

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



INFORME TÉCNICO ENFEN

Año 1 N°6

Setiembre 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
DHN: Gustavo Laos, Rina Gabriel, Roberto Chauca, Ing. José Salcedo
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° 5, agosto de 2015, **63 p.**

El Informe Técnico Enfen de julio 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 **setiembre 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

Página

1. RESUMEN	6
2. CONDICIONES OBSERVADAS EN SETIEMBRE 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)	20
4. CONCLUSIONES	22
5. REFERENCIAS	24
6. FIGURAS	26
7. TABLAS	60

Figura		Pag.
2.1.1.	Anomalías de las temperaturas extremas del aire (°C) en la costa peruana desde enero 2014 a setiembre de 2015. Temperatura máxima (imagen superior) y Temperatura mínima (imagen inferior). Fuente: SENAMHI	26
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 setiembre de 2015.	27
2.1.3.	Series diarias de Anomalías de TSM registradas en estaciones costeras del IMARPE. Procesamiento: Laboratorio de Hidro-Física Marina, Imarpe.	28
2.1.4.	Distribución espacial de anomalía TSM (ATSM) frente a Perú, cada 3 días durante el mes de setiembre de 2015. Datos: NOAA-AVHRR-OI-v2., Procesamiento: Laboratorio de Hidro-Física Marina, Imarpe.	29
2.1.5.	Anomalías de la temperatura superficial del mar (°C) en el océano Pacífico oriental para los días a) 5 de setiembre, b) 15 de setiembre, c) 20 de setiembre, d) 25 de setiembre, e) 30 de setiembre y f) 4 de octubre de 2015. La línea sólida en color azul indica el límite externo de la región Niño 1+2. Datos: NCDC/NCEP/NOAA. Procesamiento: DHN	30
2.1.6.	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	31
2.1.7	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	32
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.	33
2.2.2.	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 año 2015. Datos: AVISO. Procesamiento: Imarpe.	34
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.	35
2.3.2.	Series de tiempo para la estación oceanográfica fija frente a Paita (punto fijo Paita) de: a) temperatura (°C), b) anomalía de la temperatura (°C), c) Salinidad (ups) y d) Oxígeno (mL/L) para el periodo del 30 de marzo de 2014 al 29 de setiembre de 2015. Climatología: 1994-2010. Fuente: Imarpe	36
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 25 de setiembre de 2015. Fuente: Imarpe.	37
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 17 y 18 de setiembre de 2015. Fuente: Imarpe.	38
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 20 de setiembre de 2015. Fuente: Imarpe.	38
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 abril a setiembre de 2015. Datos: ASCAT. Procesamiento: Imarpe.	39
2.4.2.	Presión atmosférica (hPa) a nivel medio del mar para setiembre 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.	40
2.4.3.	Análisis de la Presión atmosférica (hPa) a nivel medio del mar para setiembre del 2015. Datos: NCEP/NCAR Reanalysis. Procesamiento: SENAMHI.	41
2.5.1.	Promedio de anomalías semanales de la temperatura superficial del mar (°C) en el océano Pacífico tropical del 5 de setiembre al 04 de octubre de 2015. Fuente: NCDC/NCEP/NOAA.	42

2.5.2.	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.	43
2.5.3.	Evolución del Índice de Oscilación Sur (IOS), considerando la media móvil de 30 días. Fuente: Bureau of Meteorology, Australia.	44
2.5.4.	Análisis de anomalías del viento (m/s) en a) 850 hPa y b) 200hpa para el mes de setiembre de 2015. Datos: NCEP/NOAA. Procesamiento: SENAMHI-DCL	45
2.5.5.	Hovmoller de anomalías de a) Radiación de onda larga - OLR (W/m2) desde el mes de octubre de 2014 hasta setiembre de 2015. Datos: NCEP b) Viento zonal 850 hPa desde marzo de 2014 hasta setiembre de 2015. Datos: CDAS, Procesamiento: SENAMHI-DCL	46
2.5.6.	Radiación de onda larga - OLR (W/m2) en el Pacífico central-oriental (170°W-100°W, 5°S-5°N) desde el mes de enero hasta el mes de julio del año siguiente. Datos: ESRL/NOAA, Procesamiento: IGP.	47
2.5.7.	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.	47
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.	48
2.5.9.	Análisis de la Circulación Atmosférica Ecuatorial de este a oeste para el mes de setiembre de 2015. Fuente: SENAMHI con datos de la NCEP-NOAA.	49
2.6.0.	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.	50
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 $\tau_{\text{aux}}=0$ 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.	51
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) 5 de setiembre, b) 10 de setiembre, c) 15 de setiembre, d) 20 de setiembre, e) 25 de setiembre y f) 30 de setiembre de 2015. Fuente: TAO/TRITON, PMEL/NOAA	52
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	53
2.7.1.	Desembarque (toneladas) mensual de anchoveta de la flota artesanal y de menor escala. Periodo Enero - setiembre 2015. Fuente: AFIRNP/Imarpe.	54
2.7.2.	a) Desembarque (miles de t) de anchoveta según puerto de la flota artesanal y de menor escala durante Enero - setiembre 2015 y b) Distribución de zonas de pesca de anchoveta en Setiembre 2015. Fuente: AFIRNP/Imarpe.	54
2.7.3.	Distribución vertical de anchoveta según grado latitudinal. Periodo: Setiembre 2015. Fuente: PBP/AFDPERP/Imarpe.	55
2.7.4.	Estructura mensual de tallas anchoveta en la Región Norte - Centro. Periodo: Setiembre 2015. Fuente: AFIRNP/Imarpe.	55
2.7.5.	Indicadores biológicos de anchoveta en la Región Norte - Centro. Periodo: Setiembre 2015. Fuente: LBR/AFIRNP/Imarpe.	56
2.7.6.	Incidencia de otras especies indicadoras frente a la costa del litoral Peruano. Periodo: Setiembre 2015. Fuente: AFIRNP/IMARPE y PBP/AFDPERP/Imarpe.	57
3.1.1	Ondas Kelvin en el océano Pacífico ecuatorial (0°N): (a) Modo 1, (b) Modo 2, (c) Modos 1+2. 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).	57

3.2.1.	Índice Niño 3.4 mensual observado y pronosticado por los modelos de NMME. Fuente: CPC/NCEP/NOAA.	58
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 setiembre de 2015. El modelo ECMWF tiene como condición inicial el mes de setiembre de 2015. Fuente: IGP, NOAA, proyecto NMME, ECMWF.	59

1. RESUMEN

En el mes de setiembre, el Pacífico central ecuatorial continúa mostrando evidencias del desarrollo de un evento El Niño. 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 setiembre, excediendo $+4^{\circ}\text{C}$ durante la última semana. Los promedios mensuales de los índices El Niño, los cuales están basados en la TSM en la región ecuatorial, presentaron valores positivos mensuales y mayores respecto al mes anterior, $+1,06^{\circ}\text{C}$ (Niño 4), $+2,3^{\circ}\text{C}$ (Niño 3.4), $+2,62^{\circ}\text{C}$ (Niño 3) y $+2,46^{\circ}\text{C}$ (Niño 1+2). Asimismo, las estaciones costeras registraron anomalías cálidas de la TSM desde $+1,1^{\circ}\text{C}$ (San Juan) hasta $+3,2^{\circ}\text{C}$ (Paita). Similarmente, las anomalías de temperatura del aire continuaron positivas, por ejemplo se han registrado anomalías de temperatura máxima del aire de hasta $+3,5^{\circ}\text{C}$ en la estación de Trujillo (La Libertad), $+3,4^{\circ}\text{C}$ en la estación de Huarney (Ancash) y $+3,1^{\circ}\text{C}$ en Puerto Pizarro en Tumbes. Con respecto a la temperatura mínima del aire se han registrado anomalías de hasta $+2,4^{\circ}\text{C}$ en la estación de Trujillo.

El nivel medio de mar en el litoral norte alcanzó, en promedio, $+16$ cm por encima de lo normal, mientras que en el litoral centro y sur, las anomalías fueron, en promedio, $+11$ cm. En la estación fija de Paita, localizada a siete millas náuticas de la costa, las anomalías alcanzaron $+3^{\circ}\text{C}$ en los primeros 80 metros de profundidad en la última quincena de setiembre. Asimismo, se observó un núcleo de $+6^{\circ}\text{C}$ sobre los 40.

En promedio, los vientos a lo largo de la costa peruana fueron ligeramente más intensos de lo normal durante la última semana del mes, mientras que las anomalías negativas de presión atmosférica abarcaron no solo el área frente al litoral peruano, sino que incluso llegaron hasta los 10°N . Por otro lado, con respecto a las lluvias, al inicio del año hidrológico 2015-2016, las lluvias y caudales en la costa del país se presentaron dentro de lo normal para este periodo. Los reservorios en la costa norte y sur cuentan, en promedio, con almacenamiento al 66% y 53% de su capacidad máxima, respectivamente.

En relación al sector pesquero, la anchoveta se distribuyó frente a Chimbote y Pisco dentro de las 10 millas náuticas de la costa, ligeramente profundizada frente a Chimbote. El comportamiento de los índices reproductivos mostró que la anchoveta se encuentra madurando y desovando con valores dentro de su pico de desove, aunque con un retraso en el inicio del periodo de desove. Por otro lado, continúa la presencia de especies oceánicas, propias de aguas cálidas, frente a la costa norte y centro, tales como *Sarda chiliensis* "bonito", *Katsuwonus pelamis* "barrilete" y *Decapterus macrosoma* "jurel fino".

Las actuales condiciones atmosféricas/oceánicas del Pacífico ecuatorial continúan mostrando el desarrollo del evento El Niño, con vientos del oeste prolongados hacia el Pacífico este y temperatura del mar en el Pacífico central similares, aunque ligeramente menores, que las observadas en el año 1997. A pesar de que la actividad convectiva en el Pacífico central-oriental ha disminuido, incluso por debajo de 1982, la segunda quincena de setiembre se presentó otra anomalía de vientos del oeste entre 160°E y 160°W , aproximadamente, forzando otra onda Kelvin cálida.

Además, la presencia de anomalías de vientos del oeste entre 180° y 140°W , que se han presentado a fines de setiembre e inicios de octubre, podrían fortalecer esta onda cálida.

El Índice Costero El Niño (ICEN, región Niño 1+2) correspondiente al mes de agosto fue de $+2,15^\circ\text{C}$, lo cual corresponde a una condición cálida fuerte. Igualmente, el valor estimado para el mes de setiembre corresponde a condiciones cálidas fuertes con un valor de ICEN_{tmp} de $1,93^\circ\text{C}$. Finalmente, esta primera fase de El Niño costero sigue declinando ligeramente, pero se estima un 95% de probabilidad de que el evento se extienda hasta el próximo verano, con 55% de que en esta segunda fase pueda alcanzar las magnitudes fuerte o extraordinaria, aunque la probabilidad de que sea extraordinaria ha disminuido ligeramente y que sea fuerte ha aumentado en la misma proporción.

2. CONDICIONES OBSERVADAS EN SETIEMBRE DE 2015

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

Durante el mes de setiembre, y de acuerdo a las estaciones meteorológicas del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI), se han registrado anomalías positivas en las temperaturas extremas del aire de hasta +3,5°C, en promedio. Asimismo, se han registrado anomalías de temperatura máxima del aire de hasta +3,5°C en la estación de Trujillo (La Libertad), +3,4°C en la estación de Huarmey (Ancash) y +3,1°C en Puerto Pizarro en Tumbes. Con respecto a la temperatura mínima del aire se han registrado anomalías de hasta +2,4°C en la estación de Trujillo. (Figura 2.1.1).

Las estaciones costeras de la Dirección de Hidrografía y Navegación (DHN) registraron anomalías positivas de TSM (Figura 2.1.2) con valores de hasta +3,2 y +2,5°C, en promedio, en la estación de Paita y Talara, respectivamente. De norte a sur, las estaciones registraron anomalías promedio de +2,5°C en Talara, +3,2°C en Paita, +2,1°C en Isla Lobos de Afuera, +2,4°C en Chimbote, +1,8°C en Callao, +1,1°C en San Juan, +2,3°C en Mollendo y +1,8°C en Ilo (ver Tabla 2.1.1). Asimismo, 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 TSM frente a la costa norte del Perú, y usando datos de anomalía de TSM del 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 +4°C entre 5°S a 8°S. Estos valores han disminuido gradualmente hasta la segunda semana para volver a incrementarse en la tercera semana, alcanzado anomalías de hasta +4°C al norte de 7°S. Para la cuarta semana se ha observado un incremento en las anomalías de TSM a lo largo del litoral costero de hasta +3°C, en promedio (Figura 2.1.4). Esta observación es consistente con la información de la DHN (Figura 2.1.5).

La comparación de las series temporales de la TSM y su anomalía del año 2015 con respecto a los años 1982, 1997 y 1972, que se ilustra en la Figura 2.1.6, muestra que este año, en la región Niño 1+2, las condiciones El Niño se ubican en un estado intermedio entre los años 1997 y 1982. Por otro lado, en la región Niño 3.4, la actual anomalía de TSM es superior al de los años 1982 y 1972, pero comparable al año 1997. Con respecto al Índice Costero El Niño (ICEN), basado en la anomalía observada de TSM en la región Niño 1+2 (90°-80°W, 10°S-Ec.), este presentó un valor de +2,15°C para agosto de 2015, correspondiente a una condición cálida fuerte (ENFEN, 2012). Los valores temporales del ICEN (ICENtmp), basados parcialmente en los pronósticos de los modelos numéricos, setiembre y octubre, es de 1,93°C (condición cálida fuerte) (Figura 2.1.7. y Tabla 2.1.2).

¹Fuente: <ftp://eclipse.ncdc.noaa.gov/pub/OI-daily-v2/NetCDF/2015/AVHRR>

Discusión: Según el ICEN (ENFEN, 2012), las condiciones climáticas de la costa peruana para el mes de setiembre fueron del tipo cálida fuerte (+1.93°C). Asimismo, las anomalías de la TSM, temperatura del aire (máxima y mínima) se mantuvieron positivas respecto al mes anterior. De acuerdo con el sistema de alerta (ENFEN, 2014), el mes de agosto continúa en “estado de alerta de El Niño Costero”, debido a que las condiciones actuales son consistentes con un evento de magnitud fuerte.

2.2 Precipitaciones e hidrología en la vertiente del Pacífico

Para el mes de setiembre, las condiciones hidrológicas se mantuvieron alrededor de lo normal sobre la región occidental de los Andes (Figura 2.2.1). Asimismo, a lo largo de la región ecuatorial la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT) se posicionó, en promedio entre los 5°N y 10°N; En el transcurso del mes se desarrollaron fuertes focos convectivos en el Pacífico central-occidental, debido al calentamiento del océano y la actividad ciclónica presentada en esta región. En gran parte de la cuenca amazónica la cobertura nubosa y humedad estuvo por debajo de su climatología (Figura 2.2.2).

La capacidad de almacenamiento de los principales embalses mostró valores de 66% en la costa norte y 53% en la costa sur del país (Tabla 2.2.1). Estos valores son similares a las condiciones de los años anteriores y que reflejan el inicio de las campañas agrícolas. Las condiciones de los ríos de la vertiente del Pacífico, hasta la segunda quincena de setiembre presentaron valores normales, de acuerdo a la estacionalidad.

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, el valor absoluto de la TSM que se registró en el mes de setiembre no favoreció para el desarrollo de las precipitaciones, esto como consecuencia de la época del año en la que nos encontramos. 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 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) para el mes de setiembre tuvieron un incremento gradual de hasta 25 cm hacia finales del mes, particularmente en la zona norte (Figura 2.1.2 b). Con respecto a los valores mensuales (Tabla 2.1.1), el litoral norte alcanzó, en promedio, +16 cm por encima de lo normal, mientras que en el litoral centro y sur las anomalías fueron, en promedio, +11 cm. A diferencia del mes anterior, en el norte (centro y sur) las anomalías mensuales aumentaron alrededor de +4 cm (+ 2 cm).

La anomalía del nivel del mar para la franja de 100 Km desde la costa peruana, basada en altimetría satelital, se incrementó desde +13 hasta +18 cm en el punto 90.125°W, 0.125°S, mientras que la misma variable se mantuvo entre +9 y +13 cm en la región ubicada entre los 5°S y 14°S, y entre +9 y +12 cm entre los 14°S y 18°S (Figura 2.3.1a).

El diagrama Hovmöller de la misma variable (Figura 2.3.1b), pero para la franja de 40 km, mostró variación de las anomalías entre 0 y 22 cm. Los mínimos valores se registraron alrededor de los 8°S a mediados de mes, mientras que los máximos se presentaron al norte de los 5°S durante la tercera semana.

La estructura térmica en el Punto Fijo de Paita, perteneciente al Instituto del Mar del Perú (IMARPE), mostró un incremento de la temperatura en toda la columna de agua en la última quincena de setiembre, con valores entre los 17° y 22°C (Figura 2.3.2 a). Con respecto a las anomalías térmicas, estas alcanzaron +3°C en los primeros 80 m de profundidad durante la segunda quincena de mes, periodo en el cual se presentó un núcleo de +6°C sobre los 40 m (Figura 2.3.2 b). Durante gran parte del presente mes la estructura halina mostró predominancia de aguas de mezcla (ASS + ACF)², aunque con menor incidencia de ASS en comparación al mes anterior. Sin embargo, para la segunda mitad del mes se registraron valores inferiores a 34,8 ups sobre los 40 m de profundidad asociados a la presencia de AES (Figura 2.3.2 c). Por otro lado, la distribución de oxígeno disuelto mostró una disminución (aumento) del mismo durante la primera (segunda) quincena de setiembre, con valores mayores a 1 mL/L en toda la columna y un núcleo de 4 mL/L ubicado sobre los 10 m de profundidad (Figura 2.3.2 d).

Con respecto a las variables oceanográficas medidas en el Punto Fijo frente a Chicama, la temperatura mostró un incremento gradual debido a la profundización de las isotermas, con un rango de temperaturas entre 15° y 18°C (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). Finalmente, la columna de agua estuvo menos oxigenada que la de Paita y se pudo observar la parte superior de la capa mínima de oxígeno (0,5 mL/L) por debajo de los 80 m de profundidad; no obstante, en los primeros 10 m de profundidad se presentó un núcleo con valores superiores a 4 mL/L (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 17 y 18 de setiembre frente a Paita, mostraron una termoclina ubicada sobre los 60 m de profundidad, con la isoterma de 15°C orientada descendentemente hacia la costa y ubicada entre 120 y 200 m de profundidad (Figura 2.3.4 a). Como consecuencia de esta estructura, las anomalías térmicas superiores a +2°C se localizaron, principalmente, por encima de los 60 metros de profundidad, y con un máximo de +4°C entre las 20 y 60 millas de la costa (Figura 2.3.4 b). Asimismo, hubo una anomalía de +2°C cerca de las 20 millas de la costa y a 300 m de profundidad. La estructura halina presentó fuerte incidencia de AES en las capas superficiales (Figura 2.3.4 c), lo cual produjo anomalías negativas de la salinidad con valores de alrededor de -0,15 ups sobre los 30 m de profundidad (Figura 2.3.4 d). Por debajo de estas capas se observó incidencia de aguas mezcla, aunque con menor aporte de ASS en comparación al mes de agosto.

Con respecto a la sección de Chicama, esta presentó, a diferencia de Paita, una termoclina menos estratificada sobre los 80 m de profundidad y con la isoterma de 15°C localizada entre 100 y 150 m de profundidad (Figura 2.3.5 a).

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

En consecuencia, se registraron anomalías mayores a $+0,5^{\circ}\text{C}$ sobre los 200 m de profundidad, y con valores de hasta $+2^{\circ}\text{C}$ por encima de los 50 m (Figura 2.3.5 b). La estructura halina mostró presencia de aguas de mezcla pero con menor incidencia de ASS en comparación al mes de agosto (Figura 2.3.5 c). Esto generó que las capas por encima de los 50 m de profundidad presenten anomalías positivas de salinidad superiores a $+0,05$ ups (Figura 2.3.5 d).

Discusión: Las anomalías del NMM, que se registraron en las estaciones mareográficas ubicadas a lo largo de la costa peruana aumentaron a lo largo del mes, en especial en la zona norte (Figura 2.1.2 b), lo cual fue consistente con la tendencia observada en los datos de AVISO en el punto 90.125°W , 0.125°S (Figura 2.3.1a), y en la región comprendida entre 0° y 5°S (Figura 2.3.1b). En la estación fija Paíta, las anomalías de temperatura sub-superficial alcanzaron $+3^{\circ}\text{C}$ en los primeros 80 m de profundidad durante la segunda quincena del mes, periodo en el cual se presentaron anomalías de hasta $+6^{\circ}\text{C}$ sobre los 40 m (Figura 2.3.2 b). Asimismo, en esta estación se observó la presencia de AES por encima de los 60 m de profundidad. En consecuencia, los valores anómalos mostrados para estos parámetros oceanográficos indican el arribo de la señal de la onda Kelvin cálida formada a fines de julio, la cual parece haber tenido mayor impacto en el litoral norte.

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 1 a 9 m/s durante el mes, en promedio más débiles que lo normal; con vientos menores a 4 m/s al sur de los 17°S , y mayores a 4 m/s entre los 0°S y 17°S con valores máximos de 9 m/s entre 14°S y 17°S . Asimismo, se observó un debilitamiento uniforme entre 5°S y 20°S de la velocidad del viento durante la primera y tercera semana del mes con anomalías de hasta -5 m/s (Figura 2.4.1a). Sin embargo, durante la última semana del mes se observaron anomalías positivas de hasta $+3$ m/s entre 12°S y 17°S (Figura 2.4.1b).

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 temperatura superficial del mar. Asimismo, el Anticiclón del Pacífico Sur (APS) se mostró retirado hacia el sur (45°S) con intensidad 1023 hPa en su núcleo (Figuras 2.4.2 a y b). Durante la primera quincena del mes el APS, alrededor de 110°W y 45°S , presentó intensidad por encima de 1026 hPa en su núcleo, mientras que el resto del mes la intensidad disminuyó hasta 1017 hPa, la inestabilidad del APS está asociado a la incursión de sistemas de baja presión (Figura 2.4.3).

Discusión: En setiembre al igual que meses anteriores, la intensidad de los vientos del sureste a lo largo de la costa peruana se ha presentado fluctuante, pero en promedio por debajo de su valor climatológico. Por otro lado, el núcleo del APS se ha desplazado anómalamente hacia el sur. Además, se ha identificado anomalías negativas de presión frente a Perú (-1 hPa), posiblemente asociadas a las anomalías positivas de la TSM en esta región (Lindzen y Nigam, 1987; Figuras 2.1.4).

2.5 Circulación atmosférica y temperatura superficial en el Pacífico ecuatorial

Las anomalías de la TSM en el Pacífico ecuatorial continuó presentando condiciones cálidas a lo largo de la franja ecuatorial, registrando sus mayores anomalías en el Pacífico ecuatorial central y oriental, obteniendo en la última semana, núcleos de anomalías de hasta +4°C (Figura 2.5.1 e). La mayor anomalía semanal se registró en la región Niño 1+2 y 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), +2,3°C (Niño 3.4), +2,62°C (Niño 3) y +2,46°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 30 de setiembre, es de -21,8 (Figura 2.5.3), el cual se encuentra muy por debajo de lo normal (± 7 , según la categorización realizada por la Bureau of Meteorology de Australia). El valor del IOS de setiembre, es consistente con el incremento de la convección en el Pacífico oriental y la disminución de la convección en el Pacífico ecuatorial central - oriental (Figura 2.5.5 a). Por otro lado, a pesar de que las anomalías de TSM en la región del Pacífico ecuatorial central continúa mostrando una evolución similar a la de El Niño 1997/1998, la actividad convectiva en la región ecuatorial central-oriental se ha reducido en comparación a meses anteriores, incluso por debajo del año 82 (Figura 2.5.6). A pesar de esto, aún se continúa en la fase cálida de El Niño-Oscilación del Sur.

Los niveles bajos de la tropósfera (850 hPa) mostraron un debilitamiento de los vientos alisios sobre el Pacífico central y occidental. Además, las anomalías significativas de vientos del oeste persistieron durante todo el mes con un pulso durante la segunda quincena (Figura 2.5.4a y Figura 2.5.5 b), llegando hasta 100°W. Estas anomalías del oeste han sido generadas, principalmente, por procesos convectivos sobre el océano y la intensificación de la divergencia en niveles altos de la tropósfera observándose anomalías del este en 200hPa en el Pacífico central en ambos lados del ecuador (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 82 pero por debajo de la del 97 (Figura 2.5.7). Por otro lado, se ha observado un incremento de las anomalías del este desde el 14 hasta fines de mes, en la región 140°W-90°W.

Discusión: Durante setiembre 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, convección y temperatura del mar en el Pacífico central similares, ligeramente menores a las observadas en el año 1997, pero por encima del año 1982. Sin embargo, el efecto de esto en la región Niño 1+2 aún tiene un grado de incertidumbre, debido a la duda de si se continúa en la fase decadal fría (escenario que se inició desde el año 1999) o estaríamos en un estado de transición hacia la fase decadal cálida. Finalmente, se espera el forzamiento de una nueva onda Kelvin debido al nuevo pulso formado durante la segunda quincena del mes.

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

2.6 Dinámica oceánica en el Pacífico ecuatorial

En el mes de setiembre los datos in situ de las boyas TAO/TRITON y los derivadores ARGO mostraron que la profundidad de la isoterma de 20°C en la franja ecuatorial, que coincide aproximadamente con la termoclina, presentó una profundización mayor a los 50 m en la región 115°W-105°W durante la primera quincena del mes (Figura 2.6.1 c). Sin embargo, debido a la carencia de datos de las boyas TAO/TRITON en las regiones próximas a la costa sudamericana no se pudo observar el comportamiento de la termoclina, por otro lado, el dato más próximo ubicado alrededor de 130°W mostró una profundización de la isoterma de 20°C superior a los 50 m durante los primeros días del mes (Figura 2.6.1 b). En las regiones próximas al litoral costero, los impactos en la termoclina fueron menos intensos, presentando valores próximos a los 10 m durante la primera quincena. No obstante, a partir de la segunda quincena, la termoclina presentó valores por encima de 30 m debido al arribo de la onda Kelvin cálida hacia el continente sudamericano (Figura 2.6.1 c).

Durante los primeros días del mes, los datos de altimetría de Jason-2 mostraron anomalías positivas de aproximadamente +15 cm en las regiones próximas al continente (80°W). Sin embargo, debido al arribo de la onda Kelvin a partir de la segunda semana del mes de setiembre las anomalías fueron superiores a +20 cm (Figura 2.6.1 d). Al igual que lo observado en la termoclina, los impactos de la anomalía del nivel medio del mar fueron menos intensos en las regiones próximas al litoral costero durante los primeros días del mes. Asimismo, se mantuvo la persistencia del esfuerzo de viento positivo durante todo el mes. No obstante, se espera que el pulso de esfuerzo de viento superior a los $10 \times 10^{-2} \text{ Nm}^{-2}$ generado durante la segunda quincena de setiembre genere una nueva onda Kelvin, la cual llegaría a nuestras costas en noviembre (Figura 2.6.1 a). El Modelo Oceánico Lineal (LOM-IGP; Mosquera 2009, Mosquera et al. 2011 y Mosquera 2014), muestra que el núcleo de la onda Kelvin generada la segunda quincena de setiembre arribaría a nuestras costas en noviembre (Figura 2.6.1 e).

Por encima de los 200 m de profundidad, las temperaturas subsuperficiales ecuatoriales, según la información de las boyas del proyecto TAO/TRITON, presentaron anomalías positivas más intensas al observado el mes de agosto al este de la línea internacional de cambio de fecha (Figura 2.6.2). El núcleo de la anomalía se mantuvo alrededor de +7°C y su profundización estuvo en torno de los +100 m, aunque solo hay datos hasta los 110°W. Asimismo, la evolución de la actual inclinación anómala de la termoclina es menor al observado en el año 1997 pero ligeramente mayor al observado en otros años desde entonces (Figura 2.6.3).

Discusión: Si bien durante el mes de agosto no se observó la llegada esperada de la onda Kelvin en la profundidad de la termoclina y anomalía del nivel medio del mar, en el mes de setiembre se observó un mayor acercamiento del núcleo de la onda Kelvin cálida que se formó en los últimos días de julio a las costas de Sudamérica a partir de la segunda semana. En la profundización de la termoclina el impacto de la onda Kelvin fue mayor en 110°W. Asimismo, se espera que la nueva onda Kelvin formada la segunda quincena de setiembre arribe a nuestras costas en noviembre como lo muestra la simulación realizada con el Modelo Oceánico Lineal (LOM-IGP) (Figura 2.6.1 e).

Por otro lado, a nivel sub-superficial también se pudo observar que las anomalías de la temperatura han alcanzado hasta +7°C, al menos hasta los 110°W, lo cual es una consecuencia de la profundización de la termoclina en el lado oriental (95°W) que está sometida a la presencia de ondas Kelvin cálidas y a un forzante continuo de anomalías de esfuerzo de viento zonal del oeste (Figura 2.6.1 a). Todo esto es parte del fenómeno El Niño que se viene desarrollando en el Pacífico.

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 27 de setiembre ascendió de 2 850 760 toneladas (t). La especie de mayor desembarque fue *Engraulis ringens* “anchoveta” con el 99,88% (Tabla 2.7.1). El 31 de julio concluyó la Primera Temporada de Pesca 2015 de anchoveta en la Región Norte – Centro con un total de 2 556 228 toneladas, correspondiente al 99,1% de la cuota. El 1 de Agosto se inició la segunda temporada de pesca en la región Sur con cuota de 450 000 toneladas hasta el 31 de diciembre. Al 27 de setiembre, los desembarques ascienden a 4 109 toneladas que representa al 1,1 % de la cuota (Tabla 2.7.2).

Durante el 2015, los desembarques de la flota artesanal y de menor escala, alcanzaron 58 800 t, en abril se registraron los mayores desembarques durante el año, sin embargo en setiembre los desembarques fueron menores a 5 000 t (Figura 2.7.1). Los mayores desembarques se realizaron en el puerto de Chimbote (Figura 2.7.2.a). El área de pesca de anchoveta por la flota artesanal y de menor escala, se registró en las regiones norte y centro distribuidas en dos (02) principales zonas de pesca, de Chimbote (09°S) y Pisco (13°S) dentro de las 20 millas náuticas (mn) (Figura 2.7.2.b).

Debido al ingreso a la costa de una onda Kelvin a fines de setiembre, el ambiente marino sub-superficial se presentó alterado, encontrando una mayor profundización de los cardúmenes de anchoveta. Sin embargo, las profundidades registradas en setiembre del 2015, con promedio de 14 metros (m) en el 8°S y de 16 m en el 9°S, fueron más someras que las registradas en el 2014 con profundidades mayores a 25 m (Figura 2.7.3).

Para el mes, las estructuras de tallas de la anchoveta fluctuaron entre 9,5 a 16,5 cm en Chimbote con 13,5 cm de moda y 9,0 a 15,5 cm de amplitud con moda de 12,5 cm de longitud total (LT), y presentando juveniles, con 5,6% y 41,0% respectivamente (Figura 2.7.4).

Se registró mayor incidencia de especies trans-zonales como caballa, seguido del jurel y bonito. A su vez se observó la presencia de especies indicadoras de aguas cálidas provenientes del norte como Samasa frente a Chimbote y de especies de aguas oceánicas como Jurel fino, Perico y Barrilete. (Figura 2.7.6)

El comportamiento de los índices reproductivos muestra que la anchoveta del stock norte-centro se encuentra madurando y desovando con valores de Fracción desovante (FD) e Índice Gonadosomático (IGS) sobre sus valores críticos, lo cual indica que el recurso se

encuentra dentro de su pico de desove, aunque ha mostrado un retraso en el inicio de este periodo. Se espera que el desove continúe y que se mantenga en las próximas semanas, si las condiciones ambientales son favorables.

Discusión: En setiembre, el desembarque de anchoveta de la segunda temporada de pesca de la región sur, alcanzó el 1,1% de la captura establecida. Se viene observando alteraciones en el proceso reproductivo y condición somática de la anchoveta debido a las condiciones cálidas que se han venido desarrollando (Arntz & Fahrback, 1996).

3. PERSPECTIVAS

3.1 A corto plazo (semanas)

Los resultados del modelo oceánico lineal del IGP (Mosquera 2009, 2011; Figura 2.6.1 e) e IMARPE (Dewitte et al., 1999; Figura 3.1.1 c), indican que en las siguientes semanas el NMM y de la profundidad de la termoclina a lo largo de la línea ecuatorial serán afectadas por el paso de la onda Kelvin cálida, la cual se formó en la segunda quincena de setiembre y que debe haberse fortalecido con anomalías de vientos del oeste a fines del mismo mes. Finalmente, el modelo de IMARPE (Figura 3.1.1.c) presenta una onda Kelvin cálida del modo 2 que se generó en julio debido a las anomalías de vientos del oeste en el Pacífico Ecuatorial Occidental, la cual continuaría su arribo hacia las costas de Sudamericanas a inicios de octubre.

Discusión: El paso de la onda Kelvin cálida a lo largo del Pacífico Ecuatorial en las siguientes semanas no solo debe incrementar la anomalía del nivel del mar y de la profundidad de la termoclina, sino también debe hacerlo con la anomalía de la TSM por procesos advectivos. El impacto en la profundidad de la termoclina debido a la onda Kelvin cálida en el Pacífico Central y Oriental debe contribuir a disminuir la inclinación, hacia el este, de la termoclina, que ya existe debido al desarrollo del evento El Niño.

3.2 A mediano plazo (hasta 3 meses)

La onda Kelvin cálida, formada en la segunda quincena de setiembre y que debe haberse fortalecido con anomalías de vientos del oeste a fines del mismo mes, debe arribar a la costa peruana en el mes de noviembre, esto basado en la simulación numérica hecha con el modelo lineal (LOM) del IGP y el multi-modos de IMARPE que usan la proyección de los datos observados en el Pacífico Ecuatorial.

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 setiembre, para los meses de noviembre y diciembre de 2015, indican que la ATSM continuará con una tendencia positiva, alcanzando condiciones muy fuerte, en promedio, para este periodo.

Para el Pacífico oriental (Niño 1+2), los pronósticos de los modelos climáticos dinámicos evaluados (siete del proyecto NMME y el modelo European Center for Medium Range Weather Forecasting ECMWF) e inicializados en setiembre, 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 (Niño 1+2, ICEN) continuarían las condiciones de El Niño costero, el cual se inició en abril y tuvo un máximo en julio.

Básicamente, 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%) para el verano (Figura 3.2.2). El promedio de los modelos de NMME corresponde a un evento El Niño de magnitud fuerte.

Discusión: La llegada de la onda Kelvin a la costa peruana debería mantener; e incluso incrementar, si es fortalecida por la persistencia de vientos del oeste; las anomalías: del nivel del mar, profundidad de la termoclina y la TSM que actualmente están presentes. Si la onda llegara a la costa sin modificaciones en su magnitud, entonces el aumento en el nivel del mar, característica de este tipo de onda, incrementaría los impactos de procesos costeros asociados a las mareas y oleajes. En el aspecto sub-superficial, se esperaría que la onda cálida profundice la termoclina a lo largo de la costa peruana, con un potencial impacto en la pesquería, como normalmente sucede. Sin embargo, no se espera que la onda Kelvin incremente la TSM lo suficiente como para generar precipitaciones intensas a lo largo de la costa peruana, 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.

La llegada de la onda Kelvin y su latente impacto en la TSM, que ha sido descrito arriba, coincide con el resultado de los pronósticos los modelos globales para el mes de noviembre y parte de diciembre, los cuales indican que el Niño costero de magnitud fuerte, iniciado en abril, seguiría presente en la costa peruana en los siguientes meses. Hay confianza en este resultado ya que, según Reupo y Takahashi (2014 a, b), la habilidad de los modelos para pronosticar la TSM en el mes de noviembre y diciembre, usando condiciones iniciales de setiembre, es alta (probabilidad de 0.85).

Las condiciones observadas en el Pacífico ecuatorial muestran la presencia de la fase cálida de El Niño/Oscilación Sur, con la convección atmosférica y vientos del oeste respondiendo al calentamiento superficial, lo cual, de persistir, continuaría generando ondas Kelvin cálidas que mantendrían o incrementarían las anomalías cálidas en el Pacífico

Ecuatorial. Esto es consistente con los pronósticos numéricos globales, los cuales indican que el calentamiento en el Pacífico central continuaría en los siguientes meses.

Para el Pacífico oriental ecuatorial, los datos observados de vientos, NMM y profundidad de la termoclina, así como los resultados de los modelos oceánicos lineales y los pronósticos de los modelos globales indican que las condiciones cálidas observadas actualmente en la costa sudamericana persistirían al menos por todo el mes de octubre y noviembre.

3.3 A largo plazo (más de 3 meses)

La perspectiva a largo plazo se referirá, básicamente, para el verano 2015-2016 y estará basada en la evolución actual del fenómeno El Niño comparado con los eventos extraordinarios de 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 las condiciones cálidas fueron moderadas en diciembre de 1972 y enero de 1973, reduciéndose a débiles en febrero y neutro en marzo de 1973. Por otro lado, el evento El Niño extraordinario de 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. Para el evento El Niño 1997/1998, las condiciones correspondieron a cálidas extraordinarias se dieron entre junio de 1997 y enero de 1998, mientras que la magnitud de fuerte se dio entre febrero y junio de 1998. Respecto al evento El Niño del 2015 que se viene desarrollando desde abril, según el ICEN se alcanzó las condiciones cálida fuerte desde el mes de Junio.

2) El índice de anomalías del esfuerzo del viento zonal (de oeste) en el Pacífico central (u_c) estimado con los datos de setiembre del 2015 tiene un valor intermedio entre los observados en 1982 y 1997. Es necesario recordar que el valor de aquel índice para el mes de agosto, también se mantuvo entre lo observado en 1982 y 1997, es decir con altas probabilidades de producir un evento El Niño de magnitud extraordinaria (Takahashi & Dewitte, 2015). 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).

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 ecuatoriales 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 inter-decadal, 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 3,5°C (Figura 3.2.1). Los modelos indican, en promedio, una disminución de las anomalías positivas de TSM para los meses entre enero y abril. Para el caso del Pacífico oriental (Niño 1+2, ICEN), los pronósticos promedio de los diferentes modelos indican condiciones entre cálidas fuertes y cálidas débiles para el verano, pero con valores menores, en general, a los máximos alcanzados en invierno. Hay que considerar que los pronósticos de los modelos inicializados en setiembre, 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: Si bien actualmente estamos en presencia de condiciones típicas de El Niño costero fuerte, no hay garantía de que las condiciones persistan con la misma intensidad hasta el verano debido a que si bien El Niño en el Pacífico central muestra altas probabilidades de ser fuerte o muy fuerte, existe mayor incertidumbre en el Pacífico oriental debido a que las anomalías en las condiciones océano-atmósfera en esta región han declinado desde el mes de julio. Si los vientos del oeste continuaran o se intensificaran, se esperaría que las

anomalías de TSM costeras continúen o incrementen, respectivamente, durante los siguientes meses, pero para que se desarrolle un evento El Niño costero fuerte o extraordinario en el verano, este calentamiento debería ser suficientemente elevado para activar los procesos de retroalimentación convectivos en el Pacífico oriental (Takahashi & Dewitte, 2015).

No es claro si los valores positivos recientes del índice PDO corresponden a un cambio decadal o transiente, ni cuáles son las implicancias para el Pacífico ecuatorial oriental. Asimismo, tampoco es claro si las anomalías de viento del este en el Pacífico oriental y la atenuación de las ondas Kelvin en esta región indican persistencia de la fase decadal fría si esto podría persistir hacia el verano.

Las condiciones océano-atmósfera observadas y los pronósticos para el Pacífico central sugieren una alta probabilidad de que El Niño en esta región tenga magnitudes fuertes o muy fuertes. Sin embargo, se considera que existe la probabilidad de que los modelos climáticos globales (GCMs en inglés) estén sobreestimando los valores de TSM, tal como lo hicieron en el año 2012 y 2014, posiblemente porque no están representando adecuadamente los efectos de las fases decadales.

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, 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 55% de que El Niño alcance una magnitud de fuerte o extraordinaria este verano (Comunicado oficial N°.17 ENFEN Tabla 2.8.2), aunque se estima que la probabilidad de que sea extraordinario ha disminuido ligeramente y la probabilidad de que sea fuerte ha aumentado en la misma proporción. Para las precipitaciones en los Andes y la Amazonia, El Niño en el Pacífico central implica la posibilidad, sin ser determinante, que incrementen ligeramente 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 de setiembre las condiciones oceánicas y atmosféricas en el litoral costero fueron similares al mes de agosto, aunque las anomalías de TSM y temperatura subsuperficial que se registraron fueron mayores al mes anterior. Mientras que en promedio el NMM incrementó asociada a la llegada de la onda Kelvin cálida esperada para agosto-setiembre. Asimismo, las máximas anomalías de temperatura registrado por la estación oceanográfica a 7 millas náuticas frente a Paita presentó el valor más alto de +6°C durante la segunda quincena del mes.

En la zona costera del Perú, el promedio de las anomalías mensuales de la TSM en agosto fue +2,4°C en la costa centro y norte, y alcanzó el valor promedio de +3,2°C en Paita, mayor al mes anterior en 1°C. A lo largo del litoral, las temperaturas del aire continuaron por encima de lo normal, mayores a las del mes anterior, con anomalías promedio de +3,5°C para la temperatura máxima del aire y de +1,6 para la temperatura mínima del aire. El valor del Índice Costero El Niño (ICEN) para agosto es de 2,15°C, correspondiente a condiciones fuertes, la cual ha alcanzado la magnitud de Cálida Fuerte.

Las anomalías de vientos del oeste persistieron todo el mes, así como las anomalías positivas de TSM en el Pacífico. Mientras que la convección disminuyó en el Pacífico central-oriental. El debilitamiento de los vientos alisios y el valor del IOS son consistentes con la fase cálida de El Niño-Oscilación Sur.

Con respecto a los pronósticos numéricos, estos indican que el evento podría mantenerse hasta inicios de año 2016. Para la región costera en el verano 2015-2016, según la última nota técnica del ENFEN, se mantiene en 55% de probabilidad que El Niño costero alcance magnitudes fuerte o extraordinaria.

5. REFERENCIAS

- Arntz, W.; Fahrbach, E. 1996. El Niño, experimento climático de la naturaleza. Fondo de Cultura Económica, 309 p.
- Barnston, A. G., Tippet 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).
- 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, Tippet 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 Meteorologia*, 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 inter-decadal 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., 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.
- 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.
- 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

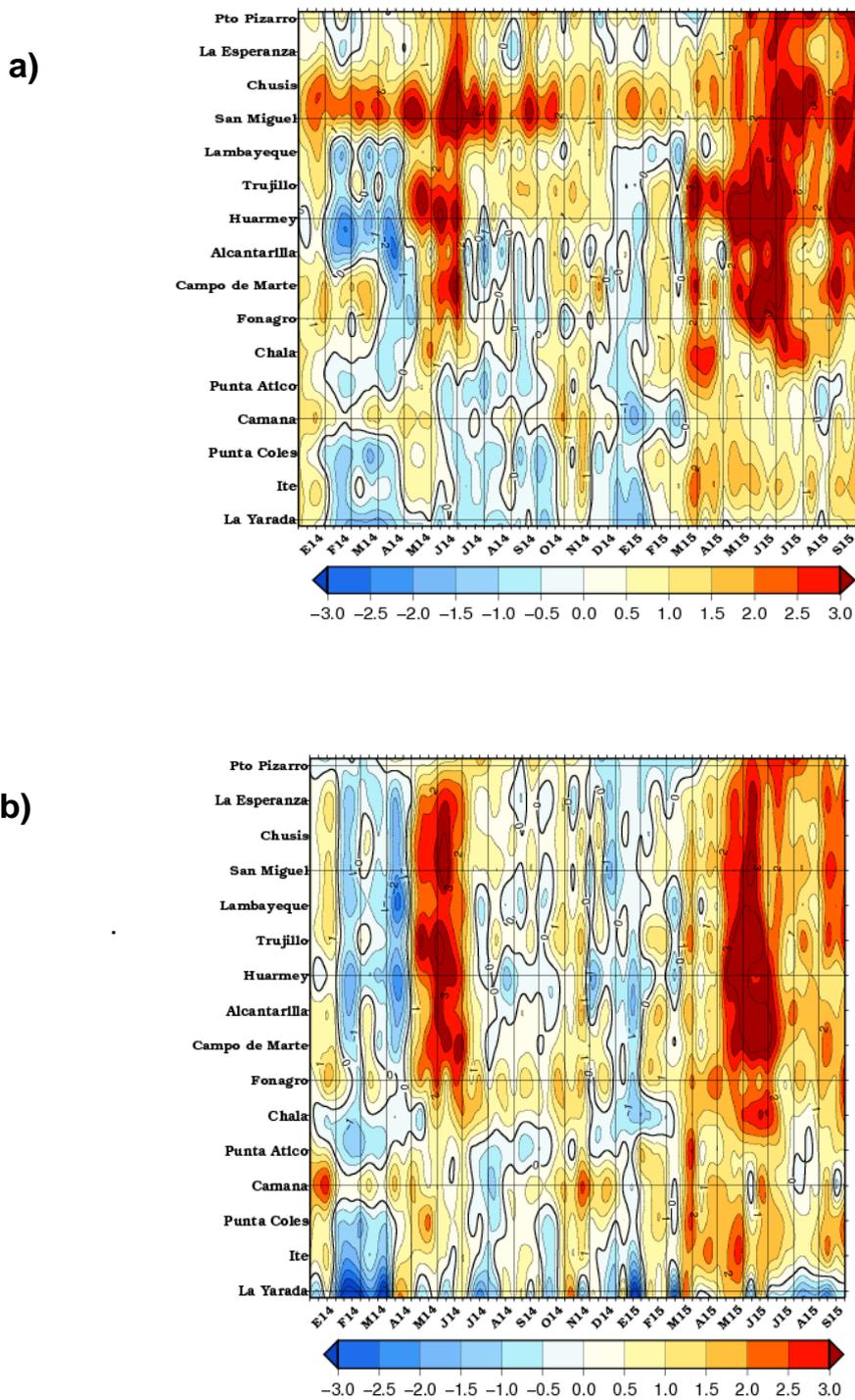
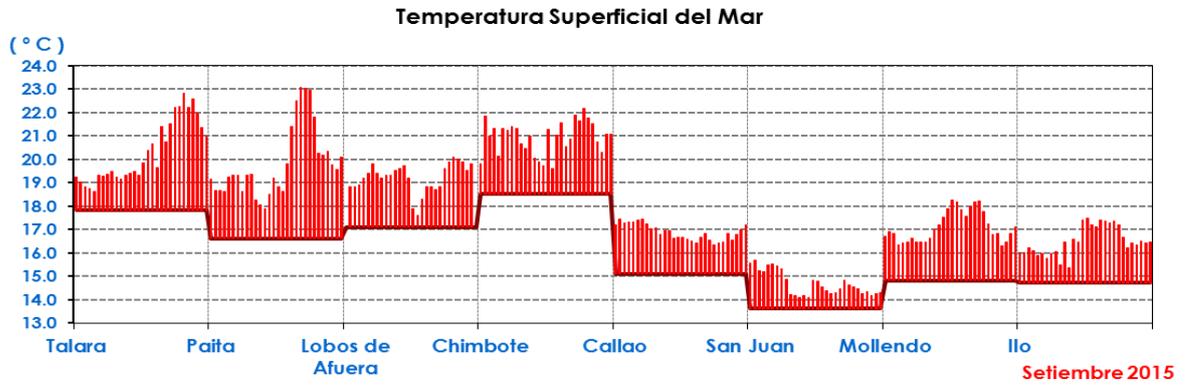


Figura 2.1.1. Anomalías de las temperaturas extremas del aire (°C) en la costa peruana desde enero 2014 a setiembre de 2015. Temperatura máxima (imagen superior) y Temperatura mínima (imagen inferior). Fuente: SENAMHI

a)



b)

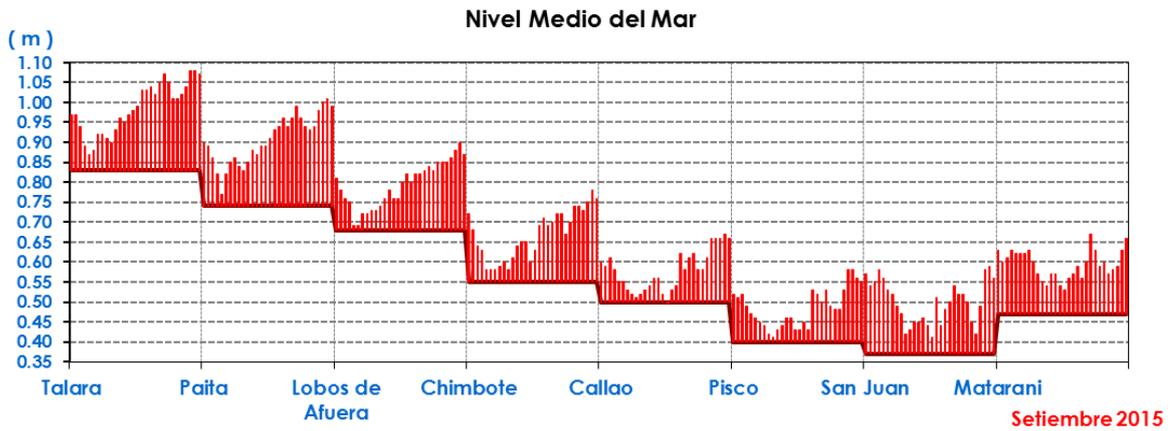


Figura 2.1.2. Serie de tiempo diaria de: a) Temperatura superficial del mar (°C) y b) Nivel medio del mar (m) en el litoral peruano durante el mes de setiembre de 2015.

Procesamiento: DHN

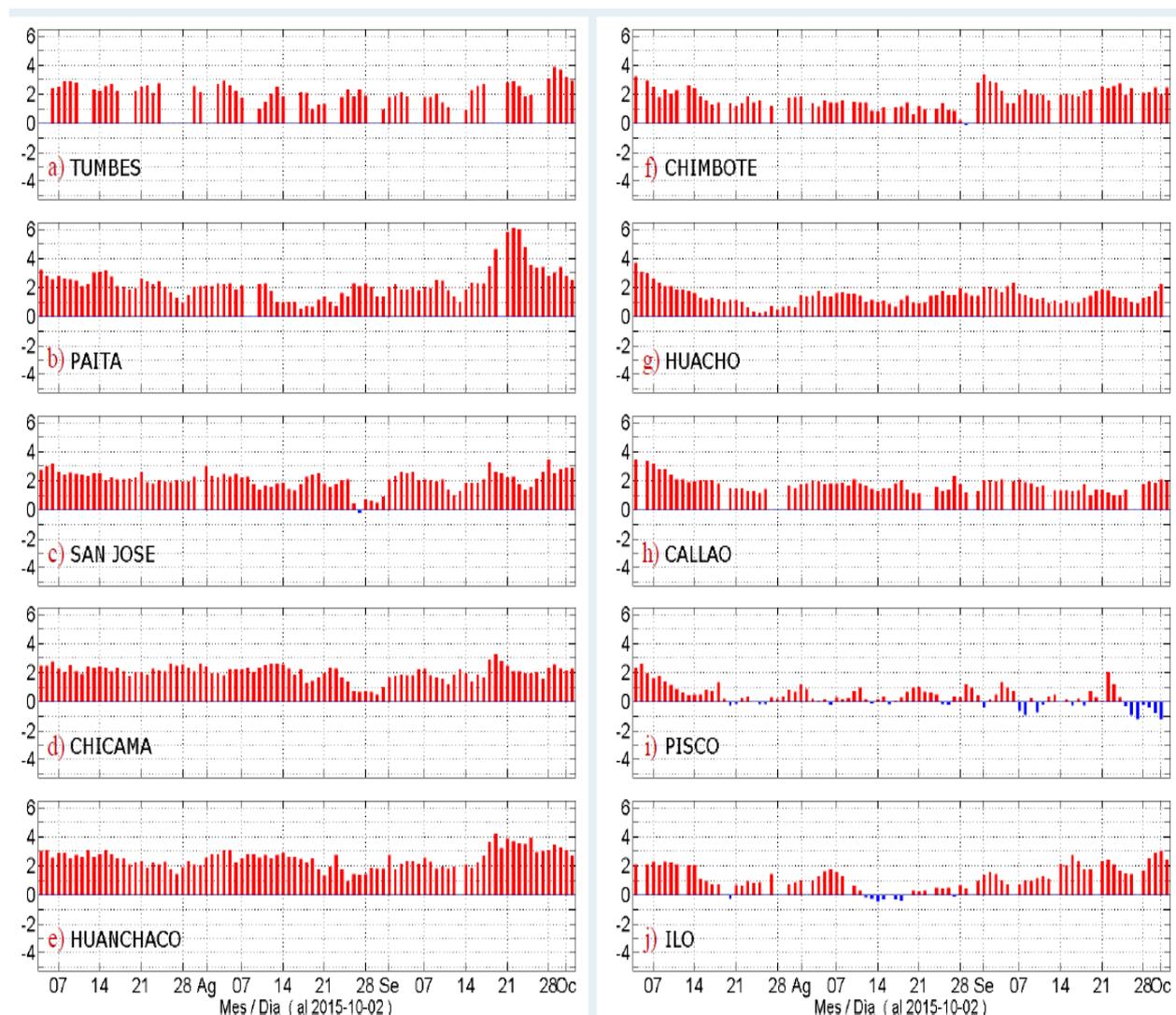


Figura 2.1.3 Series diarias de Anomalías de TSM registradas en estaciones costeras del IMARPE. Procesamiento: Laboratorio de Hidro-Física Marina, Imarpe.

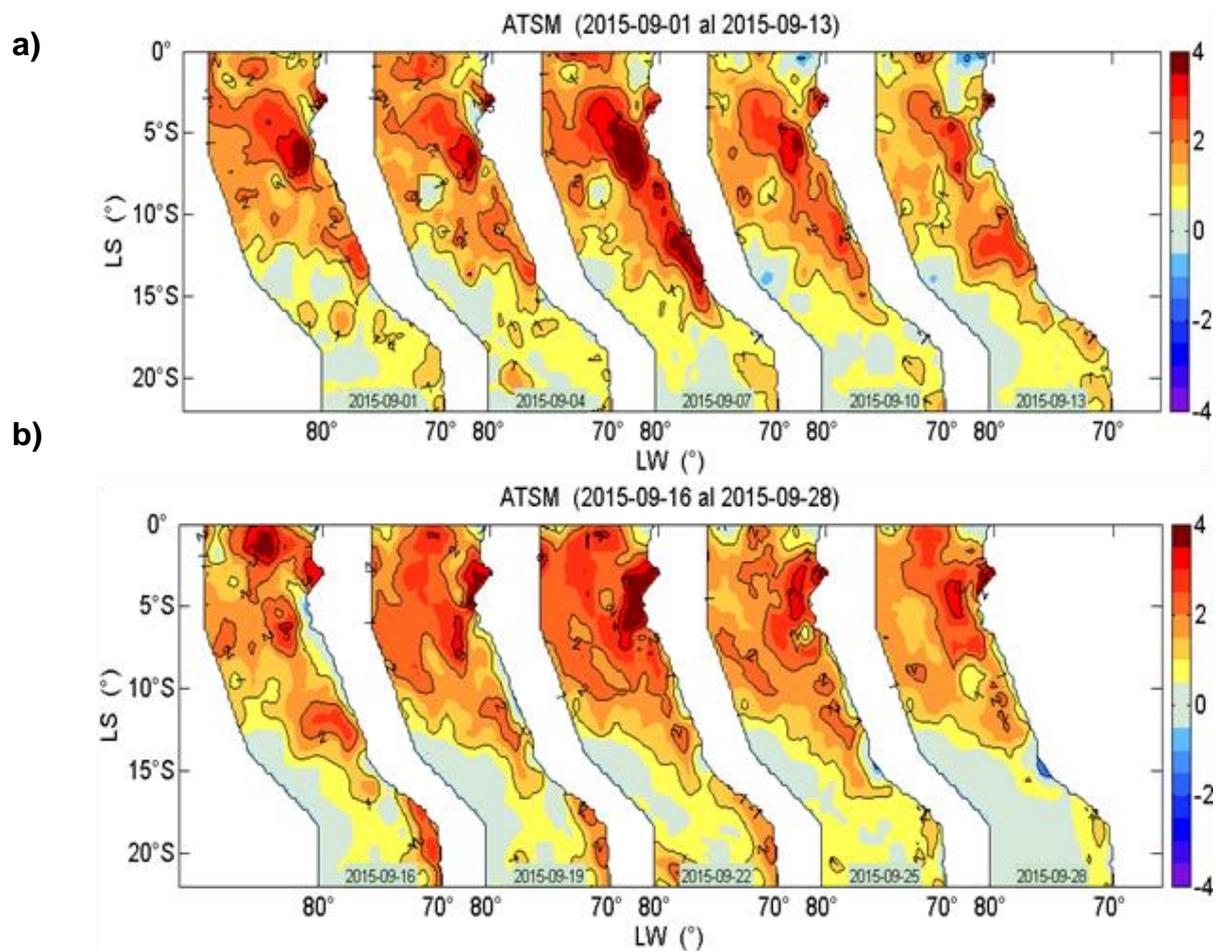


Figura 2.1.4. Distribución espacial de anomalía TSM (ATSM) frente a Perú, cada 3 días durante el mes de setiembre de 2015. Datos: NOAA-AVHRR-OI-v2., Procesamiento: Laboratorio de Hidro-Física Marina, Imarpe

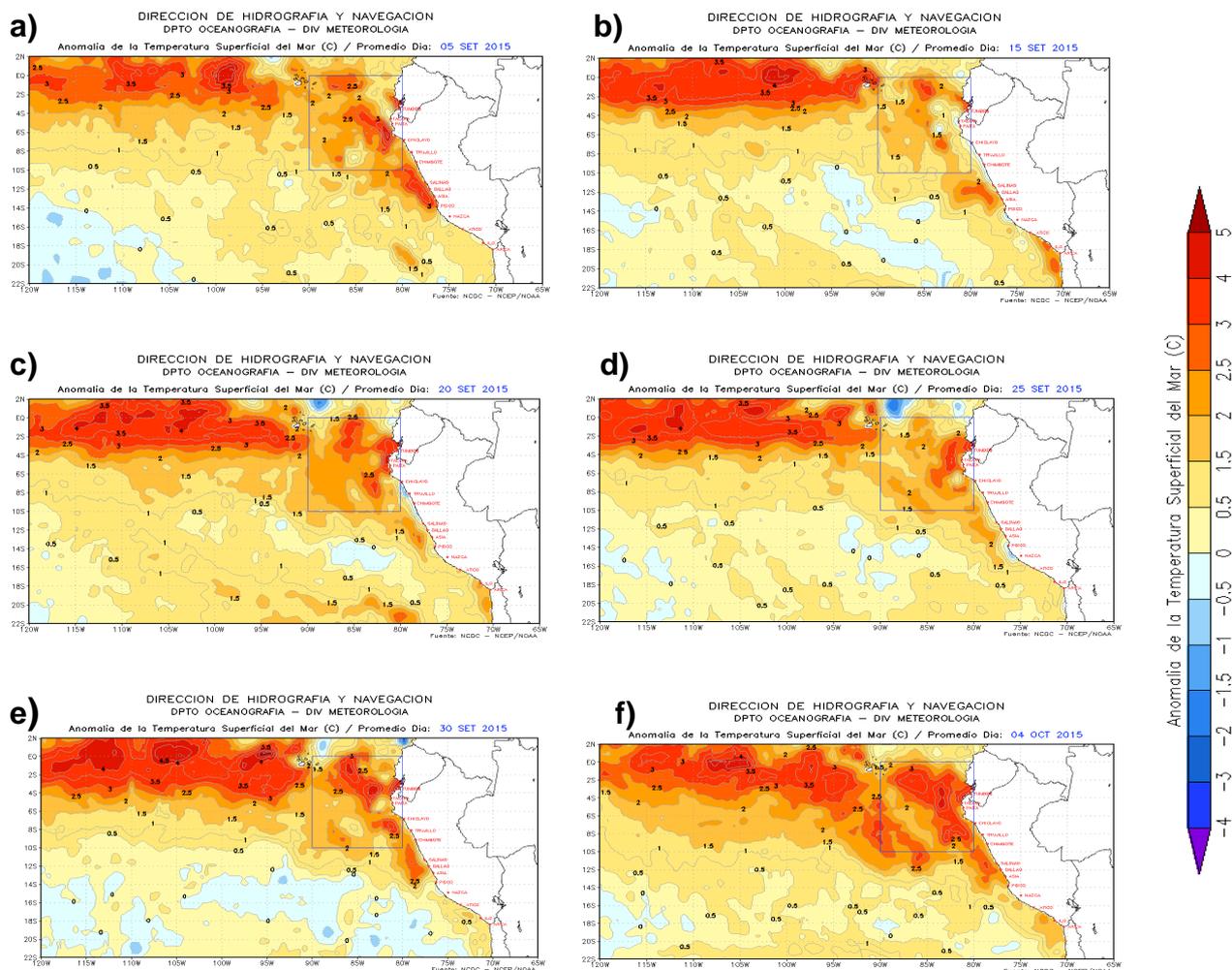


Figura 2.1.5. Anomalías de la temperatura superficial del mar (°C) en el océano Pacífico oriental para los días a) 5 de setiembre, b) 15 de setiembre, c) 20 de setiembre, d) 25 de setiembre, e) 30 de setiembre y f) 4 de octubre de 2015. La línea sólida en color azul indica el límite externo de la región Niño 1+2. Datos: NCDP/NCEP/NOAA. Procesamiento: DHN

a)

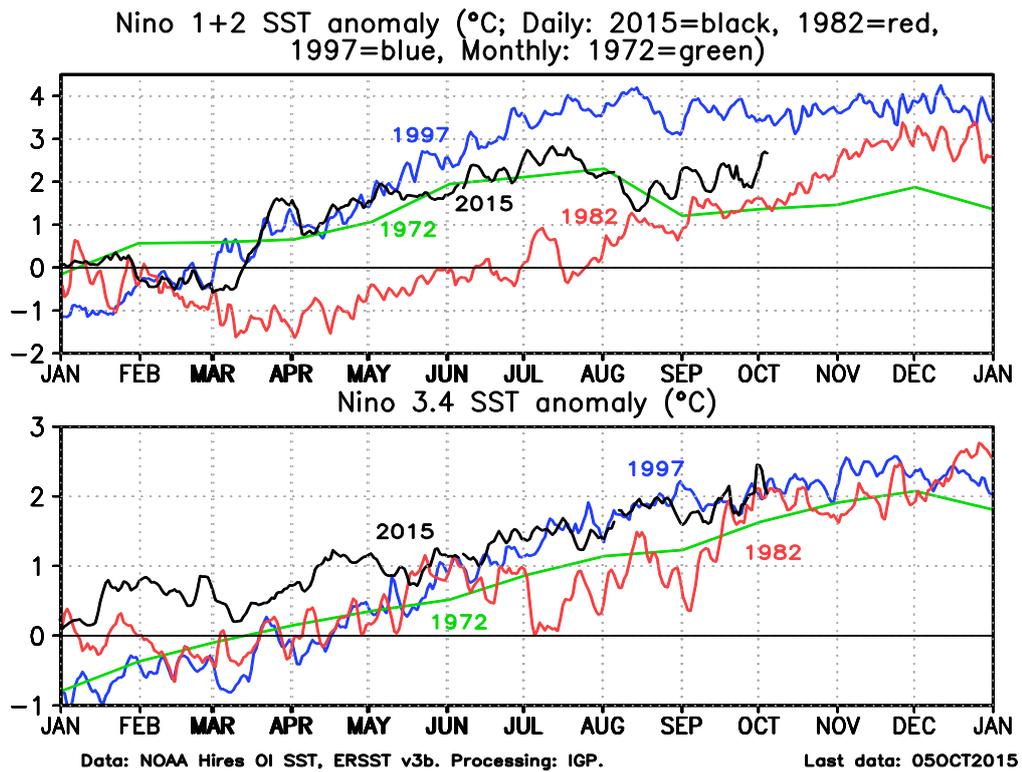


Figura 2.1.6. Anomalía de TSM(°C) durante el año 1982 (rojo), 1997 (azul) y 1972 (verde) según los datos infrarrojos (NOAA Daily OI SST v2 AVHRR), en la región 1+2 (a) y en la región 3.4 (b). Procesamiento: IGP

a)

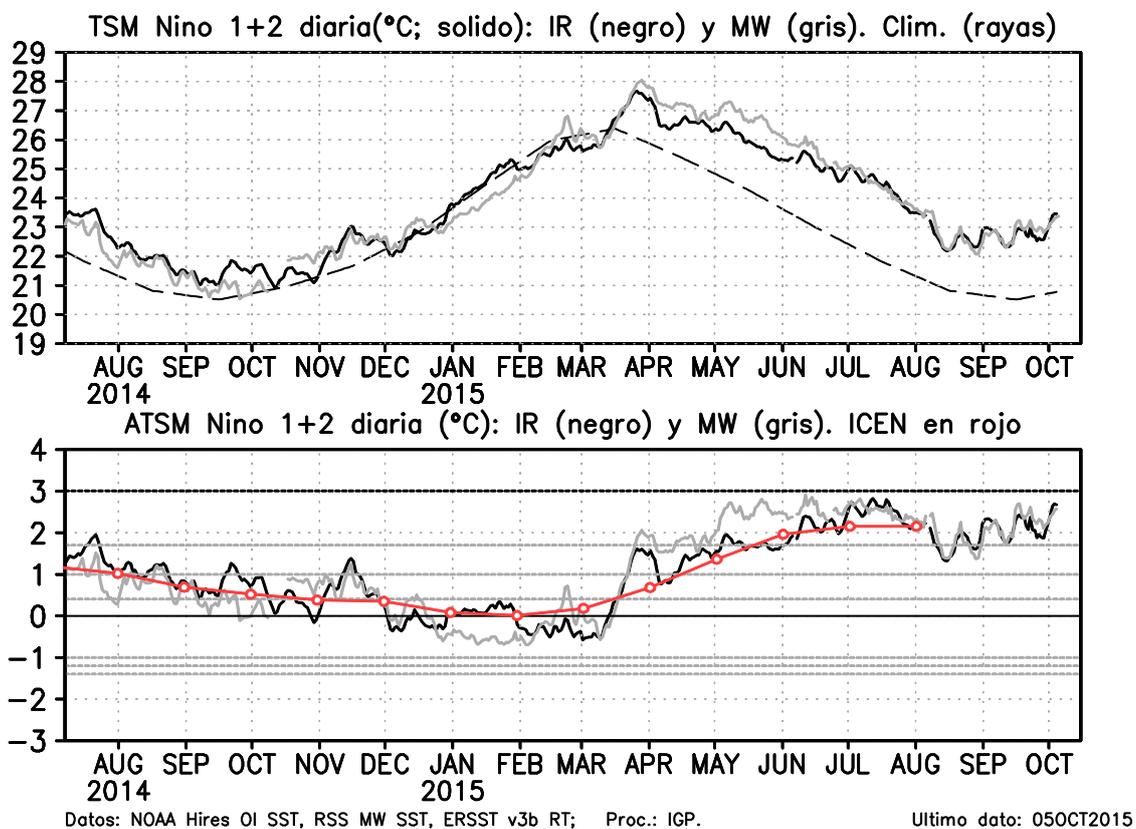


Figura 2.1.7. a) Temperatura superficial del mar (°C), climatología (línea punteada) en la región Niño 1+2 según los datos de infrarrojo (negro; NOAA Daily OI SST v2 AVHRR) y de microondas (gris; RSS Microwave OI SST v4.0). b) Anomalía de TSM en la región 1+2, según los datos infrarrojo (negro) y microondas (gris) y el ICEN (rojo). Procesamiento: IGP

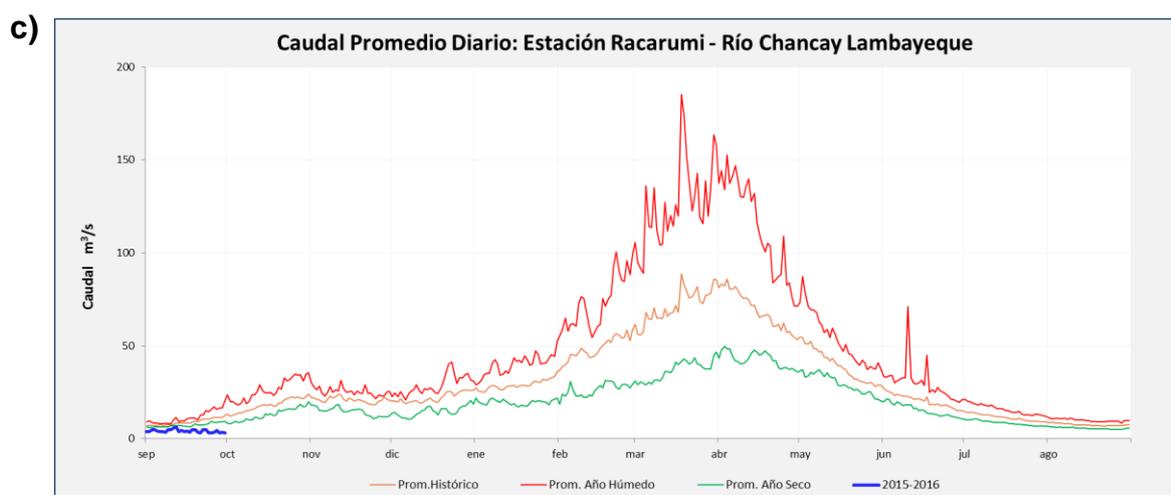
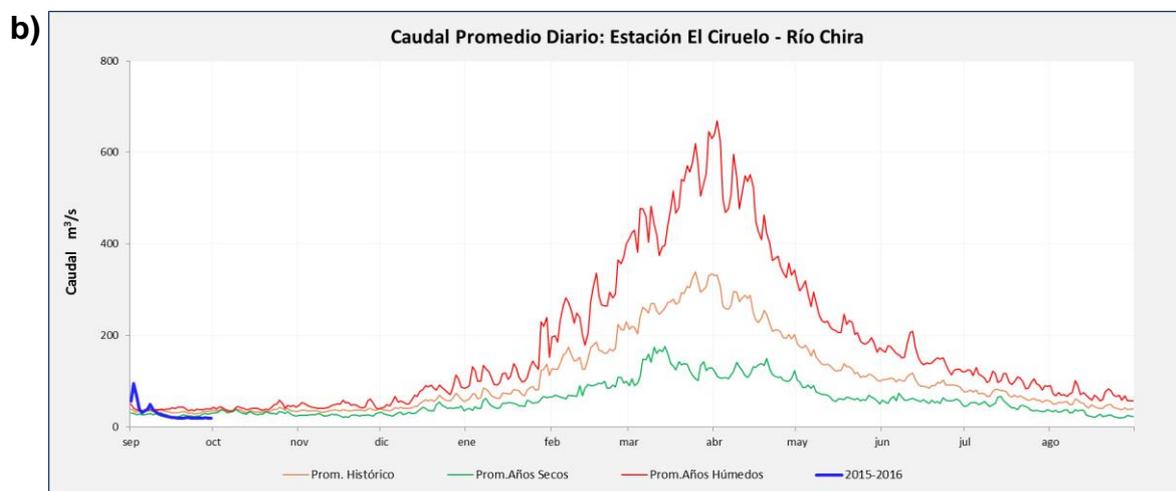
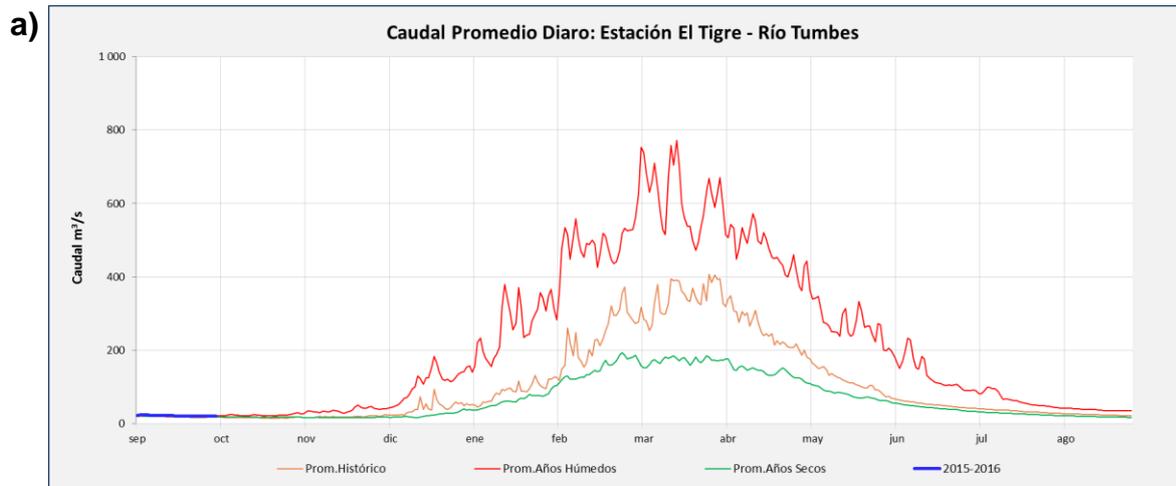


Figura 2.2.1. Serie de tiempo de los caudales (m^3/s) de los ríos a) Tumbes, b) Chira y c) Chancay-Lambayeque, en la zona norte de Perú. Fuente: ANA.

a) PRECIPITACION ACUMULADA | SETIEMBRE 2015

CLIMATOLOGIA PRECIPITACION ACUMULADA | SETIEMBRE

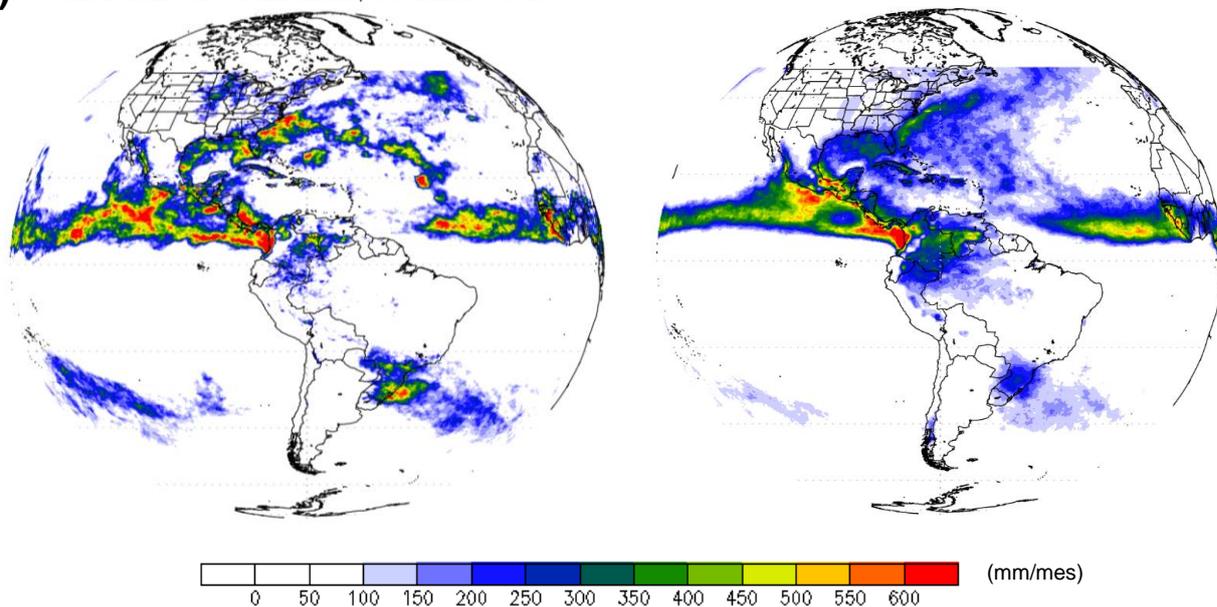
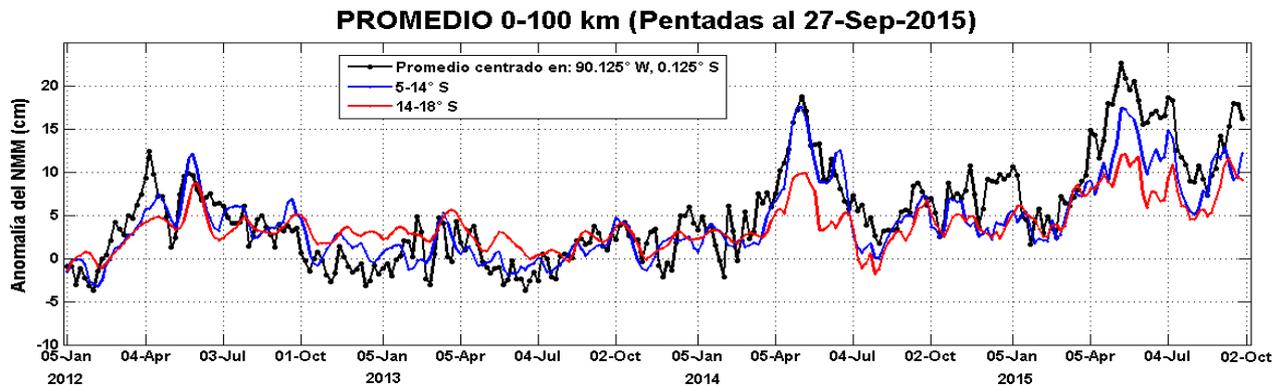


Figura 2.2.2. (a) Precipitación acumulada (mm/mes) de agosto y (b) Climatología de la precipitación acumulada (mm/mes) de agosto. Datos: TRMM NCEP/NOAA. Procesamiento: SENAMHI.

a)



b)

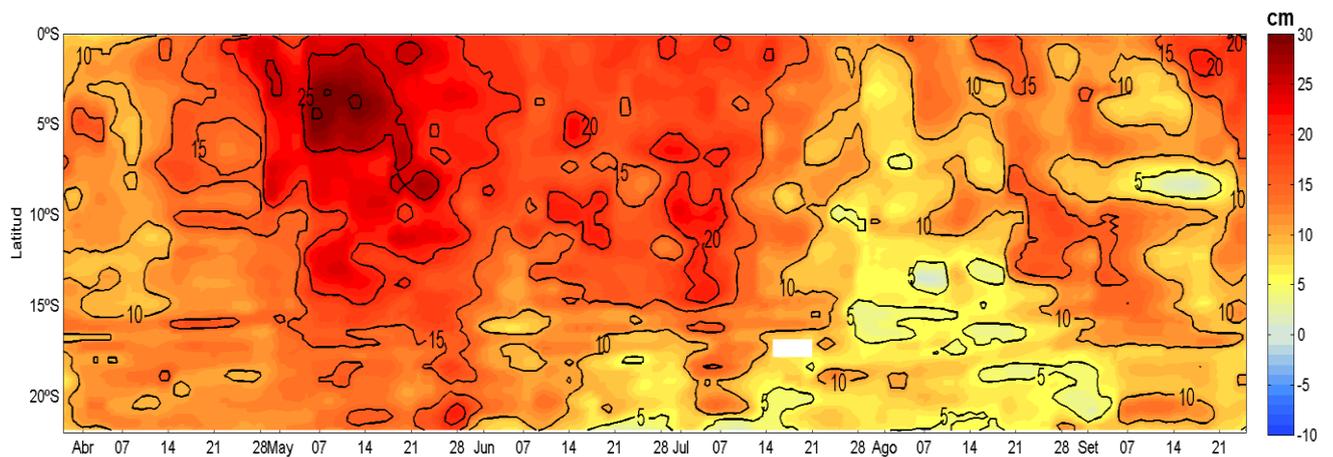


Figura 2.3.1. Anomalías de la altura del nivel del mar (cm) de altimetría satelital para la franja de 0 a 100 km. a) Serie temporal en pentadas durante el periodo 2012-2015, b) Diagrama de Hovmöller para el año 2015. Datos: AVISO. Procesamiento: Imarpe.

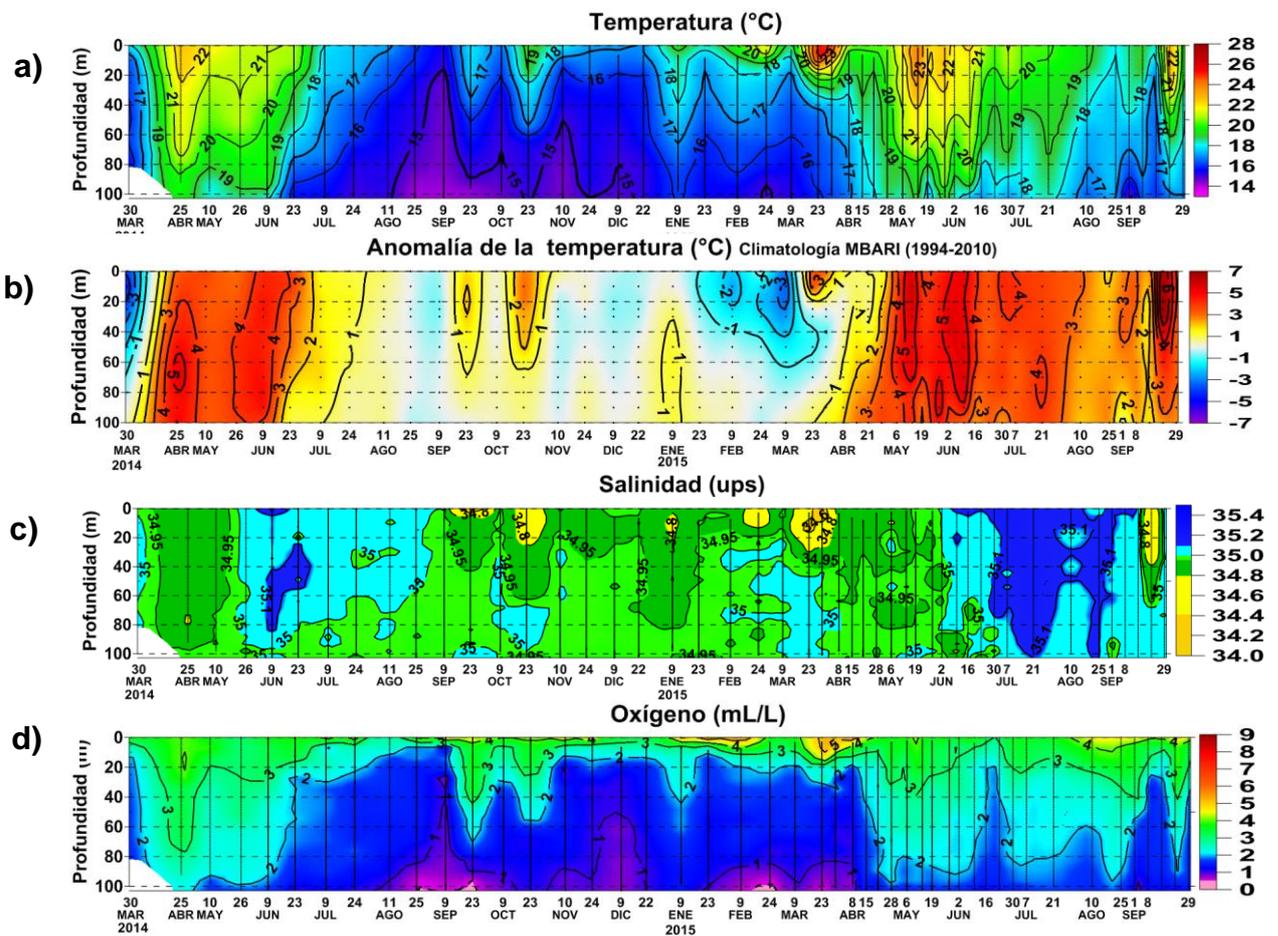


Figura 2.3.2. Series de tiempo para la estación oceanográfica fija frente a Paita (punto fijo Paita) de: a) temperatura (°C), b) anomalía de la temperatura (°C), c) Salinidad (ups) y d) Oxígeno (mL/L) para el periodo del 30 de marzo de 2014 al 29 de setiembre de 2015. Climatología: 1994-2010. Fuente: Imarpe.

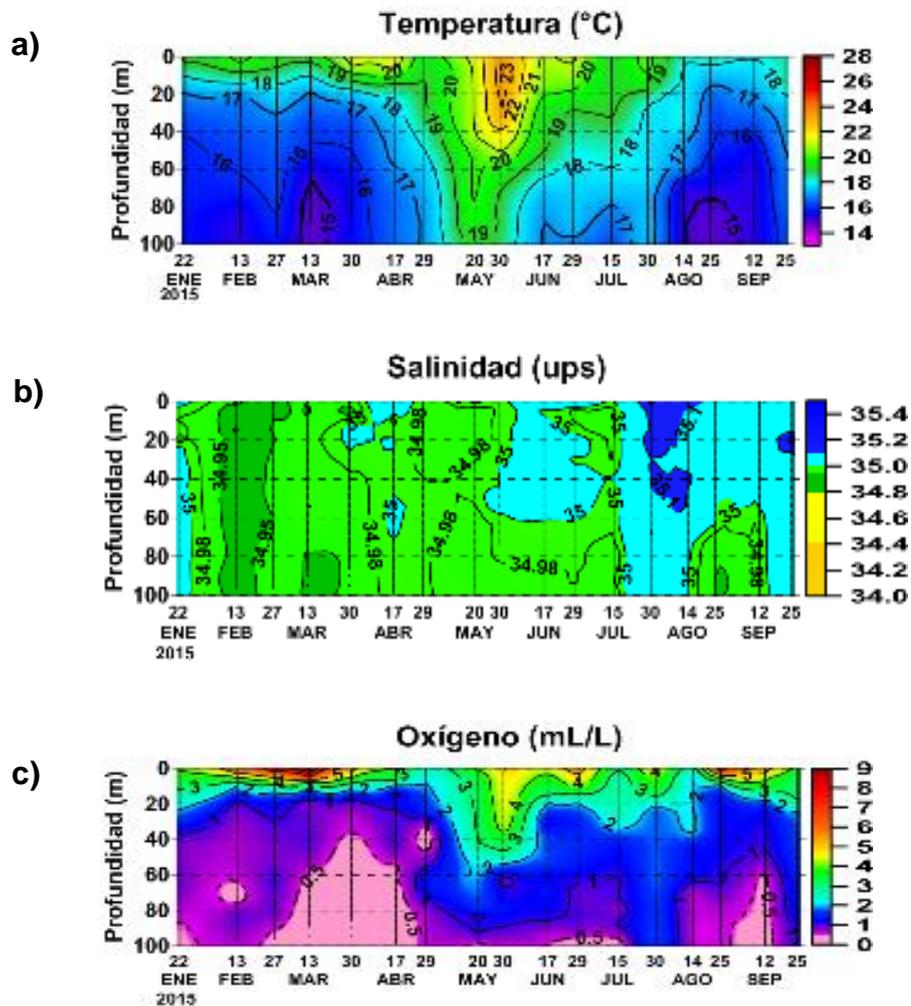


Figura 2.3.3. Series de tiempo para la estación oceanográfica fija frente a Chicama (punto fijo Chicama) de: a) Temperatura (°C), b) Salinidad (ups) y c) Oxígeno (mL/L) para el periodo del 22 de enero de 2014 al 25 de setiembre de 2015. Fuente: Imarpe.

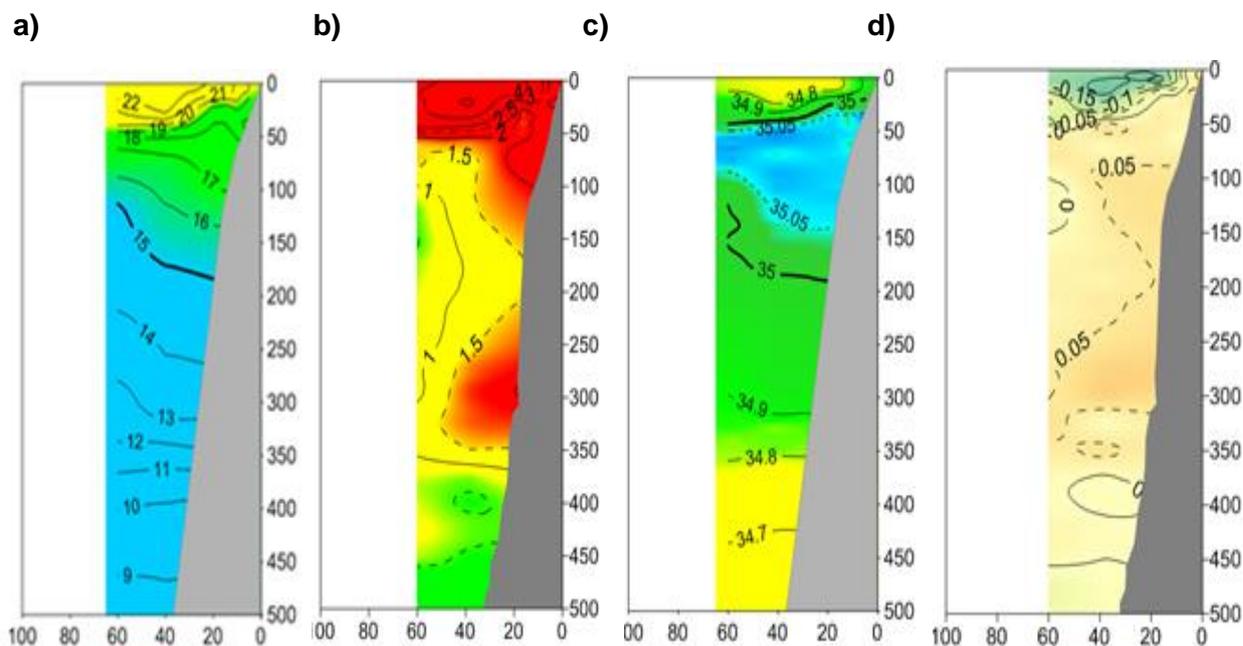


Figura 2.3.4 Distribución vertical de: a) temperatura y b) anomalía de temperatura ($^{\circ}\text{C}$), c) salinidad y d) anomalía de salinidad (ups) frente a Paíta. Operación BIC Flores, realizada durante el 17 y 18 de setiembre de 2015. Fuente: Imarpe.

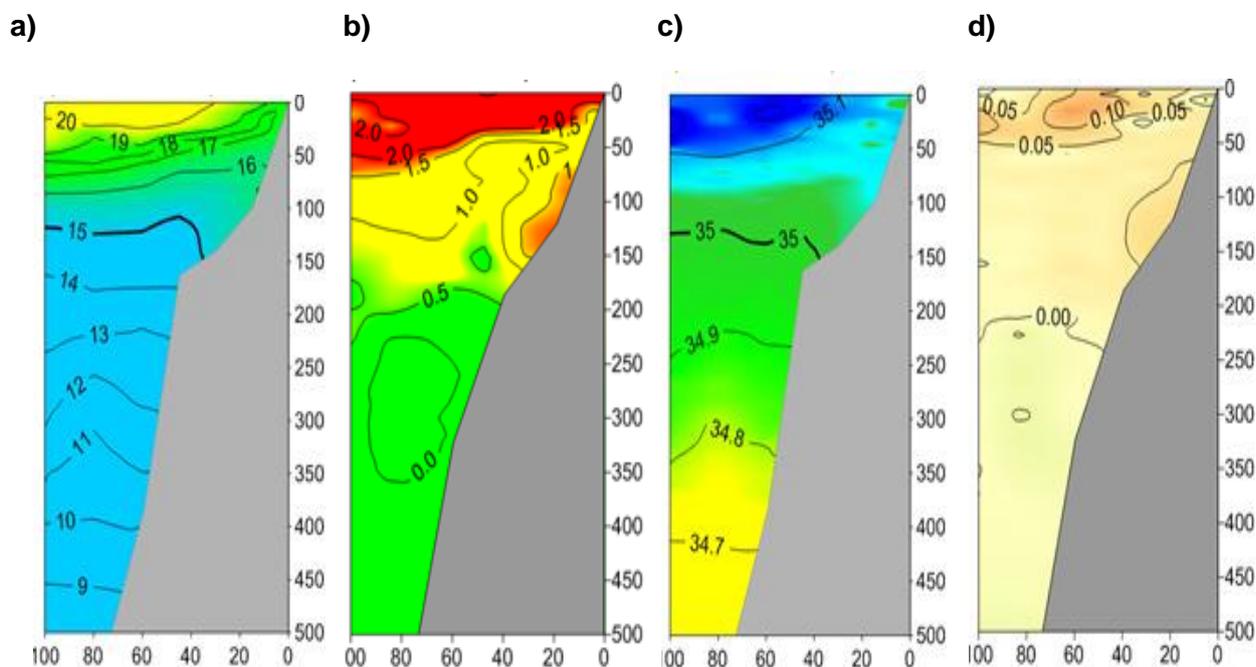


Figura 2.3.5 Distribución vertical de: a) temperatura y b) anomalía de temperatura ($^{\circ}\text{C}$), c) salinidad y d) anomalía de salinidad (ups) frente a Chicama. Operación BIC Flores realizada durante el 20 de setiembre de 2015. Fuente: imarpe.

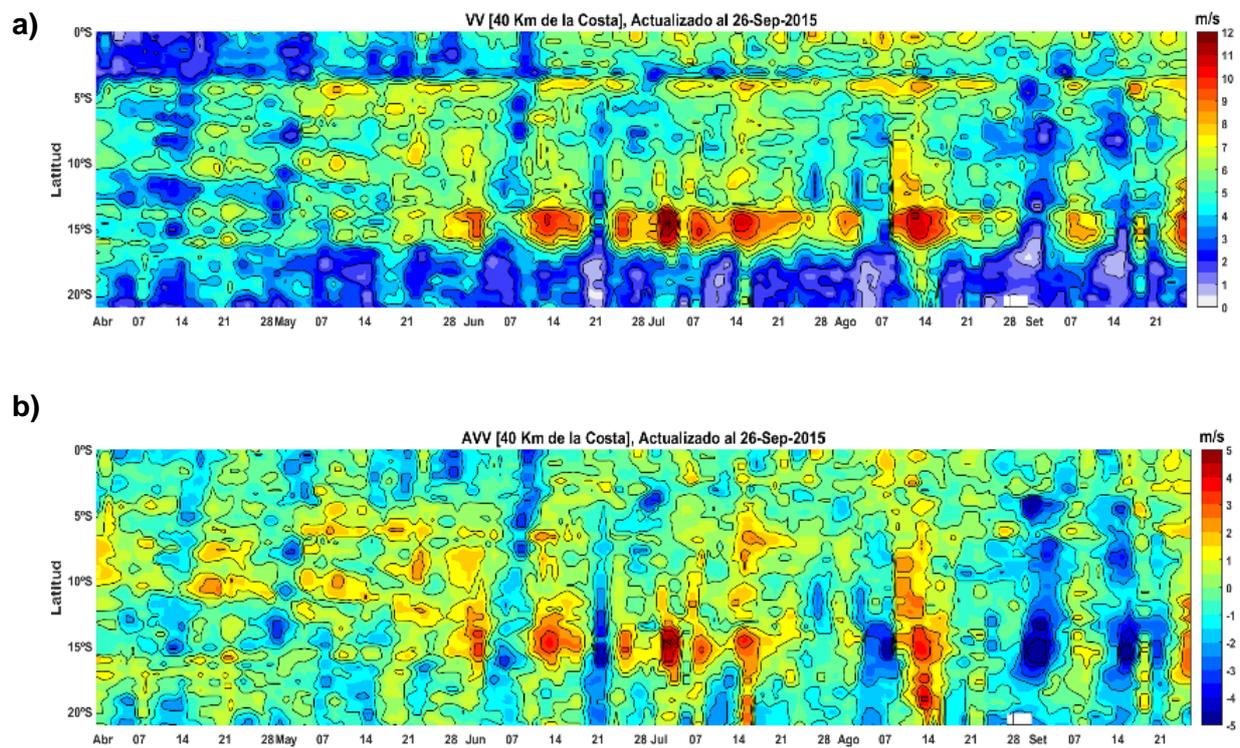


Figura 2.4.1. a) Velocidad del viento (m/s) y b) Anomalía del viento (m/s), desde los 0° hasta 20°S en el periodo de abril a setiembre de 2015. Datos: ASCAT. Procesamiento: Imarpe.

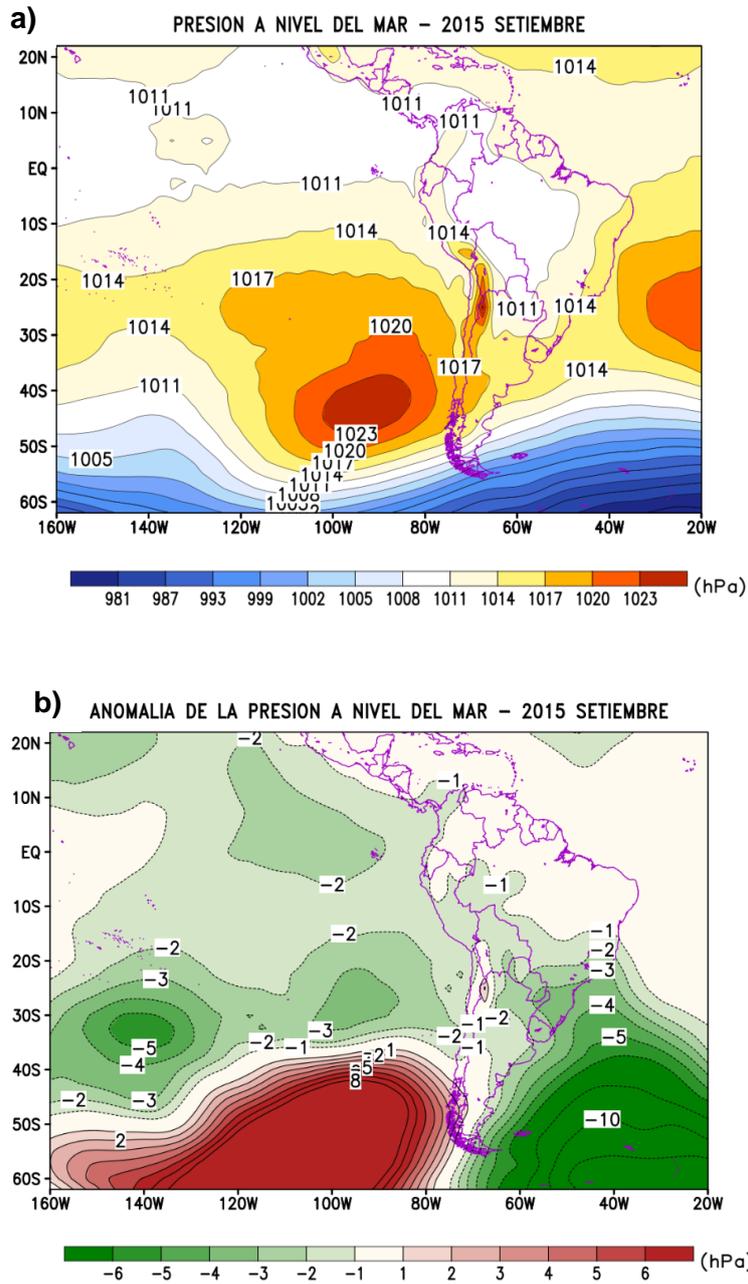


Figura 2.4.2 Presión atmosférica (hPa) a nivel medio del mar para setiembre del 2015. a) Promedio de la Presión atmosférica (hPa) a nivel del mar, b) Anomalia de la Presión atmosférica (hPa) a nivel del mar. Datos: NCEP/NOAA. Procesamiento: SENAMHI.

PRESION A NIVEL DEL MAR – SETIEMBRE 2015

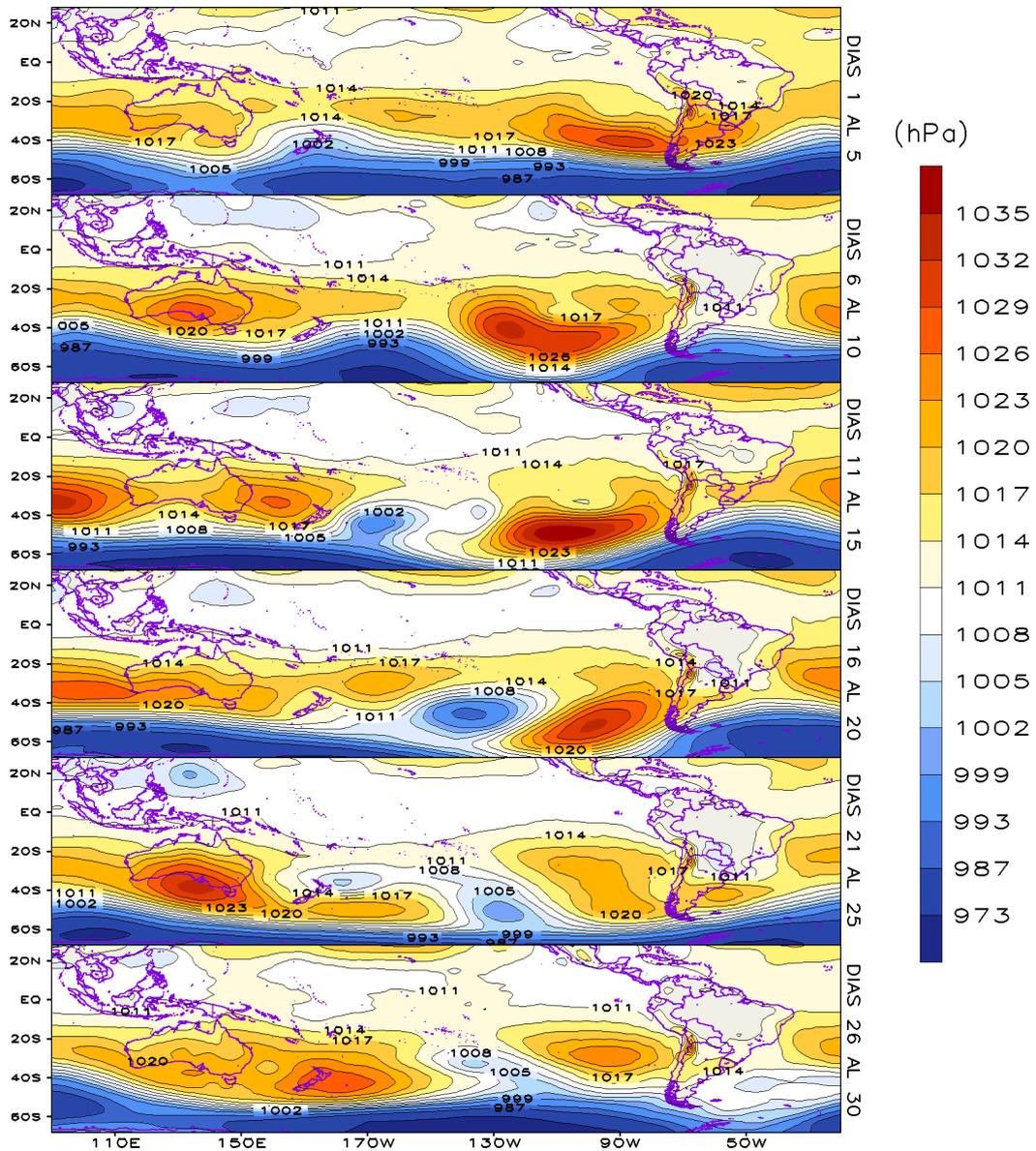


Figura 2.4.3 Análisis de la Presión atmosférica (hPa) a nivel medio del mar para setiembre del 2015. Datos: NCEP/NCAR Reanalysis. Procesamiento: SENAMHI.

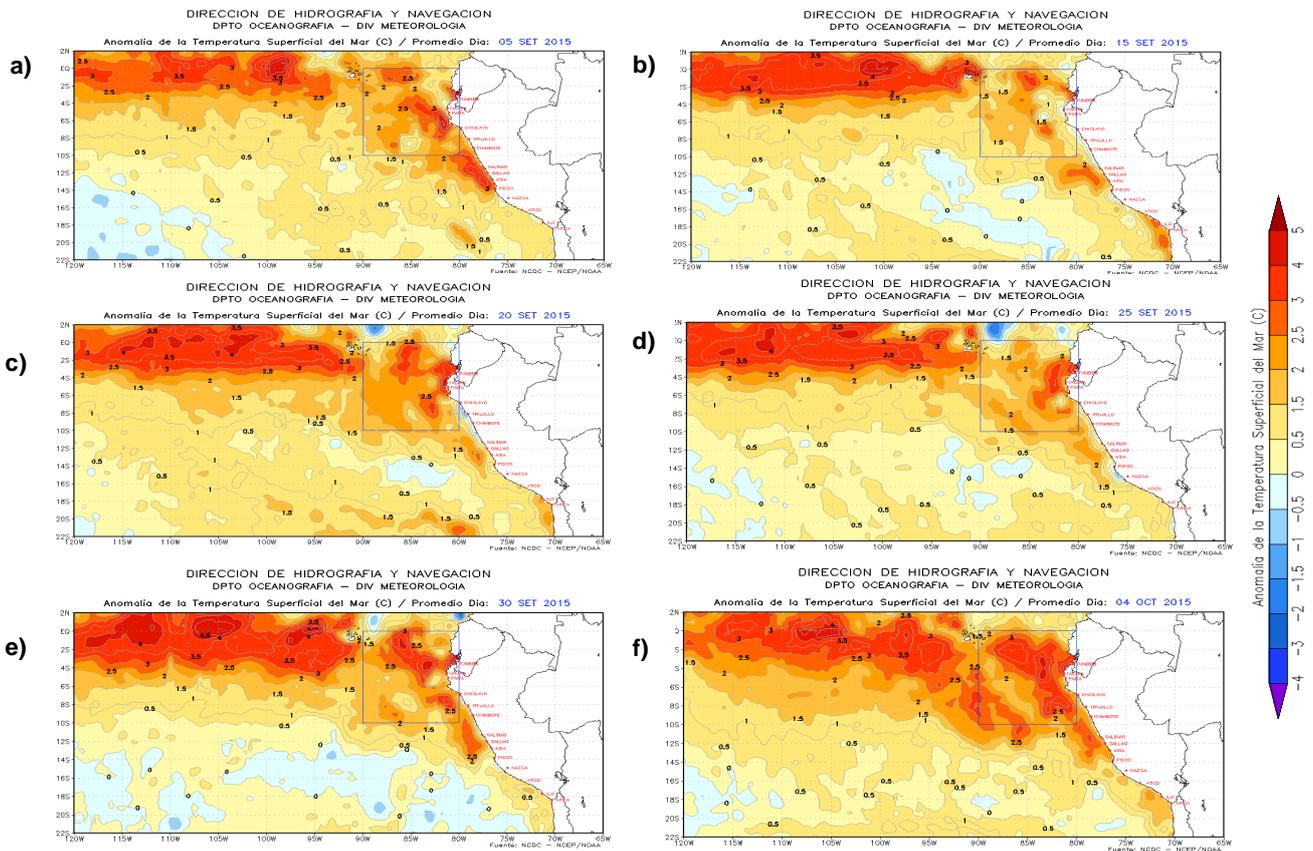


Figura 2.5.1. Promedio de anomalías semanales de la temperatura superficial del mar (°C) en el océano Pacífico tropical del 5 de setiembre al 4 de octubre de 2015. Fuente: Gráficos DHN, Datos NCEP/NOAA.

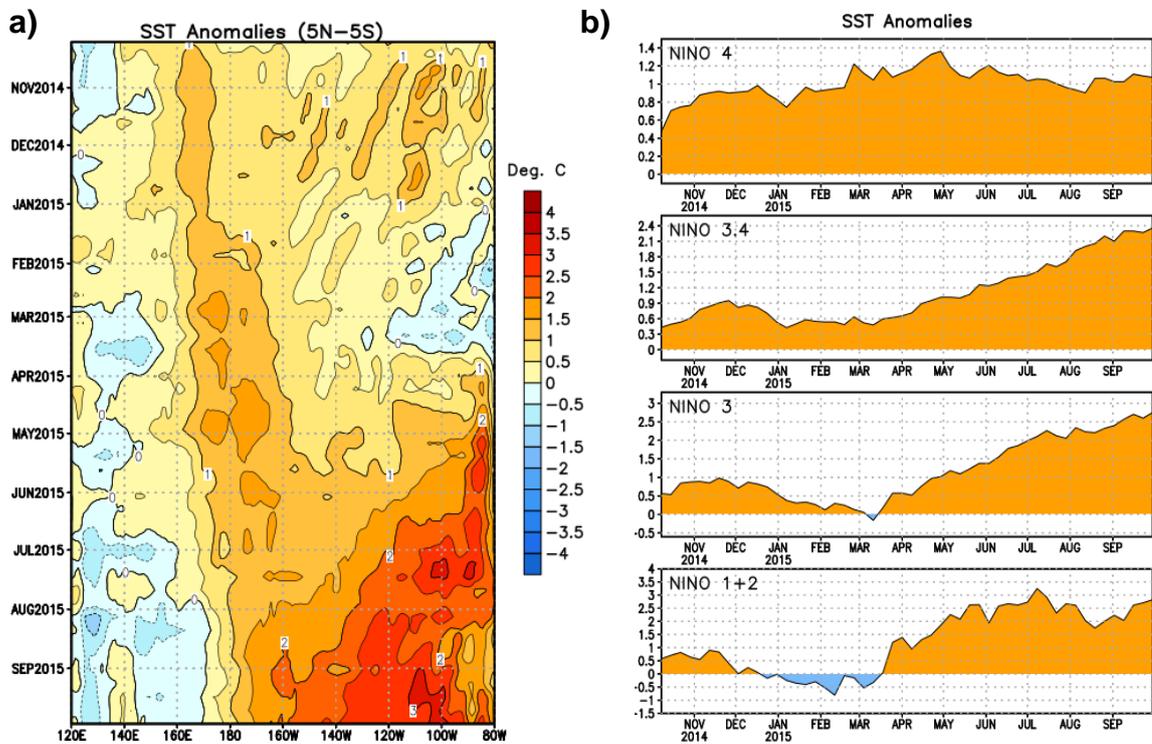


Figura 2.5.2. a) Anomalías de la temperatura superficial del mar (°C) en el océano Pacífico ecuatorial (5°N-5°S), b) Anomalías de la temperatura superficial del mar (°C) en las regiones Niño de octubre de 2014 a setiembre de 2015. Fuente: NCEP/NOAA.

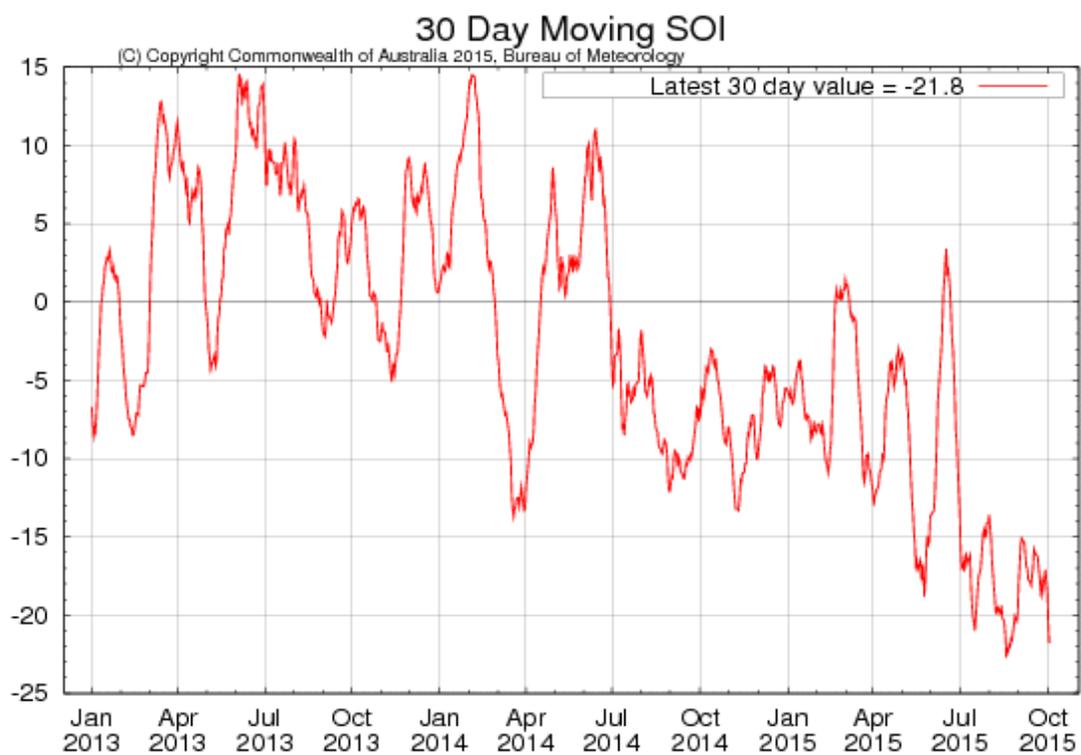


Figura 2.5.3. Evolución del Índice de Oscilación Sur (IOS), considerando la media móvil de 30 días. Fuente: Bureau of Meteorology, Australia.

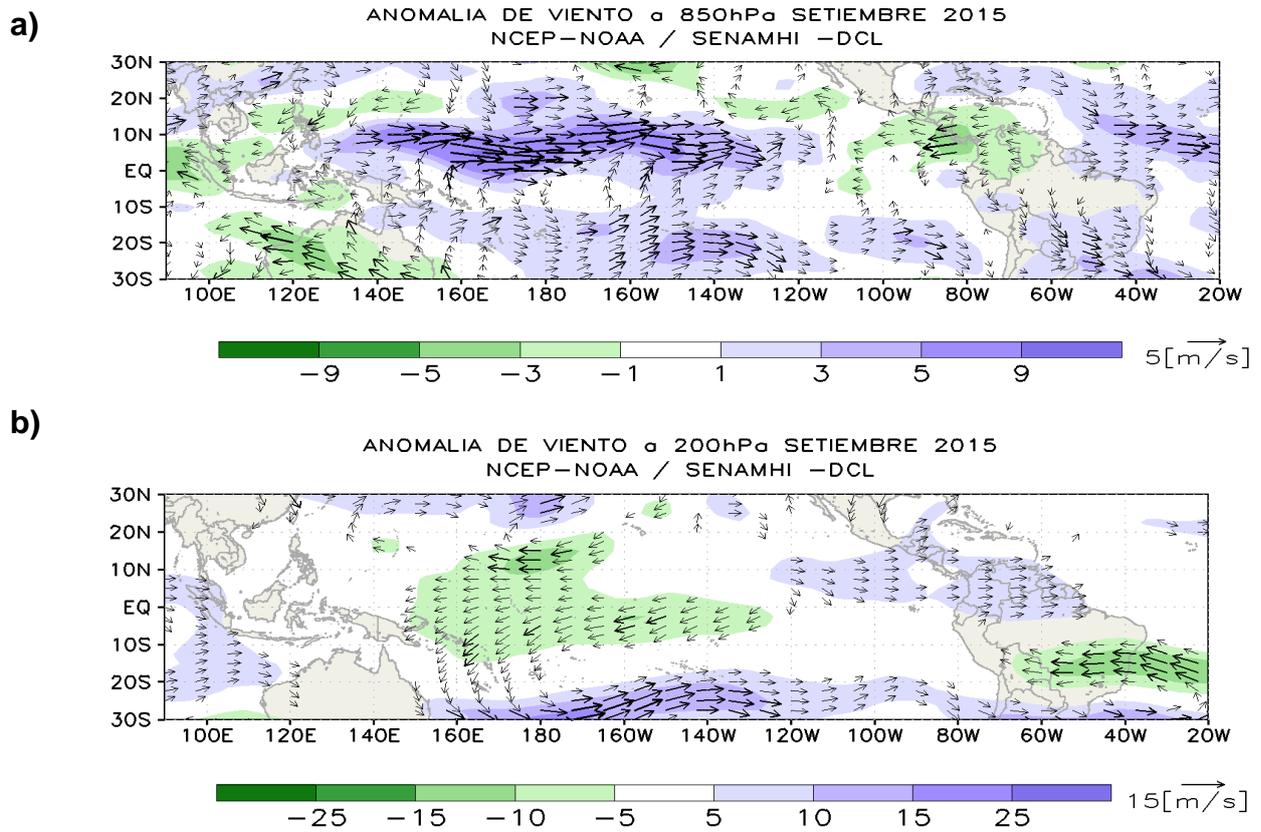


Figura 2.5.4. Análisis de anomalías del viento (m/s) en a) 850 hPa y b) 200hpa para el mes de setiembre del 2015. Datos: NCEP/NOAA. Procesamiento: SENAMHI-DCL

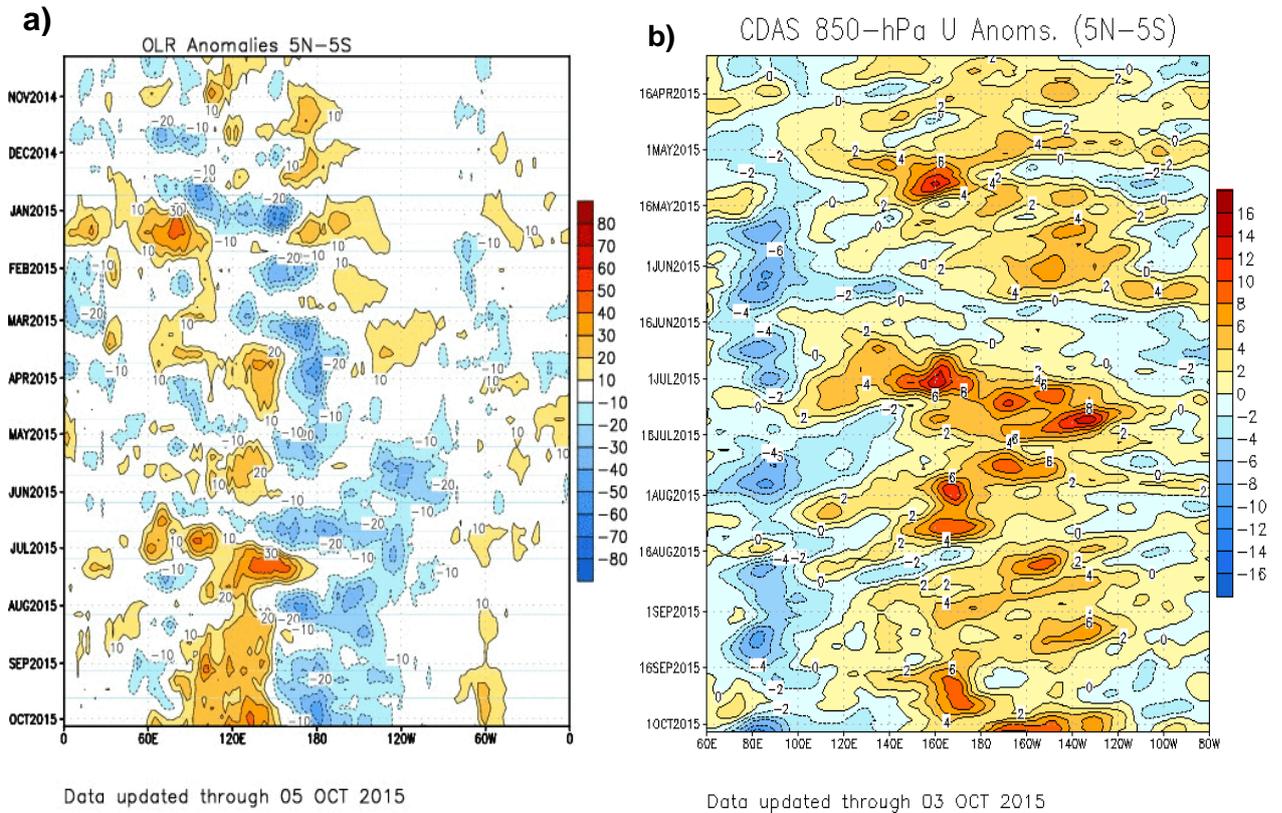


Figura 2.5.5. Hovmoller de anomalías de a) Radiación de onda larga - OLR (W/m²) desde el mes de octubre de 2104 hasta setiembre de 2015. Datos: NCEP b) Viento zonal 850 hPa desde marzo de 2014 hasta setiembre de 2015. Datos: CDAS, Procesamiento: SENAMHI-DCL

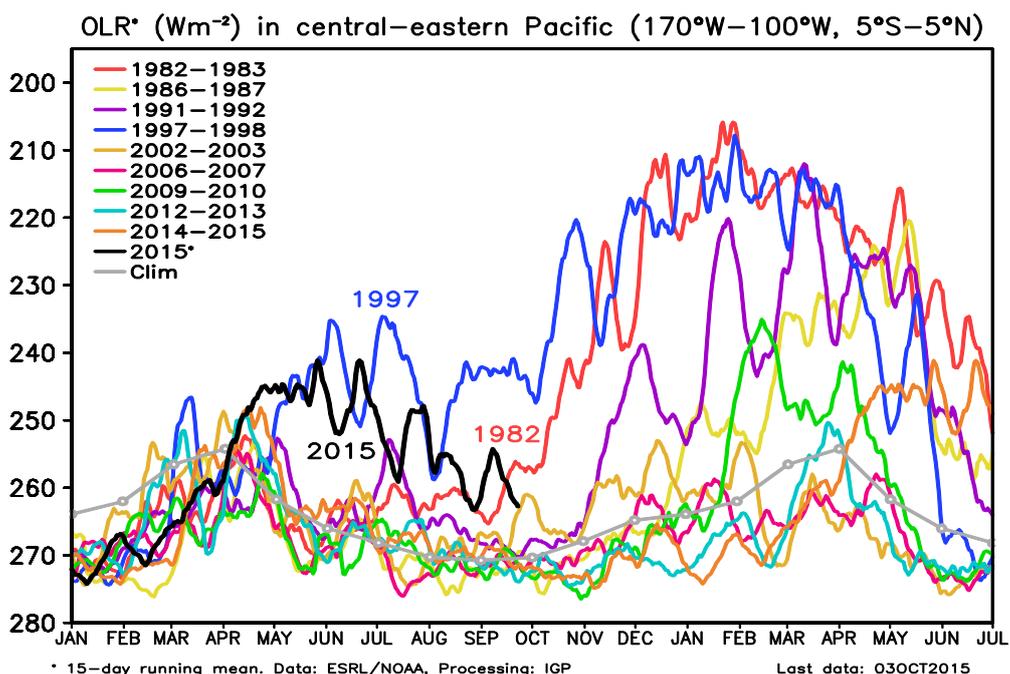


Figura 2.5.6. Radiación de onda larga - OLR (W/m^2) en el Pacífico central-oriental ($170^{\circ}W-100^{\circ}W, 5^{\circ}S-5^{\circ}N$) desde el mes de enero hasta el mes de julio del año siguiente. Datos: ESRL/NOAA, Procesamiento: IGP.

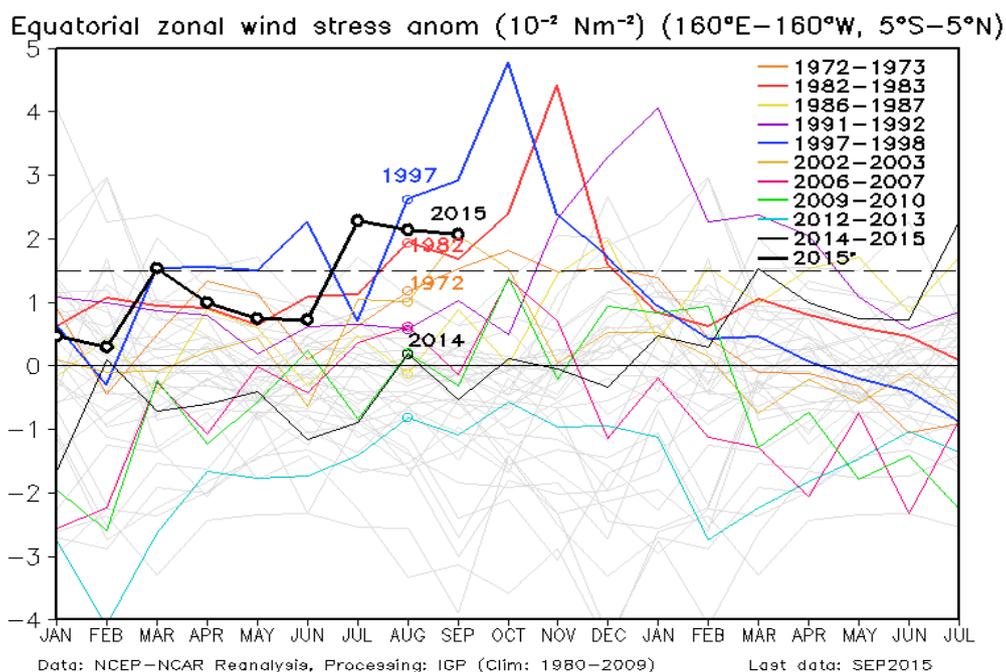


Figura 2.5.7. Anomalía del esfuerzo del viento zonal ($10^{-2} Nm^{-2}$) en el Pacífico central-oriental ($160^{\circ}E-160^{\circ}W, 5^{\circ}S-5^{\circ}N$) desde el mes de enero hasta el mes de julio del año siguiente. Datos: NCEP-NCAR, Procesamiento: IGP.

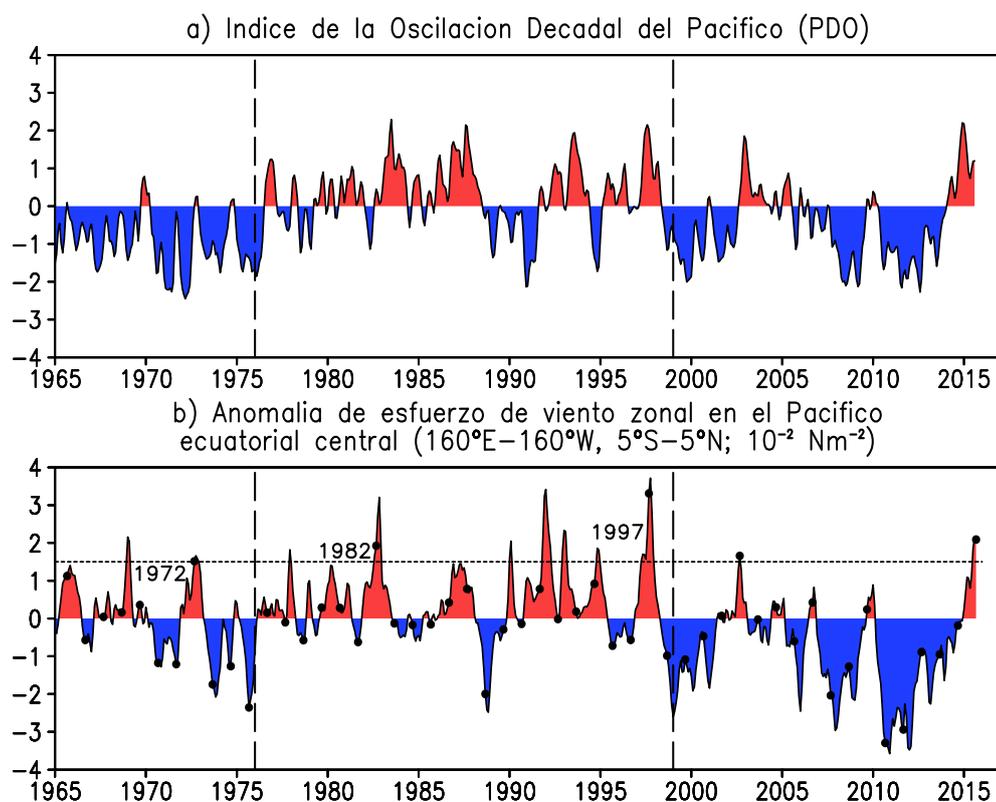


Figura 2.5.8. a. Índice de la Oscilación Decadal del Pacífico (PDO) y b. Anomalia de esfuerzo de viento zonal en el Pacífico ecuatorial central. Datos: JISAO/UW Y NCEP/NCA, Procesamiento: IGP.

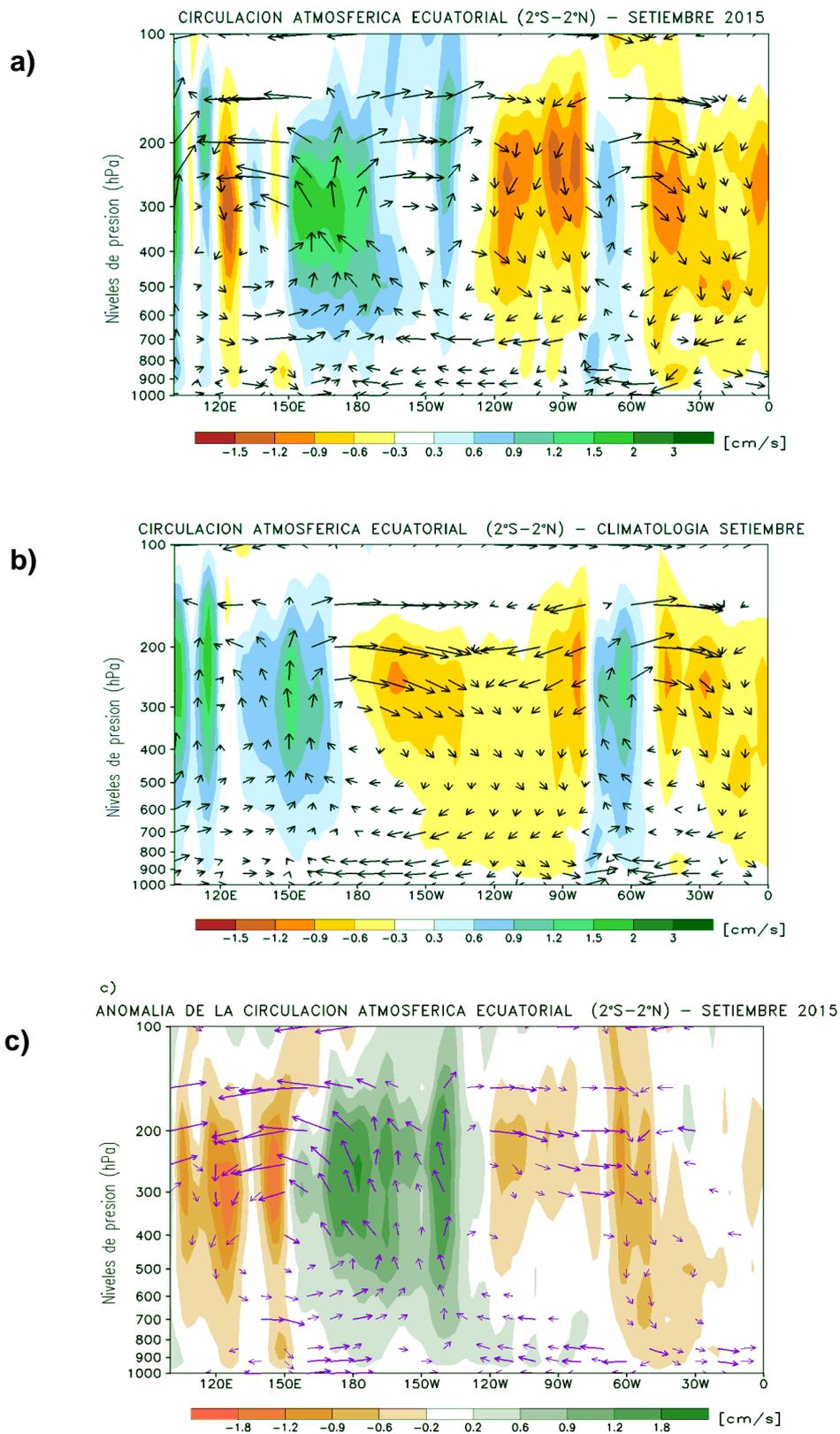


Figura 2.5.9. Análisis de la Circulación Atmosférica Ecuatorial de este a oeste para el mes de setiembre de 2015. Fuente: SENAMHI con datos de la NCEP-NOAA.

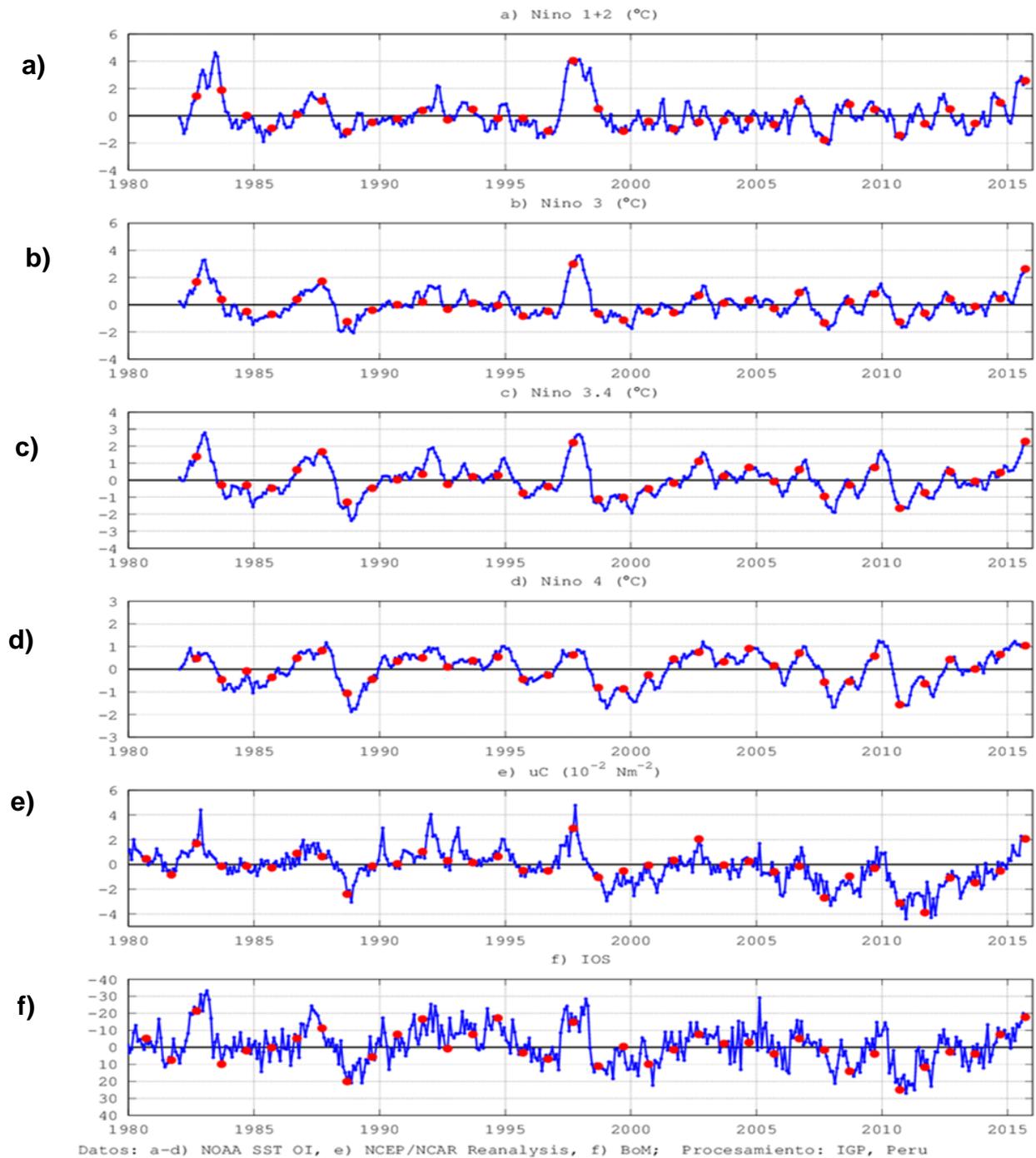


Figura 2.6.0. Índices de anomalías mensuales de: a - d) Temperatura superficial del mar en las regiones Niño, e) Esfuerzo de viento zonal en el Pacífico central, y f) Índice de Oscilación Sur. Los valores de setiembre se indican en rojo. Preparación: IGP.

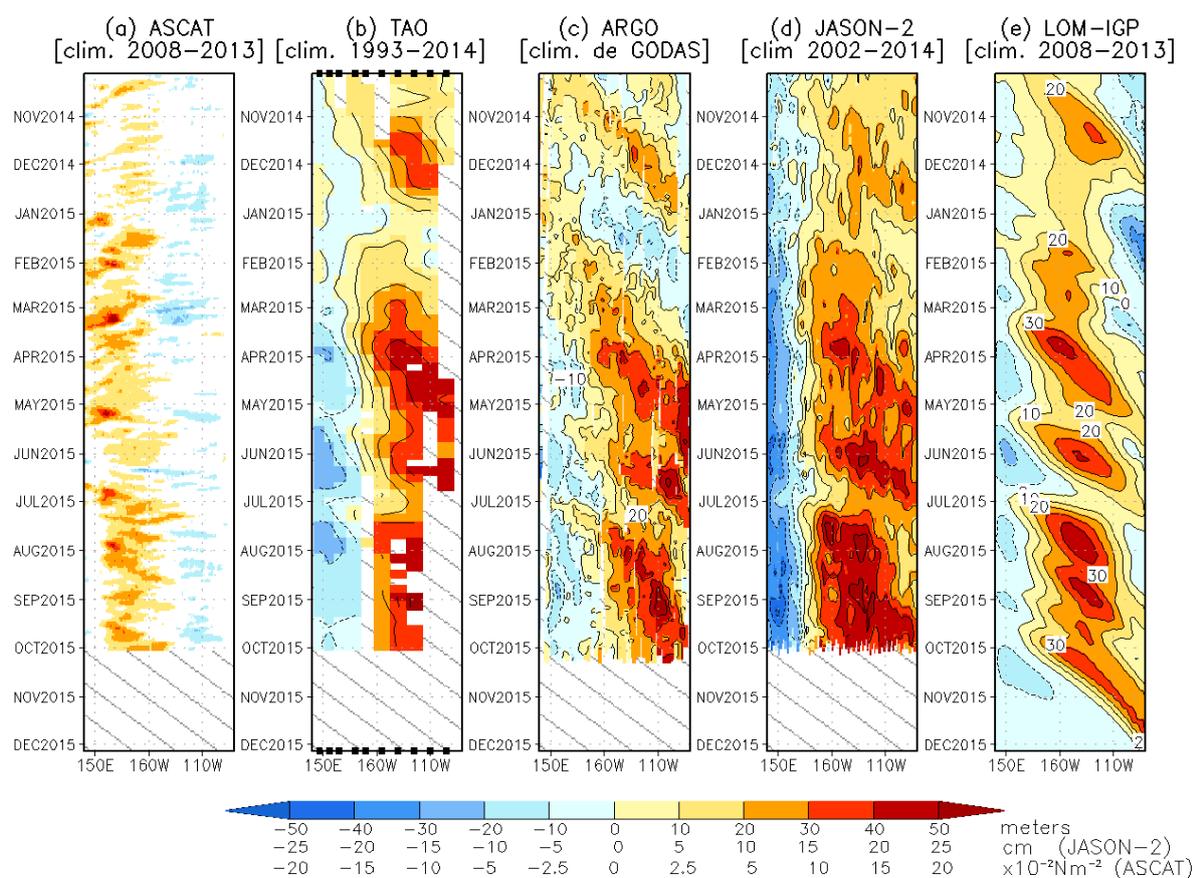


Figura 2.6.1. Diagrama longitud-tiempo de las anomalías de esfuerzo de viento zonal ecuatorial basado en datos del escaterómetro ASCAT (a), anomalía de la profundidad de la isoterma de 20°C con datos de TAO (b) y los derivadores de Argo (c), datos del nivel del mar de JASON-2 (d). Finalmente en (e) se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

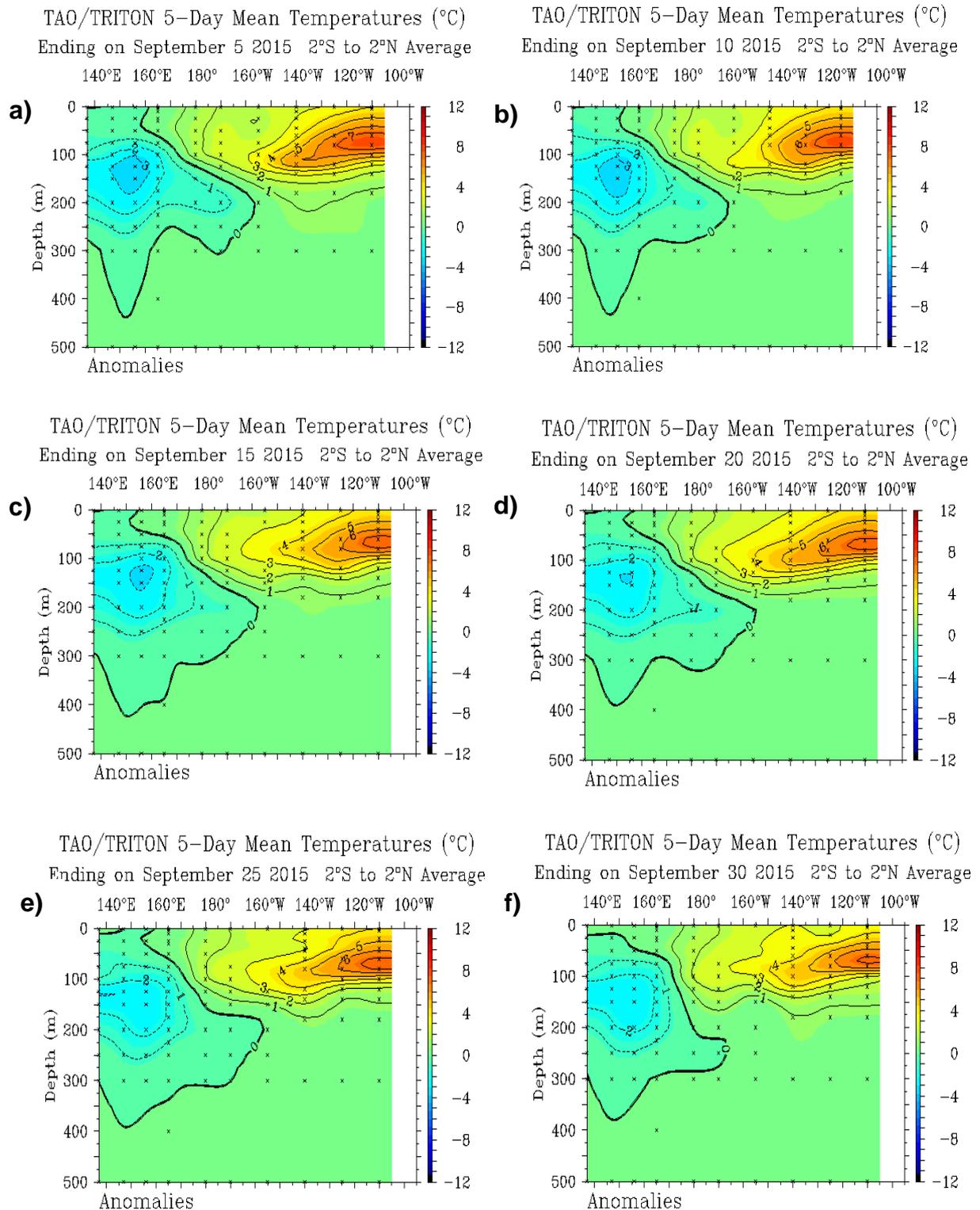


Figura 2.6.2. Anomalías de la temperatura sub-superficial del mar (°C) en el océano Pacífico ecuatorial entre los 2°N y 2°S promediadas cada cinco días finalizando los días a) 5 de setiembre, b) 10 de setiembre, c) 15 de setiembre, d) 20 de setiembre, e) 25 de setiembre y f) 30 de setiembre de 2015. Fuente: TAO/TRITON, PMEL/NOAA..

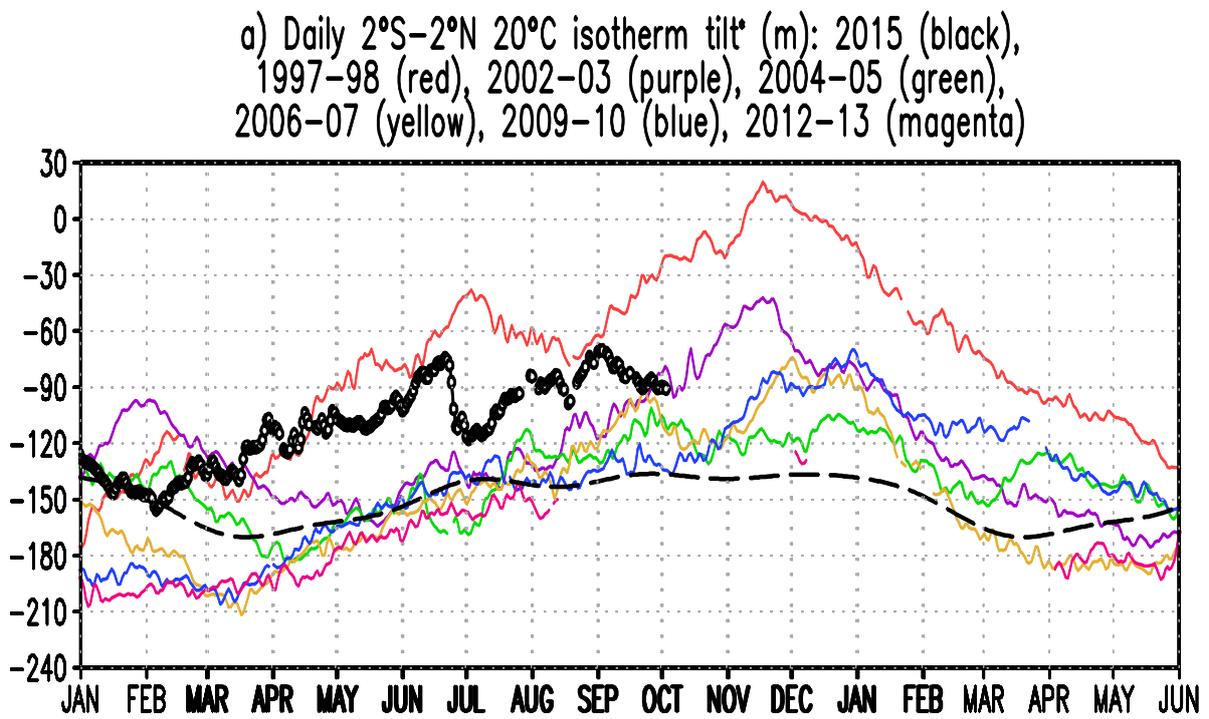


Figura 2.6.3. Inclinación de la termoclina, diferencia de la profundidad zonal del ajuste de la regresión lineal para la longitud (137°E – 95°W). Climatología 1993-2012 (punteado). Data: TAO/TRITON. Procesamiento: IGP

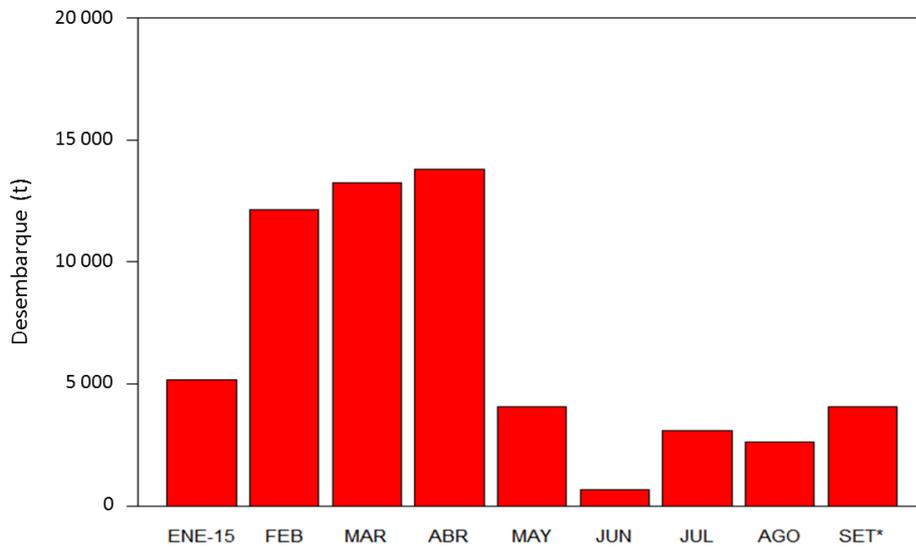


Figura 2.7.1. Desembarque (toneladas) mensual de anchoveta de la flota artesanal y de menor escala. Periodo Enero - setiembre 2015. **Fuente:** AFIRNP/Imarpe.

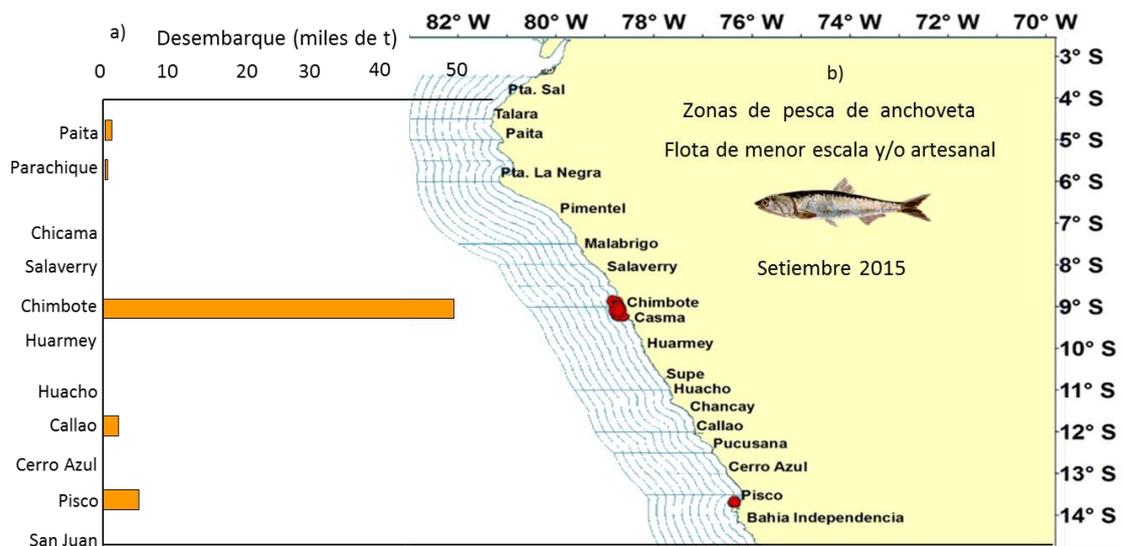


Figura 2.7.2.a) Desembarque (miles de t) de anchoveta según puerto de la flota artesanal y de menor escala durante Enero - setiembre 2015 y b) Distribución de zonas de pesca de anchoveta en Setiembre 2015. **Fuente:** AFIRNP/Imarpe.

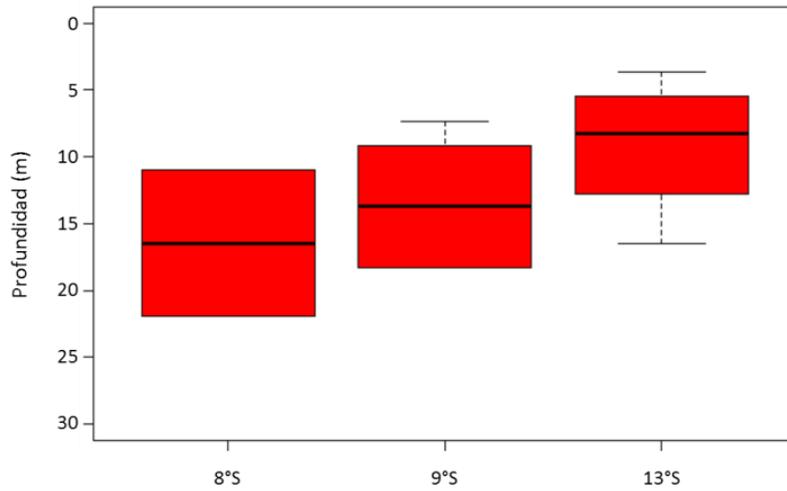


Figura 2.7.3. Distribución vertical de anchoveta según grado latitudinal. Periodo: Setiembre 2015. **Fuente:** PBP/AFDPERP/Imarpe.

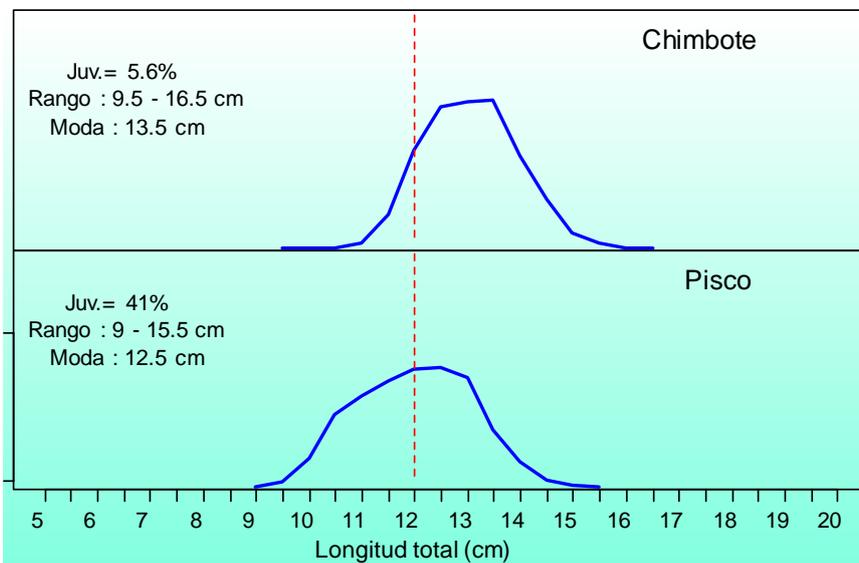


Figura 2.7.4. Estructura mensual de tallas anchoveta en la Región Norte - Centro. Periodo: Setiembre 2015. **Fuente:** AFIRNP/Imarpe.

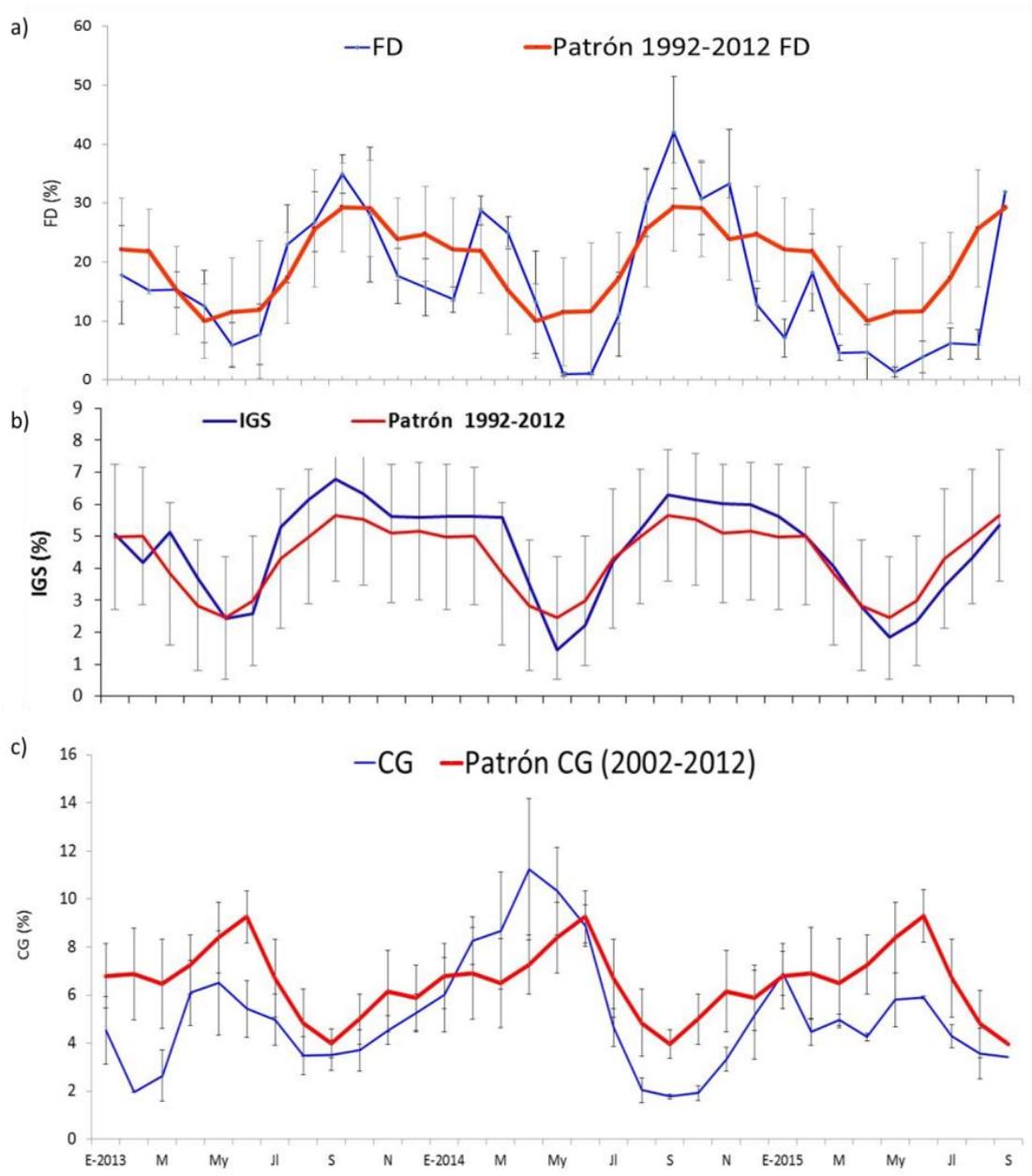


Figura 2.7.5. Indicadores biológicos de anchoveta en la Región Norte - Centro. Periodo: Setiembre 2015. **Fuente:** LBR/AFIRNP/Imarpe.

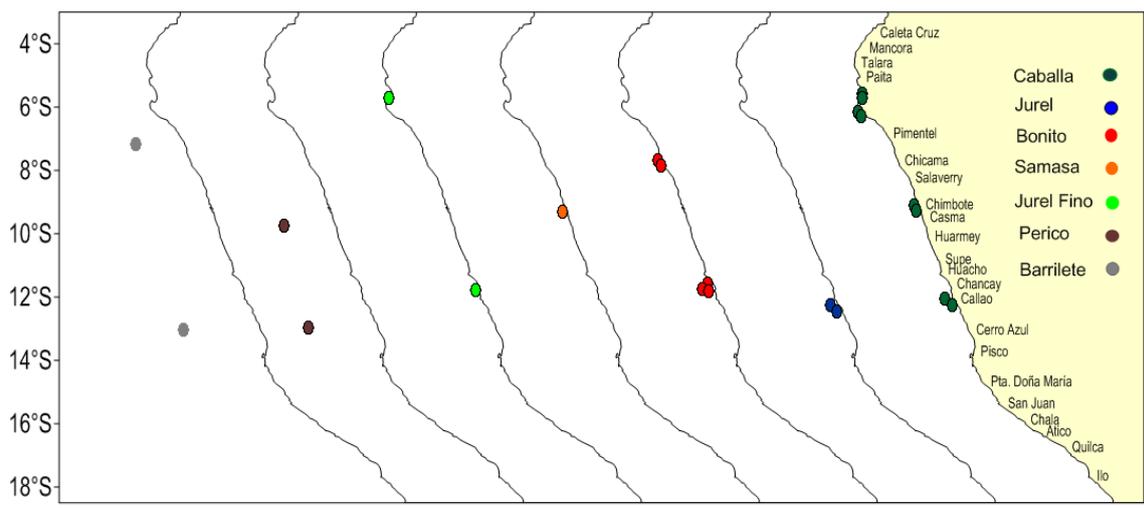


Figura 2.7.6. Incidencia de otras especies indicadoras frente a la costa del litoral Peruano. Periodo: Setiembre 2015. Fuente: AFIRNP/IMARPE y PBP/AFDPERP/Imarpe.

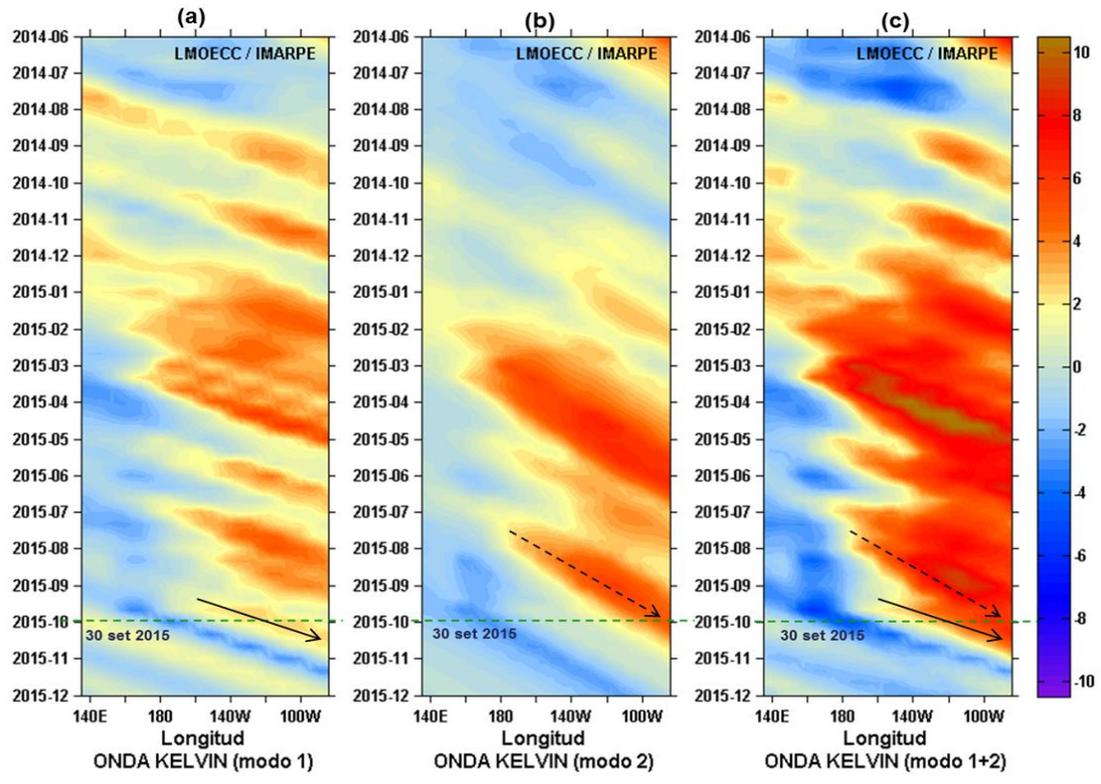


Figura 3.1.1. Ondas Kelvin en el océano Pacifico ecuatorial (0°N): (a) Modo 1, (b) Modo 2, (c) Modos 1+2. La línea discontinua horizontal, en verde, indica el inicio del pronóstico sin el forzante de vientos. Fuente: IMARPE, forzado con vientos de NCEP (Figuras a-c).

NMME Forecast for Nino 3.4 IC=201509

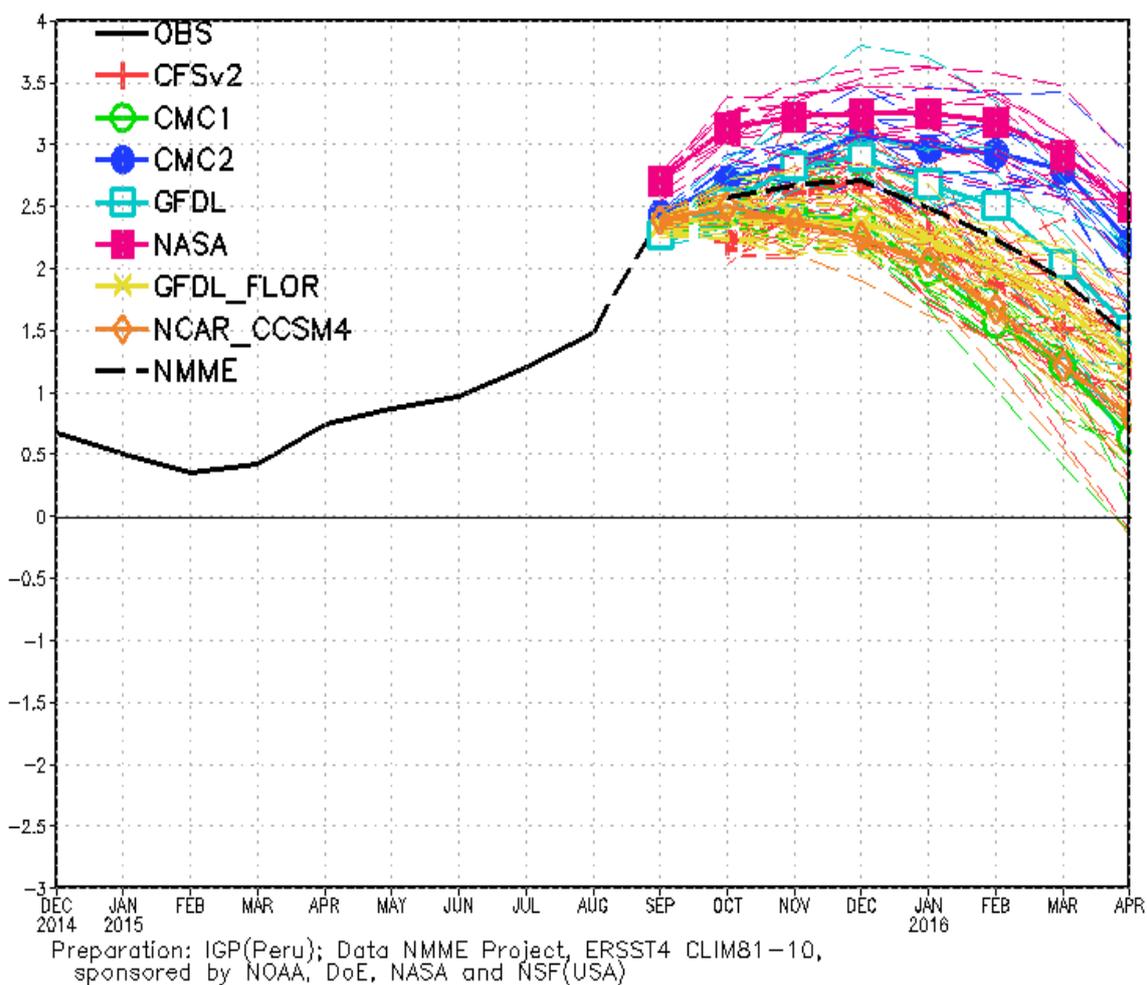


Figura 3.2.1. Índice Niño 3.4 mensual observado y pronosticado por los modelos de NMME.
Fuente: CPC/NCEP/NOAA.

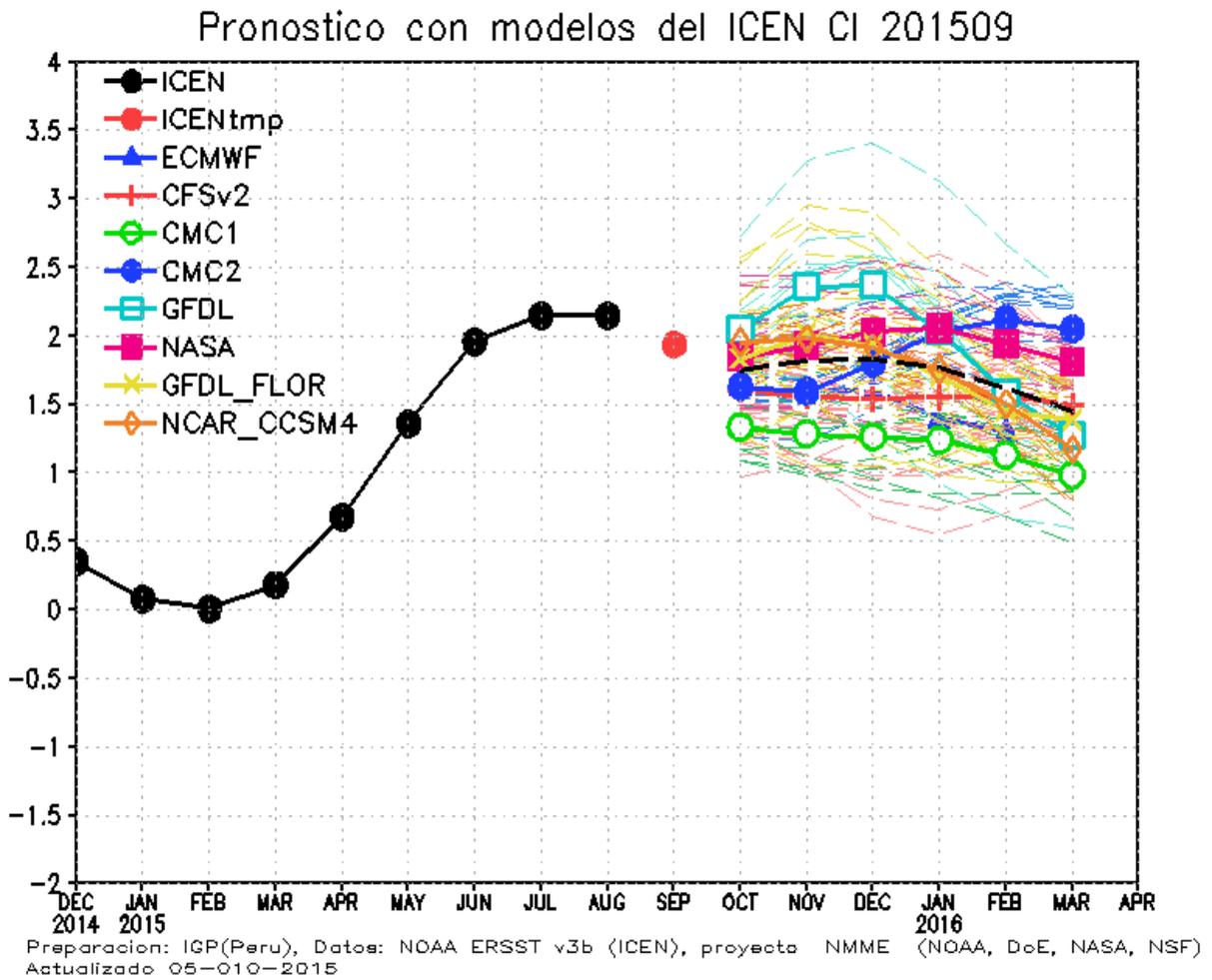


Figura 3.2.2. Índice Costero El Niño (ICEN, círculos llenos en color negro) y sus valor temporal (ICENtmp, círculo lleno en color rojo). Además, pronósticos numéricos del ICEN (media móvil de 3 meses de las anomalías pronosticadas de TSM en la región Niño1+2) por diferentes modelos climáticos. Las líneas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

Estación	Anomalías de la TSM (°C)					Anomalías de la NMM (cm)				
	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Set.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Set.
Talara	3.0	2.6	2.5	1.2	2.5	19	15	10	12	16
Paíta	3.7	3.2	2.8	2.1	3.2	20	16	12	13	17
Isla Lobos de Afuera	2.2	3.4	2.4	1.4	2.1	15	14	7	9	11
Chimbote	2.5	4.6	2.5	2.2	2.4	15	15	7	10	12
Callao	2.5	3.2	2.1	1.7	1.8	10	12	3	8	8
San Juan	0.8	1.6	0.8	1	1.1	10	13	3	8	13
Mollendo	1.2	1.7	1.5	0.8	2.3	-	-	-	-	-
Matarani	-	-	-	-	-	6	9	4	8	12
Ilo	1.1	1.6	1.9	0.7	1.8	-	-	-	-	-

Tabla 2.1.2. Valores del Índice Costero El Niño (ICEN) de noviembre de 2014 a julio de 2015. Fuente: IGP

Mes	ICEN	Categoría
dic-14	0.35	Neutro
ene-15	0.08	Neutro
feb-15	0.01	Neutro
mar-15	0.18	Neutro
abr-15	0.68	Cálida Débil
may-15	1.36	Cálida Moderada
jun-15	1.96	Cálida Moderada
jul-15	2.15	Cálida Fuerte
ago-15	2.15	Cálida Fuerte

Mes	ICENtmp	Categoría
sep-15	1.93*	Cálida Fuerte
oct-15	1.93**	Cálida Fuerte

* Se usaron los datos de ERSST (ago. set. 2015) y NMME (set. 2015)

** Se usaron los datos de ERSST (set. 2015) y NMME (oct y nov. 2015)

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



CUADRO: PERÚ: VOLUMEN DE AGUA ALMACENADO EN RESERVORIOS PRINCIPALES/^a

Zona	Nombre del Reservorio	Fecha Reporte	Departamento de Influencia	Capacidad Hidráulica (hm ³)		Capacidad Hidráulica Almacenada (%)
				Útil	Almacenada	
Costa - Norte	POECHOS	30-sep	Piura	490,0	325,6	66,4
	SAN LORENZO	30-sep	Piura	193,0	107,9	55,9
	TINAJONES	30-sep	Lambayeque	308,0	221,3	71,8
	GALLITO CIEGO	28-sep	La Libertad	392,0	270,3	69,0
Costa - Sur	CONDOROMA	30-sep	Arequipa	259,0	157,5	60,8
	EL PAÑE	30-sep	Arequipa	99,6	53,4	53,7
	LOS ESPAÑOLES	30-sep	Arequipa	9,1	2,0	21,9
	PILLONES	30-sep	Arequipa	78,5	48,9	62,4
	EL FRAYLE	30-sep	Arequipa	127,2	75,3	59,2
	AGUADA BLANCA	30-sep	Arequipa	30,4	16,2	53,3
	PASTO GRANDE	30-sep	Moquegua	185,0	115,5	62,5

Tabla 2.5.1. Anomalías semanales (centrados en los días 02, 09, 16, 23 y 30 de setiembre 2015) y mensuales (de junio de 2014 hasta setiembre 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
02 Set. 2015	2.2	2.4	2.1	1
09 Set. 2015	2	2.6	2.3	1
16 Set. 2015	2.6	2.7	2.3	1.1
23 Set. 2015	2.7	2.6	2.4	1.1
30 Set. 2015	2.8	2.8	2.4	1.1

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
P.T Set. 2015	2.46	2.62	2.30	1.06

PT= Promedio Temporal

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

Especie \ Flota \ Región		Año Calendario (01 Ene. al 30 Set. 2015)					
		Norte	Centro	N+C	Sur	Total	%
Anchoveta	Fl Acero	498 619	1592 948	2091 568	284 541	2376 108	83.35
	Fl Madera	280 168	184 492	464 660	6 430	471 091	16.53
Sub-total		778 787	1777 441	2556 228	290 971	2847 199	99.88
%		27.35	62.43	89.78	10.22	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	291 003	2850 760	100.00
%		27.37	62.42	89.79	10.21	100.00	

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

Cifras preliminares de uso científico

Tabla 2.7.2. Desembarque de anchoveta en la Región Sur. Periodo 01 de Agosto al 27 de setiembre del 2015. **Fuente:** AFIRNP/IMARPE.

Especie \ Flota \ Puerto		Año Calendario (01 de enero al 27 de setiembre 2015)						
		Atico	Planchada	Quilca	Mollendo	Ilo	Total	%
Anchoveta	Fl. Acero	0	649	0	0	3 279	3 928	95.60
	Fl. Madera	0	0	0	0	181	181	4.40
Total		0	649	0	0	3 460	4 109	100.00
Porcentaje (%)		0.00	15.79	0.00	0.00	84.21	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	55%
El Niño costero extraordinario	15%

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	35%
El Niño costero fuerte	40%
El Niño costero extraordinario	15%

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	10%
El Niño fuerte en el Pacífico Central	45%
El Niño muy fuerte en el Pacífico Central	35%



ENFEN

ESTUDIO NACIONAL DEL
FENÓMENO "EL NIÑO"

