.20
P.T. Nov 2015	2.15	2.95	2.98	1.78

PT= Promedio Temporal

Tabla 2.7.1. Desembarque (t) acumulado de recursos pelágicos proveniente de la flota industrial (01 enero - 30 noviembre 2015). **Fuente:** AFIRNP/IMARPE.

Especie \ Flota \ Región		Año Calendario (01 Ene. al 29 Nov. 2015)					
		Norte	Centro	N+C	Sur	Total	%
Anchoveta	FI Acero	554 675	1803 948	2358 624	285 043	2643 666	83.65
	FI Madera	307 761	198 701	506 462	6 430	512 893	16.23
Sub-total		862 436	2002 650	2865 086	291 473	3156 559	99.88
%		27.32	63.44	90.77	9.23	100.00	
Sardina		0	0	0	0	0	0.00
Jurel		0	2	2	0	2	0.00
Caballa		784	1 901	2 685	0	2 685	0.08
Samasa		0	2	2	0	2	0.00
*Otros		778	163	941	32	973	0.03
Total		863 998	2004 718	2868 716	291 505	3160 221	100.00
%		27.34	63.44	90.78	9.22	100.00	

* Otros incluye principalmente: Barilete, bagre, munida, merluza y jurel fino.

Cifras preliminares de uso científico

Tabla 2.8 .1 Probabilidades acumuladas de las magnitudes de El Niño costero en el verano 2015-2016 (Diciembre 2015-marzo 2016)

Magnitud del evento durante Diciembre 2015-marzo 2016	Probabilidad de ocurrencia
El Niño costero débil o mayor	95%
El Niño costero moderado o mayor	90%
El Niño costero fuerte o mayor	40%
El Niño costero extraordinario	5%

Tabla 2.8 .2 Probabilidades de las magnitudes de El Niño costero en el verano 2015-2016 (Diciembre 2015-marzo 2016)

Magnitud del evento durante Diciembre 2015-marzo 2016	Probabilidad de ocurrencia
Normal o La Niña costera	5%
El Niño costero débil	5%
El Niño costero moderado	50%
El Niño costero fuerte (como en 1982-1983)	35%
El Niño costero extraordinario (como en 1997-1998)	5%

Tabla 2.8.3 Probabilidades de las magnitudes de El Niño en el Pacífico central en el verano 2015-2016 (Diciembre 2015-marzo 2016)

Magnitud del evento durante Diciembre 2015-marzo 2016	Probabilidad de ocurrencia
Normal o La Niña en el Pacífico Central	5%
El Niño débil en el Pacífico Central	5%
El Niño moderado en el Pacífico Central	15%
El Niño fuerte en el Pacífico Central	50%
El Niño muy fuerte en el Pacífico Central	25%