

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



INFORME TÉCNICO ENFEN

Año 1 N°7

Octubre 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° 7, octubre de 2015, **61 p.**

El Informe Técnico Enfen de octubre 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 **octubre de 2015** en el Perú y las perspectivas de variabilidad.



INDECI
INSTITUTO NACIONAL DE DEFENSA CIVIL

PRESENTACIÓN



Calm (r) Germán Vásquez Solís
Talavera

Presidente del Comité Multisectorial Enfen
Presidente del Consejo Directivo del Imarpe

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

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

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

Cordialmente,

Calm (r) Germán Vásquez Solís Talavera

TABLA DE CONTENIDOS

1. RESUMEN.....	9
2. CONDICIONES OBSERVADAS EN OCTUBRE 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
2.5 Circulación atmosférica y temperatura superficial en el Pacífico ecuatorial	14
2.6 Dinámica oceánica en el Pacífico ecuatorial.....	15
2.7 Recursos pesqueros e indicadores biológicos	16
3. PERSPECTIVAS	17
3.1 A corto plazo (semanas).....	17
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	57

Figuras:

2.1.1.	Anomalías de las temperaturas extremas del aire (°C) en la costa peruana de enero 2014 a octubre 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 octubre 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 octubre, b) 10 de octubre, c) 16 de octubre, d) 20 de octubre, e) 25 de octubre y f) 01 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).	29
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.	30
2.2.2.	(a) Precipitación acumulada (mm/mes) de octubre y (b) Climatología de la precipitación acumulada (mm/mes) de octubre. Datos: TRMM NCEP/NOAA. Procesamiento: SENAMHI.	31
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, b) Diagrama de Hovmöller para el periodo 2014 - 2015. Datos: AVISO. Procesamiento: IMARPE.	31
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 27 de octubre de 2015. Climatología: 1994- 2010. Fuente: IMARPE.	32
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 01 de noviembre de 2015. Fuente: IMARPE.	33
2.3.4.	Distribución vertical de: a) temperatura y b) anomalía de temperatura (°C), c) salinidad y d) anomalía de salinidad (ups) frente a Paita. Operación BIC Flores, realizada durante el 20 y 21 de octubre de 2015. Fuente: IMARPE.	34
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 18 y 19 de octubre de 2015. Fuente: IMARPE.	35
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 octubre de 2015. Datos: ASCAT. Procesamiento: IMARPE	36
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 octubre 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 octubre 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 octubre de 2014 a setiembre 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 octubre del 2015. Datos: NCEP/NOAA. Procesamiento: SENAMHI-DCL	42
2.5.4.	Hovmoller de anomalías de a) Radiación de onda larga - OLR (W/m ²) desde el mes de octubre de 2014 hasta octubre de 2015. Datos: NCEP b) Viento zonal 850 hPa., desde mayo de 2014 hasta octubre de 2015. Datos: CDAS, Procesamiento: SENAMHI-DCL	43
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.	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.	Índices de anomalías mensuales de: a - d) Temperatura superficial del mar en las regiones Niño, e) Esfuerzo de viento zonal en el Pacífico central, y f) Índice de Oscilación Sur. Los valores de setiembre se indican en rojo. Preparación: IGP.	46
2.5.9.	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.	47
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 tau _x =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.	48
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) 7 de octubre, b) 12 de octubre, c) 17 de octubre, d) 22 de octubre, e) 27 de octubre y f) 1 de noviembre de 2015. Fuente: TAO/TRITON, PMEL/NOAA.	49
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	50
2.7.1.	Desembarque diario de anchoveta en la Región Sur. Periodo 01 de enero al 31 de octubre 2015. Fuente: IMARPE.	51
2.7.2.	Distribución de la flota industrial cerquera de anchoveta en la región sur. Octubre 2015. Fuente: IMARPE.	51
2.7.3.	Estructura mensual de tallas anchoveta en la Región Sur. Periodo: Octubre 2015. Fuente: IMARPE.	51
2.7.4.	a) Desembarque mensual de anchoveta, b) Distribución de la anchoveta proveniente de la flota de menor escala y/o artesanal y c) Estructura mensual de tallas anchoveta según puerto en la Región Norte-centro. Periodo: Octubre 2015. Fuente: IMARPE.	52
2.7.5.	Indicadores reproductivos a) Índice gonadosomático (IGS), b) Fracción Desovante (FD) e indicador somático c) Contenido Graso (CG) del stock norte – centro de anchoveta. Serie mensual: Enero 2013 – octubre 2015. Fuente: IMARPE.	52
2.7.6.	Distribución de otras especies provenientes de la flota de menor escala y/o artesanal en la Región Norte – centro. Serie mensual: Enero 2013 – octubre 2015. Fuente: IMARPE.	53

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).	54
3.2.1.	Índice Niño 3.4 mensual observado y pronosticado por los modelos de NMME. Fuente: CPC/NCEP/NOAA.	55
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 octubre de 2015. El modelo ECMWF tiene como condición inicial el mes de octubre de 2015. Fuente: IGP, NOAA, proyecto NMME, ECMWF.	56

Tablas

Tabla 2.1.1.	Anomalías mensuales de la temperatura superficial del mar (°C) y nivel medio del mar (cm) de junio de 2015 a octubre de 2015. Fuente: Estaciones costeras – DHN.	57
Tabla 2.1.2.	Valores del Índice Costero El Niño (ICEN) de enero de 2015 a setiembre de 2015. Fuente: IGP	57
Tabla 2.2.1.	Volumen de agua almacenado (hm3) en los principales reservorios. Fuente: ANA	58
Tabla 2.5.1.	Anomalías semanales (centradas en los días 07, 14, 21 y 28 de octubre 2015 y mensuales (de junio de 2014 hasta octubre de 2015) de la temperatura superficial del mar (°C) en las regiones Niño. Fuente: NCEP/NOAA.	59
Tabla 2.7.1.	Desembarque (t) acumulado de recursos pelágicos proveniente de la flota industrial (01 enero - 31 octubre 2015). Fuente: AFIRNP/IMARPE.	60
Tabla 2.8.1.	Probabilidades acumuladas de las magnitudes de El Niño costero en el verano 2015-2016 (Diciembre2015-marzo2016)	61
Tabla 2.8.2.	Probabilidades de las magnitudes de El Niño costero en el verano 2015-2016 (Diciembre2015-marzo2016)	61
Tabla 2.8.3.	Probabilidades de las magnitudes de El Niño en el Pacífico central en el verano 2015-2016 (Diciembre2015-marzo2016)	61

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 octubre. Los promedios mensuales de los índices El Niño, los cuales están basados en la TSM en la región ecuatorial, presentaron valores positivos mensuales de: +1,2°C (Niño 4); +2,5°C (Niño 3.4); +2,7°C (Niño 3) y +2,43°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 +1,1°C (San Juan) hasta +3,2°C (Talara y Paita). Similarmente, las anomalías de la temperatura del aire continuaron positivas, con la máxima del aire de hasta +2,6°C en la estación de Alcantarilla (Lima), y +2,4 °C en la estación de Campo de Marte. Con respecto a la temperatura mínima del aire, se han registrado anomalías de hasta +2,7°C en la estación de Chusis en Piura, +2,6°C en la estación de Puerto Pizarro (Tumbes), y +2,5°C en la estación La Esperanza.

Las anomalías del nivel medio del mar (NMM), que se registraron en las estaciones mareográficas ubicadas a lo largo de la costa peruana, mostraron dos picos a inicios y fines de octubre. Asimismo, las anomalías disminuyeron ligeramente con respecto al mes anterior, con valores de alrededor de +13 cm por encima de lo normal en la costa norte, mientras que en la zona centro y sur alcanzaron +9 cm. Por otro lado, la anomalía de temperatura en los primeros 30 metros de profundidad, alcanzó en promedio el valor de +3 °C frente a Paita.

En promedio, los vientos a lo largo de la costa peruana presentaron anomalías positivas cercanas a su climatología, mientras que las anomalías negativas de presión atmosférica abarcaron no solo el área frente al litoral peruano, sino que incluso llegaron hasta los 20°N.

Las lluvias y los caudales en la costa norte y sierra sur del Perú se mantuvieron alrededor de lo normal. Los reservorios en la costa norte y sur cuentan, en promedio, con almacenamiento al 52% y 49% de su capacidad máxima, respectivamente. Así mismo, la cantidad de agua almacenada en los reservorios de la costa norte continuara disminuyendo debido a que ya se inició las campañas agrícolas.

En relación al sector pesquero, la anchoveta presentó una distribución dentro de las 10 millas náuticas (mn) al sur de Morro Sama (18°C). En la región norte-centro, frente a Chimbote (9 S°), Callao (12°S) y Pisco (13°S). Asimismo, los indicadores biológicos del stock norte-centro de anchoveta, como el Índice Gonadosomático (IGS) y Fracción Desovante (FD), muestran que la anchoveta del stock norte-centro se encuentra en el inicio de la declinación del periodo principal de desove. La caballa, la anchoa (especie indicadora de agua cálida), el jurel fino y el bonito, son otras especies registradas en la captura de la pesca a menor escala.

Las actuales condiciones atmosféricas/oceánicas del Pacífico ecuatorial continúan mostrando un acoplamiento de gran escala entre la atmósfera y el océano, con vientos del oeste, convección y temperatura del mar en el Pacífico central similares, aunque ligeramente menores, que las observadas en el año 1997 para esta época.

Estas condiciones favorecieron la formación de 3 pulsos de viento del oeste alrededor de la línea de cambio de fecha, durante la primera quincena de octubre.

El Índice Costero El Niño (ICEN, región Niño 1+2) correspondiente al mes de setiembre fue de $+2,07^{\circ}\text{C}$, lo cual corresponde a una condición cálida fuerte. Igualmente, el valor estimado para el mes de octubre corresponde a condiciones cálidas fuertes con un valor de ICEN_{tmp} de $+2,12^{\circ}\text{C}$. A pesar que El Niño costero viene declinándose ligeramente, se estima un 95% de probabilidad de que el evento se extienda hasta el próximo verano, con 45% 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 OCTUBRE DE 2015

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

Durante el mes de octubre, de acuerdo a las estaciones meteorológicas del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENMAHI), se han registrado anomalías positivas en las temperatura máxima del aire de hasta +2,6°C en la estación de Alcantarilla (Lima), y +2,4 °C en la estación de Campo de Marte (Lima). Con respecto a la temperatura mínima del aire, se han registrado anomalías positivas de hasta +2,7°C en la estación de Chusis (Piura), +2,6°C en la estación de Puerto Pizarro en Tumbes, y +2,5°C en la estación La Esperanza (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 la TSM (Figura 2.1.2), siendo de hasta 3,2°C en la estación de Talara y Paita. De norte a sur, las estaciones registraron anomalías promedio de +3,2°C en Talara, +3,2°C en Paita, +2,4°C en Isla Lobos de Afuera, +2,0°C en Chimbote, +2,1°C en Callao, +1,1°C en San Juan, +1,6°C en Mollendo, y +1,5 en Ilo (ver Tabla 2.1.1). Los datos de TSM registrados en las estaciones costeras de IMARPE son consistentes con la información anterior, sin embargo, en esta fuente de datos, la estación Pisco registró, durante este mes, anomalías de hasta -1°C (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 la primera semana del mes, anomalías de hasta +3,5°C entre la línea ecuatorial y 8°S, pero estos valores disminuyeron gradualmente hasta la tercera semana (Figura 2.1.4).

La comparación de las series temporales de la TSM y su anomalía durante el año 2015 (hasta la quincena de este mes) con respecto a los años 1972,1982 y 1997 (Figura 2.1.5) en la región Niño 1+2 según la información de microondas, las condiciones actuales se ubican entre lo que sucedió en los años 1982 y 1997, cercano al primer año durante la última quincena del mes. Por otro lado, según la información infrarroja, las condiciones actuales estuvieron debajo de dichos años durante la última quincena del mes. Por otro lado, en la región Niño 3.4, las anomalías durante este mes han sido comparables a la del año 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 +2,07°C para setiembre del año en curso, correspondiente a una condición Cálida Fuerte (ENFEN, 2012). Los valores temporales del ICEN (ICENtmp), basados parcialmente en los pronósticos de los modelos numéricos, para octubre y noviembre, es de +2,12°C y +2,05°C respectivamente, correspondiente a condiciones Cálida Fuerte (Figura 2.1.6b y Tabla 2.1.2).

Discusión: En general, en la costa peruana 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 +2,07°C) que se inició en abril de este año.

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, octubre 2015

Es importante indicar, que la información de la anomalía de la TSM obtenida por el sensor infrarrojo mostró valores inferiores al obtenido por el sensor de microondas esto, al parecer, como consecuencia de la alta nubosidad que estuvo presente en la región Niño 1+2. Cabe recalcar que la nubosidad encima de la superficie del mar no afecta el resultado de TSM obtenida por el sensor de microondas.

2.2 Precipitaciones e hidrología en la vertiente del Pacífico

Durante el mes de octubre, las condiciones hidrológicas se mantuvieron próximas al promedio de acuerdo a la estacionalidad (primavera) sobre la región occidental de los Andes (Figura 2.2.1). No obstante, en la estación El Ciruelo – Río Chira (Figura 2.2.1 b), a inicios de mes, se presentó un aumento en su caudal debido a precipitaciones que se dieron en las partes altas. Por otro lado, la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT) se posicionó, en promedio, en 5°N (principalmente en el Pacífico ecuatorial central y oriental). Además, se produjo el desarrollo de focos convectivos en el Pacífico central-occidental debido al calentamiento del océano y la actividad ciclónica presentada en esta región. La ZCIT en su aproximación sobre el continente mantuvo activa la cobertura nubosa y humedad sobre el norte-oeste de la Amazonía (Figura 2.2.2).

La capacidad de almacenamiento de los principales embalses es de 52% en la costa norte y 49% en la costa sur del país (Tabla 2.2.1). Estos valores son similares a los últimos cuatro años. Hasta la segunda quincena de octubre, el año hidrológico 2015-2016 en la vertiente del Pacífico se caracterizó por presentar condiciones normales, con tendencia ligeramente a ascender.

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 octubre no alcanzó valores que puedan contribuir al desarrollo de precipitaciones, esto como consecuencia de la época del año en la que nos encontramos, en la que se necesitan valores superiores a +4°C de anomalía de TSM (Woodman y Takahashi, 2014). Asimismo, el almacenamiento de los principales embalses en la costa norte y sur han disminuido respecto al mes anterior, esto refleja el desarrollo de las campañas agrícolas. Finalmente, las precipitaciones en la parte central y occidental del Pacífico ecuatorial fueron generadas, principalmente, por el acoplamiento entre el Océano y la Atmósfera.

2.3 Nivel medio del mar y temperaturas subsuperficiales 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 picos a inicios y fines del mes (Figura 2.1.2 b). Con respecto a los valores mensuales (Tabla 2.1.1), el litoral norte alcanzó, en promedio, anomalías de 13 cm por encima de lo normal, mientras que en el litoral centro y sur, las anomalías fueron en promedio como el mes anterior, es decir, +9 cm. La anomalía del nivel del mar para la franja de 100 Km desde la costa peruana, basada en altimetría satelital, se mantuvo, durante el presente mes, alrededor de 15 cm en el punto 90.125°W, 0.125°S (región de las islas Galápagos), mientras que las anomalías no sobrepasaron los 10 cm en las regiones ubicadas entre los 5°S y 14°S, y 14°S y 18°S. (Figura 2.3.1a).

El diagrama Hovmöller de la misma variable (Figura 2.3.1b), pero para una franja de 40 km, mostró a inicios de mes anomalías del orden de los 17 cm en el norte, mientras que a fines de octubre se presentaron valores entre los 10 y 16 cm al norte del Callao y menores a 10 cm al sur de esta zona.

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 19°C durante el mes de octubre y en los primeros 100 metros de profundidad (Figura 2.3.2 a). Estos valores estuvieron por encima de lo normal en los primeros 30 metros, ya que las anomalías fueron de +3°C, en promedio (Figura 2.3.2 b). Durante gran parte del presente mes la estructura halina mostró predominio de aguas de mezcla (ACF y ASS)² y con incidencia de AES, pero en menor proporción al mes anterior (Figura 2.3.2 c), mientras que la distribución de oxígeno mostró valores superiores a los 2mL/L sobre los 20 m de profundidad (Figura 2.3.2 d).

Con respecto a las variables oceanográficas medidas en el punto fijo frente a Chicama, la temperatura se encontró en un rango entre 16° y 19°C, y mostró un ligero decremento sobre los 60 m de profundidad debido al ascenso de las isotermas (Figura 2.3.3 a). En esta estación, tal como en Paita, también existió predominancia de aguas de mezcla, pero sin presencia de AES (Figura 2.3.3 b). Asimismo, el oxígeno mostró en toda la columna de agua ascenso de las iso-oxígenas, aunque con la parte superior de la capa mínima de oxígeno (0,5 mL/L) ubicada por debajo de los 80 m de profundidad (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 20 y 21 de octubre frente a Paita, mostraron una termoclina ubicada entre los 50 y 100 m de profundidad, con la isoterma de 15°C alrededor de los 150 m (Figura 2.3.4 a). Como consecuencia de esta estructura, las anomalías térmicas superiores a +2°C se localizaron, principalmente, por encima de los 100 m de profundidad, y con un máximo de +5°C alrededor de los 50 m y por fuera de las 60 millas de la costa (Figura 2.3.4 b). La estructura halina presentó fuerte incidencia de ASS sobre los 100 m de profundidad y en especial entre las 20 y 60 millas de costa (Figura 2.3.4 c), lo que produjo la existencia de un núcleo anómalo de alrededor de +0,2 ups sobre los 20 m de profundidad (Figura 2.3.4 d). Por debajo de estas capas se observó tendencia a la normalización dando como resultado anomalías menores a 0,05 ups.

Con respecto a la sección de Chicama, esta presentó, a diferencia de Paita, una termoclina menos estratificada alrededor de los 80 m de profundidad y con la isoterma de 15°C localizada entre 150 y 200 m de profundidad (Figura 2.3.5 a). En consecuencia, se registraron anomalías mayores a +1,0°C sobre los 100 m de profundidad (Figura 2.3.5 b). La estructura halina mostró presencia de aguas de mezcla y con mayor incidencia de ASS por fuera de las 80 millas de costa (Figura 2.3.5 c); no obstante, las anomalías fueron en promedio del orden de los +0,05 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 octubre. Asimismo, el Punto fijo de Paita y las secciones de Paita y Chicama, localizados en la zona norte, mostraron anomalías positivas para la temperatura sub-superficial.

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, octubre 2015

A pesar de que todavía no se ha producido el arribo del núcleo de la onda Kelvin, en la costa, las anomalías positivas en los datos de nivel del mar y la temperatura sub-superficial, en la región norte, se deberían a que la termoclina aún se encuentra profundizada en el extremo oriental, como consecuencia del fenómeno El Niño.

2.4 Circulación atmosférica en el Pacífico sudoriental

De acuerdo a los datos del satélite ASCAT, la velocidad de viento frente a la costa peruana (40 km de la costa), osciló entre 1 y 8 m/s durante este mes; 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 hasta 9 m/s entre 14°S y 16°S (Figura 2.4.1a). Con respecto a las anomalías de viento, durante la primera semana del mes, los valores negativos predominaron a lo largo del litoral peruano, siendo de hasta -2 m/s entre 7°S y 17°S. Sin embargo, en los siguientes días se observó anomalías positivas de hasta +3 m/s al sur de 15°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, presentó valores positivos cercanos a la climatología (Figura 2.4.2).

Con respecto al campo de presiones frente al litoral costero, este ha presentado anomalías negativas de hasta 1 hPa, debido a la persistencia de las anomalías positivas de la TSM (Figura 2.4.3b). Asimismo, el Anticiclón del Pacífico Sur (APS) no ha presentado un núcleo definido, sin embargo durante la segunda semana el APS ha alcanzado una máxima intensidad de 1029 hPa (120°W, 40°S). El resto del mes la intensidad del APS disminuyó y su inestabilidad se asoció a la incursión de sistemas de baja presión (Figura 2.4.4).

Discusión: Durante octubre, en promedio, las ligeras anomalías positivas de viento del sureste con tendencia comparable al de los años 1982 y 1997 (Figura 2.4.2), 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, ya que la dorsal del sistema APS se encontró ligeramente hacia el norte, aportando vientos hacia la costa del Perú.

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 central (Niño 3 y Niño 3.4), alcanzando a fines de octubre, núcleos de anomalías de hasta +4°C en el ecuador a los 112°W y 100°W (Figuras 2.1.4 e-f). La mayor anomalía semanal se registró en la región Niño 3 con +2,8°C como promedio de la última semana (Tabla 2.5.1). Por otro lado, los índices El Niño en la región ecuatorial continuaron con valores mensuales³ positivos: +1,06°C (Niño 4), +2,5°C (Niño 3.4), +2,7°C (Niño 3) y +2,43°C (Niño 1+2) (Tabla 2.5.1).

El promedio de los últimos 30 días de los valores del IOS, calculado desde el 02 al 31 de octubre, es de -19,6 (Figura 2.5.2), el cual se encuentra muy por debajo de lo normal, el cual es ± 7 , según la categorización realizada por la Bureau of Meteorology.

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

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 del año 1982 y 1997 (Figura 2.5.5).

En niveles bajos de la tropósfera (850 hPa) continúa el debilitamiento de los vientos alisios sobre el Pacífico central y occidental, mostrando anomalías significativas de vientos del oeste (Figura 2.5.3a y Figura 2.5.4 b). La magnitud de la anomalía de viento del oeste (160°E-160°W; 5°S-5°N) del presente mes continúa por encima del año 1982 pero por debajo de la del 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 octubre 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, con vientos del oeste en la zona occidental, convección y aumento de la temperatura superficial del mar en el Pacífico central. Además, el valor del IOS de octubre es consistente con el incremento de la convección en el Pacífico central y la disminución de la convección en el Pacífico ecuatorial occidental (Figura 2.5.4 a). En el Pacífico Central Oriental (160°E-160°W, 5°S-5°N), el esfuerzo de viento zonal fue, en promedio, de menor magnitud a las observadas en el año 1997, pero por encima del año 1982. Sin embargo, el valor de la misma variable en la región oriental (160°-120°W, 5°S-5°N) fue inferior a la que se presentó en octubre de 1982 y 1997 (Figura 2.5.7). Se puede especular que la variación decadal (PDO) estén influyendo en esta aparente inconsistencia en la evolución comúnmente conocida del fenómeno El Niño.

2.6 Dinámica oceánica en el Pacífico ecuatorial

En el mes de octubre los datos in situ de las boyas TAO/TRITON y los derivadores ARGO mostraron que la profundidad de la isoterma de 20°C ecuatorial entre 100° y 90°W, se profundizó más de +20m (Figura 2.6.1 c). Sin embargo, debido a la carencia de datos de los flotadores ARGO en las regiones más próximas a la costa sudamericana (80°W) no se pudo observar el comportamiento de la termoclina en este lugar. Por otro lado, los datos de ARGO ubicados alrededor de 160°W–95°W mostraron una profundización de la isoterma de 20°C superior a los +30m a partir de la segunda quincena del mes (Figura 2.6.1 c). Desde la tercera semana la profundización de la termoclina fue superior a +40m en la región próxima a los 120°W (Figura 2.6.1 c).

Durante los primeros días del mes, los datos de altimetría de Jason-2 mostraron anomalías positivas de aproximadamente +18 cm en las regiones próximas al continente (80°W). Sin embargo, en el resto del mes de octubre las anomalías positivas próximas a la costa disminuyeron y estuvieron alrededor de +15 cm. Por otro lado, en la región 170°E-120°W las anomalías del nivel medio del mar presentaron valores superiores a +24 cm, promedio mensual. Durante gran parte del mes, la anomalía del nivel medio del mar y profundidad de la isoterma de 20°C fueron menos intensos en las regiones próximas a 100°W (Figura 2.6.1. c y d).

Por otro lado, las temperaturas sub-superficiales ecuatoriales, según la información de las boyas del proyecto TAO/TRITON, presentaron anomalías positivas que alcanzaron los 7°C durante la primera quincena del mes en 110°W (Figura 2.6.2). A partir de la tercera semana el núcleo de la anomalía de la temperatura se mantuvo alrededor de +6°C y su ubicación estuvo entre los 100 m y 150 m (Figura 2.6.2). Asimismo, durante la primera quincena la inclinación de la profundidad de la termoclina ha mostrado un comportamiento similar a la segunda quincena del mes de setiembre, sin embargo, los últimos días del mes de octubre la inclinación de la termoclina ha disminuido debido a la llegada de la onda Kelvin (Figura 2.6.3).

Discusión: Las anomalías positivas de la profundidad de la termoclina y NMM en la región del Pacífico ecuatorial central responden a la presencia de la onda Kelvin cálida, forzada por anomalía de viento del oeste en la segunda quincena de setiembre e inicios de octubre, en su propagación hacia el extremo oriental del Pacífico. Esta onda, según la señal del nivel del mar, sería la más intensa observada en todo el desarrollo de El Niño. Según los resultados del Modelo Oceánico Lineal del IGP (LOM-IGP; Mosquera 2009, Mosquera et al. 2011 y Mosquera 2014) no se observa la formación de otras ondas Kelvin cálidas desde la quincena del mes de octubre (Figura 2.6.1 e).

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 31 de octubre ascendió a 2 851 262 toneladas (t). La especie *Engraulis ringens* “anchoveta” fue la de mayor desembarque con el 99,88% (Tabla 2.7.1).

Del 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 fue de 4 611 t, con una tasa promedio mensual de 167 t (Figura 2.7.1), correspondiente a un 1,03% de la cuota de 450 mil toneladas establecida.

El área de pesca se presentó dentro de las 10 millas náuticas (mn) al sur de Morro Sama (18°S), presentando una estructura de tallas de la anchoveta entre 10,0 y 14,0 cm de longitud total (LT), moda de 12,0 cm y 40,7% de juveniles (Figura 2.7.2). El área de pesca se presentó dentro de las 10 millas náuticas (mn) al sur de Morro Sama (18°S), presentando una estructura de tallas de la anchoveta entre 10,0 y 14,0 cm de longitud total (LT), moda de 12,0 cm y 40,7% de juveniles (Figura 2.7.3).

En la región norte – centro, la flota de menor escala y/o artesanal se presentó en tres núcleos principales, uno frente a Chimbote (9°S), Callao (12°S) y Pisco (13°S), evidenciando ejemplares adultos de anchoveta en la zona norte (Bayovar y Chimbote) y de ejemplares juveniles en Callao y Pisco con 11,9 y 22,3% respectivamente (Figura 2.7.4).

Los indicadores biológicos del stock norte-centro de anchoveta, como el Índice Gonadosomático (IGS) y Fracción Desovante (FD), muestran que la anchoveta del stock norte-centro se encuentra en el inicio de la declinación del periodo principal de desove (Figura 2.7.5).

Otras especies registradas en las capturas de la pesca de menor escala y/o artesanal fueron caballa (*Scomber japonicus*), y las especies indicadoras de aguas cálidas provenientes de la zona ecuatorial como la *Anchoa nasus* “samasa” y de la zona oceánica como *Decapterus macrosoma* “jurel fino” y *Sarda chiliensis* “bonito” (Figura 2.7.6).

Discusión: En octubre, la distribución de la anchoveta industrial, segunda temporada de pesca de la región sur, y la pesca artesanal y/o menor escala en la región norte – centro se concentró dentro de las 10 mn. Se evidenció el inicio de la culminación del proceso reproductivo de la anchoveta.

3. PERSPECTIVAS

3.1 A corto plazo (semanas)

El resultado 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), muestra perturbaciones positivas en el NMM y profundidad de la termoclina (que en estos modelos se asumen proporcionales entre sí) asociadas a ondas Kelvin. Asimismo, estas perturbaciones continuarán aproximándose a la costa peruana en el transcurso del mes de noviembre.

La onda Kelvin cálida, que se formó debido a los pulsos del viento en la segunda quincena de setiembre y que se ha fortalecido por los pulsos de vientos del oeste de la primera quincena de octubre, continúa su evolución hacia el extremo oriental. Según el modelo del IGP, se prevé que la onda cálida arribe al extremo oriental en la segunda quincena de noviembre (Figura 2.6.1 e). Asimismo, la simulación del modelo de IMARPE (Figura 3.1.1.c) muestra que la onda Kelvin cálida (modo 2) generada entre setiembre y octubre 2015, y la onda Kelvin cálida (modo 1) generada en octubre 2015, han sido reforzadas por las anomalías de los vientos del oeste en el Pacífico Ecuatorial Central y llegarían frente a las costas de Sudamérica entre fines de noviembre e inicios de diciembre 2015.

En cuanto a la amplitud, el modelo del IGP indica anomalías en la profundidad de la isoterma de 20°C de hasta +20 m llegando a la costa en la segunda quincena de noviembre. Con un núcleo superior a +50 m en 135° W (Figura 2.6.1 e). Por otro lado, la extrapolación de la señal en NMM observada, considerando una velocidad empírica de 2,6 m/s (Figura 2.6.1 d), indica que el núcleo llegaría en la última semana de noviembre, mientras que con una velocidad de 1,5 m/s, al este de 135°W (Mosquera-Vásquez et al., 2014), el núcleo en la profundidad de la isoterma de 20°C llegaría a inicios de diciembre (Figura 2.6.1 c).

Discusión: Se espera que; como consecuencia de la poca inclinación hacia el Este de la termoclina, la onda Kelvin cálida no se disipe en 120°W, tal como se observó en otros eventos El Niño (Mosquera-Vásquez et al, 2014). Por otro lado, según lo observado de las anomalías de viento calculados del satélite ASCAT, esta onda no se vería disminuida en su trayecto hacia el este, ya que no se observan anomalías de viento del Este en el Pacífico oriental. Esta onda, que próximamente debe mostrar su señal en el extremo oriental, 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, debido a que estacionalmente las temperaturas son bajas en esta época, las anomalías cálidas en la costa no resultarían en temperaturas absolutas suficientemente altas para generar lluvias intensas.

3.2 A mediano plazo (hasta 3 meses)

Según los datos de esfuerzo de viento zonal del satélite ASCAT, a lo largo del Pacífico ecuatorial entre 2°N y 2°S, no se observan anomalías de viento del este, entonces el núcleo de la onda Kelvin cálida arribaría al extremo oriental, según la simulación numérica, a fines de noviembre e inicios de diciembre (Figura 2.6.1 e). Las condiciones para diciembre e inicios del año 2016 sería mantener las anomalías positivas de la TSM y NMM en el océano Pacífico ecuatorial así como la profundización de la termoclina.

Por otro lado, 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 octubre, para los meses de noviembre y diciembre del 2015, 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 octubre, para los meses de noviembre y diciembre de 2015, indican condiciones cálidas fuertes principalmente (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 y CMC1 y ECMWF indican una magnitud moderada (37,5 %) y, por otro lado, los modelos CMC2, GFDL NASA, GFDL_FLOR y NCAR CCSM4 señalan una magnitud fuerte (62,5%) (Figura 3.2.2). El promedio de los modelos de NMME corresponde a evento El Niño de magnitud fuerte.

Discusión: Si la onda Kelvin cálida no se debilitaría por la intensificación de los vientos del este en el Pacífico Ecuatorial, según los modelos lineales de IGP e IMARPE, el núcleo arribaría a nuestras costas a fines de noviembre. Esta onda provocaría un incremento en las anomalías positivas del NMM, TSM y profundización de la isoterma en el Pacífico ecuatorial oriental. Estas condiciones no generarían lluvias intensas en los meses de noviembre y diciembre, con excepción de Tumbes y el norte de Piura donde podrían presentarse, esporádicamente, a partir de la segunda quincena de noviembre. Por otro lado, no se descarta que ocurran algunas lluvias de menor intensidad esporádicas en la parte baja de Piura en el mes de Diciembre.

Además, los pronósticos de los modelos climáticos indican principalmente condiciones El Niño costero de magnitud fuerte en los siguientes meses. Se sabe que la bondad de los pronósticos para noviembre y diciembre inicializados en octubre es alta, con correlaciones observadas alrededor de 0,82 (Reupo y Takahashi, 2014 a, b). Estos pronósticos son mejores que los inicializados en meses previos, ya que salió de la llamada “barrera de predictabilidad”.

3.3 A largo plazo (más de 3 meses)

La perspectiva a largo plazo se referirá, principalmente, para el verano 2015-2016 y está basada en la evolución actual del fenómeno El Niño, comparado con los eventos extraordinarios de los años 1997/1998 y 1982/1993. Además se considerará las variaciones decadales que pueden influir en el desarrollo de El Niño. El análisis de los tópicos mencionados nos permitirá establecer un pronóstico de probabilidades de magnitud del fenómeno El Niño para el verano 2015-2016. A continuación la lista de consideraciones:

1) En el evento El Niño fuerte de 1972-1973, los máximos valores del ICEN se observaron en julio de 1972, mientras que en los meses de diciembre de 1972 y enero de 1973 fueron condiciones moderadas, reduciéndose a débiles en febrero y neutro en marzo de 1973. Por otro lado, el evento El Niño extraordinario 1982-1983 presentó valores del ICEN correspondientes a i) condiciones fuertes ($> +2,3$) durante diciembre de 1982 y marzo de 1983; y ii) extraordinarias entre abril y julio de 1983. Las condiciones correspondieron a cálidas extraordinarias durante junio de 1997 a enero de 1998, y a fuertes entre febrero y junio de 1998 (Figura 2.1.7).

2) El índice de anomalías del esfuerzo del viento zonal (de oeste) en el Pacífico central (u_c) estimado con los datos de octubre del 2015 tiene un valor intermedio entre 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 2.5.9).

3) 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, en el extremo oriental, estén contribuyendo a que el impacto de las ondas Kelvin cálidas no sea superior al observado.

4) Por otro lado, se ha observado que en la escala de tiempo estacional, desde el año 2000 (inicio de la fase decadal fría), las fluctuaciones de los vientos alisios del este han mostrado una intensificación, lo cual implica vientos intensificados durante la primavera (Mosquera-Vásquez, 2015).

5) 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.

6) 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 diciembre (Figura 3.2.1), con algunos miembros de los ensembles excediendo los 3°C (Figura 3.2.1). Los modelos indican, en promedio, una disminución de las anomalías positivas de TSM para los meses entre enero y mayo. Por otro lado, los pronósticos 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 octubre, 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°C, lo cual solo se ha observado en 1972-1973, 1982-1983 y 1997-1998. Para el Pacífico oriental, las anomalías pronosticadas corresponden a condiciones cálidas entre moderadas y fuertes.

7) Los pronósticos de los modelos inicializados en octubre, 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°C, lo cual solo se ha observado en 1972-1973, 1982-1983 y 1997-1998. Para el Pacífico oriental, las anomalías pronosticadas corresponden a condiciones cálidas entre moderadas y fuertes.

Discusión: Actualmente, nos encontramos en presencia de condiciones cálidas consistentes con un evento El Niño costero fuerte cuyo pico habría sido en julio, con ligera declinación reciente (Comunicado Oficial ENFEN 19-2015). Similarmente, las anomalías positivas de las temperaturas del aire y la temperatura superficial del mar (TSM) en estaciones costeras han reducido su magnitud. En este aspecto, la evolución de las anomalías de la TSM en el Pacífico oriental (Niño 1+2) se asemeja a la de El Niño 1982-1983, estamos ante la presencia del evento El Niño, que hasta la fecha ha alcanzado la magnitud fuerte, y no hay garantía de que las condiciones actuales persistan con la misma intensidad hasta el verano. 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, se considera probable que estas anomalías podrían intensificarse nuevamente entre finales de noviembre y diciembre para lo cual las ondas Kelvin en curso tendrían que producir un efecto mayor en la TSM que lo observado recientemente. Para que se desarrolle un evento El Niño fuerte o extraordinario en el verano, el calentamiento deberá ser suficientemente elevado para activar los procesos de retro-alimentación 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 se considera que la probabilidad de que El Niño Costero se mantenga hacia el verano es 95% (Tabla 2.8.1). Se estima una probabilidad del 50% de que El Niño alcance una magnitud de fuerte o extraordinaria este verano (Comunicado Oficial ENFEN N°19-2015; Tabla 2.8.2), para que esto ocurra las anomalías de la TSM en el Pacífico oriental deben estar lo suficiente elevados para activar los procesos de amplificación asociados a la activación de lluvia intensa en esta región. Para ello, las ondas Kelvin cálidas en curso y otras generadas deberán tener un impacto mayor en la TSM en el Pacífico Oriental que lo observado recientemente.

La evaluación del ENFEN indica un 75% de probabilidad de que el Niño alcance una magnitud fuerte o muy fuerte para el Pacífico central (Comunicado Oficial ENFEN N°19-2015; 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 octubre las condiciones oceánicas y atmosféricas de la fase cálida de El Niño-Oscilación del Sur continúan. Las condiciones en el litoral costero fueron similares al mes de setiembre, aunque las anomalías de TSM fueron ligeramente mayores al mes anterior. 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. El NMM en el litoral norte fue de 13 cm por encima de lo normal, mientras que en el litoral centro y sur, las anomalías fueron, en promedio, como el mes anterior, +9 cm.

En la zona costera del Perú, el promedio de las anomalías de la TSM fue +3°C en la costa norte y + 2°C en el centro. En la misma región, las temperaturas extremas del aire continuaron por encima de lo normal, con anomalías promedio de +1,9°C para la temperatura mínima y de +2,1°C para la temperatura máxima.

En la Estación Fija Paita, localizada a siete millas náuticas de la costa, se registraron anomalías de +3°C en los primeros 30 metros de profundidad. El Índice Costero El Niño (ICEN) para el mes de setiembre fue +2,07 ° C, manteniendo la categoría Cálida Fuerte, al igual que en los meses de junio, julio y agosto.

Las lluvias y caudales en la costa del país en el mes de octubre se presentaron dentro de lo normal. Los reservorios en la costa norte y sur cuentan, en promedio, con almacenamiento al 52% y 49% de su capacidad máxima, respectivamente. Esta disminución respecto al mes anterior, refleja su utilización en las campañas agrícolas.

Con respecto a los pronósticos numéricos, estos indican que el evento podría intensificarse incluso hasta finales de 2015. Para la región costera en el verano 2015-2016, según la última nota técnica del ENFEN, existe 95% de probabilidad que el evento se extienda hasta el próximo verano, con 45% de que en esta segunda fase pueda alcanzar las magnitudes observadas al verano de 1982-1983 y 5% similares al verano 1997-1998.

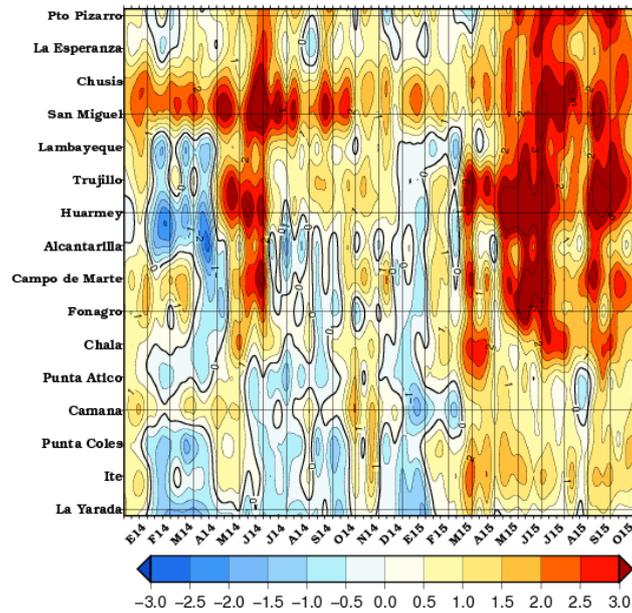
5. REFERENCIAS

- 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° 19-2015, 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.
- Mosquera-Vásquez, K., B. Dewitte and S. Illig, 2014: The Central Pacific El Niño Intraseasonal Kelvin wave, *Journal of Geophysical Research*, doi:10.1002/2014JC010044,
- Mosquera-Vásquez, K., 2015: La onda Kelvin intraestacional y el fenómeno El Niño del Pacífico Central. Tesis para obtener el grado de Doctor. Universidad Paul Sabatier, Francia.
- 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)

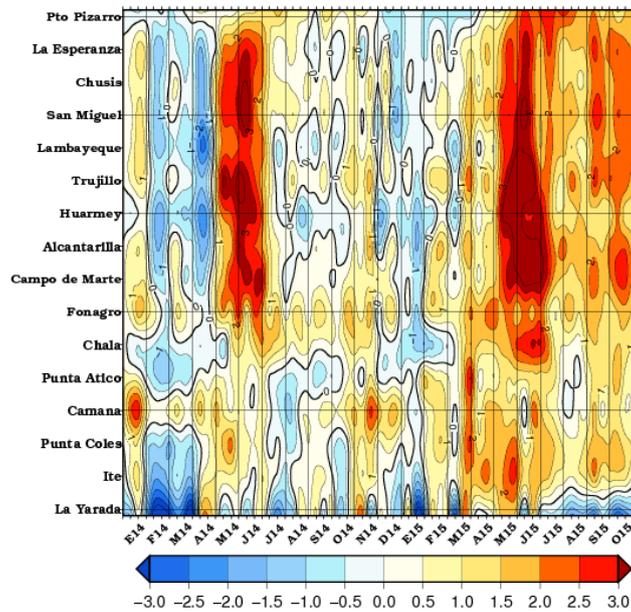
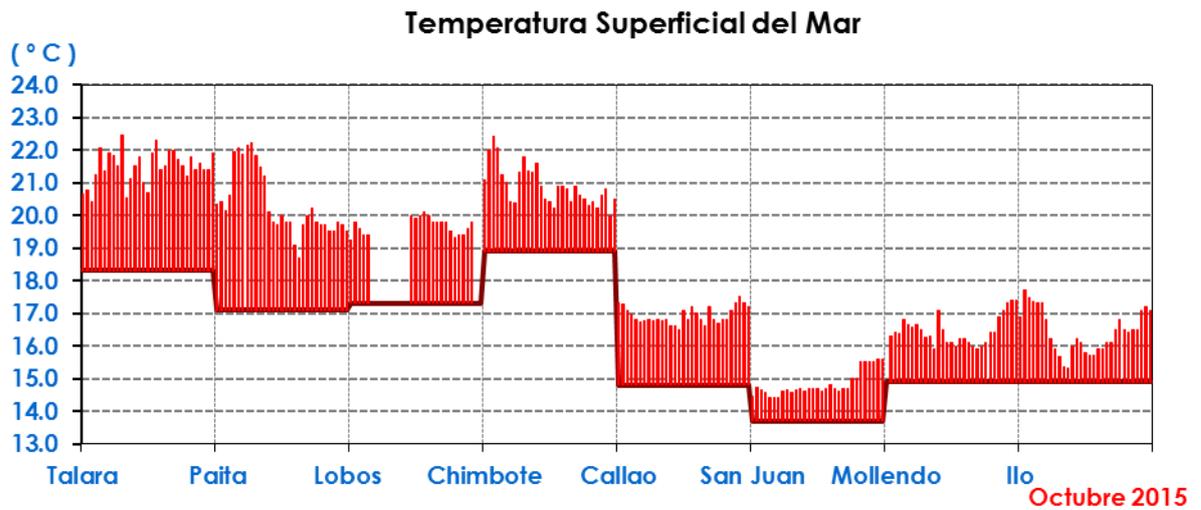


Figura 2.1.1. Anomalías de las temperaturas extremas del aire (°C) en la costa peruana desde enero 2014 a octubre de 2015. a) Temperatura máxima (imagen superior) y b) Temperatura mínima (imagen inferior). Fuente: SENAMHI

a)



b)

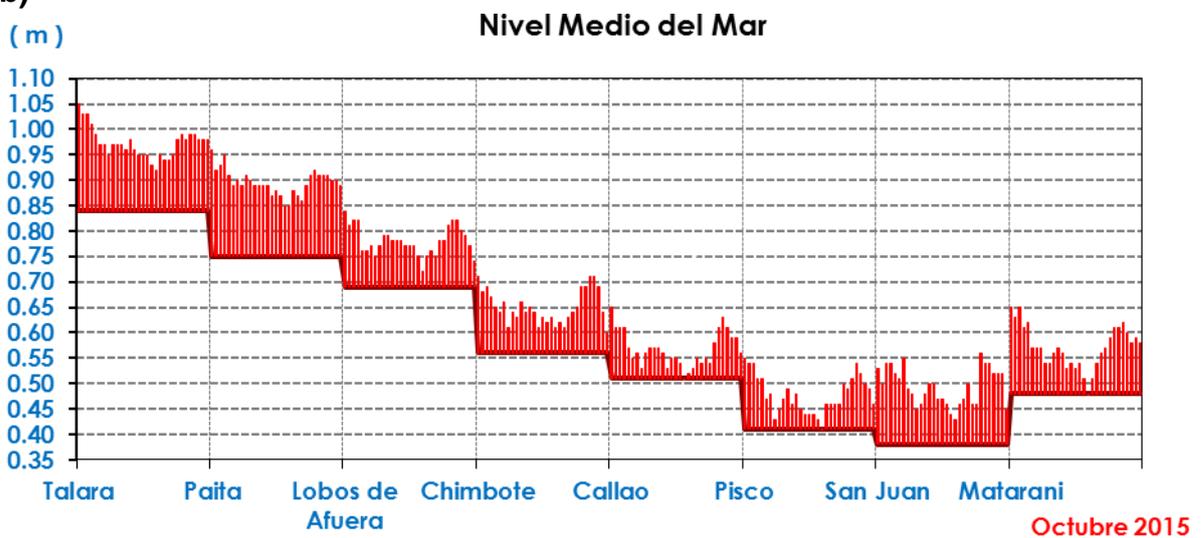


Figura 2.1.2. Serie de tiempo diaria de: a) Temperatura superficial del mar (°C) y b) Nivel medio del mar (m) en el litoral peruano durante el mes de octubre de 2015. Procesamiento: DHN

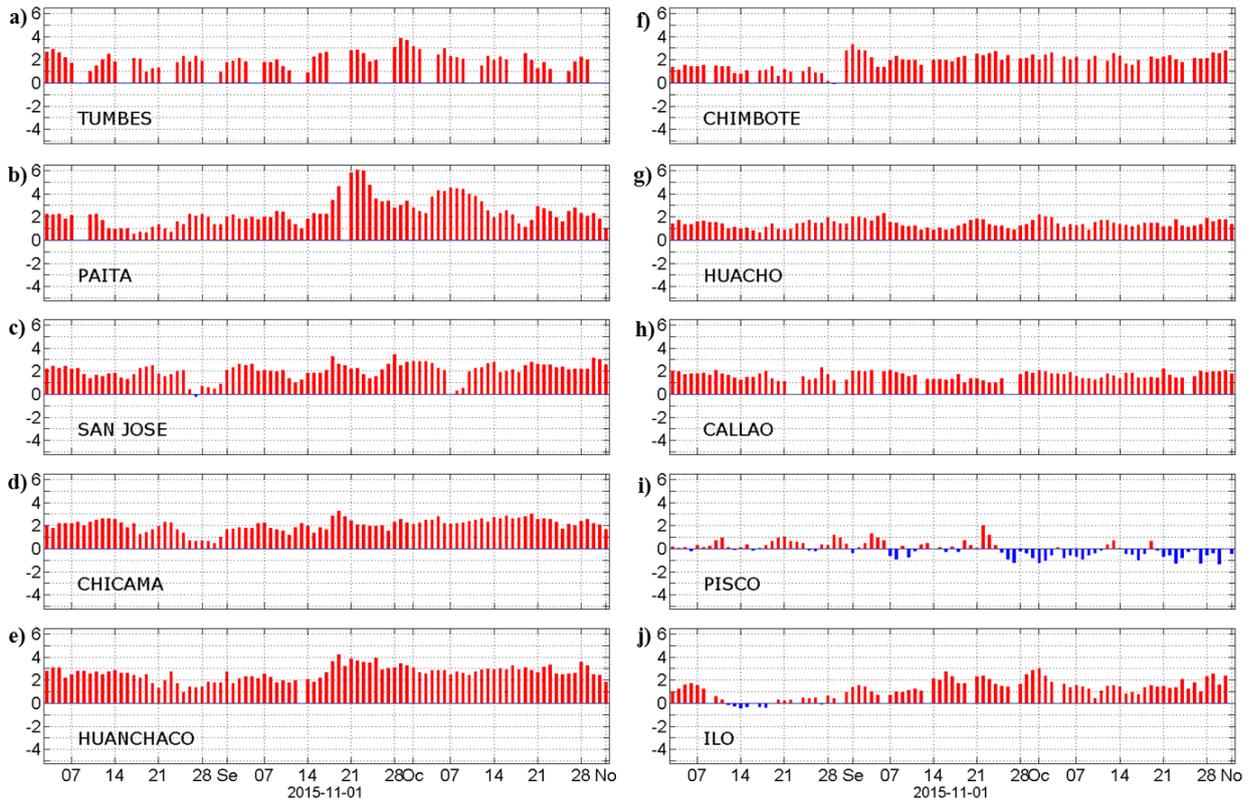


Figura 2.1.3 Series diarias de Anomalías de TSM registradas en estaciones costeras del IMARPE. Procesamiento: Laboratorio de Hidro-Física Marina, IMARPE.

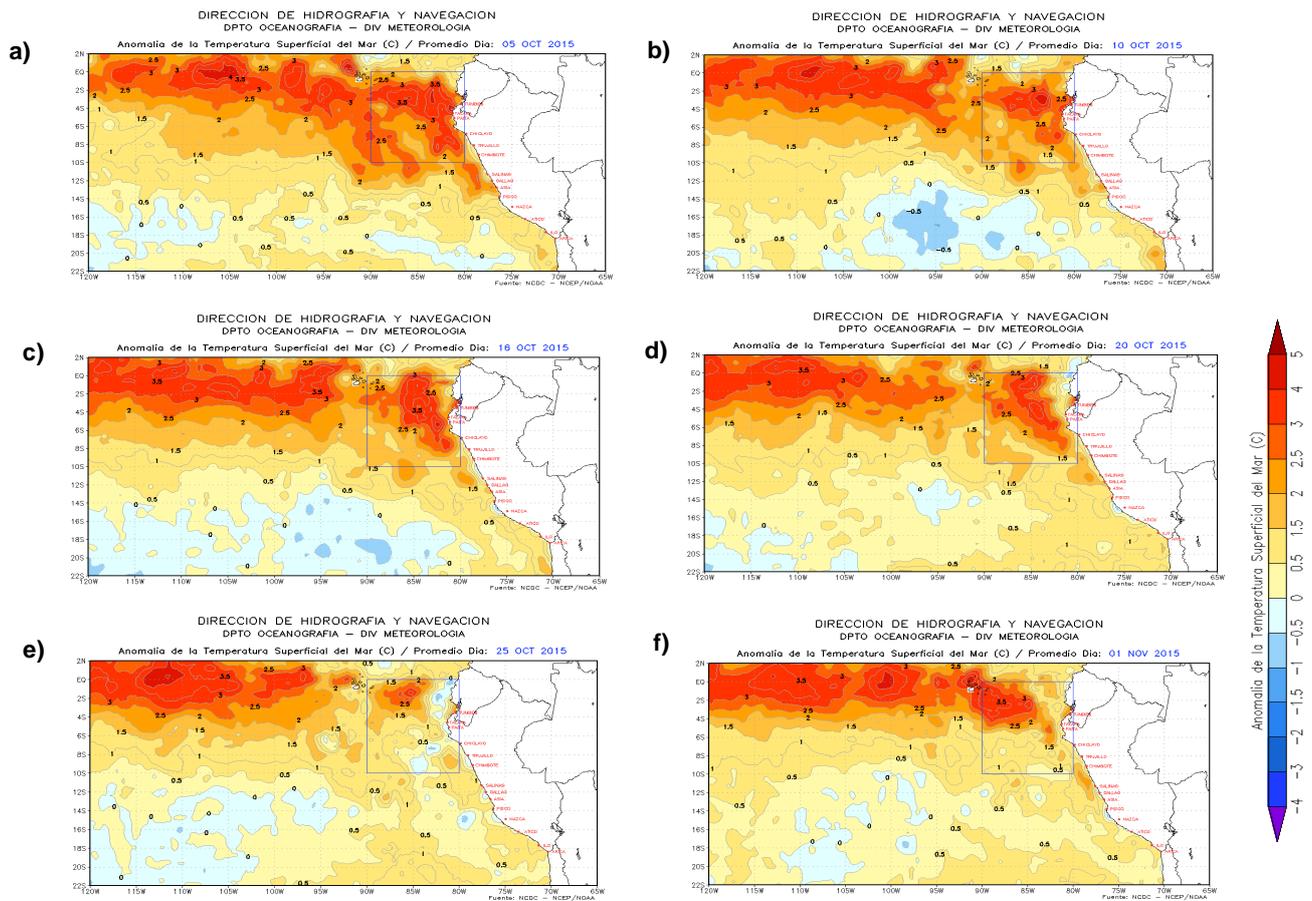


Figura 2.1.4. Anomalías de la temperatura superficial del mar (°C) en el océano Pacífico oriental para los días a) 5 de octubre, b) 10 de octubre, c) 16 de octubre, d) 20 de octubre, e) 25 de octubre y f) 1 de noviembre de 2015. La línea sólida en color azul indica el límite externo de la región Niño 1+2. Datos: NCEP/NCEP/NOAA. Procesamiento: DHN

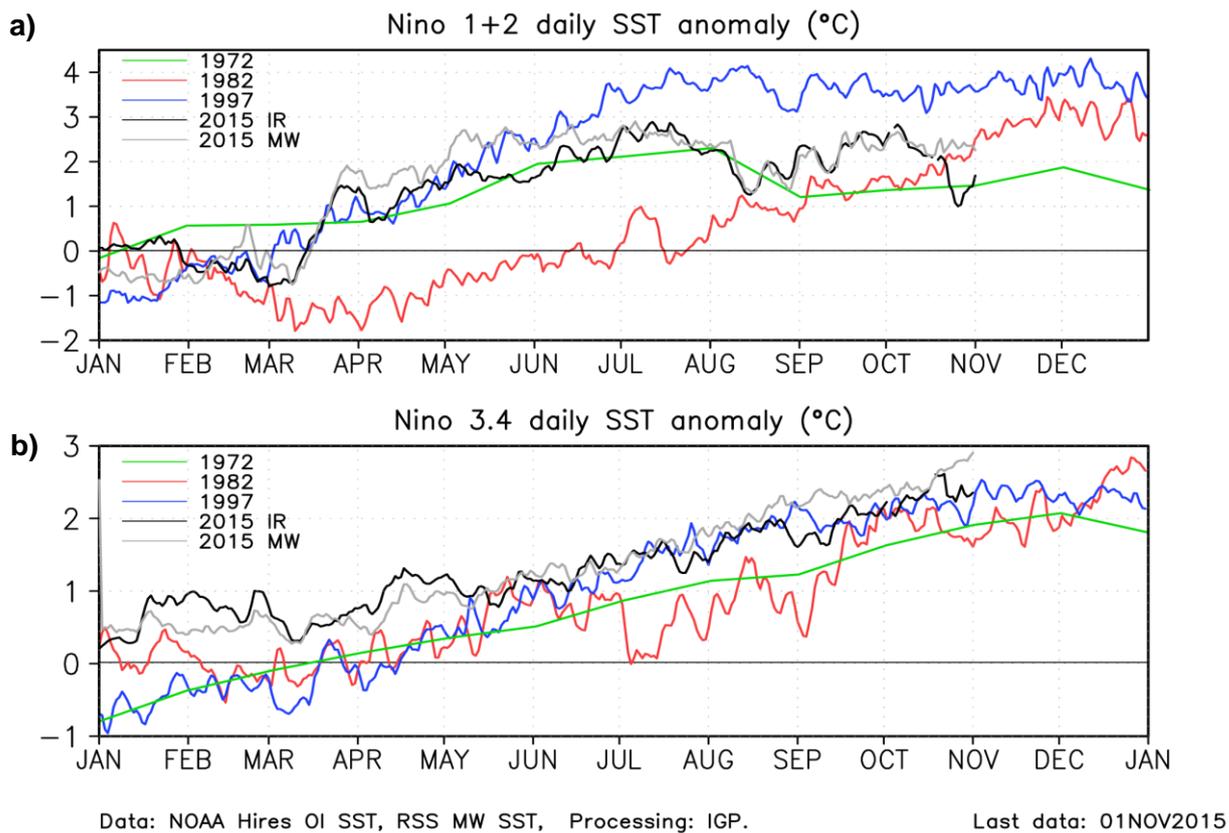


Figura 2.1.5. Anomalía de TSM (°C) durante el año 1982 (rojo), 1997 (azul) y 1972 (verde) según los datos infrarrojos (NOAA Daily OI SST v2 AVHRR), en la región 1+2 (a) y en la región 3.4 (b). Procesamiento: IGP

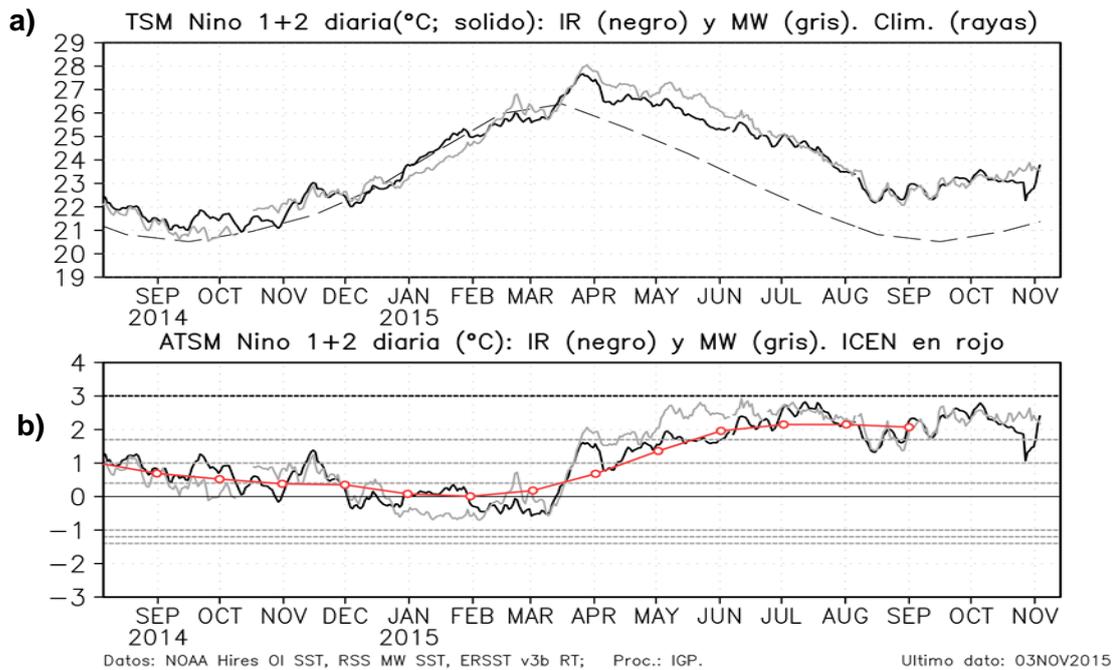


Figura 2.1.6. a) Temperatura superficial del mar ($^{\circ}\text{C}$), climatología (línea punteada) en la región Niño 1+2 según los datos de infrarrojo (negro; NOAA Daily OI SST v2 AVHRR) y de microondas (gris; RSS Microwave OI SST v4.0). b) Anomalia de TSM en la región 1+2, según los datos infrarrojo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

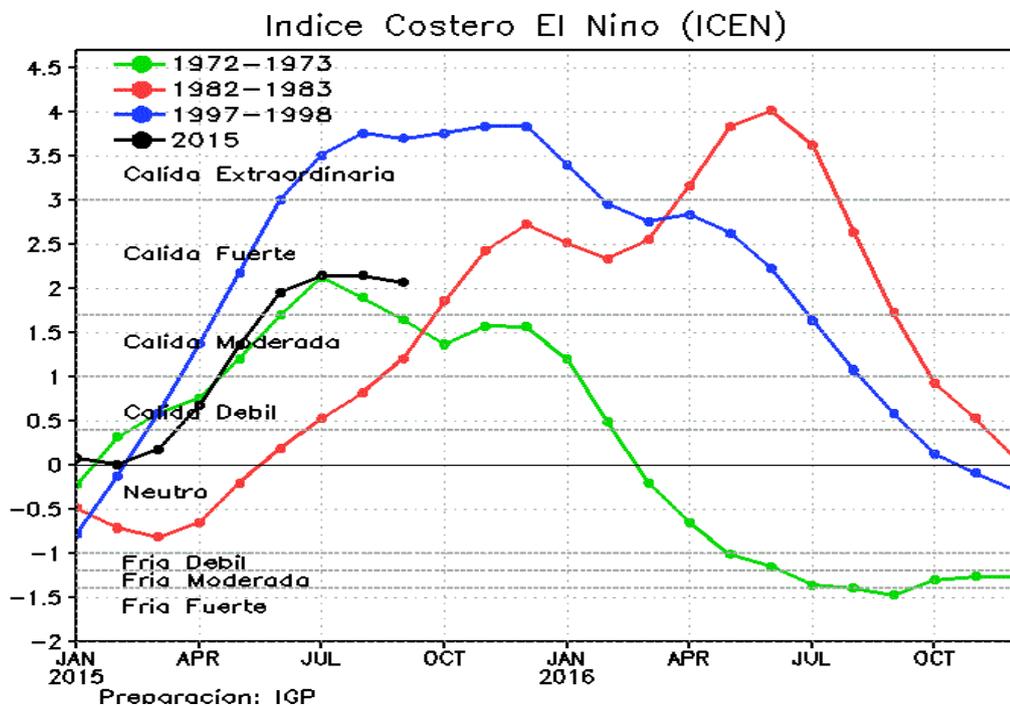


Figura 2.1.7. Índice Costero El Niño para los años 1972-1973 (verde), 1982-1983 (rojo), 1997-1998(azul) y 2015 (negro)

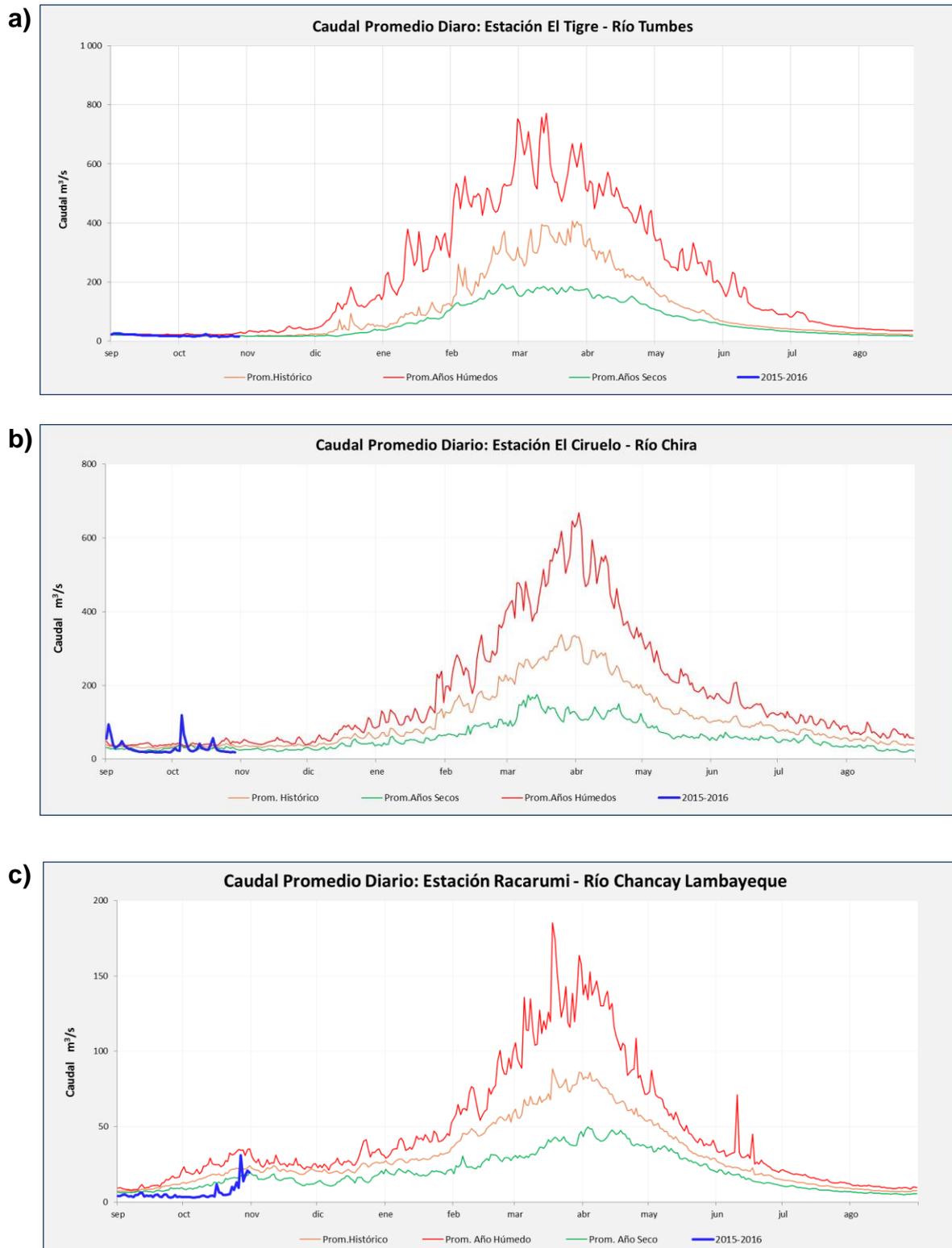


Figura 2.2.1. Serie de tiempo de los caudales (m^3/s) de los ríos a) Tumbes, b) Chira y c) Chancay-Lambayeque, en la zona norte de Perú. Fuente: ANA.

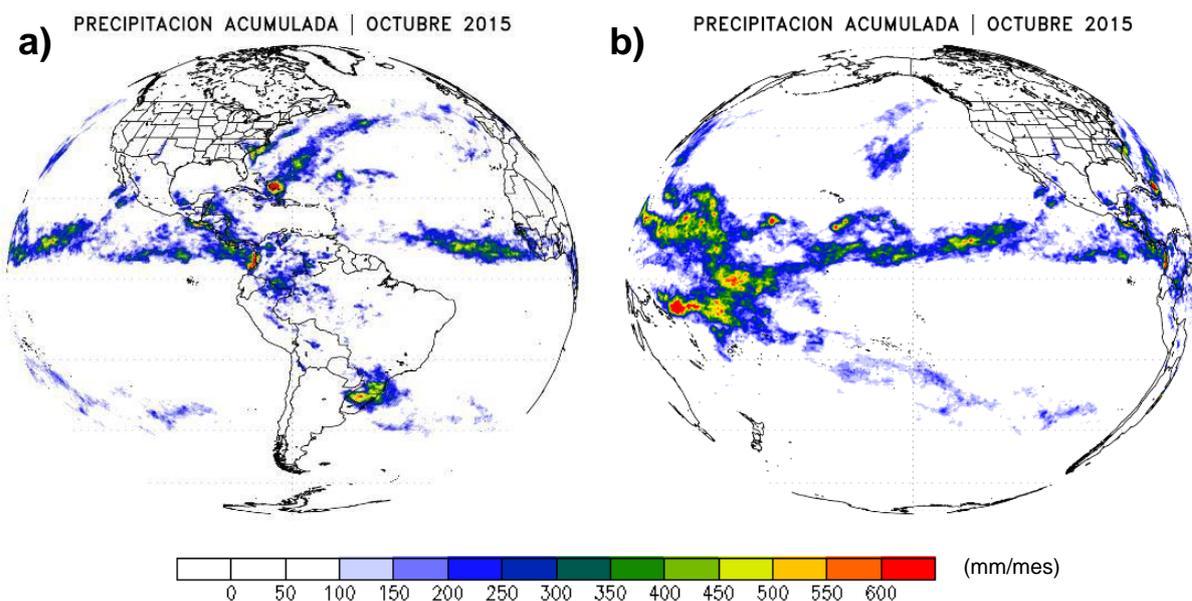


Figura 2.2.2. (a) Precipitación acumulada (mm/mes) de octubre y (b) Climatología de la precipitación acumulada (mm/mes) de octubre. Datos: TRMM NCEP/NOAA. Procesamiento: SENAMHI.

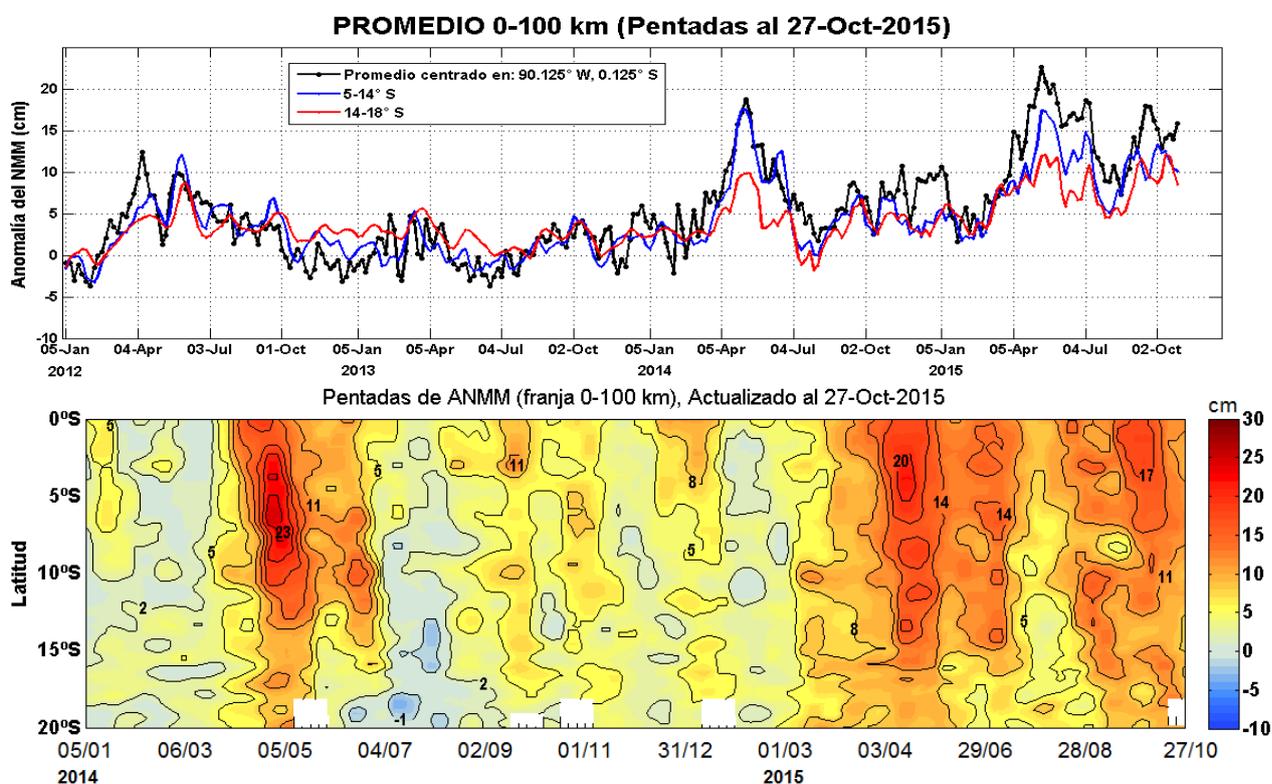


Figura 2.3.1. Anomalías de la altura del nivel del mar (cm) de altimetría satelital para la franja de 0 a 100 km. a) Serie temporal en pentadas durante el periodo 2012-2015, b) Diagrama de Hovmöller para el periodo 2014-2015. Datos: AVISO. Procesamiento: IMARPE.

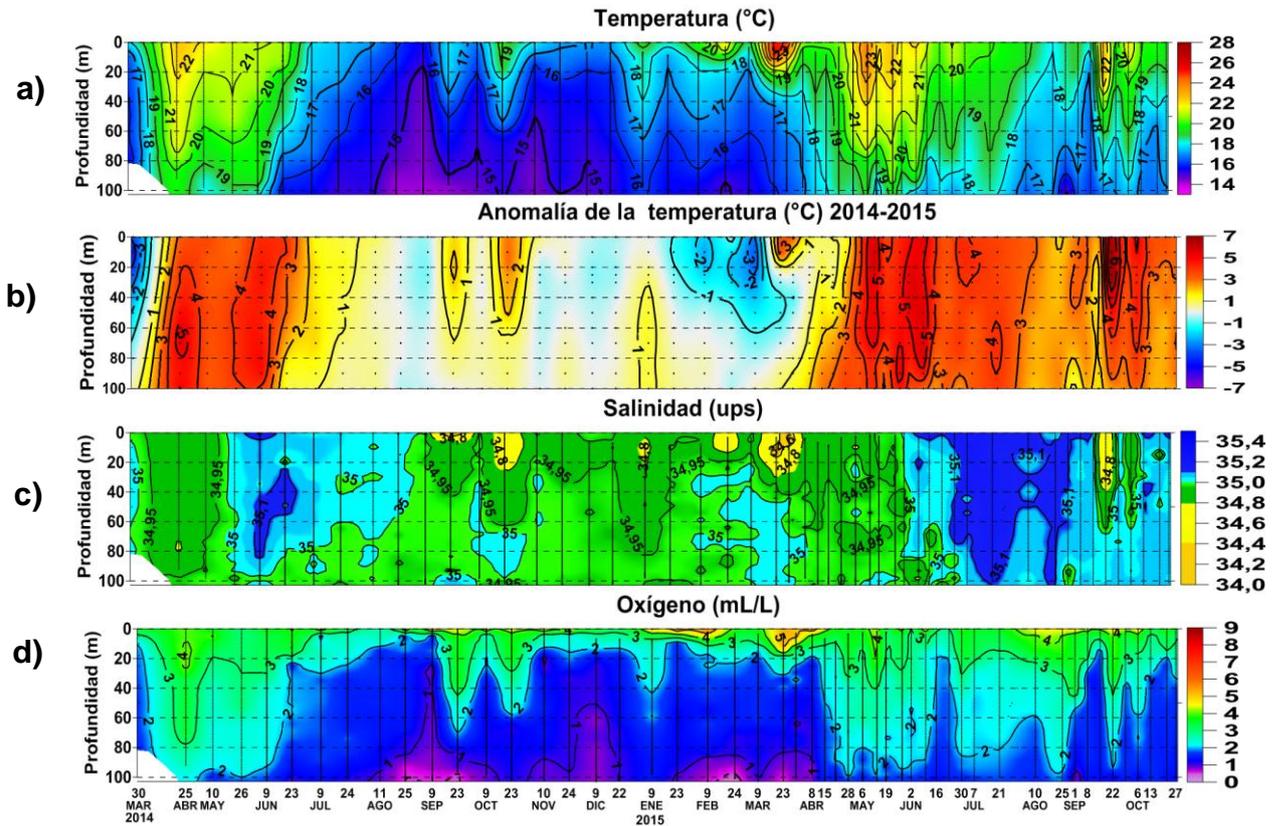


Figura 2.3.2. Series de tiempo para la estación oceanográfica fija frente a Paita (punto fijo Paita) de: a) temperatura ($^{\circ}\text{C}$), b) anomalía de la temperatura ($^{\circ}\text{C}$), c) Salinidad (ups) y d) oxígeno (mL/L) para el periodo del 30 de marzo de 2014 al 27 de octubre de 2015. Climatología: 1994-2010. Fuente: IMARPE.

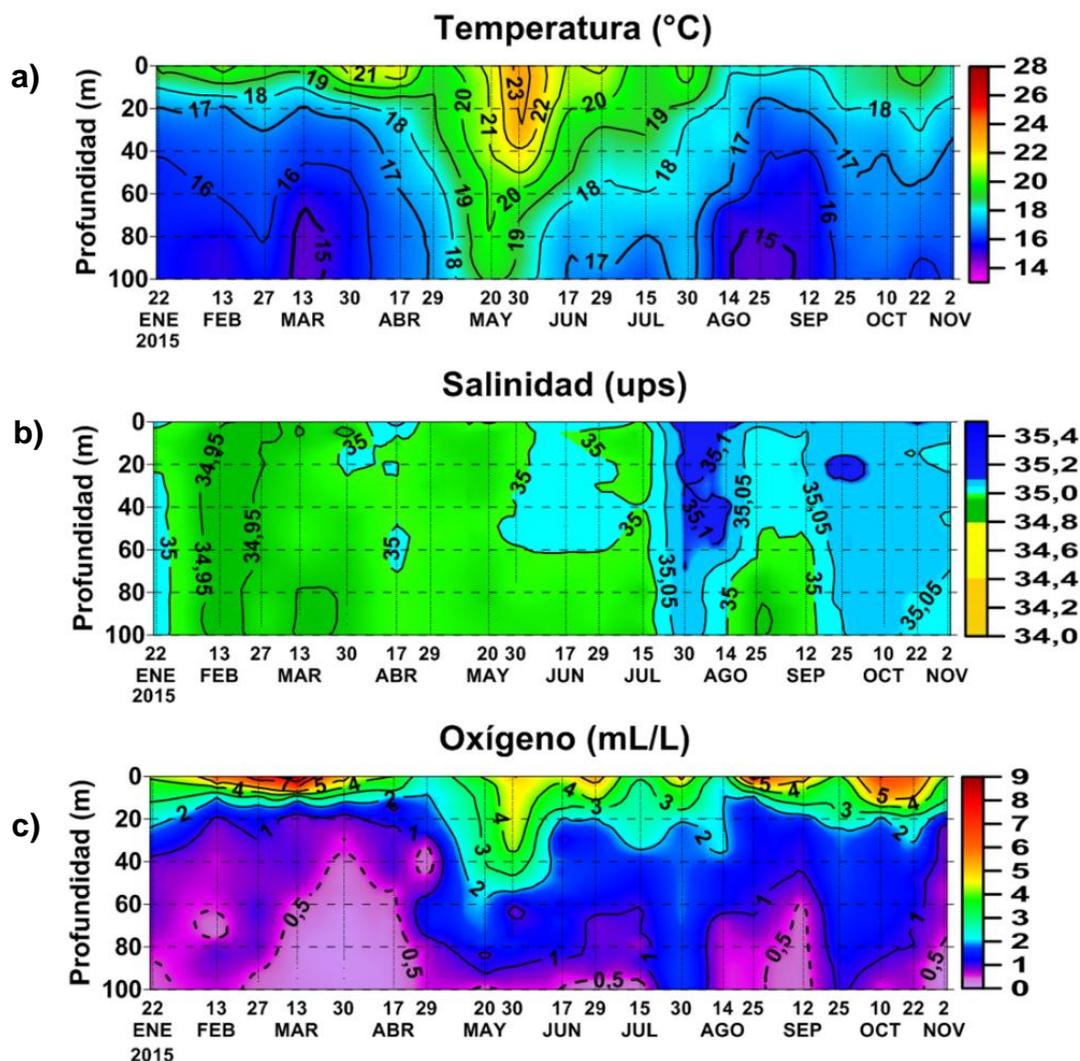


Figura 2.3.3. Series de tiempo para la estación oceanográfica fija frente a Chicama (punto fijo Chicama) de: a) Temperatura (°C), b) Salinidad (ups) y c) Oxígeno (mL/L) para el periodo del 22 de enero de 2014 al 02 de noviembre de 2015. Fuente: IMARPE.

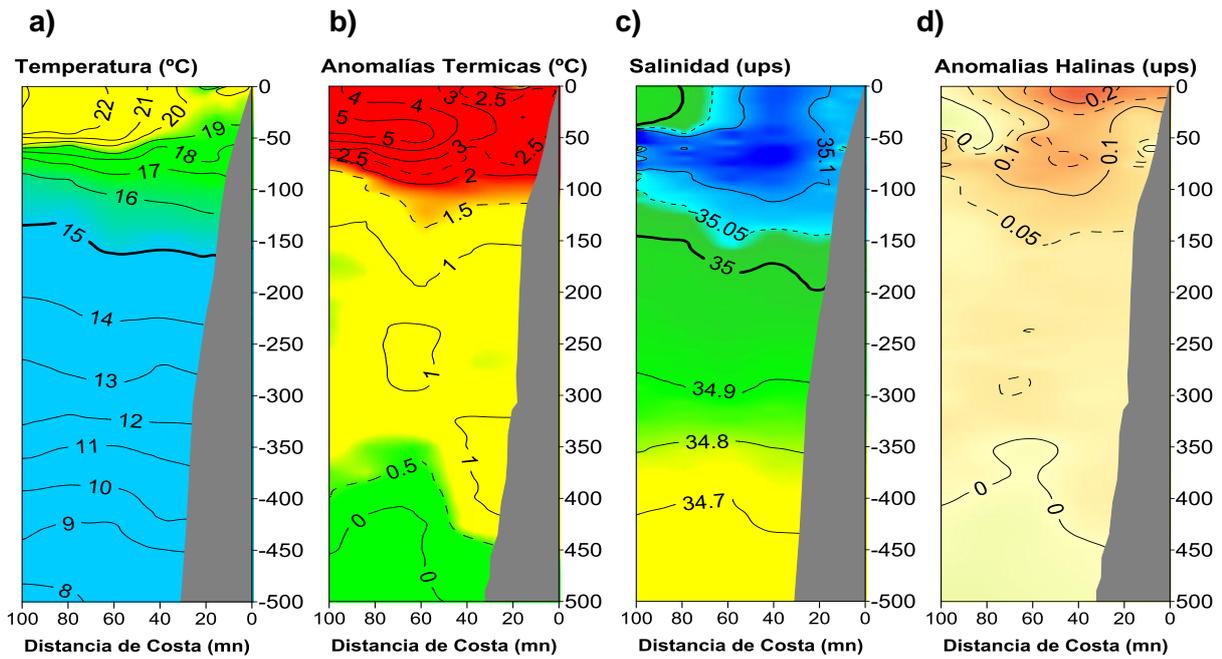


Figura 2.3.4. Distribución vertical de: a) temperatura y b) anomalía de temperatura (°C), c) salinidad y d) anomalía de salinidad (ups) frente a Paíta. Operación BIC Flores, realizada durante el 20 y 21 de octubre de 2015. Fuente: IMARPE.

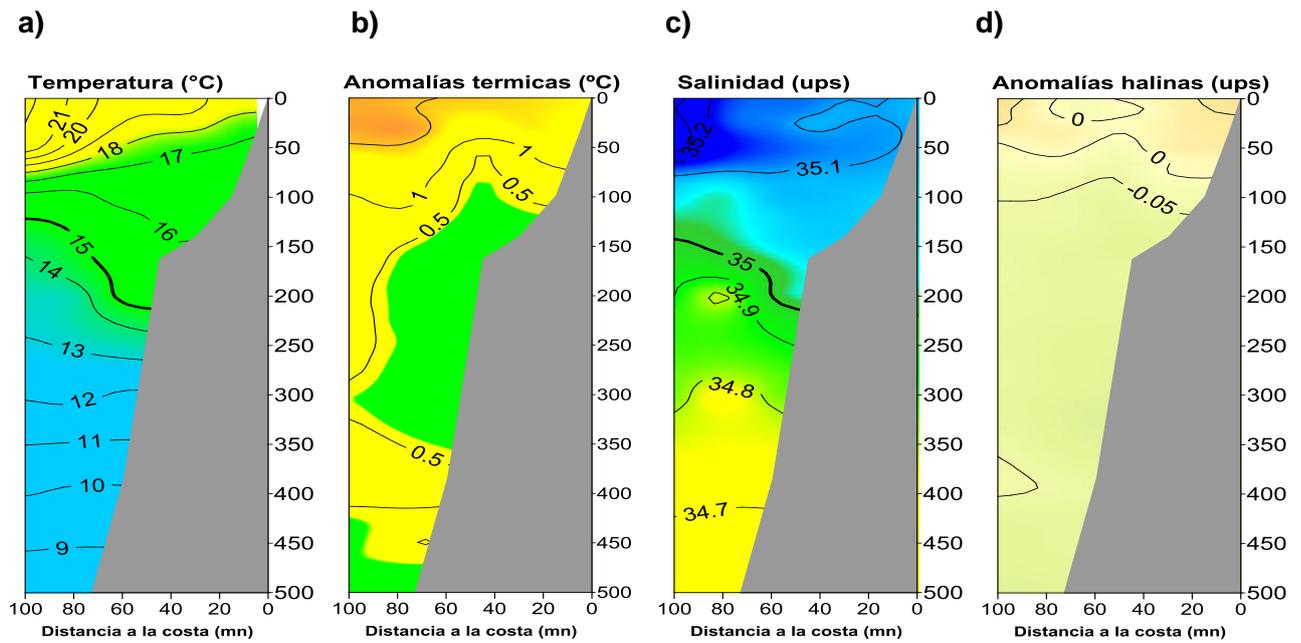
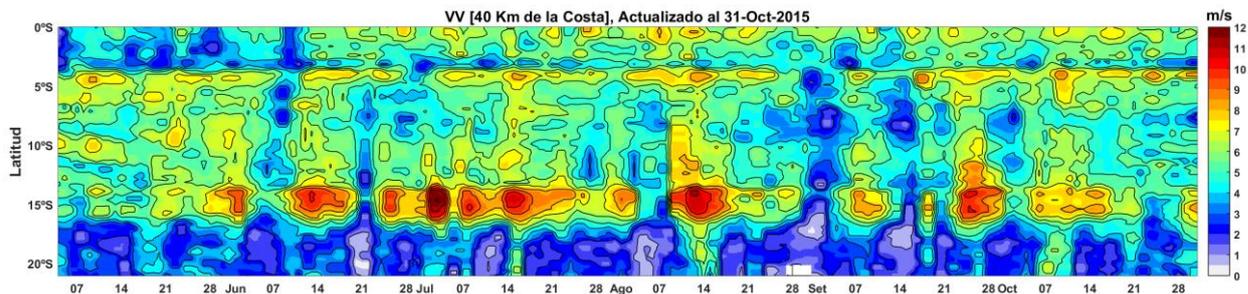


Figura 2.3.5 Distribución vertical de: a) temperatura y b) anomalía de temperatura (°C), c) salinidad y d) anomalía de salinidad (ups) frente a Chicama. Operación BIC Flores realizada durante el 18 y 19 de octubre de 2015. Fuente: IMARPE.

a)



b)

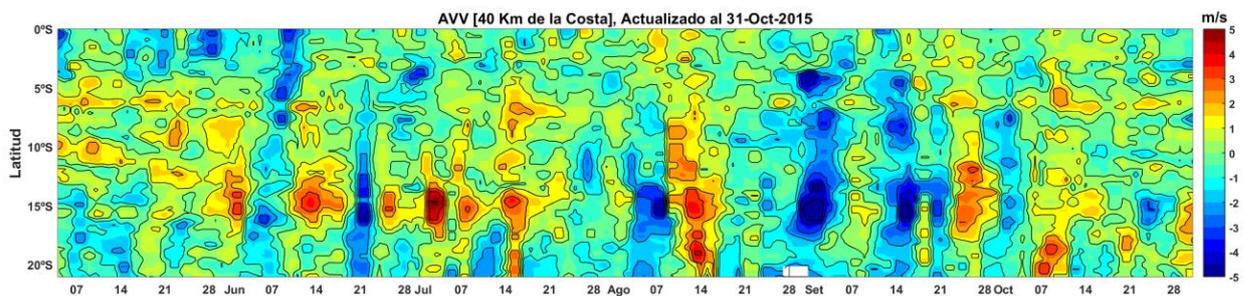


Figura 2.4.1. a) Velocidad del viento (m/s) y b) Anomalía del viento (m/s), desde los 0° hasta 20°S en el periodo de mayo a octubre de 2015. Datos: ASCAT. Procesamiento: IMARPE.

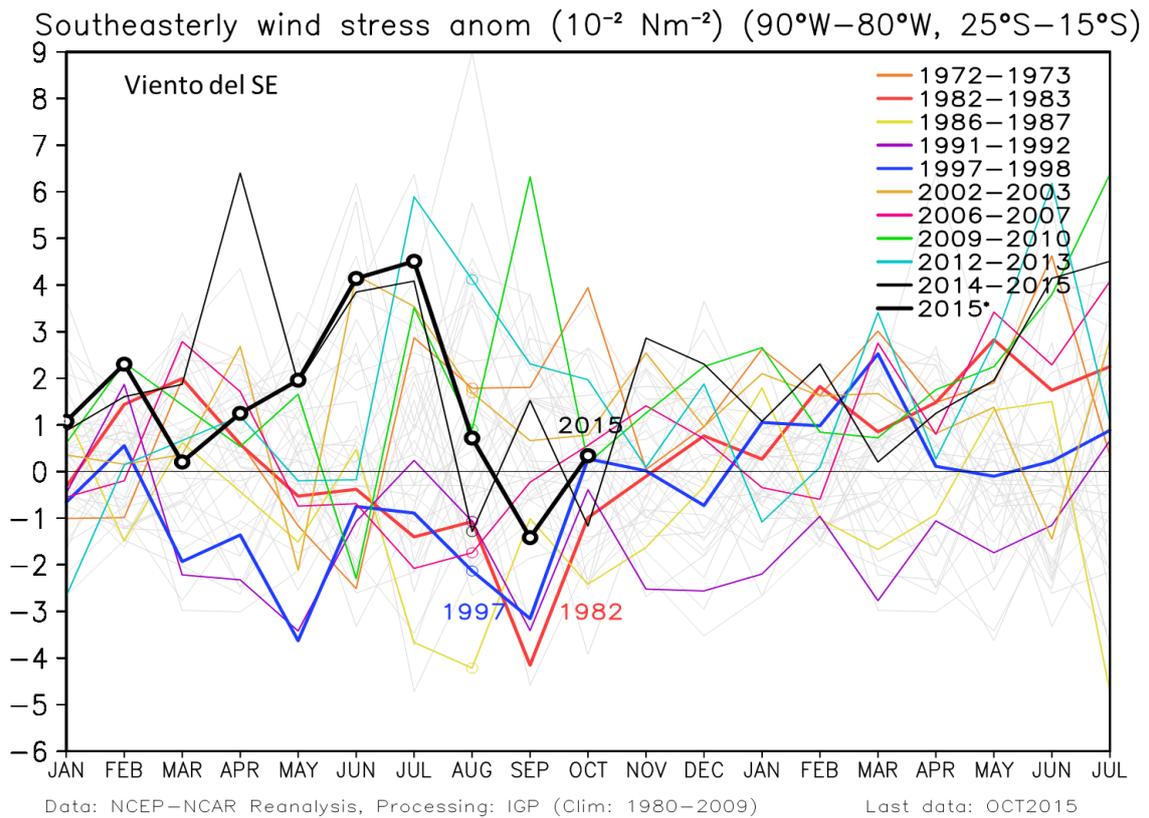


Figura 2.4.2. Anomalía del esfuerzo de viento del sureste (10^{-2} Nm^{-2}) en el Pacífico sudoriental ($90^{\circ}\text{W}-80^{\circ}\text{W}$, $25^{\circ}\text{S}-15^{\circ}\text{S}$) desde el mes de enero hasta el mes de julio del año siguiente. Datos: Reanálisis NCEP NCAR, Procesamiento: IGP.

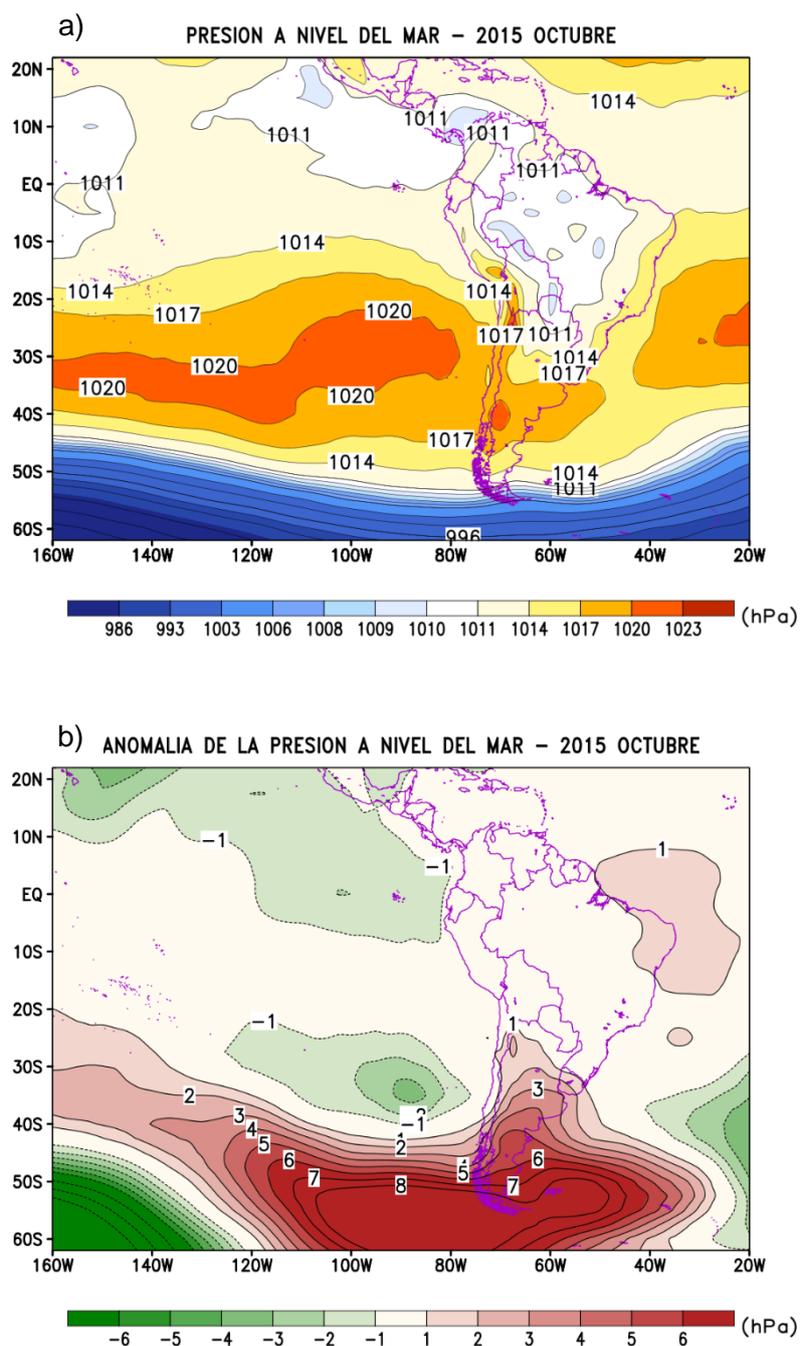


Figura 2.4.3 Presión atmosférica (hPa) a nivel medio del mar para octubre del 2015. a) Promedio de la Presión atmosférica (hPa) a nivel del mar, b) Anomalia de la Presión atmosférica (hPa) a nivel del mar. Datos: NCEP/NOAA. Procesamiento: SENAMHI.

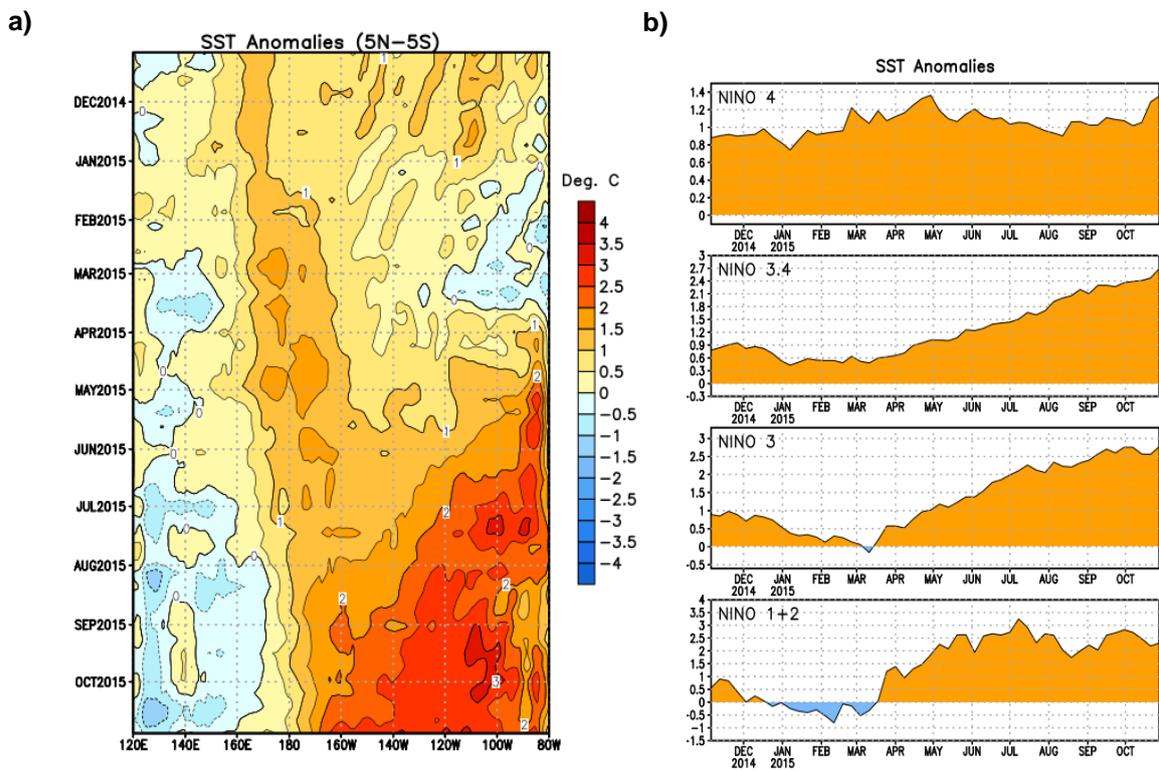


Figura 2.5.1. a) Anomalías de la temperatura superficial del mar (°C) en el océano Pacífico ecuatorial (5°N-5°S), b) Anomalías de la temperatura superficial del mar (°C) en las regiones Niño de octubre de 2014 a setiembre de 2015. Fuente: NCEP/NOAA.

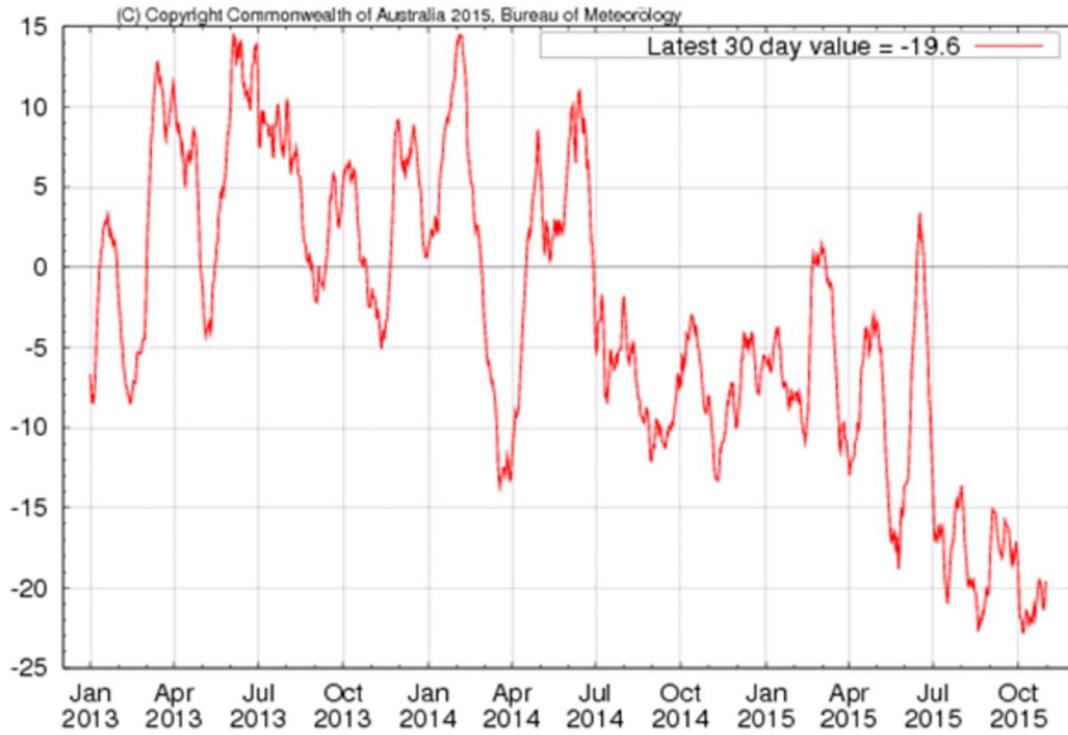
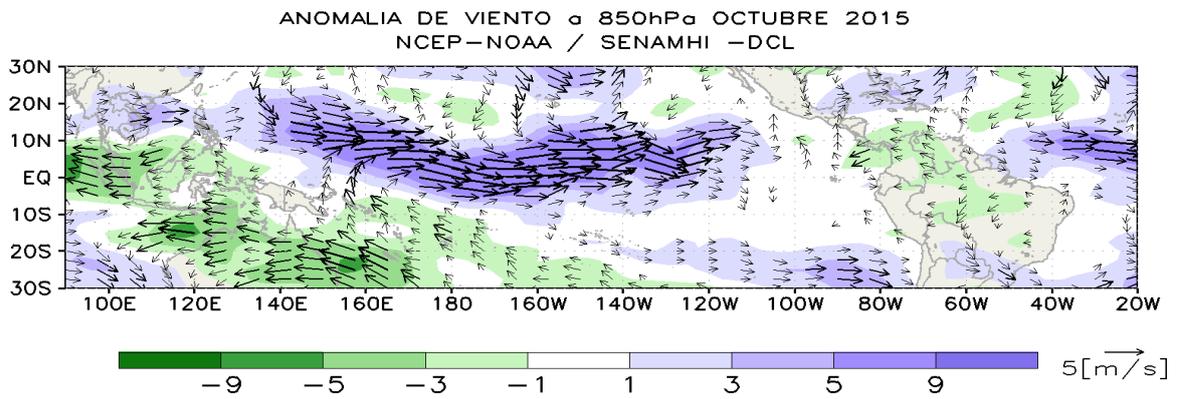


Figura 2.5.2. Evolución del Índice de Oscilación Sur (IOS), considerando la media móvil de 30 días. Fuente: Bureau of Meteorology, Australia.

a)



b)

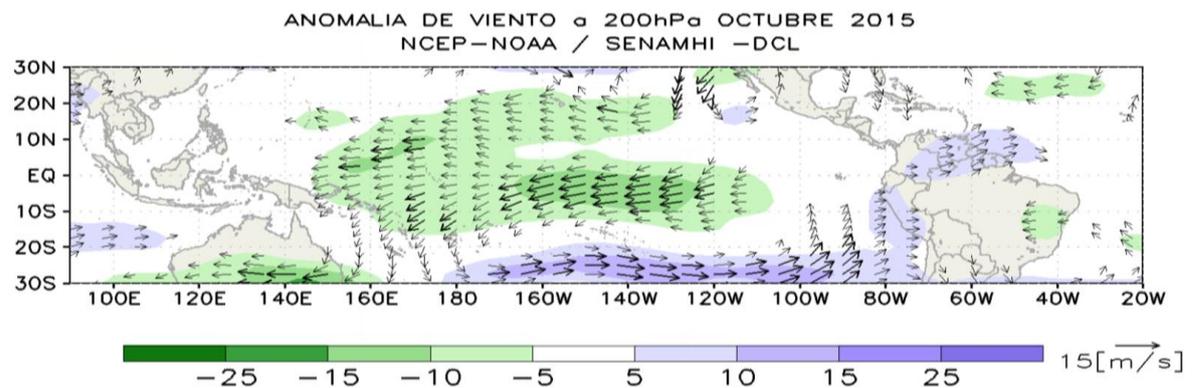


Figura 2.5.3. Análisis de anomalías del viento (m/s) en a) 850 hPa y b) 200 hPa para el mes de octubre del 2015. Datos: NCEP/NOAA. Procesamiento: SENAMHI-DCL.

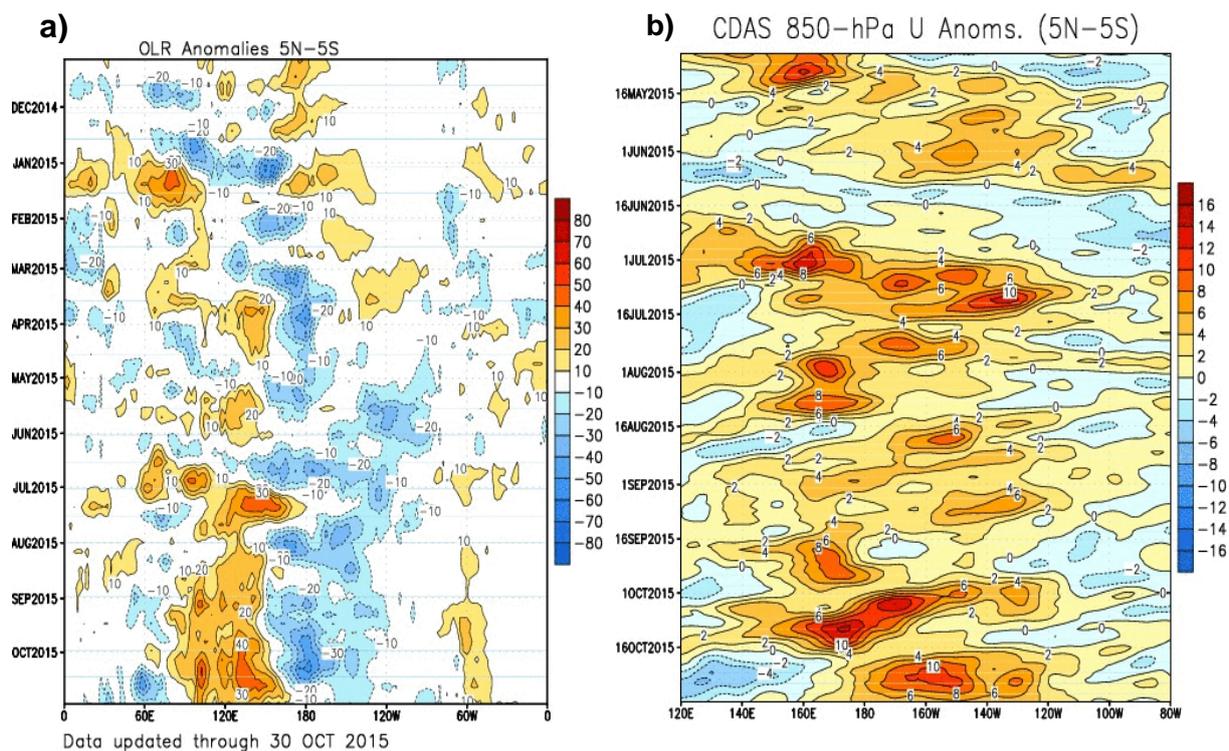


Figura 2.5.4. Hovmoller de anomalías de a) Radiación de onda larga - OLR (W/m²) desde el mes de noviembre de 2014 hasta octubre de 2015. Datos: NCEP b) Viento zonal 850 hPa desde mayo de 2015 hasta octubre de 2015. Datos: CDAS, Procesamiento: IMARPE.

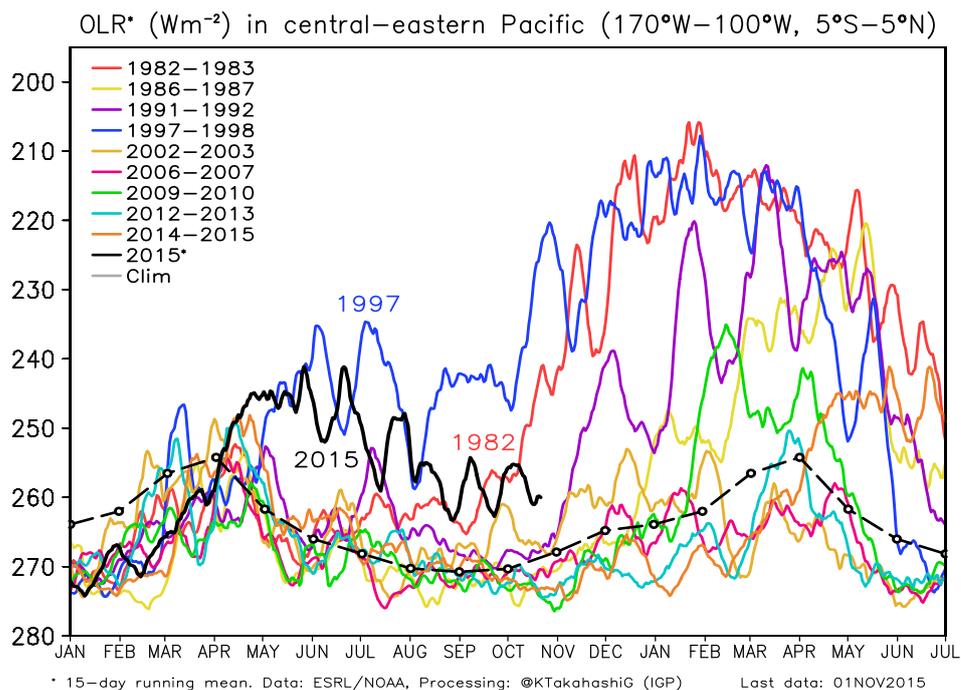


Figura 2.5.5. Radiación de onda larga - OLR (W/m^2) en el Pacífico central-oriental ($170^{\circ}W-100^{\circ}W$, $5^{\circ}S-5^{\circ}N$) desde el mes de enero hasta el mes de julio del año siguiente. Datos: ESRL/NOAA, Procesamiento: IGP.

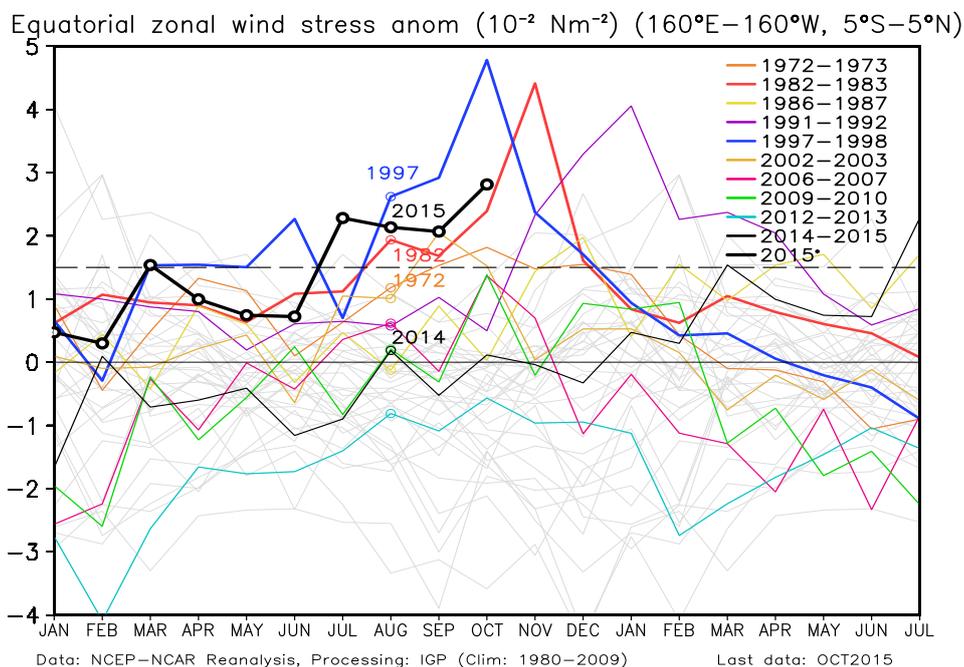


Figura 2.5.6. Anomalía del esfuerzo del viento zonal ($10^{-2} Nm^{-2}$) en el Pacífico central-oriental ($160^{\circ}E-160^{\circ}W$, $5^{\circ}S-5^{\circ}N$) desde el mes de enero hasta el mes de julio del año siguiente. Datos: NCEP-NCAR, Procesamiento: IGP.

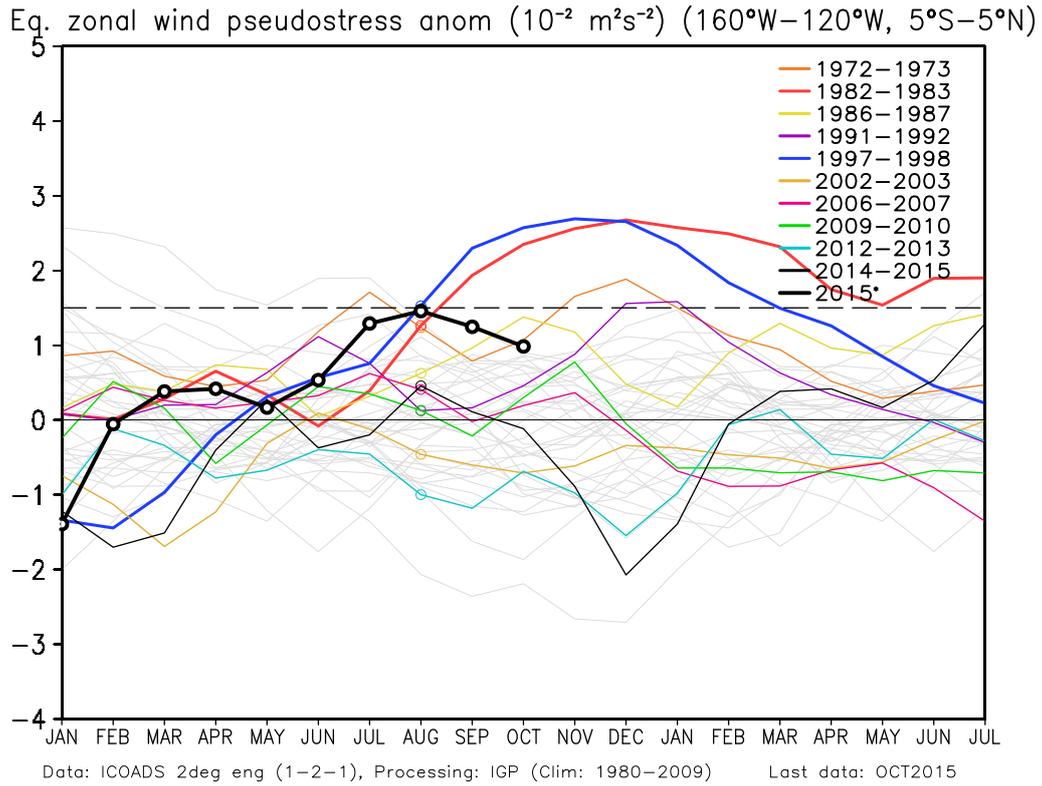


Figura 2.5.7. Anomalía del esfuerzo del viento zonal (10^{-2} Nm^{-2}) en el Pacífico oriental ($160^\circ\text{E}-160^\circ\text{W}$, $5^\circ\text{S}-5^\circ\text{N}$) desde el mes de enero hasta el mes de julio del año siguiente. Datos: ICOADS, Procesamiento: IGP.

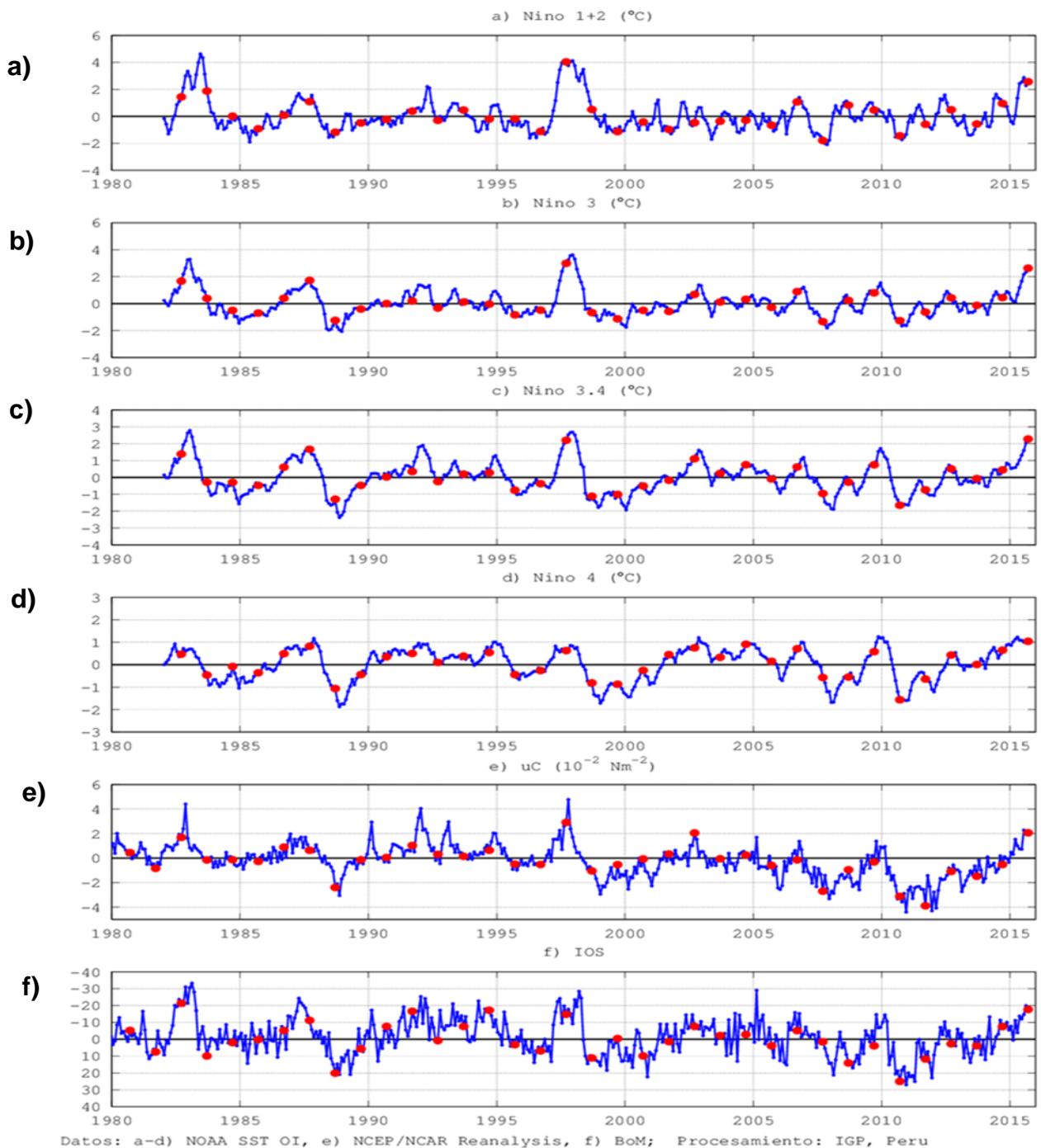


Figura 2.5.8. Índices de anomalías mensuales de: a - d) Temperatura superficial del mar en las regiones Niño, e) Esfuerzo de viento zonal en el Pacífico central, y f) Índice de Oscilación Sur. Los valores de setiembre se indican en rojo. Preparación: IGP.

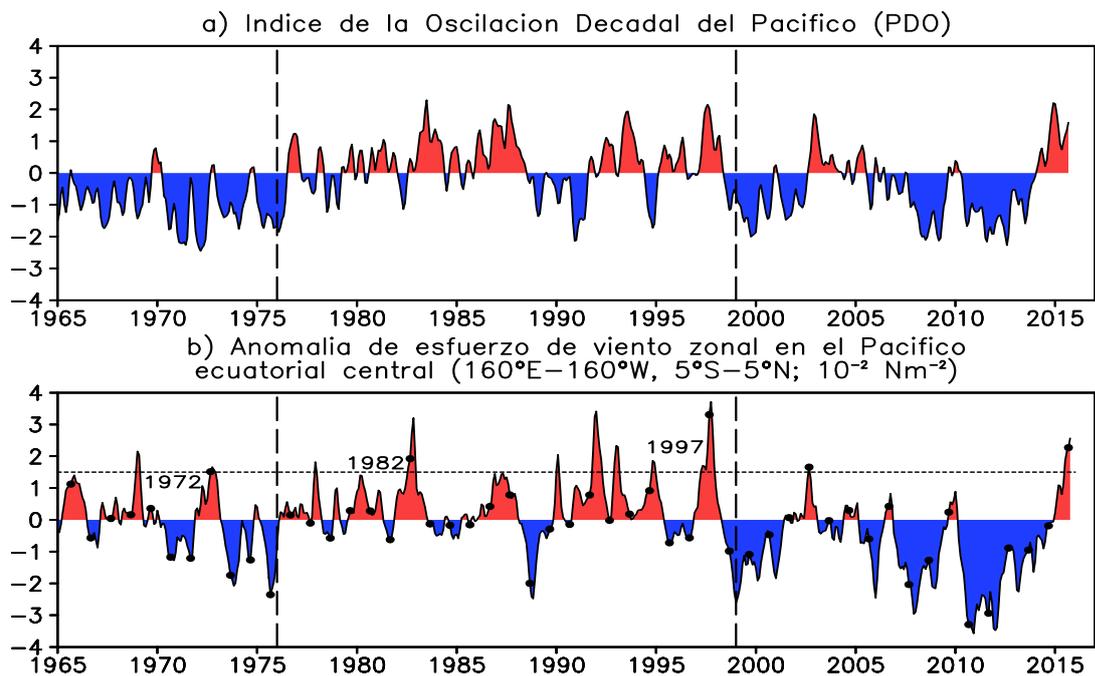


Figura 2.5.9. a. Índice de la Oscilación Decadal del Pacífico (PDO) y b. Anomalia de esfuerzo de viento zonal en el Pacífico ecuatorial central. Datos: JISAO/UW Y NCEP/NCA, Procesamiento: IGP.

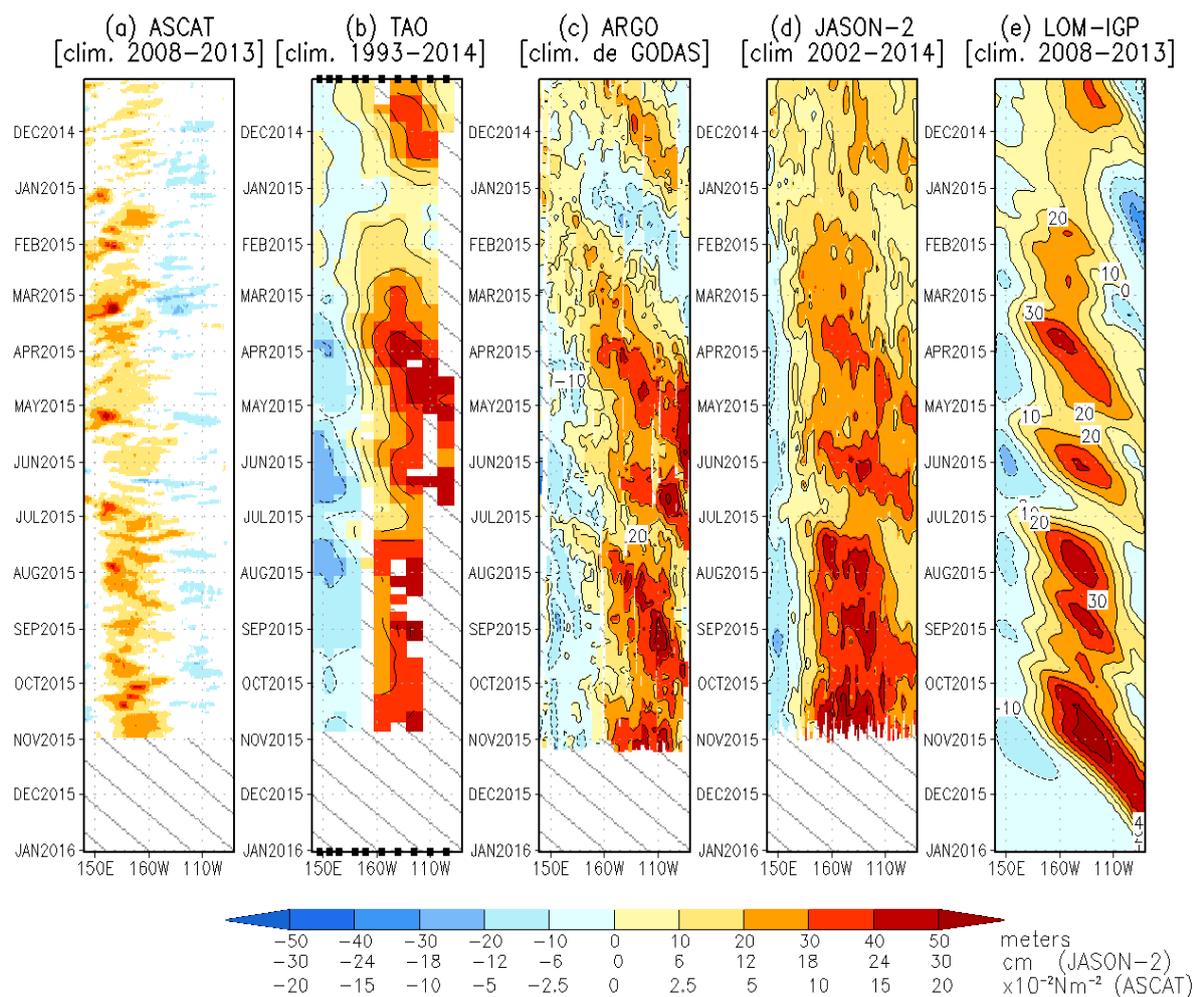


Figura 2.6.1. Diagrama longitud-tiempo de las anomalías de esfuerzo de viento zonal ecuatorial basado en datos del escaterómetro ASCAT (a), anomalía de la profundidad de la isoterma de 20°C con datos de TAO (b) y los derivadores de Argo (c), datos del nivel del mar de JASON-2 (d). Finalmente en (e) se 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.

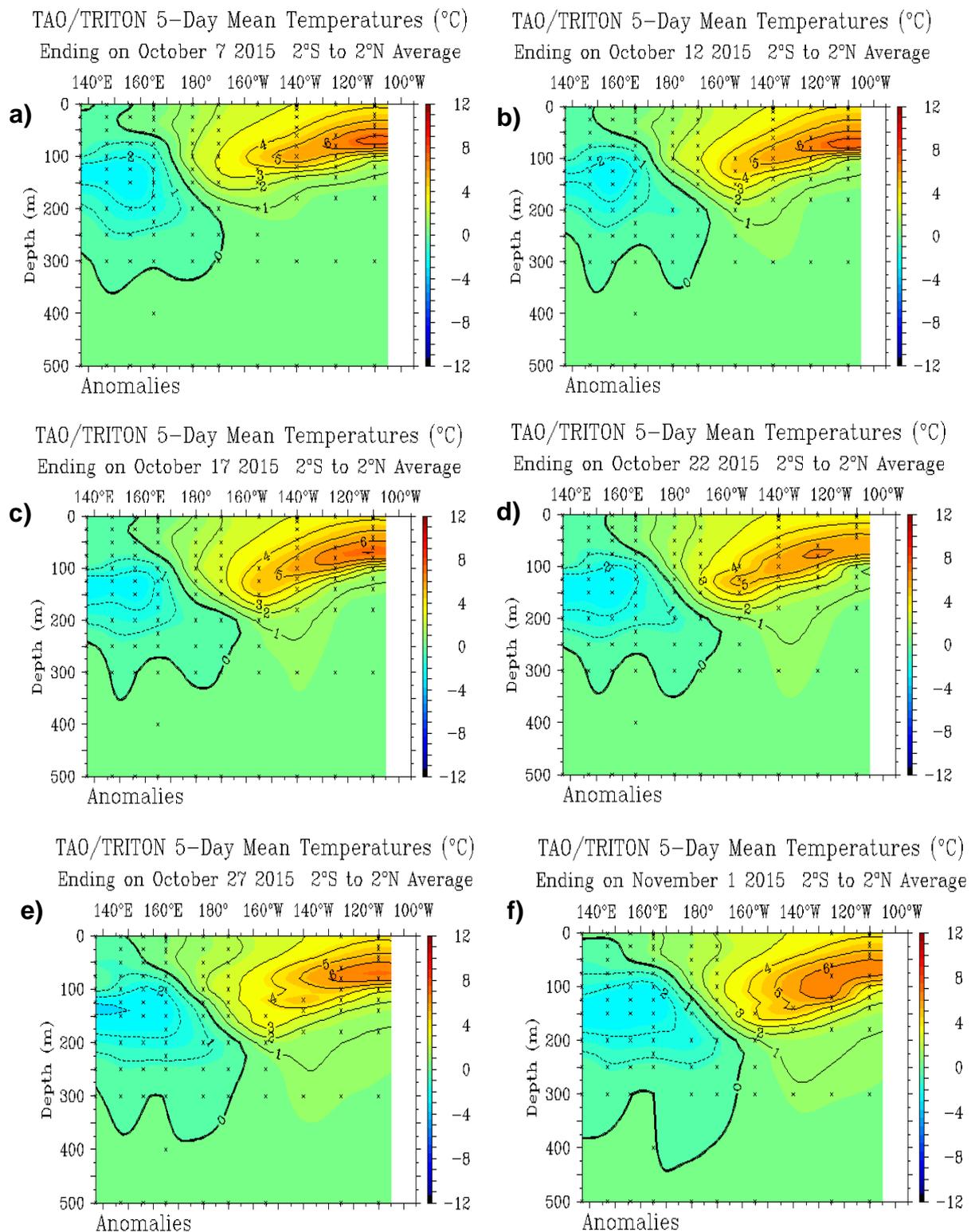


Figura 2.6.2. Anomalías de la temperatura sub-superficial del mar (°C) en el océano Pacífico ecuatorial entre los 2°N y 2°S promediadas cada cinco días finalizando los días a) 7 de octubre, b) 12 de octubre, c) 17 de octubre, d) 22 de octubre, e) 27 de octubre y f) 1 de noviembre de 2015. Fuente: TAO/TRITON, PMEL/NOAA.

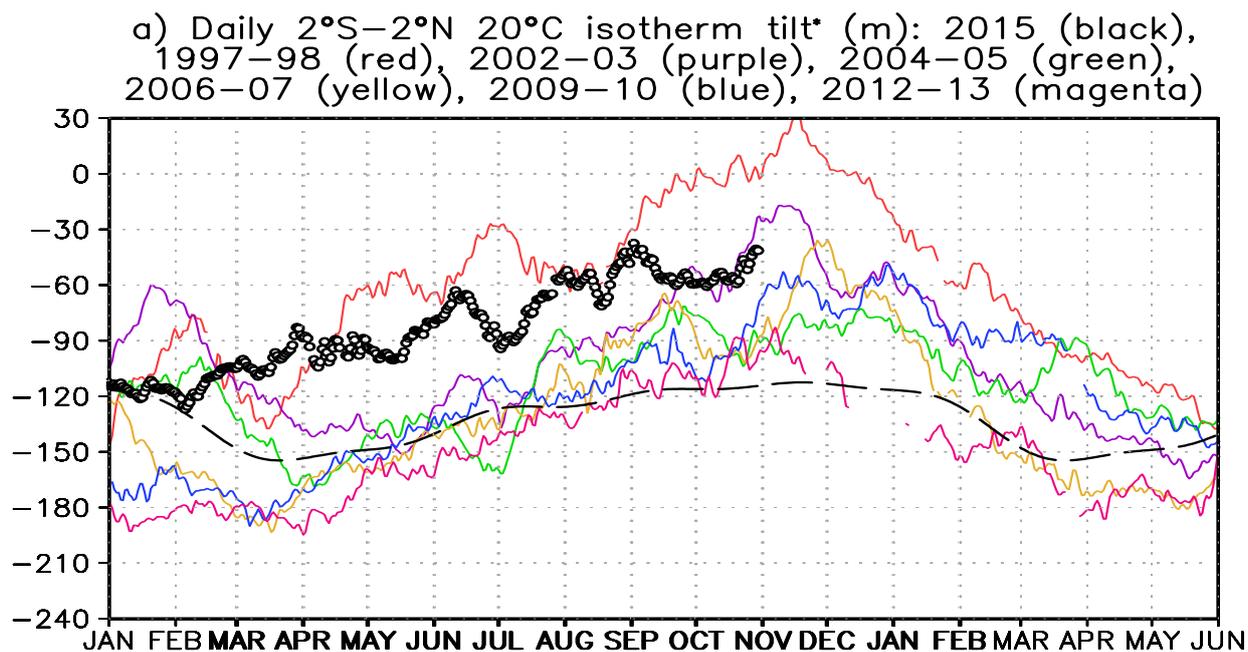


Figura 2.6.3. Inclinación de la termoclina, diferencia de la profundidad zonal del ajuste de la regresión lineal para la longitud (137°E – 95°W). Climatología 1993-2012 (punteado). Data: TAO/TRITON. Procesamiento: IGP

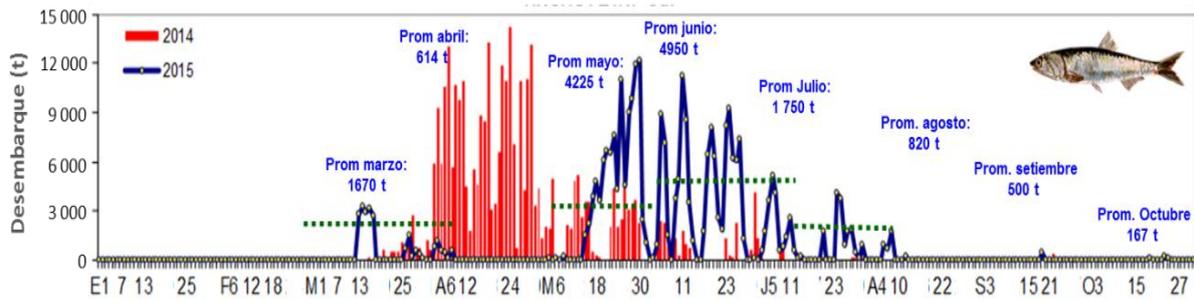


Figura 2.7.1. Desembarque diario de anchoveta en la Región Sur. Periodo 01 de enero al 31 de octubre 2015. **Fuente:** IMARPE.

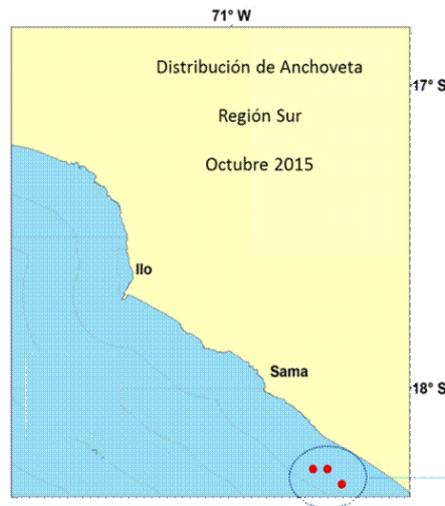


Figura 2.7.2. Distribución de la flota industrial pesquera de anchoveta en la región sur. Octubre 2015. **Fuente:** IMARPE.

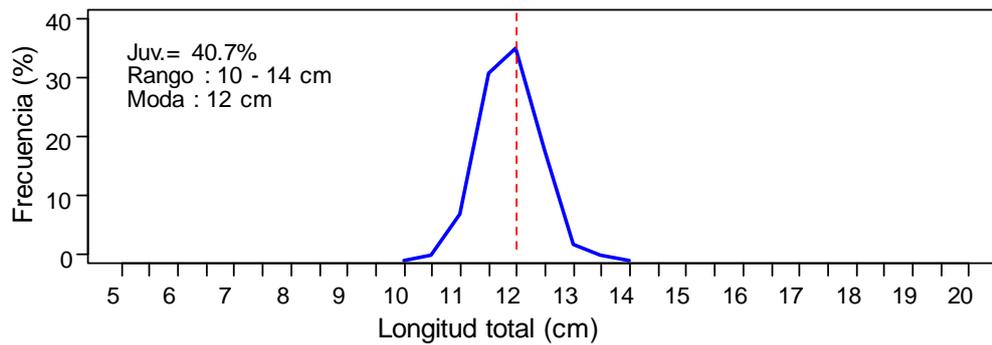


Figura 2.7.3. Estructura mensual de tallas anchoveta en la Región Sur. Periodo: Octubre 2015. **Fuente:** IMARPE

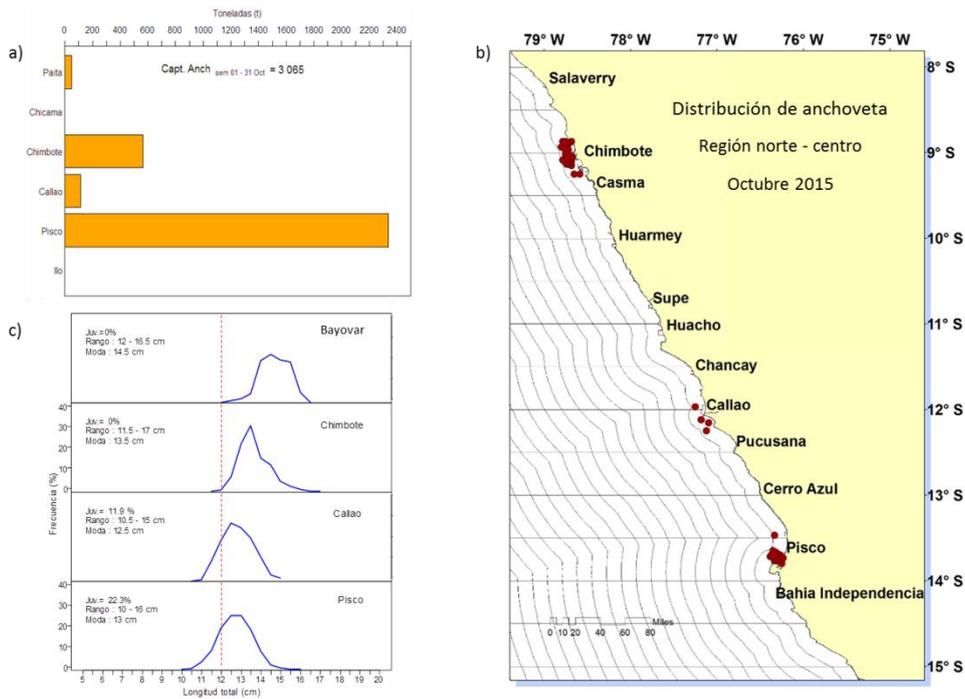


Figura 2.7.4. a) Desembarque mensual de anchoveta, b) Distribución de la anchoveta proveniente de la flota de menor escala y/o artesanal y c) Estructura mensual de tallas anchoveta según puerto en la Región Norte – centro. Periodo: Octubre 2015. **Fuente:** IMARPE.

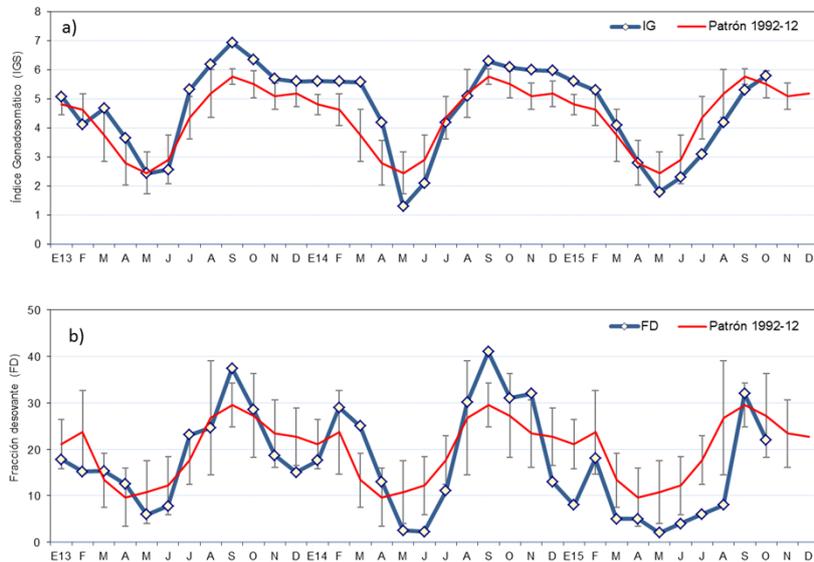


Figura 2.7.5. Indicadores reproductivos a) Índice gonadosomático (IGS), b) Fracción Desovante (FD) e indicador somático c) Contenido Graso (CG) del stock norte – centro de anchoveta. Serie mensual: Enero 2013 – octubre 2015. **Fuente:** IMARPE..

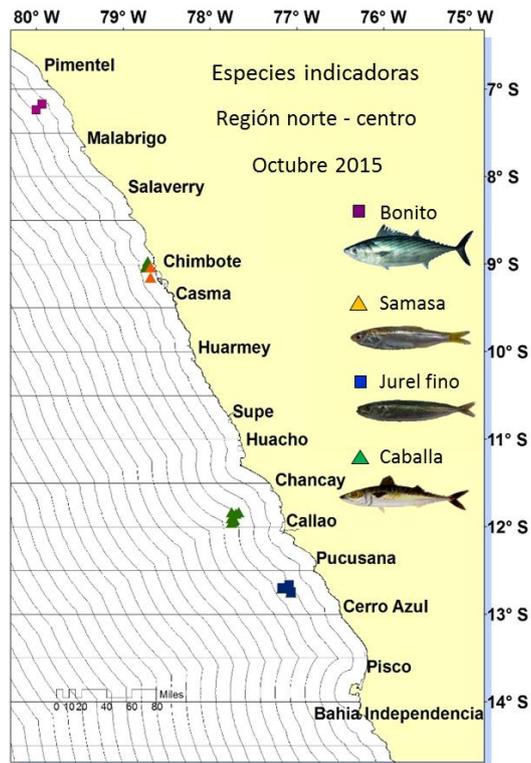


Figura 2.7.6. Distribución de otras especies provenientes de la flota de menor escala y/o artesanal en la Región Norte – centro. Serie mensual: Enero 2013 – octubre 2015. **Fuente:** IMARPE.

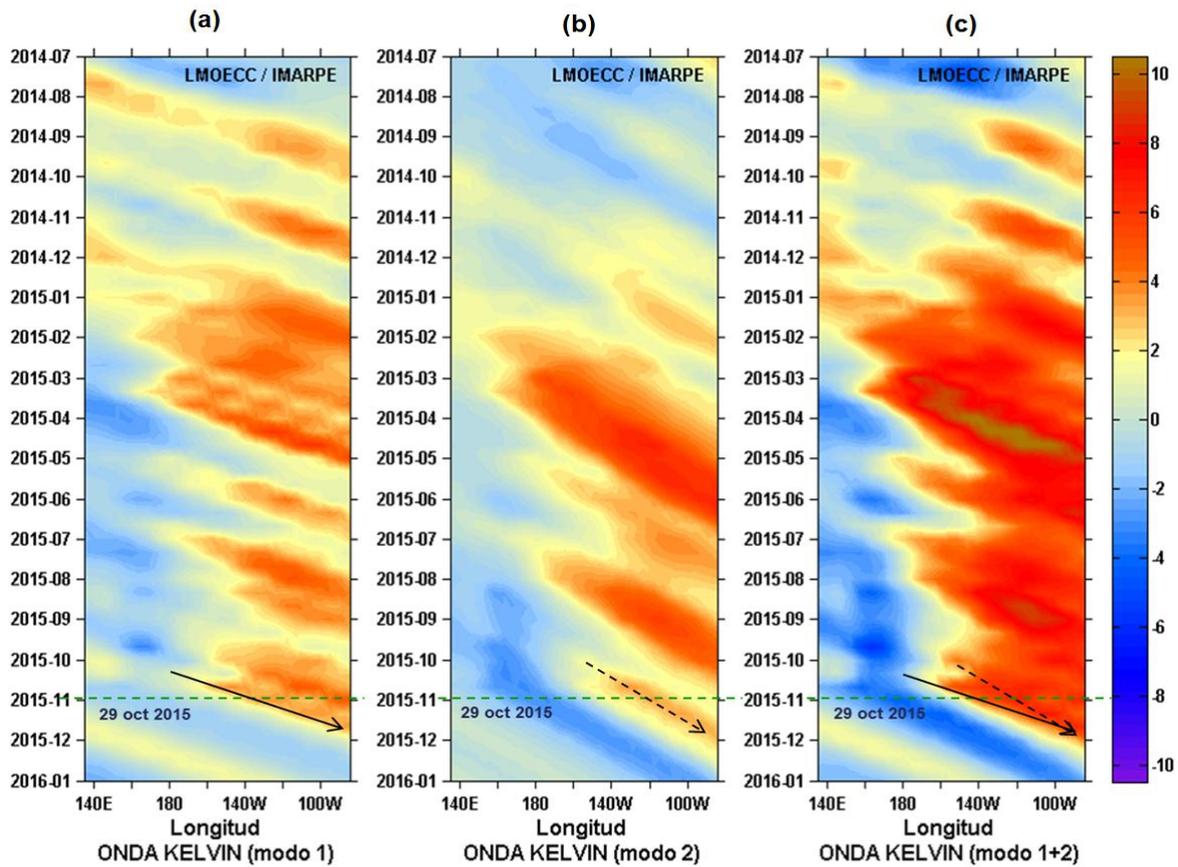


Figura 3.1.1. Diagrama Hovmöller longitud-tiempo de las ondas Kelvin en el océano Pacífico ecuatorial (0°N): (a) Modo 1, (b) Modo 2, (c) Modos 1+2 de la isoterma de 20°C (m) en la Pacífico Ecuatorial (2°S y 2°N). La línea discontinua horizontal, en verde, indica el inicio del pronóstico sin el forzante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

NMME Forecast for Nino 3.4 IC=201510

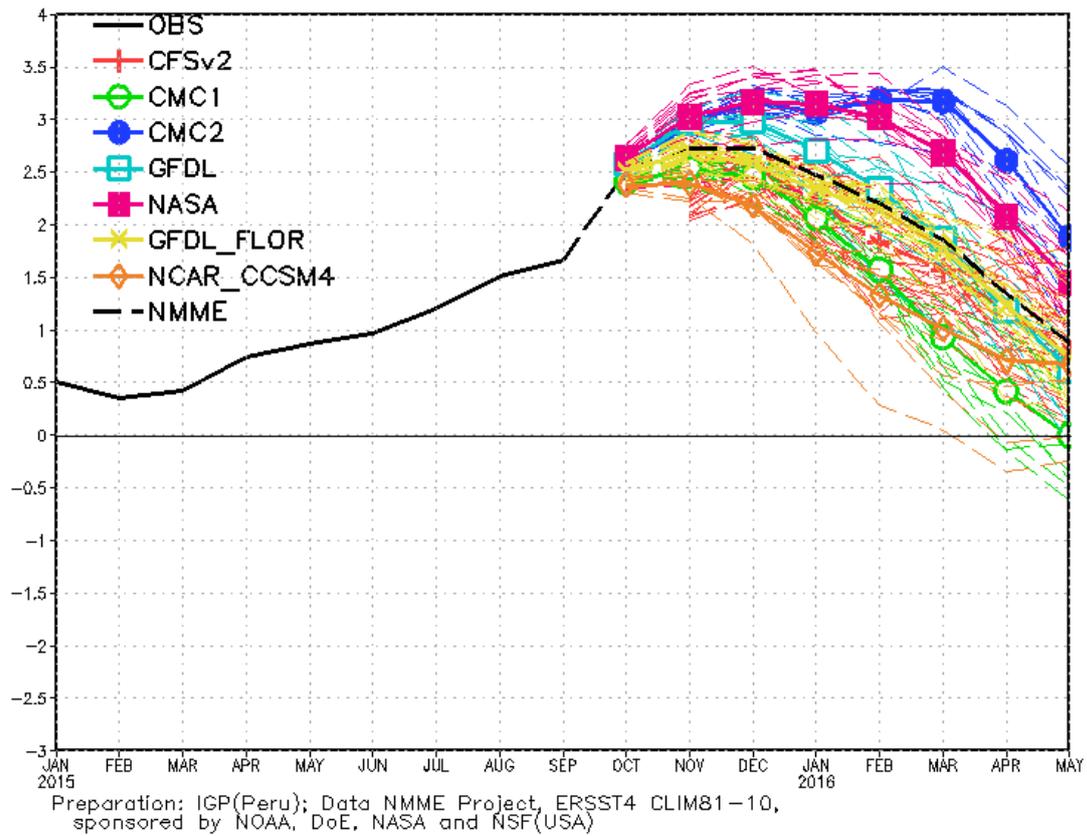


Figura 3.2.1. Índice Niño 3.4 mensual observado y pronosticado por los modelos de NMME.
Fuente: CPC/NCEP/NOAA.

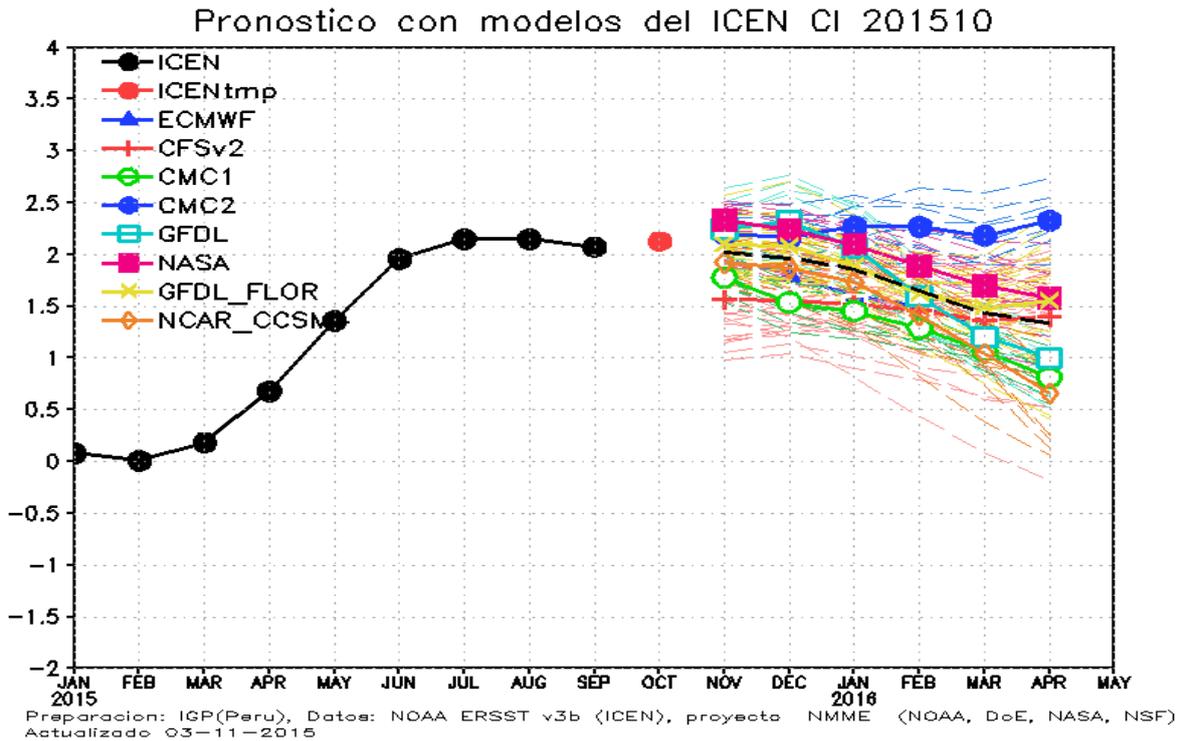


Figura 3.2.2. Índice Costero El Niño (ICEN, círculos llenos en color negro) y sus valor temporal (ICENtmp, círculo lleno en color rojo). Además, pronósticos numéricos del ICEN (media móvil de 3 meses de las anomalías pronosticadas de TSM en la región Niño1+2) por diferentes modelos climáticos. Las líneas 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 octubre de 2015. El modelo ECMWF tiene como condición inicial el mes de octubre 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 junio de 2015 a octubre de 2015. Fuente: Estaciones costeras – DHN.

Estación	Anomalías de la TSM (°C)					Anomalías de la NMM (cm)				
	Jun.	Jul.	Aug.	Set.	Oct.	Jun.	Jul.	Aug.	Set.	Oct.
Talara	2.6	2.5	1.2	2.5	3.2	15	10	12	16	13
Paita	3.2	2.8	2.1	3.2	3.2	16	12	13	17	15
Isla Lobos de Afuera	3.4	2.4	1.4	2.1	2.4	14	7	9	11	9
Chimbote	4.6	2.5	2.2	2.4	2.0	15	7	10	12	9
Callao	3.2	2.1	1.7	1.8	2.1	12	3	8	8	6
San Juan	1.6	0.8	1	1.1	1.1	13	3	8	13	11
Mollendo	1.7	1.5	0.8	2.3	1.6	-	-	-	-	-
Matarani	-	-	-	-	-	9	4	8	12	9
Ilo	1.6	1.9	0.7	1.8	1.5	-	-	-	-	-

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

Mes	ICEN	Categoría
01/2015	0.08	Neutro
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

Mes	ICENtmp	Categoría
10/2015	2.12*	Cálida Fuerte
11/2015	2.05**	Cálida Fuerte

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

** Se usaron los datos de (Oct. 2015) ERSST3v, (Nov. y Dic. 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-oct	Piura	490,0	251,9	51,4	52
	SAN LORENZO	29-oct	Piura	193,0	68,8	35,7	
	TINAJONES	31-oct	Lambayeque	308,0	195,2	63,4	
	GALLITO CIEGO	31-oct	La Libertad	392,0	231,0	58,9	
Costa - Sur	CONDOROMA	31-oct	Arequipa	259,0	128,7	49,7	49
	EL PAÑE	31-oct	Arequipa	99,6	46,3	46,5	
	LOS ESPAÑOLES	31-oct	Arequipa	9,1	2,2	24,3	
	PILLONES	31-oct	Arequipa	78,5	39,8	50,7	
	EL FRAYLE	31-oct	Arequipa	127,2	73,0	57,3	
	AGUADA BLANCA	31-oct	Arequipa	30,4	17,1	56,1	
	PASTO GRANDE	30-oct	Moquegua	185,0	109,0	58,9	

Tabla 2.5.1. Anomalías semanales (centradas en los días 07, 14, 21 y 28 de octubre 2015 y mensuales (de junio de 2014 hasta octubre 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
07 Oct. 2015	2.7	2.8	2.4	1.0
14 Oct. 2015	2.5	2.6	2.4	1.1
21 Oct. 2015	2.2	2.6	2.5	1.3
28 Oct. 2015	2.3	2.8	2.7	1.4

Regiones Niño	Anomalías de TSM mensuales - 2014-2015			
	Niño 1+2	Niño 3	Niño 3.4	Niño 4
Jun. 2014	1.68	0.89	0.46	0.59
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
P.T. Oct 2015	2.43	2.70	2.50	1.20

PT= Promedio Temporal

Tabla 2.7.1. Desembarque (t) acumulado de recursos pelágicos proveniente de la flota industrial (01 enero - 31 octubre 2015). **Fuente:** AFIRNP/IMARPE.

Especie \ Flota \ Región		Año Calendario (01 Ene. al 31 Oct. 2015)					
		Norte	Centro	N+C	Sur	Total	%
Anchoveta	FI Acero	498 619	1592 948	2091 568	285 043	2376 610	83.35
	FI Madera	280 168	184 492	464 660	6 430	471 091	16.52
Sub-total		778 787	1777 441	2556 228	291 473	2847 701	99.88
%		27.35	62.42	89.76	10.24	100.00	
Sardina		0	0	0	0	0	0.00
Jurel		0	2	2	0	2	0.00
Caballa		762	1 855	2 617	0	2 617	0.09
Samasa		0	2	2	0	2	0.00
*Otros		777	131	908	32	940	0.03
Total		780 326	1779 431	2559 757	291 505	2851 262	100.00
%		27.37	62.41	89.78	10.22	100.00	

Tabla 2.8 .1 Probabilidades acumuladas de las magnitudes de El Niño costero en el verano 2015-2016 (Diciembre2015-marzo2016)

Magnitud del evento durante Diciembre2015-marzo2016	Probabilidad de ocurrencia
El Niño costero débil o mayor	95%
El Niño costero moderado o mayor	90%
El Niño costero fuerte o mayor	50%
El Niño costero extraordinario	5%

Tabla 2.8 .2 Probabilidades de las magnitudes de El Niño costero en el verano 2015-2016 (Diciembre2015-marzo2016)

Magnitud del evento durante Diciembre2015-marzo2016	Probabilidad de ocurrencia
Normal o La Niña costera	5%
El Niño costero débil	5%
El Niño costero moderado	40%
El Niño costero fuerte (como en 1982-1983)	45%
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 (Diciembre2015-marzo2016)

Magnitud del evento durante Diciembre2015-marzo2016	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	45%
El Niño muy fuerte en el Pacífico Central	30%