

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



INFORME TÉCNICO ENFEN

Año 1 N°5

Agosto 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, **59 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 **agosto de 2015** en el Perú y las perspectivas de variabilidad.



PRESENTACIÓN



Calm (r) Germán Vásquez Solís Talavera
Presidente del Comité Multisectorial Enfen
Presidente del Consejo Directivo del Imarpe

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

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

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

Cordialmente,



Calm (r) Germán Vásquez Solís Talavera

TABLA DE CONTENIDOS

1. RESUMEN	8
2. CONDICIONES OBSERVADAS EN AGOSTO 2015	10
2.1 Temperatura superficial del aire y del mar en la costa peruana.....	10
2.2 Precipitaciones e hidrología en la vertiente del Pacífico	11
2.3 Nivel medio del mar y temperaturas subsuperficiales en el litoral peruano	11
2.4 Circulación atmosférica en el Pacífico sudoriental.....	13
2.5 Circulación atmosférica y temperatura superficial en el Pacífico ecuatorial	13
2.6 Dinámica oceánica en el Pacífico ecuatorial.....	14
2.7 Recursos pesqueros e indicadores biológicos.....	15
3. PERSPECTIVAS	16
3.1 A corto plazo (semanas).....	16
3.2 A mediano plazo (hasta 3 meses)	17
3.3 A largo plazo (más de 3 meses)	18
4. CONCLUSIONES	21
5. REFERENCIAS	22
6. FIGURAS	24
7. TABLAS	54

Figuras:

2.1.1.	Anomalías de las temperaturas extremas del aire (°C) en la costa peruana de enero 2014 a agosto 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 agosto de 2015. Procesamiento: DHN.	25
2.1.3.	Series diarias de Anomalías de TSM registradas en estaciones costeras del IMARPE. Procesamiento: Laboratorio de Hidro-Física Marina, IMARPE.	26
2.1.4.	Distribución espacial de anomalía TSM (ATSM) frente a Perú, cada 3 días durante el mes de agosto de 2015. Datos: NOAA-AVHRR-OI-v2., Procesamiento: Laboratorio de Hidro-Física Marina, IMARPE	27
2.1.5.	Anomalías de la temperatura superficial del mar (°C) en el océano Pacífico oriental para los días a) 6 de agosto, b) 11 de agosto, c) 16 de agosto, d) 20 de agosto, e) 26 de agosto y f) 30 de agosto de 2015. La línea sólida en color azul indica el límite externo de la región Niño 1+2. Datos: NCDC/NCEP/NOAA. Procesamiento: DHN	28
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	29
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	30
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.	31
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.	32
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.	33
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 25 de agosto de 2015. Climatología: 1994- 2010. Fuente: IMARPE.	34
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 agosto de 2015. Fuente: IMARPE.	35
2.3.4.	Distribución vertical de: a) temperatura y b) anomalía de temperatura (°C), c) salinidad y d) anomalía de salinidad (ups) frente a Paita. Operación BIC Flores, realizada durante el 26 y 27 de agosto de 2015. Fuente: IMARPE.	36
2.3.5.	Distribución vertical de: a) temperatura y b) anomalía de temperatura (°C), c) salinidad y d) anomalía de salinidad (ups) frente a Chicama. Operación BIC Flores realizada durante el 24 y 25 de agosto de 2015. Fuente: IMARPE.	37
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 enero a agosto de 2015. Datos: ASCAT. Procesamiento: IMARPE	38
2.4.2.	Presión atmosférica (hPa) a nivel medio del mar para agosto 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.	39
2.4.3.	Análisis de la Presión atmosférica (hPa) a nivel medio del mar para agosto del 2015. Datos: NCEP/NCAR Reanalysis. Procesamiento: SENAMHI.	40
2.5.1.	Promedio de anomalías semanales de la temperatura superficial del mar (°C) en el océano Pacífico tropical del 5 de agosto al 26 de agosto de 2015. Fuente: NCDC/NCEP/NOAA.	41
2.5.2.	Promedio mensual de anomalías de la temperatura superficial del mar (°C) en el océano Pacífico tropical del 2 de agosto al 29 de agosto de 2015. Fuente: NCDC/NCEP/NOAA.	41
2.5.3.	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 setiembre de 2014 a agosto de 2015. Fuente: NCEP/NOAA.	42
2.5.4.	Evolución del Índice de Oscilación Sur (IOS), considerando la media móvil de 30 días. Fuente: Bureau of Meteorology, Australia	42

2.5.5.	Análisis de anomalías del viento (m/s) en a) 850 hPa y b) 200hpa para el mes de agosto del 2015. Datos: NCEP/NOAA. Procesamiento: SENAMHI-DCL	43
2.5.6.	Hovmoller de anomalías de a) Radiación de onda larga - OLR (W/m ²) desde el mes de octubre de 2104 hasta agosto de 2015. Datos: NCEP b) Viento zonal 850 hPa. desde marzo de 2014 hasta agosto de 2015. Datos: CDAS, Procesamiento: SENAMHI-DCL	44
2.5.7.	Análisis de la Circulación Atmosférica Ecuatorial de este a oeste para el mes de agosto de 2015. Fuente: SENAMHI con datos de la NCEP-NOAA. Análisis de la Circulación Atmosférica Ecuatorial de este a oeste para el mes de agosto de 2015. Fuente: SENAMHI con datos de la NCEP-NOAA.	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 agosto se indican en rojo. Preparación: IGP.	46
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 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=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.	47
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 agosto, b) 10 de agosto, c) 15 de agosto, d) 20 de agosto, e) 25 de agosto y f) 30 de agosto de 2015. Fuente: TAO/TRITON, PMEL/NOAA.	48
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	49
2.7.1.	Desembarque diario de anchoveta en la Región Sur. Periodo 01 de enero al 31 de agosto 2015. Fuente: IMARPE.	49
2.7.2.	Distribución de la flota industrial cerquera de anchoveta en la región sur. Agosto 2015. Fuente: IMARPE.	50
2.7.3.	Estructura mensual de tallas anchoveta en la Región Sur. Periodo: Agosto 2015. Fuente: IMARPE.	50
2.7.4.	Desembarque diario de anchoveta en la Región Norte – centro proveniente de la flota de menor escala y/o artesanal. Periodo: Agosto 2015. Fuente: IMARPE.	50
2.7.5.	Estructura mensual de tallas anchoveta en la Región Sur. Periodo: Agosto 2015. Fuente: IMARPE.	51
2.7.6.	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 – agosto 2015. Fuente: IMARPE.	51
3.2.1.	Índice Niño 3.4 mensual observado y pronosticado por los modelos de NMME. Fuente: CPC/NCEP/NOAA.	52
3.2.2.	Índice Costero El Niño (ICEN, círculos llenos en color negro) y sus valor temporal (ICENtmp, círculo lleno en color rojo). Además, pronósticos numéricos del ICEN (media móvil de 3 meses de las anomalías pronosticadas de TSM en la región Niño 1+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 agosto de 2015. El modelo ECMWF tiene como condición inicial el mes de julio de 2015. Fuente: IGP, NOAA, proyecto NMME, ECMWF.	53

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 agosto, excediendo $+2^{\circ}\text{C}$ desde la segunda mitad de agosto. Los promedios mensuales de los índices El Niño, los cuales están basados en la TSM en la región ecuatorial, presentaron valores positivos mensuales de: $+1^{\circ}\text{C}$ (Niño 4), $+2,02^{\circ}\text{C}$ (Niño 3.4), $+2,25^{\circ}\text{C}$ (Niño 3) y $+2,07^{\circ}\text{C}$ (Niño 1+2). Cabe resaltar que la anomalía de TSM para la región Niño 1+2 disminuyó con respecto al mes anterior. Asimismo, las estaciones costeras registraron anomalías cálidas de la TSM desde $+0,7^{\circ}\text{C}$ (Ilo) hasta $+2,2^{\circ}\text{C}$ (Chimbote). Similarmente, las anomalías de temperatura del aire continuaron positivas; con valores que de $+2,4^{\circ}\text{C}$, en promedio, por ejemplo la estación de Campo de Marte en Lima; y $+2,3^{\circ}\text{C}$ en las estaciones de San Miguel en Piura y 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 Fonagro en Ica.

El nivel medio de mar estuvo, en promedio alrededor de $+11$ cm por encima de lo normal en la costa norte, mientras que en la zona centro y sur las anomalías aumentaron entre 2 y 5 cm con respecto al mes anterior. Estos niveles presentaron picos a inicios y durante la segunda quincena del mes a lo largo de todo el litoral costero, probablemente asociados a la llegada de la onda Kelvin cálida esperada para agosto-setiembre. Por otro lado, con respecto a las anomalías de temperatura en las capas subsuperficiales, estas continuaron cálidas, con valores superiores a $+2,0^{\circ}\text{C}$ y $+1,0^{\circ}\text{C}$ en la estaciones oceanográficas de Paita y Chicama, respectivamente.

En promedio, los vientos a lo largo de la costa peruana fueron ligeramente más intensos de lo normal durante la segunda quincena 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 .

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 82% y 59% de su capacidad máxima, respectivamente.

En relación al sector pesquero, la anchoveta presentó una distribución frente a Chimbote y Pisco y desde Ilo (17°S) hasta el extremo sur Frente a Chimbote la anchoveta se presentó ligeramente más profunda de lo normal, mientras que frente a Pisco se presentó cerca de la superficie. Los indicadores biológicos de la anchoveta (índice gonadosomático y la fracción desovante), presentaron un incremento, pero aún por debajo del patrón histórico. Por otro lado, la anchoveta continúa su periodo de maduración reproductiva previo al desove principal de la estaciones de invierno y primavera. Se viene observando la presencia de especies propias de aguas cálidas frente a la costa central como *Sarda chiliensis* "bonito", *Katsuwonus pelamis* "barrilete", *Decapterus macrosoma* "jurel fino", *Coryphaena hippurus* "perico" entre las especies oceánicas, y *Anchoa nasus* "samasa" entre las especies costeras.

Las actuales condiciones atmosféricas/oceánicas del Pacífico ecuatorial continúan mostrando un fuerte 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. Estas condiciones favorecieron la formación de un pulso de viento del oeste alrededor de la línea de cambio de fecha. El Índice Costero El Niño (ICEN, región Niño 1+2) correspondiente al mes de julio fue de $+2,15^{\circ}\text{C}$, lo cual corresponde a una condición cálida fuerte. Igualmente, el valor estimado para el mes de agosto corresponde a condiciones cálidas fuertes con un valor de ICEN_{tmp} de $+1,83^{\circ}\text{C}$. 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 observadas en los veranos de 1982-1983 o 1997-1998 (ver la Nota Técnica del ENFEN N° 02-2015).

2. CONDICIONES OBSERVADAS EN AGOSTO 2015

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

Durante el mes de agosto, 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 +2,4°C, en promedio. Asimismo, se han registrado anomalías de temperatura máxima del aire de hasta +2,4 °C en la estación de Campo de Marte (Lima), y +2,3°C en las estaciones San Miguel en Piura y 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 Fonagro en Ica. (Figura 2.1.1).

Las estaciones costeras de la Dirección de Hidrografía y Navegación (DHN) registraron anomalías positivas de TSM (Figura 2.1.2). Las anomalías de hasta +2,2 y +2,1°C, en promedio, en la estación de Chimbote y Paita, respectivamente. De norte a sur, las estaciones registraron anomalías promedio de +1,2°C en Talara, +2,1°C en Paita, +1,4°C en Isla Lobos de Afuera, +2,2°C en Chimbote, +1,7°C en Callao, +1,0°C en San Juan, +0,8°C en Mollendo e +0,7°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 TSM alrededor de +3°C, estos valores han disminuido gradualmente hasta la tercera semana. Sin embargo, durante 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 ilustrada en la Figura 2.1.6, muestra que este año, en la región Niño 1+2, las condiciones El Niño lo ubican en un estado intermedio entre los años 1997 y 1982, pero con tendencia y anomalía similar al año 1972. 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.), presentó un valor de +2,15°C para julio de 2015, correspondiente a una condición cálida fuerte (ENFEN, 2012). Los valores temporales del ICEN (ICEN_{tmp}), basados parcialmente en los pronósticos de los modelos numéricos, son de +1.83°C (condición cálida fuerte) y +1.71°C (condición cálida fuerte), para los meses de agosto y setiembre de 2015, respectivamente (Figura 2.1.7. y Tabla 2.1.2).

Discusión: Según el ICEN (ENFEN, 2012), las condiciones climáticas de la costa peruana para el mes de julio fueron del tipo cálida fuerte (+2,15°C). Asimismo, las anomalías de TSM, temperatura del aire, máximas y mínimas se mantuvieron positivas aunque con una disminución de TSM en la región Niño 1+2 con respecto al mes anterior. De acuerdo con el sistema de alerta (ENFEN, 2014), el mes de agosto continúa en

¹ Fuente: <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, agosto 2015

“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

Al igual que los meses anteriores, para el mes de agosto las condiciones hidrológicas se mantuvieron alrededor de lo normal sobre la región occidental de los Andes (Figura 2.2.1). Por otro lado, la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT) se posicionó, en promedio, hacia el norte del ecuador, específicamente entre los 5°N y 10°N; Además se desarrollaron fuertes focos convectivos en el Pacífico central, debido al calentamiento del océano y la actividad ciclónica que se presentó en esta región. La ZCIT, en su aproximación sobre el continente, mantuvo la cobertura nubosa y humedad sobre el norte-este de la Amazonia y el continente Sudamericano (Figura 2.2.2). Asimismo, se han registrado precipitaciones en la selva norte y de manera localizada en la sierra sur durante la primera semana de agosto.

Los principales reservorios de la costa norte y sur del país, presentaron un almacenamiento promedio de 82% y 59%, respectivamente (Tabla 2.2.1). Debido a la estacionalidad, la cantidad de agua almacenada en los reservorios seguirá disminuyendo en los próximos meses.

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 agosto 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 del Pacífico ecuatorial fueron generados, principalmente, al fuerte 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 mareo-gráficos diarios de la DHN mostraron que las anomalías del Nivel Medio del Mar (NMM) para el mes de agosto presentaron máximos valores a inicios del mes y en su segunda quincena (Figura 2.1.2 b), los cuales no sobrepasaron los +20 cm. Con respecto a los valores mensuales (Tabla 2.1.1), la zona norte – centro (estaciones ubicadas entre Talara y Callao) presentaron anomalías con valores promedio de +11 cm, mientras que la zona sur tuvo una anomalía promedio de +8 cm. A diferencia del mes anterior², en el centro y norte (sur) las anomalías aumentaron alrededor de +2 cm (+ 5 cm).

La anomalía del nivel del mar para la franja de 100 Km desde la costa peruana, basada en altimetría satelital, se incrementó desde + 5 hasta +11 cm a lo largo del mes en la región ubicada entre los 5°S y 14°S, mientras que la misma variable se mantuvo, en promedio, alrededor de +9 cm en el punto 90{.125°W y 0,125°S, y en torno a +5 cm entre los 14°S y 18°S (Figura 2.3.1).

La estructura térmica en el Punto Fijo de Paita, perteneciente al Instituto del Mar del Perú (IMARPE), mostró una disminución de la temperatura por encima de los 100 m de profundidad, con valores entre los 17° y 19°C (Figura 2.3.2 a). Con respecto a las anomalías

²Los promedios mensuales del NMN en el informe de julio no estuvieron actualizados.
Diagnóstico Climático y Previsión de El Niño-Oscilación del Sur en el Perú, agosto 2015

térmicas, estas se mantuvieron en el rango de +2° a +3° C durante casi todo el mes (Figura 2.3.2 b). La estructura halina mostró valores mayores a 35 ups asociados a la presencia anómala de ASS³ en toda la columna de agua (Figura 2.3.2 c), mientras que la distribución de oxígeno disuelto mostró una columna de agua con valores mayores a 1mL/L y un núcleo de 4mL/L ubicado sobre los 10 m de profundidad (Figura 2.3.2 d).

Con respecto a las variables oceanográficas medidas en el punto de fijo frente a Chicama, la temperatura (Figura 2.3.3 a) y la salinidad (Figura 2.3.3 b) presentaron un evolución, muy similar a la estación de Paita, pero con un rango de temperaturas entre 15° y 19° C y, además, con una mayor presencia de aguas de mezcla (ASS + ACF). Finalmente, si bien la columna de agua estuvo menos oxigenada que la de Paita, la parte superior de la capa mínima de oxígeno (0,5 mL/L) se ubicó, similarmente que la de Paita, por debajo de los 100 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 26 y 27 de agosto frente a Paita, mostraron una termoclina ubicada sobre los 100 m de profundidad y con una mayor estratificación (mayor gradiente vertical) entre las 60 y 100 millas de la costa (Figura 2.3.4 a). Entre las 60 millas y la costa, la termoclina estuvo difusa (menos gradiente vertical). Por otro lado, la isoterma de 15°C se ubicó alrededor de los 175 m desde las 100 millas a la costa. Como consecuencia de esta estructura, las anomalías térmicas superiores a +2°C se localizaron, principalmente, entre las 60 y 100 millas de la costa y por encima de los 100 metros de profundidad. En esta región se observó un máximo de +4°C cerca a las 100 millas de la costa (Figura 2.3.4 b). Asimismo, hubo una anomalía de +2°C dentro de las 10 millas de la costa (Figura 2.3.4 b). La estructura halina presentó fuerte incidencia de ASS (Figura 2.3.4 c), superior a la del mes de julio, lo cual produjo anomalías positivas de la salinidad en toda la columna de agua con valores ligeramente superiores a +0,15 ups sobre los 50 m de profundidad (Figura 2.3.4 d).

Con respecto a la sección de Chicama, esta presentó, a diferencia de Paita, una termoclina menos estratificada sobre los 100 m de profundidad y con una distribución ascendente de las isotermas (mayores a 15°C) al acercarse al borde costero, asimismo, la isoterma de 15°C se localizó por encima de los 150 m (Figura 2.3.5 a). En consecuencia, se registraron anomalías mayores a +1°C en toda la columna de agua, con un núcleo de +3°C a 75 m y por fuera de las 80 mn (Figura 2.3.5 b).

No obstante, en las capas ubicadas sobre los 150 m de profundidad, las anomalías fueron menores que el mes anterior, con una reducción promedio de +2°C. La estructura halina mostró, al igual que en el mes de julio, la presencia de las ASS y ACF, así como la mezcla entre ellas cerca a la costa (Figura 2.3.5 c). Esto generó que las capas por encima de los 100 m de profundidad presenten anomalías positivas de salinidad superiores a +0,05 ups (Figura 2.3.5 d), pero menores en comparación con Paita.

Discusión: Las anomalías del NMM, que se registraron en las estaciones mareográficas ubicadas a lo largo de la costa peruana, tuvieron picos a inicios de mes y durante su segunda quincena (Figura 2.1.2 b). Este comportamiento no se observó en los datos de AVISO (Figura 2.3.1), ya que entre 5°S y 14°S las anomalías aumentaron durante todo el mes y entre 14°S y 18°S estas se mantuvieron prácticamente constantes. Esto se

³ASS: Aguas Subtropicales Superficiales, ACF: Aguas Costeras Frías.

debería, probablemente, a la resolución temporal de la información satelital. No obstante, ambas fuentes de datos parecen indicar el arribo de la señal de la onda Kelvin cálida formada durante la segunda quincena de junio. A pesar de la normalización de la profundidad de las isotermas observadas en los puntos fijos de Paita (Figura 2.3.2 a) y Chicama (Figura 2.3.3 a), las anomalías de temperatura sub-superficial presentaron valores superiores a +2°C en el punto fijo y en la sección Paita, mientras que en la sección Chicama las anomalías obtenidas en promedio, a excepción del núcleo de +3°C, fueron de tan solo +1°C, lo cual es consistente con el actual evento El Niño costero.

2.4 Circulación atmosférica en el Pacífico sudoriental

De acuerdo a los datos del satélite ASCAT, la velocidad del viento a 40 km frente a la costa, peruana osciló entre 1 y 12 m/s durante el mes de agosto de 2015; con vientos menores a 3 m/s al sur de 15°S, y mayores a 5 m/s entre los 0°S y 16°S con valores máximos de hasta 12 m/s entre 14°S y 16°S durante las tres primeras (Figura 2.4.1a). Asimismo, durante la segunda semana, se observó predominancia de anomalías positivas a lo largo del litoral peruano con máximos de hasta 5 m/s en la zona sur (Figura 2.4.1b).

Con respecto al campo de la presión atmosférica frente al litoral costero, el Anticiclón del Pacífico Sur (APS), centrado en 100°W y 25°S, estuvo inestable debido a la intrusión de bajas presiones en latitudes medias. Las anomalías del campo de presiones fueron de -1 hPa en la costa de Perú y de hasta -2 hPa en el Pacífico ecuatorial oriental (130°W-90°W) (Figuras 2.4.2 a y b). Asimismo, se observa el desplazamiento, de oeste a este, de un sistema de alta presión entre 120°W y 80°W (Figura 2.4.3).

Discusión: En el mes de agosto las anomalías negativas de presión atmosférica se desplazaron al oeste del litoral peruano, esto pudo estar asociado, a la presencia de vientos alisios más intensos, así como a la disminución de la anomalía de la TSM en el Pacífico Oriental (Figura 2.1.5). Además, la intensificación del viento costero entre 4°S y 17°S, durante la segunda semana, parece ser explicada en parte debido a la aproximación de un sistema anticiclónico frío.

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 (Figura 2.5.2), y registrando sus mayores anomalías en el Pacífico ecuatorial central y oriental con tendencia hacia el incremento. Se observaron núcleos de anomalías de hasta +3°C, durante la última semana (Figura 2.5.1 d), éstos contribuyeron a que en la región Niño 3 se alcance una anomalía de +2,3°C como promedio en la última semana (Tabla 2.5.1).

Por otro lado, los índices El Niño en la región ecuatorial continuaron con valores mensuales⁴ positivos: +1°C (Niño 4), +2,02°C (Niño 3.4), +2,25°C (Niño 3) y +2,07°C (Niño 1+2) (Figura 2.5.3, Tabla 2.5.1).

El promedio de los últimos 30 días de los valores del IOS, calculado desde el 02 al 31 de agosto, es de -19,8 (Figura 2.5.4), el cual se encuentra muy por debajo de lo normal (± 7 ,

⁴ <http://www.cpc.ncep.noaa.gov/data/indices/sstoi.indices>

según la categorización realizada por la Bureau of Meteorology). El valor del IOS de agosto, es consistente con el incremento de la convección en el Pacífico oriental y la disminución de la convección en el Pacífico ecuatorial occidental (Figura 2.5.6 a); lo cual, es un patrón típico durante eventos El Niño.

En niveles bajos de la tropósfera (850 hPa) se observó 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 (Figura 2.5.5 a y Figura 2.5.6 b). 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 200 hPa en el Pacífico central en ambos lados del ecuador (Figura 2.5.5 b). Si bien las condiciones cálidas de la TSM en la franja ecuatorial del Pacífico continuaron todo el mes, la convección entre 180° y 120°W ha ido disminuyendo gradualmente hacia fines del mes.

Discusión: Durante agosto se observó la persistencia de las anomalías cálidas de la TSM en casi todo el Pacífico ecuatorial. Asimismo, continúa el fuerte 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, a las observadas en el año 1997. Actualmente se observa la formación de un nuevo pulso de viento del oeste alrededor de la línea de cambio de fecha. Asimismo, el fuerte calentamiento en la región Niño 4, aproximadamente donde el patrón C es máximo (Takahashi et al., 2011), está asociado a anomalías positivas del viento superficial, que, de acuerdo al valor de agosto, podría favorecer la ocurrencia de un El Niño del tipo extraordinario (Takahashi y Dewitte, 2015). Sin embargo, este resultado para la región Niño 1+2 aún tiene un grado de incertidumbre, esto debido a que los resultados del experimento numérico se desarrolló con condiciones cálidas del PDO (Oscilación Decadal del Pacífico), mientras que ahora existe la incertidumbre si se continúa en la fase fría (escenario que se inició desde el año 1999) o estaríamos en un estado de transición hacia la fase nuevamente cálida del PDO.

2.6 Dinámica oceánica en el Pacífico ecuatorial

En el mes de agosto los datos in situ de las boyas TAO/TRITON y los derivadores ARGO mostraron que la profundidad de la isoterma de 20°C ecuatorial, que coincide aproximadamente con la termoclina, presentó una profundización mayor a los +30m en la región 160°W-110°W (Figura 2.6.1 b y Figura 2.6.1 c). En las regiones próximas al litoral costero los impactos en la termoclina fueron menos intensos presentando valores próximos a +10m (Figura 2.6.1 c). Por otro lado, a pesar de que algunas boyas TAO/TRITON a lo largo de la línea ecuatorial (95° y 110°W) no tienen suficiente información para calcular la anomalía de la profundidad de la termoclina, los valores existentes muestran valores positivos muy altos en el Pacífico Central (Figura 2.6.1 b).

Los datos de altimetría de Jason-2 mostraron una anomalía positiva superior a los +20 cm entre la región de la línea internacional de cambio de fecha (180°) y 110°W. Estas anomalías se mantuvieron durante todo el mes de agosto. No obstante, 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. En lo que respecta a la onda Kelvin cálida que se originó en los últimos días de junio y reforzó por las anomalías positivas del esfuerzo

de viento zonal que se presentaron en casi todo el mes de julio y agosto (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 no llegó a las regiones costeras de Sudamérica como se esperaba (Figura 2.6.1 e).

Por encima de los 200 m de profundidad, las temperaturas sub-superficiales ecuatoriales, según la información de las boyas del proyecto TAO/TRITON, presentaron anomalías positivas al este de la línea internacional de cambio de fecha (Figura 2.6.2). Esto es el resultado de la actual inclinación hacia el este de la profundidad de la termoclina (Figura 2.6.3).

Discusión: En agosto se esperaba el arribo del núcleo de la onda Kelvin cálida que se formó en los últimos días de junio, no obstante, los impactos en la termoclina y en el nivel medio del mar no fueron tan intensos como se proyectaban, sobre todo en las regiones próximas al litoral costero. El impacto de la onda Kelvin fue mayor al oeste de 110°W, tanto en la anomalía de la profundidad de la termoclina y del nivel del mar. La similitud de los patrones de los datos observados y LOM-IGP, sugiere que, debido a que el modelo lineal es forzado solo con anomalía de vientos, la presencia de anomalías de viento del Este que se presentaron en la región Este del Pacífico durante el mes de agosto (patrones de color celeste en la Figura 2.6.1a) se habrían proyectado en ondas Kelvin frías que disminuyeron la intensidad de la onda Kelvin cálida (formada a fines de junio) durante el mes de agosto (ver Figura 2.6.1e). Otra hipótesis podría ser que la pendiente de la profundidad de la termoclina, en la escala de tiempo estacional, podría haber contribuido a que la onda Kelvin cálida no cruce con toda su energía, sino que parte de ella se habría reflejado como onda Rossby (Mosquera-Vásquez et al, 2014). La intensificación de la pendiente de la termoclina se debería a los vientos alisios, los cuales son intensos en los meses de primavera y, además, han sido más intensos desde el año 2000 (Mosquera-Vásquez, 2015).

Por otro lado, a nivel sub-superficial también se pudo observar que existen anomalías de temperatura que han alcanzado hasta +7°C, principalmente, en el extremo este, lo cual es una consecuencia de la inclinación hacia el este de la profundidad de la termoclina 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 2.6.2a). 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 31 de agosto ascendió a 2 851 005 toneladas (t). La especie *Engraulis ringens* “anchoveta”, aunque desde el 01 de agosto se dio por terminado la primera temporada de pesca de la región norte centro, fue la de mayor desembarque con el 99,86% (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 3 602 t, con una tasa promedio mensual de 820 t (Figura 2.7.1), correspondiente a un 0,8% de la cuota de 450 mil toneladas establecida.

El área de pesca de anchoveta se registró entre 20 y 30 millas náuticas (mn) frente a Ilo (17°50'S) y al sur de Morro Sama (18°00'S) hasta el extremo sur dentro de las 20 mn donde se registró la mayor captura (Figura 2.7.2). Las estructuras de tallas de la anchoveta presentaron un amplio rango de tallas que fluctuaron entre 7,5 y 15,5 cm de longitud total (LT), presentando una moda de 12,5 cm y 14% de juveniles (Figura 2.7.3).

Durante agosto, el mayor desembarque de anchoveta proveniente de la flota de menor escala y/o artesanal se localizó frente a Chimbote (9°S) y desde la segunda quincena se registró frente a Pisco (13°30'S) (Figura 2.7.4). La estructura por tamaños de anchoveta evidenció la presencia de juveniles en ambas zonas con 10,6% y 23,5% respectivamente (Figura 2.7.5).

Los indicadores biológicos del stock norte-centro de anchoveta, como el Índice Gonadosomático (IGS) y Fracción Desovante (FD), si bien mostraron una evolución con tendencia similar al patrón, los valores se presentaron por debajo de estos, lo cual indicó que continúa la influencia negativa de las actuales condiciones sobre el proceso reproductivo. De forma similar, el Contenido Graso (CG), indicador del bienestar del pez, registró valores debajo del patrón evidenciado que las condiciones anómalas continúan repercutiendo en la condición del recurso (Figura 2.7.6).

Otras especies registradas en las capturas de la pesca de menor escala y/o artesanal fueron jurel (*Trachurus murphyi*) y caballa (*Scomber japonicus*) de 20 a 40 mn se localizaron frente a Callao (12°S).

La estructura de tallas de caballa presentó un rango de 12 a 34 cm de longitud a la horquilla (LH), moda adulta en 30 cm y juvenil en 18 cm de LT y 76,3% de juveniles.

Discusión: En agosto, el desembarque de anchoveta de la segunda temporada de pesca de la región sur, alcanzó el 0,8% de la captura establecida. Las mayores capturas se registraron dentro de las 20 mn frente al extremo sur lo cual indicaría la migración de la anchoveta hacia el sur en busca de condiciones ambientales favorables (Ñiquen y Bouchon, 2004). Continúa las alteraciones en el proceso reproductivo y condición somática de la anchoveta debido a las condiciones cálidas presentes.

3. PERSPECTIVAS

3.1 A corto plazo (semanas)

Según el modelo oceánico lineal corrido en el IGP (Mosquera 2009, 2011; Figura 2.6.1 e), indica perturbaciones positivas en el nivel del mar y profundidad de la termoclina (que en este modelo se asumen proporcionales entre sí) asociadas a ondas Kelvin. Asimismo, estas perturbaciones continuarán aproximándose a la costa peruana en el transcurso del mes de septiembre.

Según el modelo con termoclina variable (Figura 2.6.1 e), se espera que la onda Kelvin cálida; la cual se generó debido a pulsos de vientos del Oeste en el Pacífico Ecuatorial Occidental entre la segunda quincena y fines de junio, e intensificada por los vientos del oeste de baja frecuencia, que se presentaron en los primeros días de julio, y días después mostró un debilitamiento en el extremo este del Pacífico. Esta onda Kelvin contribuirá a mantener cálido el Pacífico ecuatorial oriental en el mes de setiembre.

En cuanto a la amplitud, el modelo del IGP indica anomalías en la profundidad de la isoterma de 20°C de hasta +10 m llegando a la costa a fines de agosto e inicio de setiembre, y con un núcleo superior a +40 m en 110° 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 en la última semana de agosto, mientras que con una velocidad de 1,5 m/s al este de 160°W (Mosquera-Vásquez et al., 2014), el núcleo en la profundidad de la isoterma de 20°C llegaría a fines del mes de agosto e inicios de setiembre (Figura 2.6.1 c).

Discusión: Para fines de agosto e inicio de setiembre se espera la llegada de la onda Kelvin cálida a la costa peruana originada a fines de junio. Esta onda contribuirá a mantener cálido el Pacífico ecuatorial más lejos de la costa. El aumento en el nivel del mar incrementará los impactos de procesos costeros asociados a las mareas y oleajes.

Por otro lado, debido a que estacionalmente las temperaturas bajan 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)

A fines del mes de julio en el Pacífico ecuatorial se presentaron anomalías positivas de los vientos del oeste localizados entre 160°E y la línea de cambio de fecha (180°), aproximadamente (Figura 2.6.1 a), generando una nueva onda Kelvin cálida, la cual se ha fortalecido como consecuencia de las anomalías del viento del oeste en el Pacífico Central. Si los vientos en el extremo oriental permanecieran climatológicos, entonces el núcleo de la onda Kelvin cálida arribaría al extremo oriental, según la simulación numérica, a fines de setiembre e inicios de octubre (Figura 2.6.1 e). Además las anomalías de la TSM se han incrementado en el Pacífico Ecuatorial central, con valores superiores a +2,5°C (Figura 2.5.2 b) y se observa que la actividad atmosférica convectiva es intensa en el Pacífico ecuatorial central próximo a 170°W, extendiéndose hacia el oriente (Figura 2.5.6).

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 agosto, para los meses de octubre y noviembre del 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 European Center for Medium Range Weather Forecasting ECMWF e inicializados en agosto, para los meses de octubre y noviembre 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) habría condiciones 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%) (Figura 3.2.2). El promedio de los modelos de NMME corresponde a evento El Niño de magnitud fuerte.

Discusión: Las condiciones observadas en el Pacífico ecuatorial reflejan 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. Esto es consistente con los pronósticos numéricos globales, los cuales indican que el calentamiento en el Pacífico central continuaría en los próximos 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 setiembre y octubre. Además, los pronósticos de los modelos climáticos indican principalmente condiciones El Niño costero de magnitud fuerte. Se nota que la bondad de los pronósticos para octubre y noviembre inicializados en agosto 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, básicamente, para el verano 2015-2016 y está 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 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.

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 14-2015). 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 la TSM se asemeja a la de El Niño 1972-1973. Mientras tanto, la TSM en el Pacífico central (Niño 3.4) viene comportándose en forma similar al año 1997.

2) Desde la perspectiva de los índices E y C, que describen la variabilidad “propia” de la TSM en el Pacífico oriental y central, respectivamente (Takahashi et al., 2011), durante todo el presente año ha habido una fuerte componente de calentamiento en la zona central (C), mayor que en otros eventos El Niño sustanciales, incluso eliminando la tendencia de calentamiento. El índice E es similar al del año 1972 y sigue la tendencia de la TSM en la región Niño 1+2. En general, el presente evento no tiene análogo en el registro observacional.

3) En el Pacífico ecuatorial central continúa el fuerte acoplamiento de la atmósfera y el océano de gran escala (Figura 2.5.6), con vientos del oeste y convección atmosférica activa asociada a la TSM elevada, similar a lo observado en el año 1997. Esto se refleja en valores muy elevados del Índice Multivariado El Niño (MEI, en inglés; Wolter, 1987) durante junio y julio, comparables a los del año 1997 en el mismo periodo. Sin embargo, el Índice Ecuatorial de Oscilación Sur no ha presentado valores tan pronunciados como tal año (Figura 2.5.8).

4) La termoclina ecuatorial continúa más inclinada hacia el este y, en promedio, más profunda que lo normal. El grado de inclinación anómala reciente es aproximadamente el 70% de lo observado en el año 1997 pero bastante mayor que lo observado en otros años desde entonces (Figura 2.6.3). En la costa norte, persisten anomalías térmicas de hasta +2°C en los primeros 100 m.

5) El índice de anomalías del esfuerzo del viento zonal (de oeste) en el Pacífico central (u_C) estimado con los datos de 1-24 de agosto del 2015 tiene un valor intermedio entre los observados en agosto de 1982 y agosto de 1997. Según Takahashi & Dewitte (2014), esto correspondería a una alta probabilidad de El Niño extraordinario.

6) A pesar del arribo de ondas Kelvin cálidas ecuatoriales, la profundidad de la isoterma de 20°C entre 90°W y la costa sudamericana ha presentado condiciones normales en el transcurso de agosto (Figura 2.6.1 C).

7) 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.

8) El índice de esfuerzo del viento zonal en el Pacífico central u_C también ha aumentado sustancialmente desde los valores negativos dominantes hasta el año 2014, presentando en general variaciones decadales similares a las del PDO.

9) Además, las fluctuaciones estacionales de los vientos alisios ecuatoriales han mostrado una intensificación durante la fase decadal fría iniciada en el año 2000, lo cual implica vientos intensificados durante la primavera (Mosquera-Vásquez, 2015).

10) En el mes de agosto, el Anticiclón del Pacífico Sur se ha presentado al norte de su posición normal, lo cual está asociado a una intensificación de los vientos alisios del sudeste. Este comportamiento no fue observado ni en agosto de 1982 ni en agosto de 1997.

11) Los pronósticos de los modelos inicializados en agosto, 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.

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.

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 magnitudes fuertes o muy fuertes. Sin embargo, se considera que 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.

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. Se considera probable que estas anomalías podrán intensificarse nuevamente en los siguientes meses, para lo cual las ondas Kelvin en formación y 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, además el calentamiento deberá ser suficientemente elevado para activar los procesos de retroalimentación convectivos en el Pacífico oriental (Takahashi & Dewitte, 2015).

El Comité Multisectorial ENFEN, a través de la evaluación experta de las condiciones climáticas en el Pacífico tropical y de los pronósticos con modelos climáticos a nivel internacional 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 55% de que El Niño alcance una magnitud de fuerte o extraordinaria este verano (Nota Técnica ENFEN N°02-2015; Tabla 2.8.2), para que esto ocurra las anomalías de la TSM en el Pacífico Oriental deben estar lo suficiente elevadas 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 superior para el Pacífico Central (Nota Técnica ENFEN N°02-2015; Tabla 2.8.3). Para 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.

4. CONCLUSIONES

Durante el mes agosto las condiciones oceánicas y atmosféricas en el litoral costero fueron similares al mes de julio, aunque las anomalías de TSM y temperatura sub-superficial que se registraron fueron ligeramente menores al mes anterior. Mientras que el NMM después de una disminución inicial, a partir de la segunda quincena de agosto mostró anomalías positivas, probablemente asociada a la llegada de la onda Kelvin cálida esperada para agosto-setiembre. Asimismo, las anomalías de temperatura del mar en la estación oceanográfica a 7 millas náuticas frente a Paita presentó recientemente el valor promedio de $+2^{\circ}\text{C}$, 1°C menos que el valor del mes anterior ($\sim +3^{\circ}\text{C}$).

En la zona costera del Perú, el promedio de las anomalías mensuales de la TSM en agosto fue $+1,8^{\circ}\text{C}$ en la costa centro y norte, y alcanzó el valor de $+2,2^{\circ}\text{C}$ en Paita y Chimbote. A lo largo del litoral, las temperaturas del aire continuaron por encima de lo normal, similares a las del mes anterior, con anomalías promedio de $+1,3^{\circ}\text{C}$ para la temperatura mínima del aire y de $+1,8^{\circ}\text{C}$ para la temperatura máxima del aire.

El valor del Índice Costero El Niño (ICEN) para julio es de $+2,15^{\circ}\text{C}$, correspondiente a condiciones fuertes.

El Pacífico central se mantuvo acoplado a la atmósfera, esto se manifestó en las anomalías positivas de lluvias y en la persistencia de las anomalías positivas de los vientos del oeste durante todo el mes. 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 intensificarse incluso hasta finales de 2015. Para la región costera en el verano 2015-2016, según la última Nota Técnica del ENFEN, existe 55% de probabilidad que El Niño costero alcance magnitudes fuerte o extraordinaria.

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.
- ENFEN, 2012: Definición operacional de los eventos El Niño y La Niña y sus Magnitudes en el Costa del Perú. *Nota Técnica ENFEN*.
- ENFEN, 2014: Sistema de Alerta ante El Niño y La Niña Costeros. *Nota Técnica ENFEN 01-2015*.
- 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.
- 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.
- 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-Vásquez, K., Dewitte, B., Illig, S., 2014: The Central Pacific El Niño intraseasonal Kelvin wave, *J. Geophys. Res.*, doi:10.1002/2014JC010044.
- 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.
- Ñiquen Carranza, and M. Bouchon Corrales. 2004. Impact of El Niño events on the pelagic fisheries in Peruvian waters. *Deep Sea Res. II*. 51: 563–574. Overholtz, W. J. 1989. Density-dependent growth in the northwest Atlantic stock of Atlantic mackerel (*Scomber scombrus*). *J. Northwest Atl. Fish. Sci.* 9: 115–121.

- Nota Técnica ENFEN N° 02-2015, Comité Multisectorial Encargado Del Estudio Nacional Del Fenómeno El Niño (ENFEN).
- 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.
- Takahashi, K., Montecinos, A., Goubanova, K., and Dewitte, B., 2011: ENSO regimes: Reinterpreting the canonical and Modoki El Niño, *Geophys. Res. Lett.*, doi: 10.1029/2011GL047364
- Takahashi, K., and Dewitte, B., 2015: Strong and moderate nonlinear El Niño regimes, *Climate Dynamics*, doi:10.1007/s00382-015-2665-3.
- Takahashi, K., Martínez, R., Montecinos, A., Dewitte, B., Gutiérrez, D., Rodríguez-Rubio, E. 2014: White Paper 8a Regional applications of observations in the eastern Pacific: Western South America, Report of the Tropical Pacific Observing System 2020 Workshop (TPOS 2020) GCOS-184, 2, 171-205.
- Wolter, K., 1987: The Southern Oscillation in Surface Circulation and Climate over the Tropical Atlantic, Eastern Pacific, and Indian Oceans as Captured by Cluster Analysis. *J. Climate Appl. Meteor.*, **26**, 540–558.
- 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

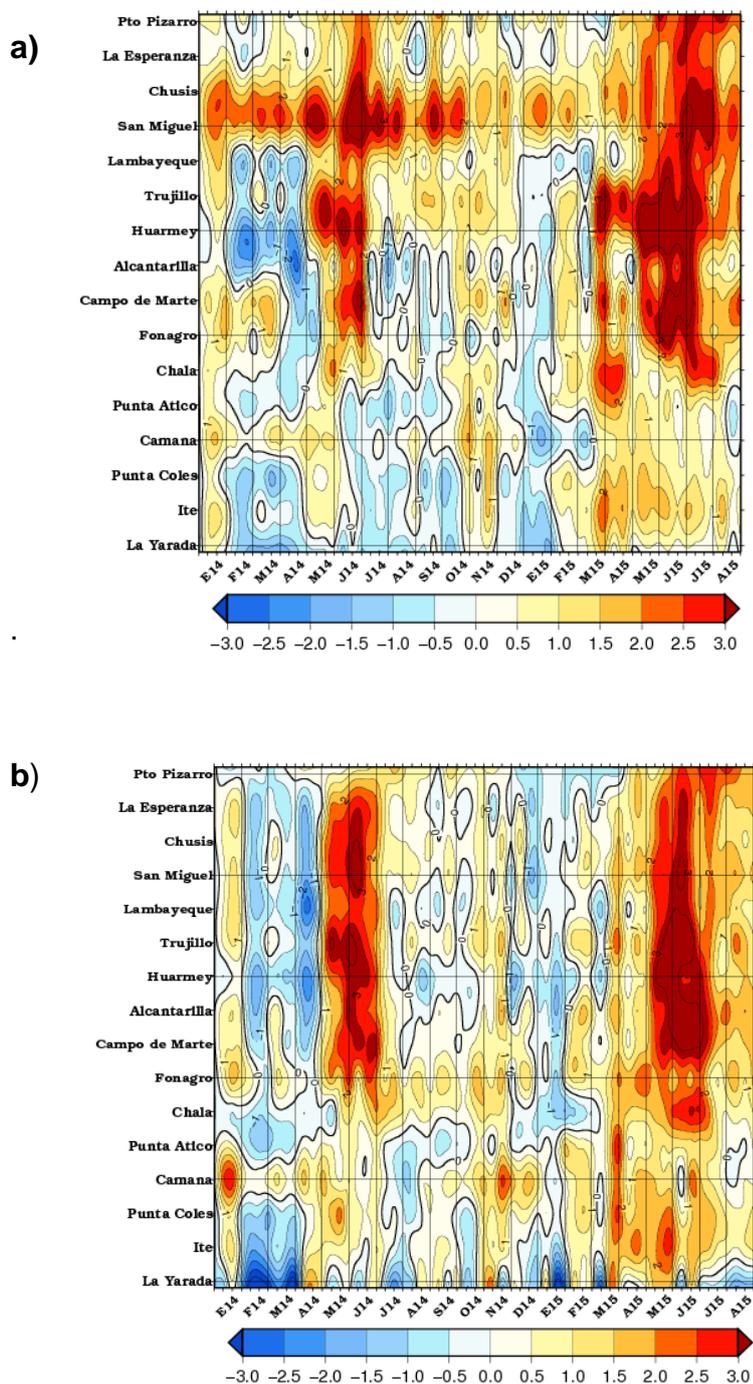


Figura 2.1.1. Anomalías de las temperaturas extremas del aire (°C) en la costa peruana desde enero 2014 a agosto de 2015. Temperatura máxima (imagen superior) y Temperatura mínima (imagen inferior). Fuente: SENAMHI

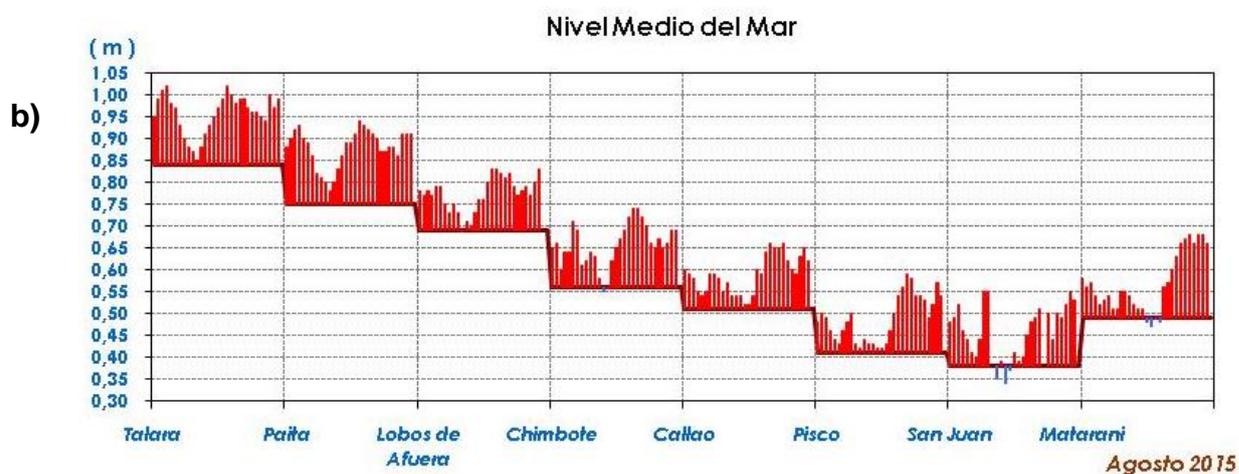
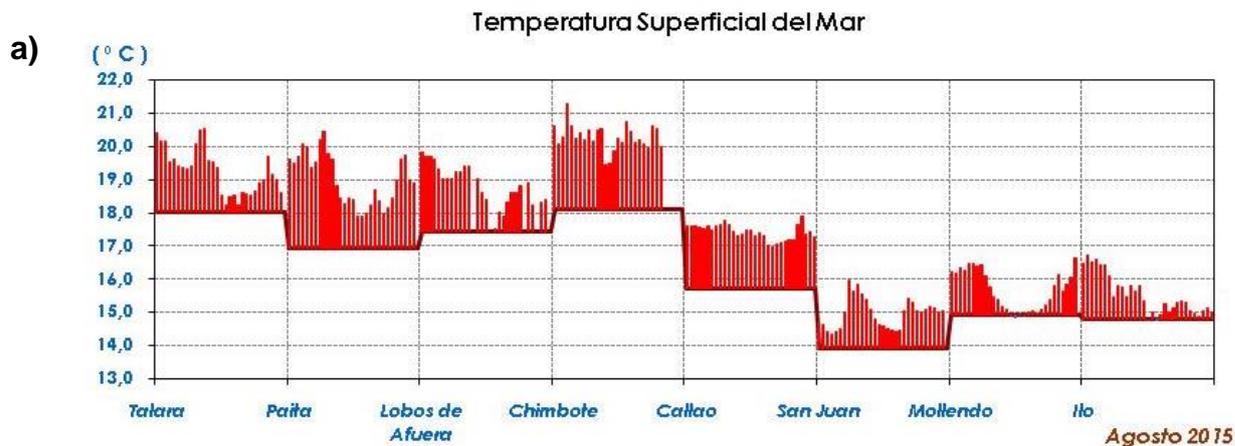


Figura 2.1.2. Serie de tiempo diaria de: a) Temperatura superficial del mar (°C) y b) Nivel medio del mar (m) en el litoral peruano durante el mes de agosto de 2015. Procesamiento: DHN

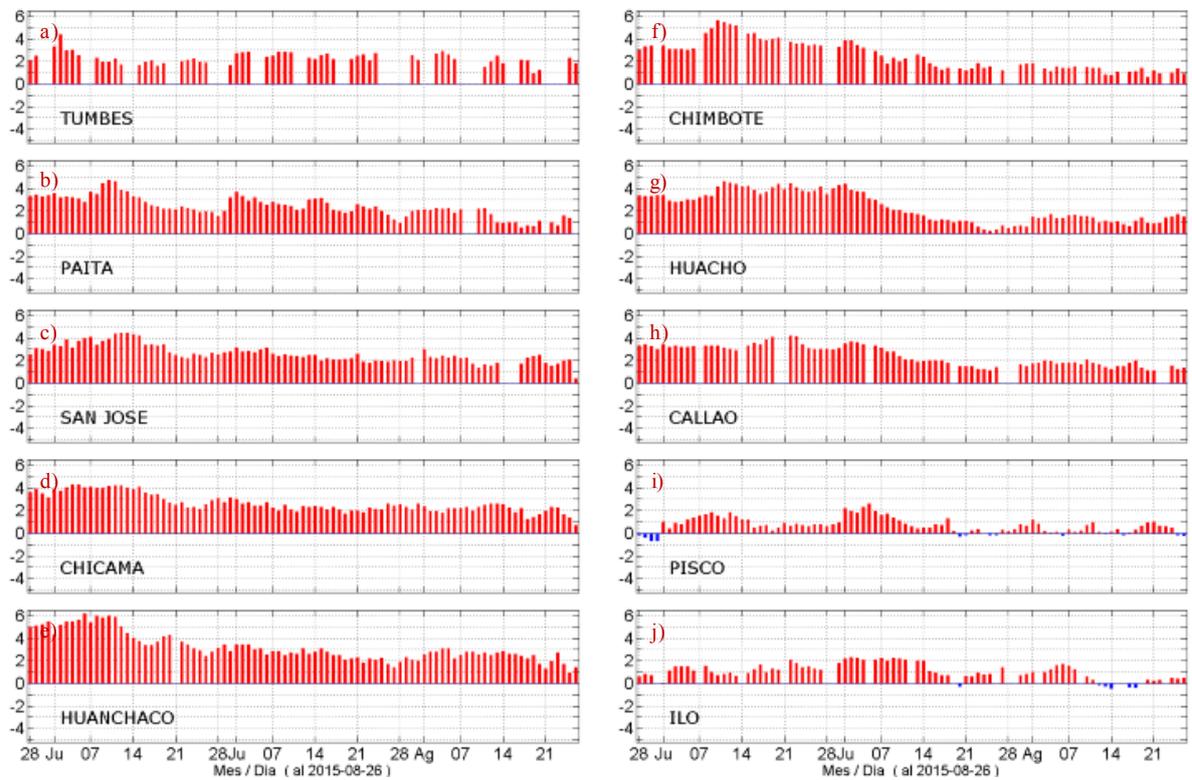


Figura 2.1.3 Series diarias de Anomalías de TSM registradas en estaciones costeras del IMARPE. Procesamiento: Laboratorio de Hidro-Física Marina, IMARPE.

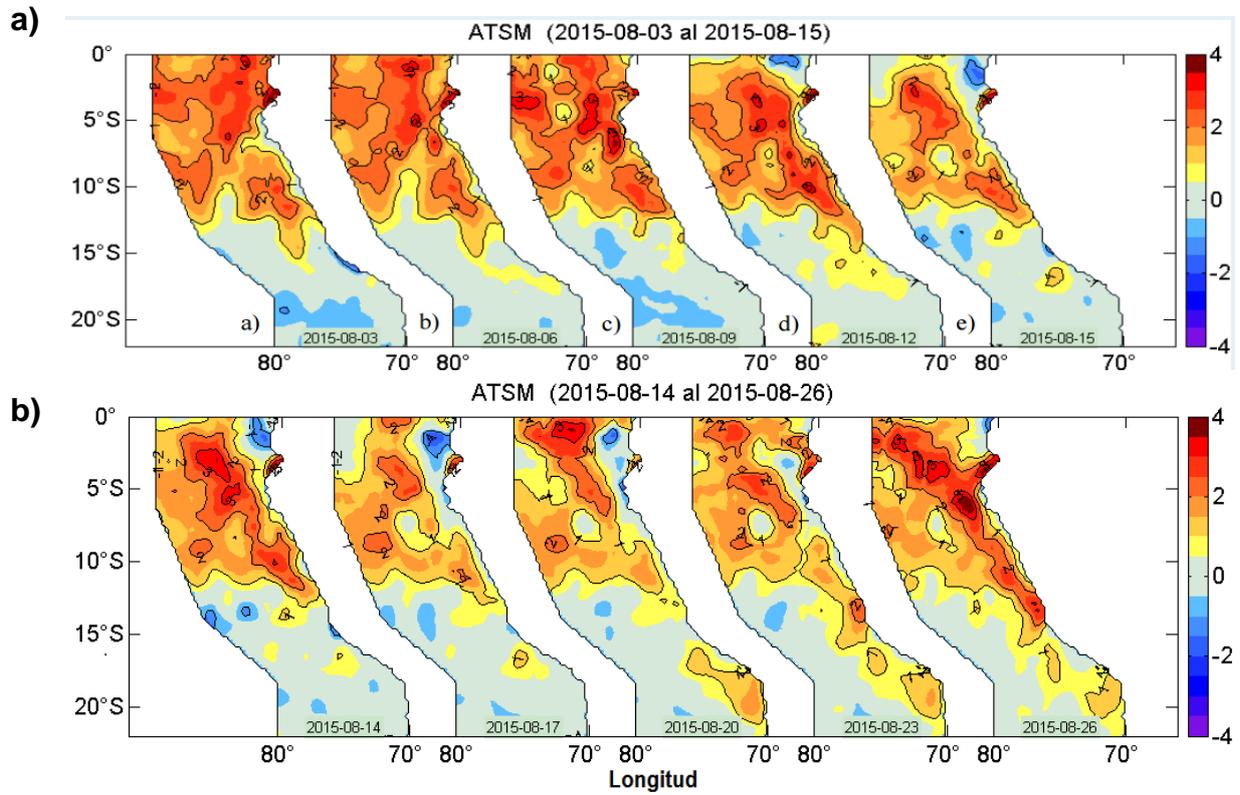


Figura 2.1.4. Distribución espacial de anomalía TSM (ATSM) frente a Perú, cada 3 días durante el mes de agosto de 2015. Datos: NOAA-AVHRR-OI-v2., Procesamiento: Laboratorio de Hidro-Física Marina, IMARPE

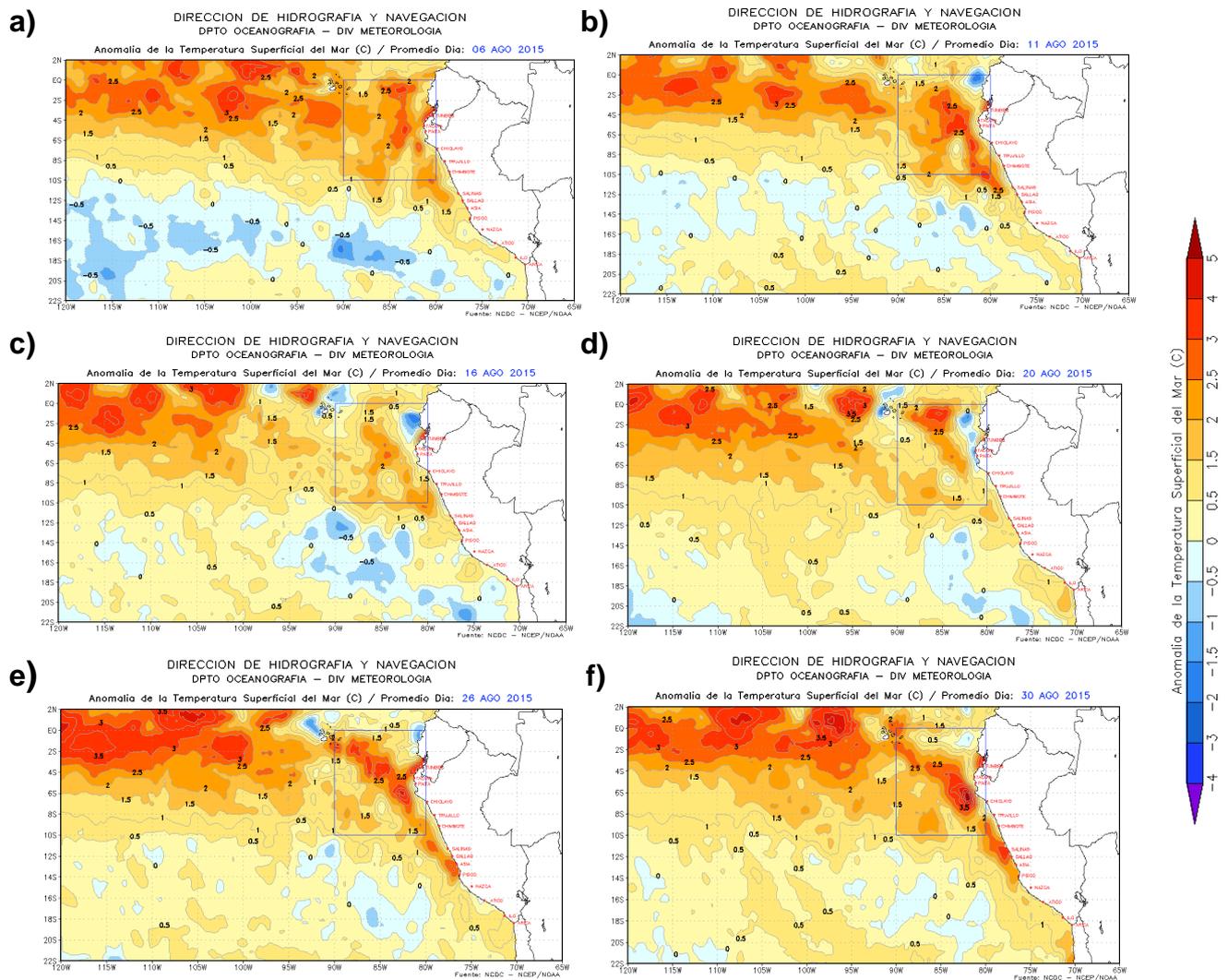


Figura 2.1.5. Anomalías de la temperatura superficial del mar (°C) en el océano Pacífico oriental para los días a) 6 de agosto, b) 11 de agosto, c) 16 de agosto, d) 20 de agosto, e) 26 de agosto y f) 30 de agosto de 2015. La línea sólida en color azul indica el límite externo de la región Niño 1+2. Datos: NCDC/NCEP/NOAA. Procesamiento: DHN

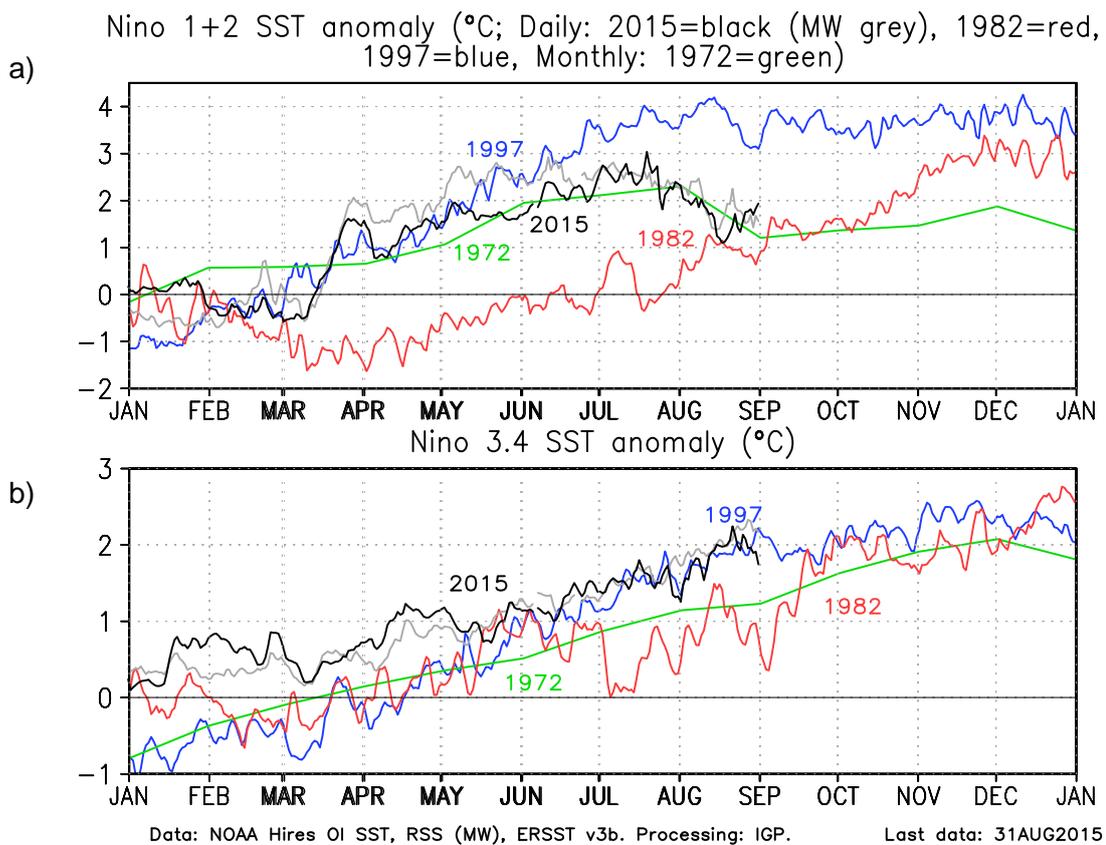


Figura 2.1.6. Anomalía de TSM (°C) durante el año 1982(rojo), 1997(azul) y 1972(verde) según los datos infrarrojos (NOAA Daily OI SST v2 AVHRR), en la región 1+2 (a) y en la región 3.4 (b) .Procesamiento: IGP

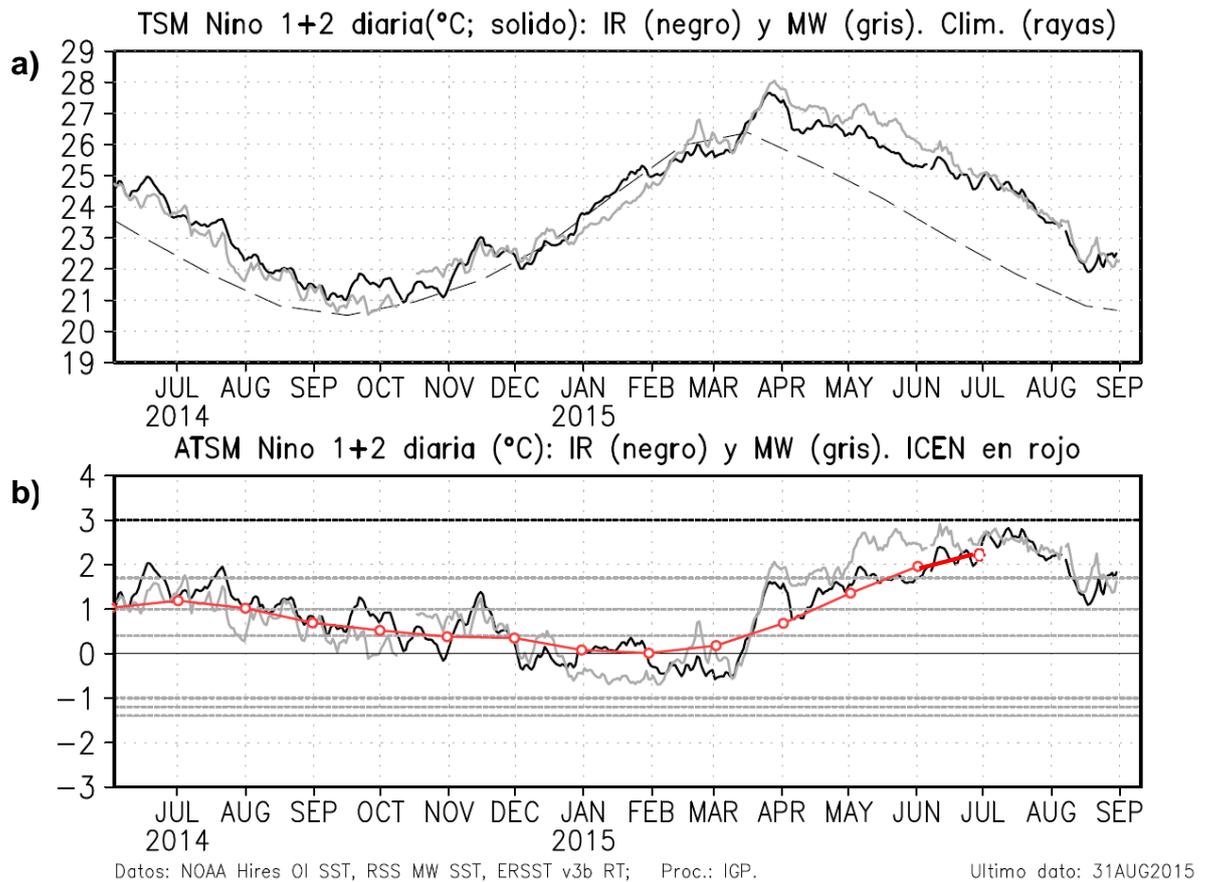
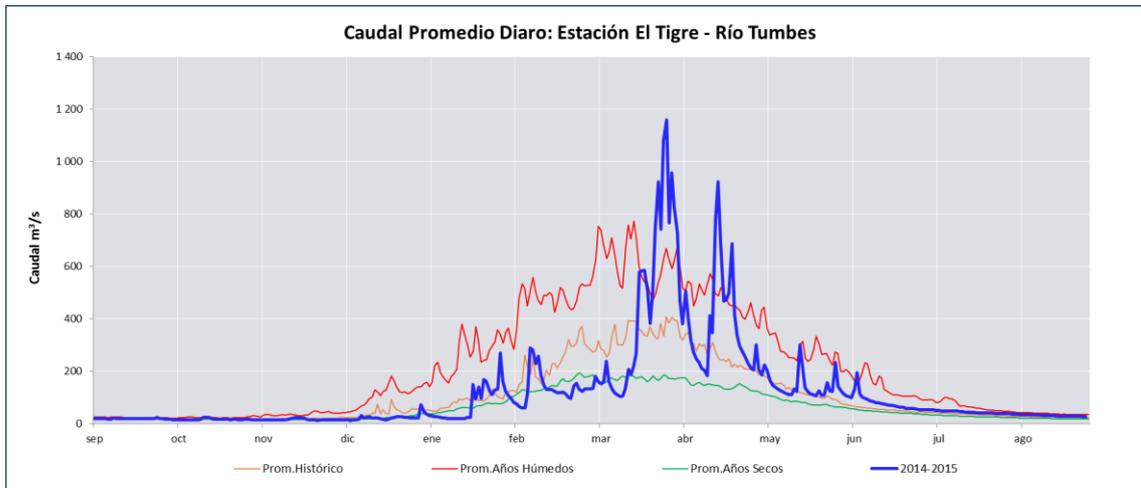


Figura 2.1.7. a) Temperatura superficial del mar (°C), climatología (línea punteada) en la región Niño 1+2 según los datos de infrarrojo (negro; NOAA Daily OI SST v2 AVHRR) y de microondas (gris; RSS Microwave OI SST v4.0). b) Anomalía de TSM en la región 1+2, según los datos infrarrojo (negro) y microondas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

a)



b)



c)

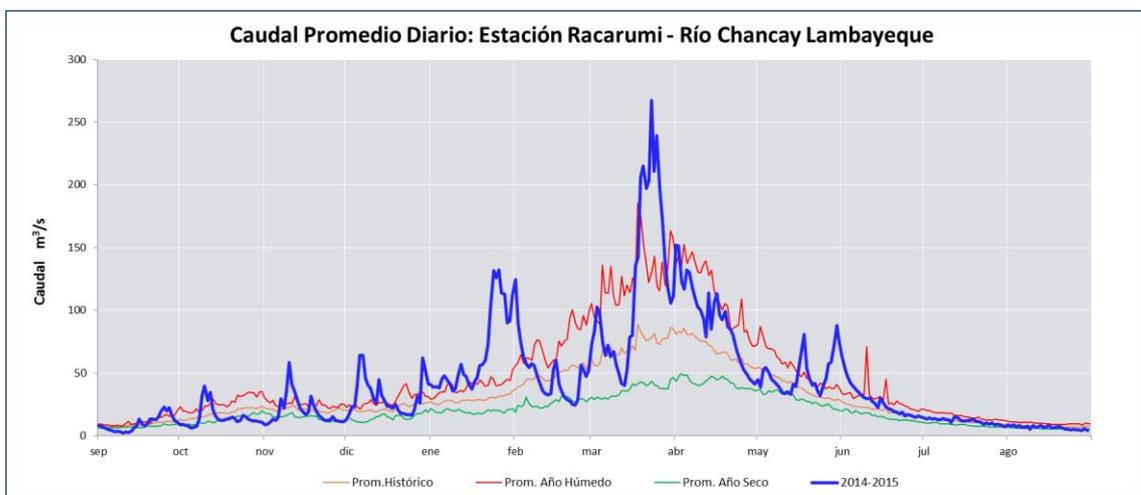
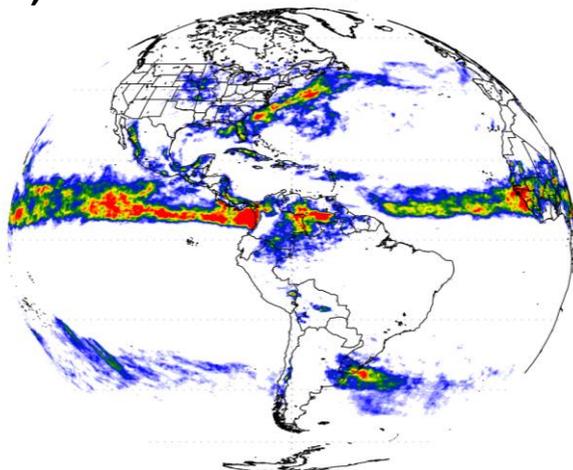


Figura 2.2.1. Serie de tiempo de los caudales (m^3/s) de los ríos a) Tumbes, b) Chira y c) Chancay-Lambayeque, en la zona norte de Perú. Fuente: ANA.

a) PRECIPITACION ACUMULADA | AGOSTO 2015



b) CLIMATOLOGIA PRECIPITACION ACUMULADA | AGOSTO

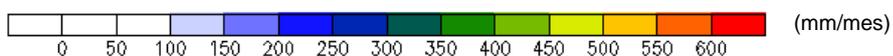
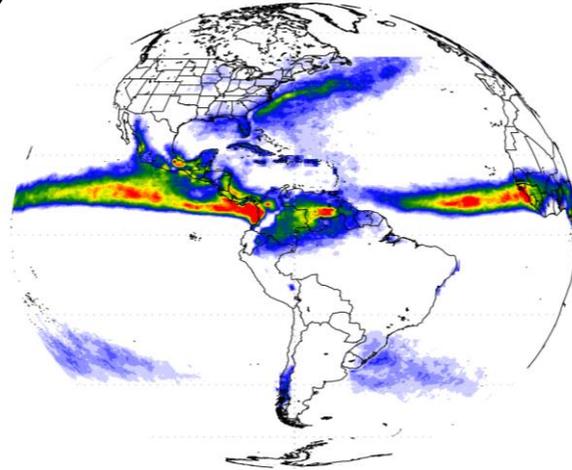
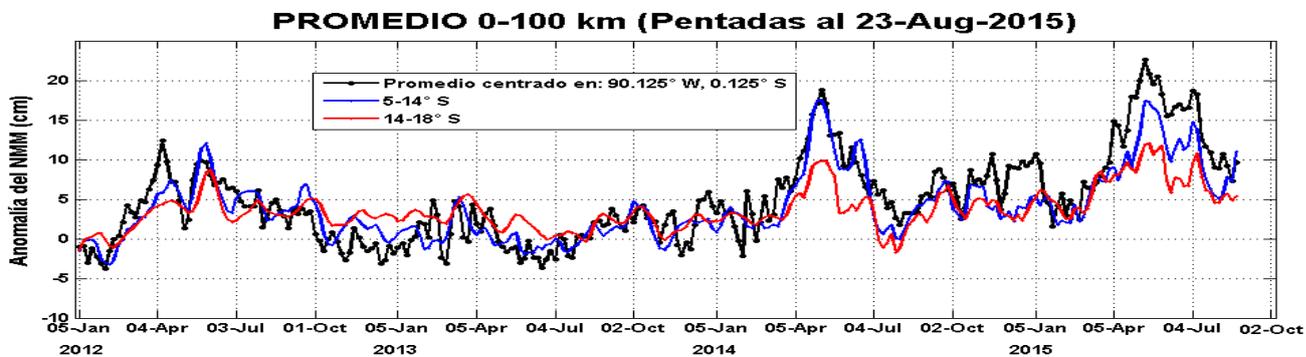


Figura 2.2.2. (a) Precipitación acumulada (mm/mes) de agosto y (b) Climatología de la precipitación acumulada (mm/mes) de agosto. Datos: TRMM NCEP/NOAA. Procesamiento: SENAMHI.

a)



b)

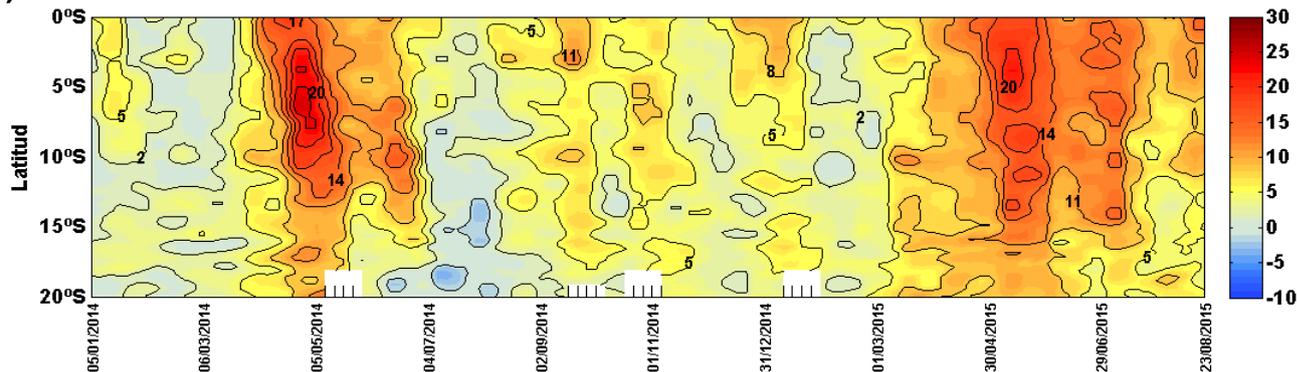
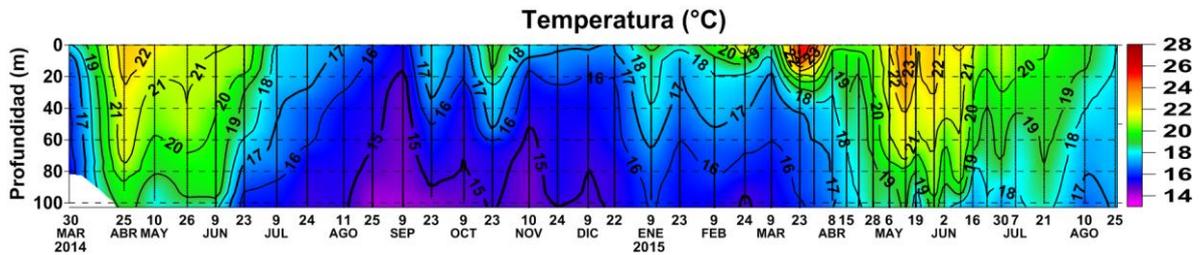
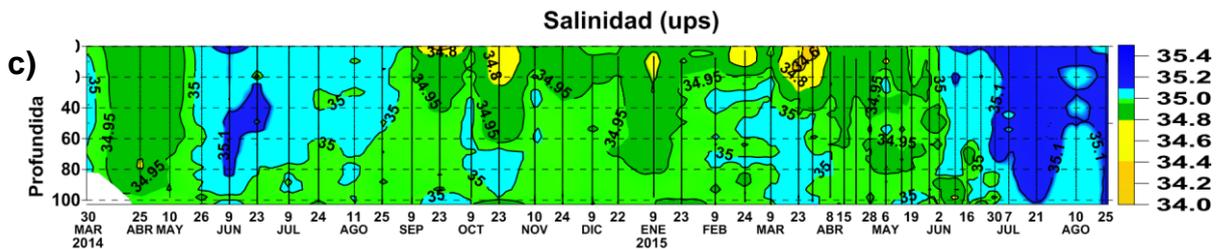
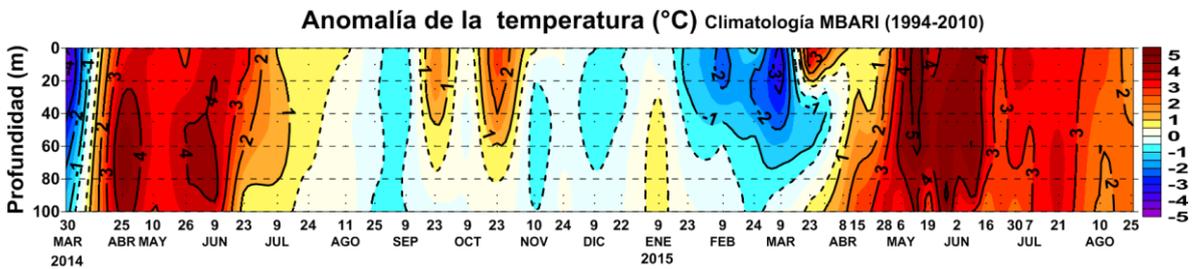


Figura 2.3.1. Anomalías de la altura del nivel del mar (cm) de altimetría satelital para la franja de 0 a 100 km. a) Serie temporal en pentadas durante el periodo 2012-2015, b) Diagrama de Hovmöller para el periodo 2014-2015. Datos: AVISO. Procesamiento: IMARPE.

a)



b)



d)

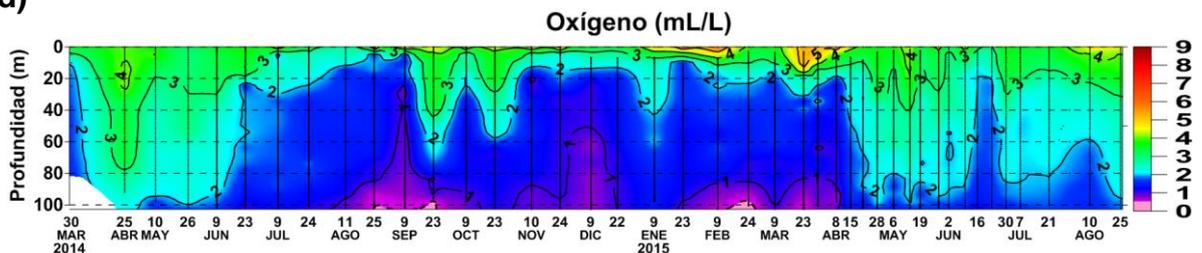


Figura 2.3.2. Series de tiempo para la estación oceanográfica fija frente a Paita (punto fijo Paita) de: a) temperatura (°C), b) anomalía de la temperatura (°C), c) Salinidad (ups) y d) Oxígeno (mL/L) para el periodo del 30 de marzo de 2014 al 25 de agosto de 2015. Climatología: 1994- 2010. Fuente: IMARPE.

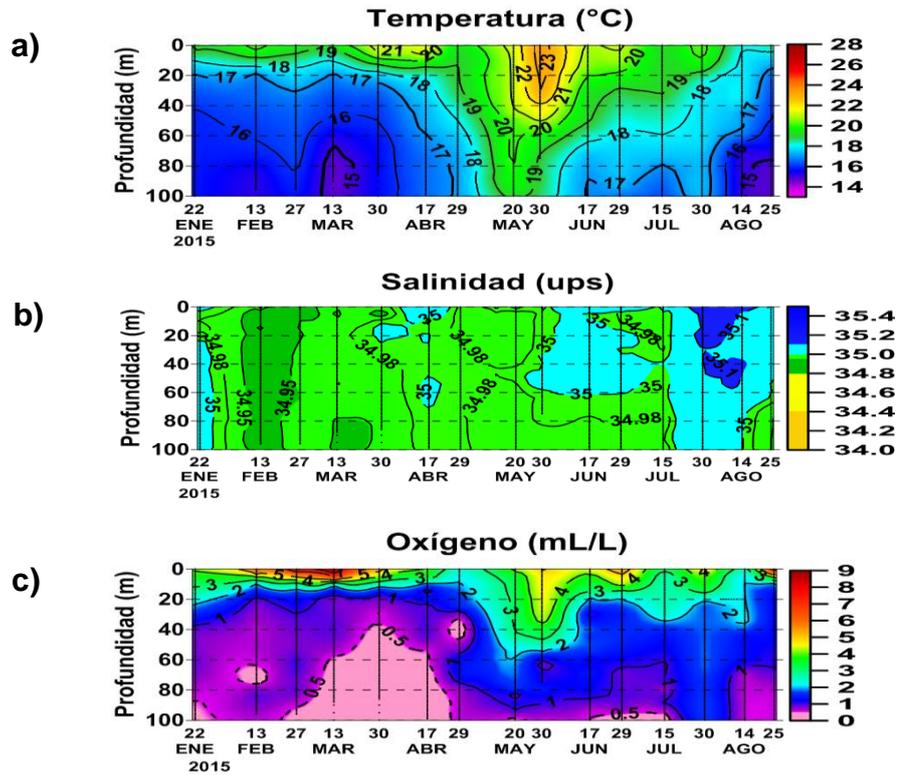


Figura 2.3.3. Series de tiempo para la estación oceanográfica fija frente a Chicama (punto fijo Chicama) de: a) Temperatura (°C), b) Salinidad (ups) y c) Oxígeno (mL/L) para el periodo del 22 de enero de 2014 al 25 de agosto de 2015. Fuente: IMARPE.

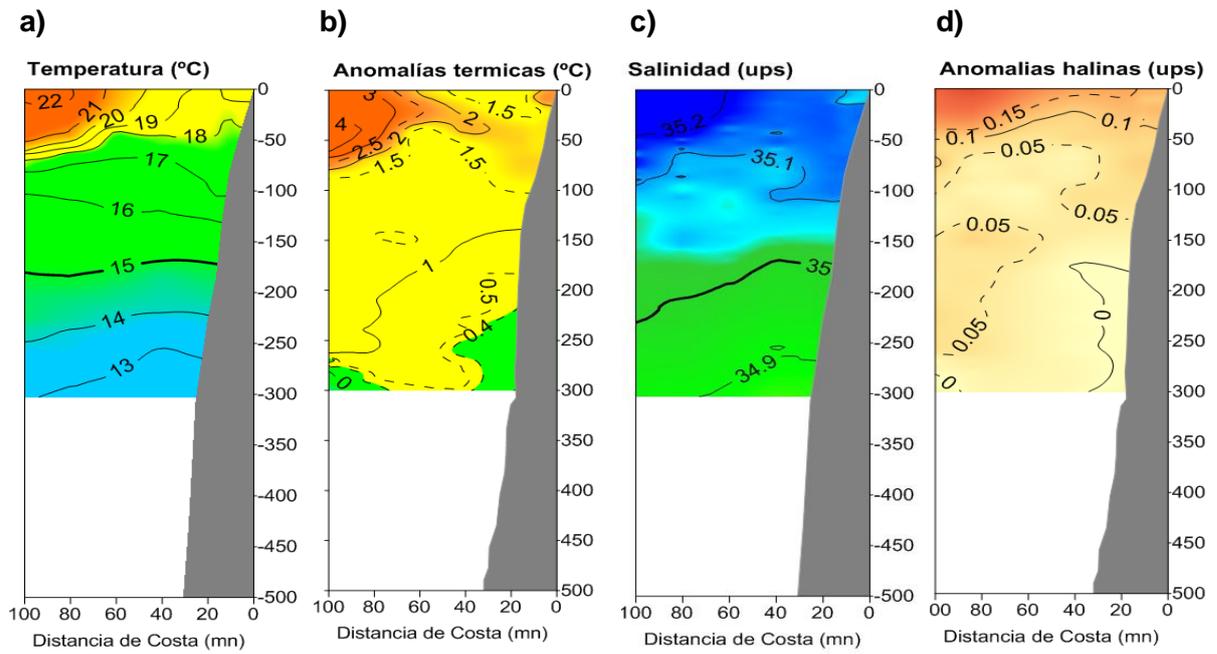


Figura 2.3.4 Distribución vertical de: a) temperatura y b) anomalía de temperatura (°C), c) salinidad y d) anomalía de salinidad (ups) frente a Paíta. Operación BIC Flores, realizada durante el 26 y 27 de agosto de 2015. Fuente: IMARPE.

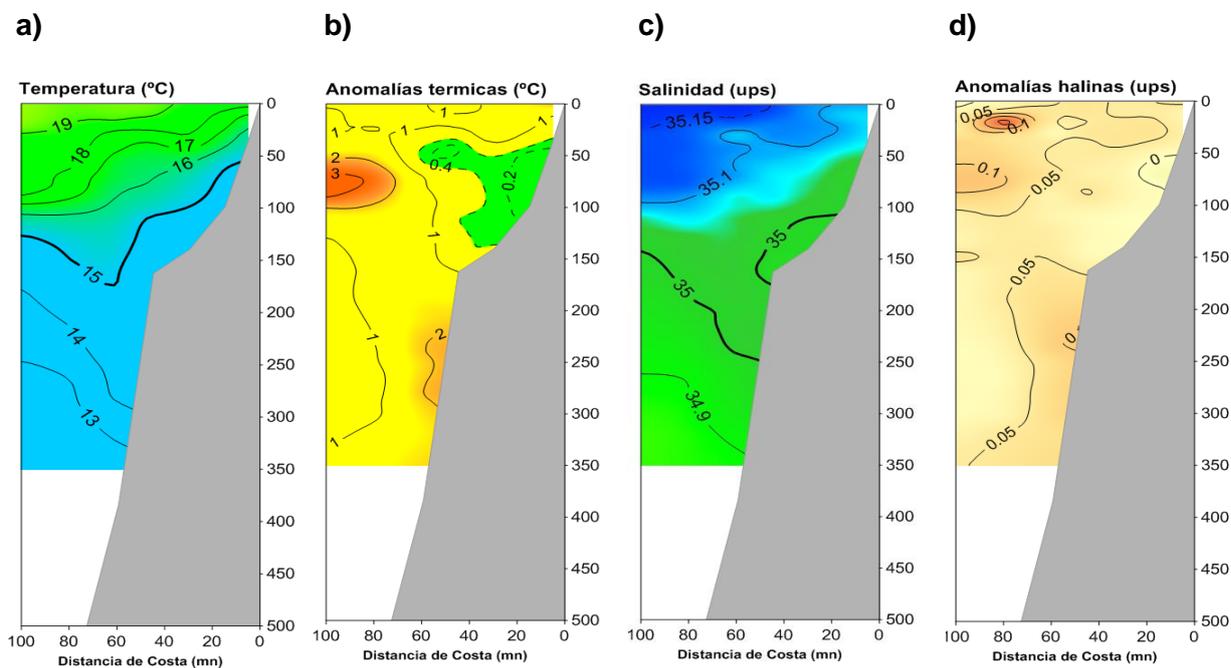


Figura 2.3.5 Distribución vertical de: a) temperatura y b) anomalía de temperatura (°C), c) salinidad y d) anomalía de salinidad (ups) frente a Chicama. Operación BIC Flores realizada durante el 24 y 25 de agosto de 2015. Fuente: IMARPE.

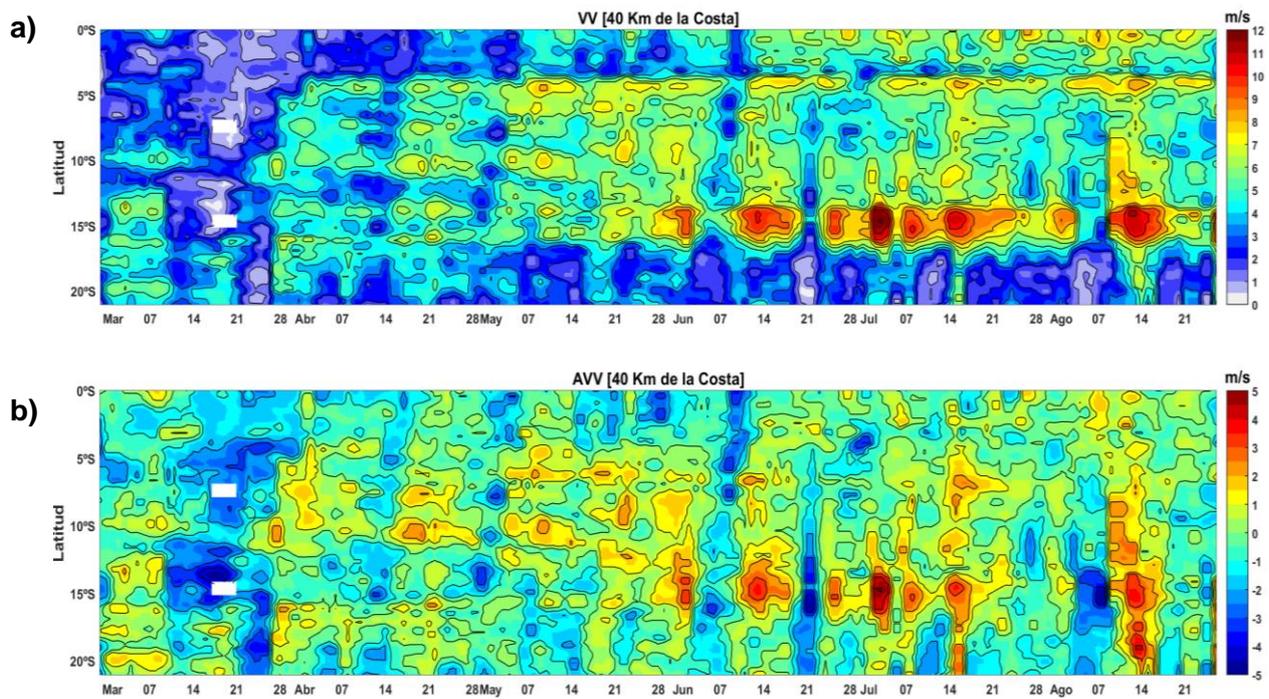


Figura 2.4.1. a) Velocidad del viento (m/s) y b) Anomalía del viento (m/s), desde los 0° hasta 20°S en el periodo de enero a agosto de 2015. Datos: ASCAT. Procesamiento: IMARPE.

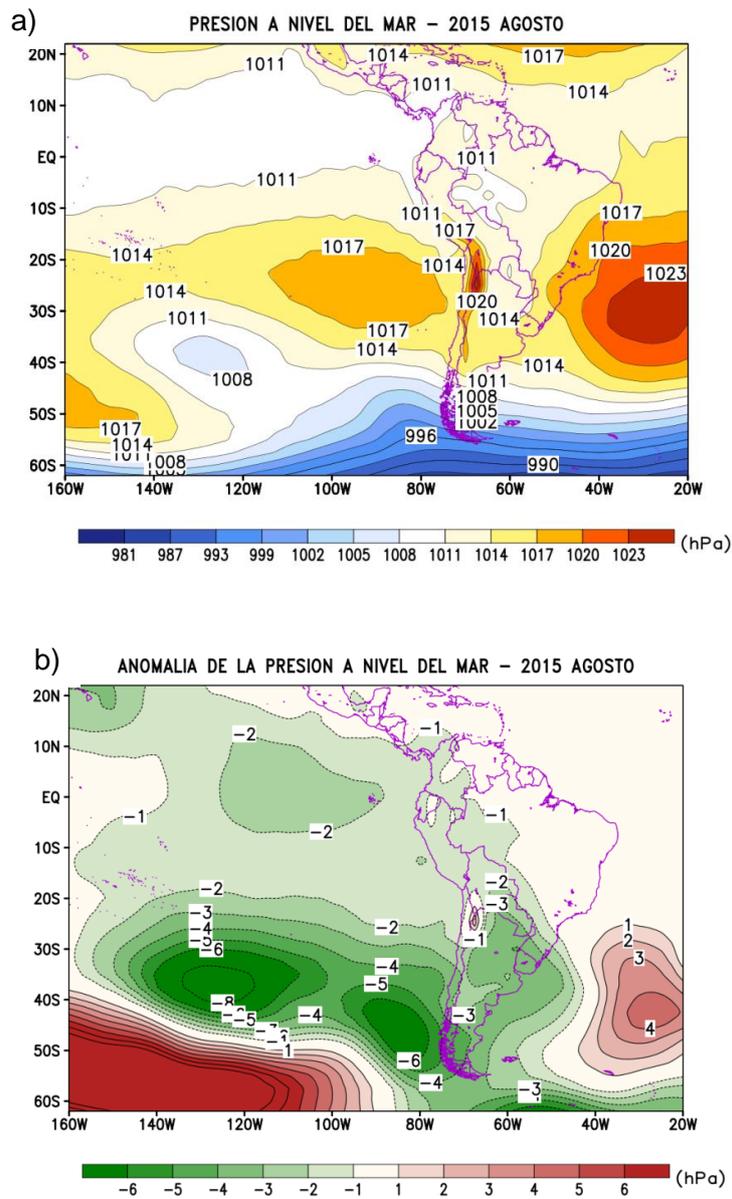


Figura 2.4.2 Presión atmosférica (hPa) a nivel medio del mar para agosto del 2015. a) Promedio de la Presión atmosférica (hPa) a nivel del mar, b) Anomalía de la Presión atmosférica (hPa) a nivel del mar. Datos: NCEP/NOAA. Procesamiento: SENAMHI.

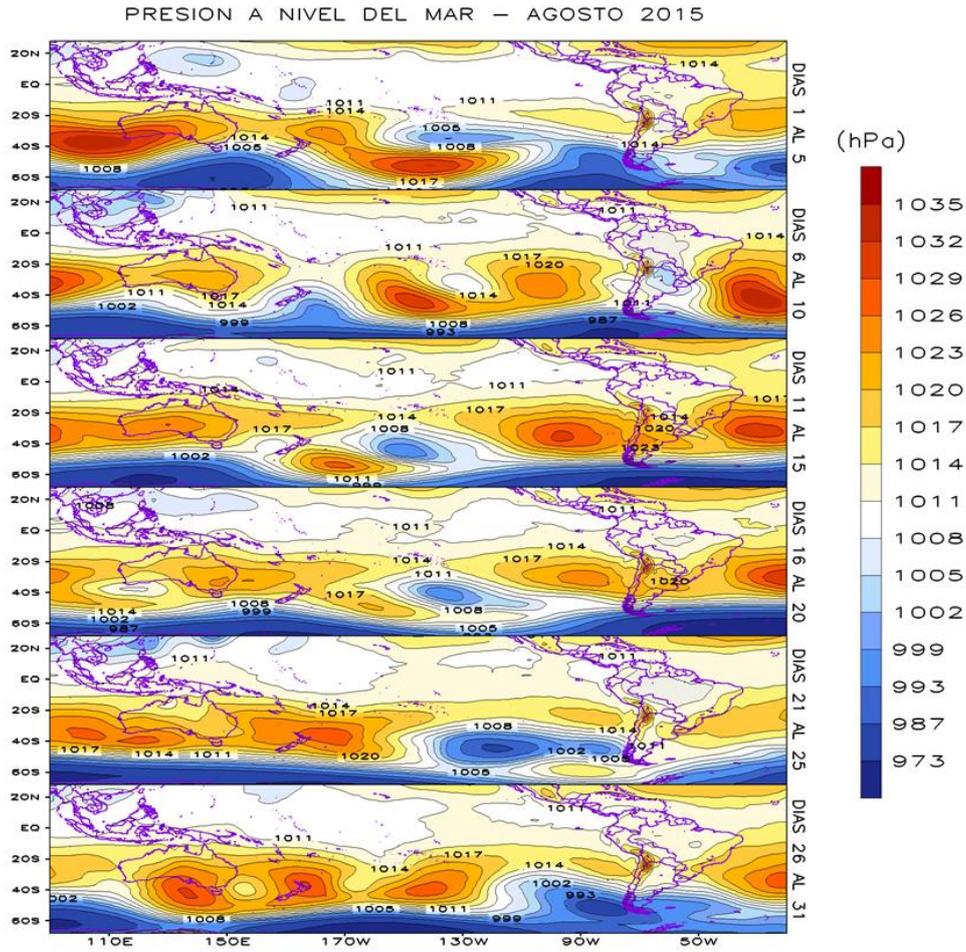


Figura 2.4.3 Análisis de la Presión atmosférica (hPa) a nivel medio del mar para agosto del 2015. Datos: NCEP/NCAR Re-analysis. Procesamiento: SENAMHI.

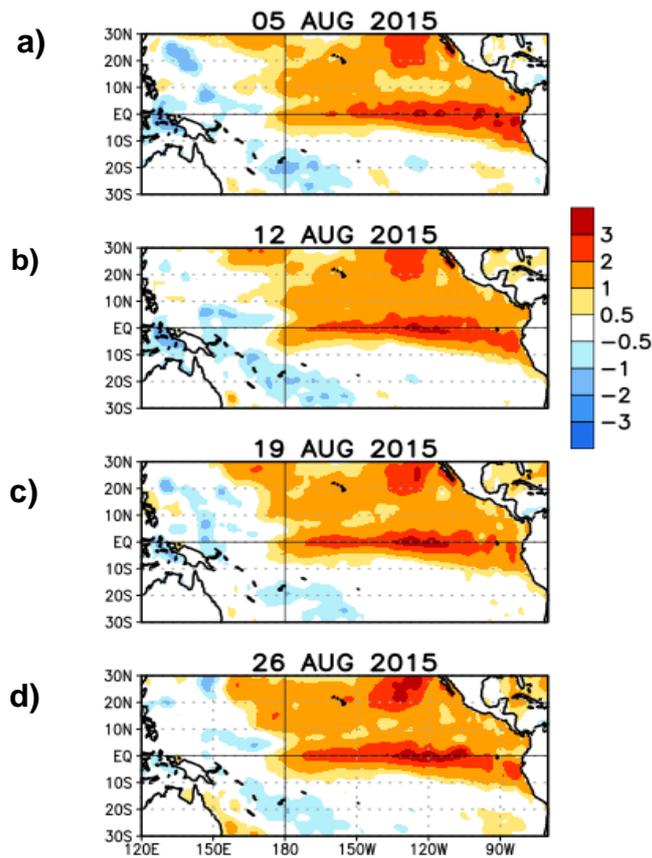


Figura 2.5.1. Promedio de anomalías semanales de la temperatura superficial del mar (°C) en el océano Pacífico tropical del 5 de agosto al 26 de agosto de 2015. Fuente: NCDC/NCEP/NOAA.

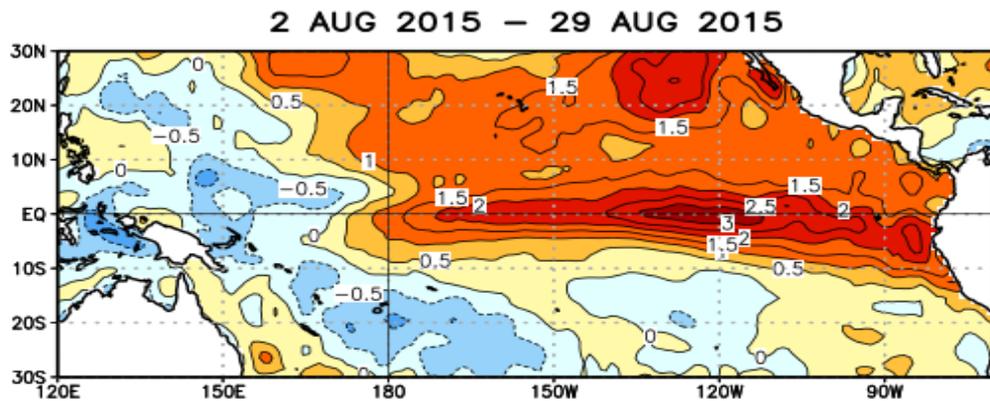


Figura 2.5.2. Promedio mensual de anomalías de la temperatura superficial del mar (°C) en el océano Pacífico tropical del 2 de agosto al 29 de agosto de 2015. Fuente: NCDC/NCEP/NOAA.

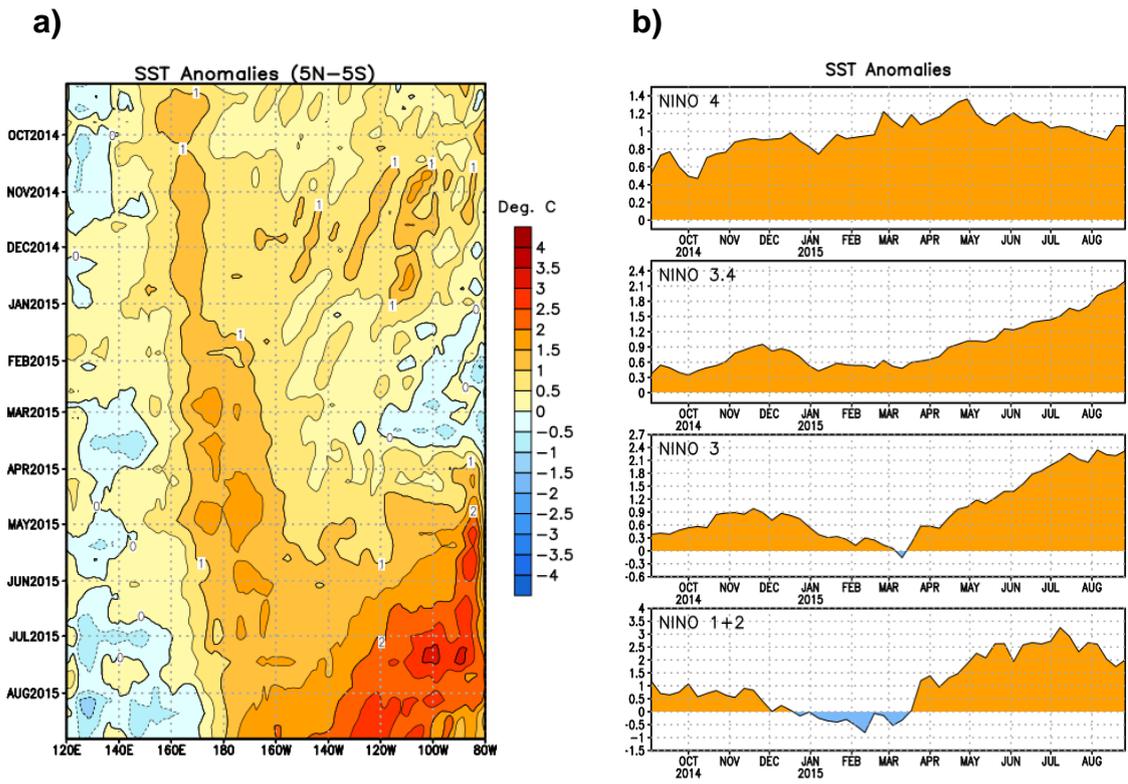


Figura 2.5.3. a) Anomalías de la temperatura superficial del mar (°C) en el océano Pacífico ecuatorial (5°N-5°S), b) Anomalías de la temperatura superficial del mar (°C) en las regiones Niño de setiembre de 2014 a agosto de 2015. Fuente: NCEP/NOAA.

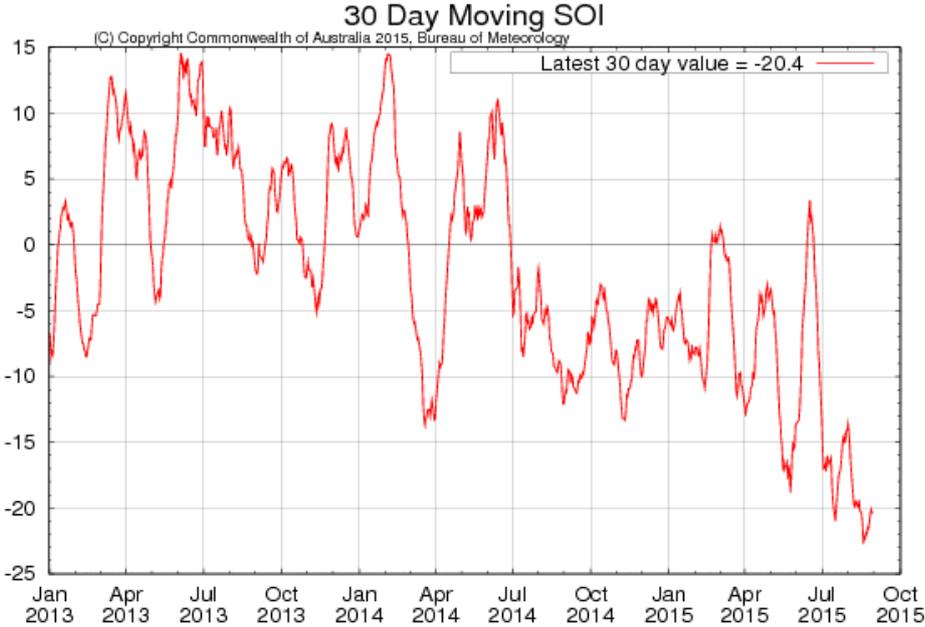


Figura 2.5.4. Evolución del Índice de Oscilación Sur (IOS), considerando la media móvil 30 días. Fuente: Bureau of Meteorology, Australia.

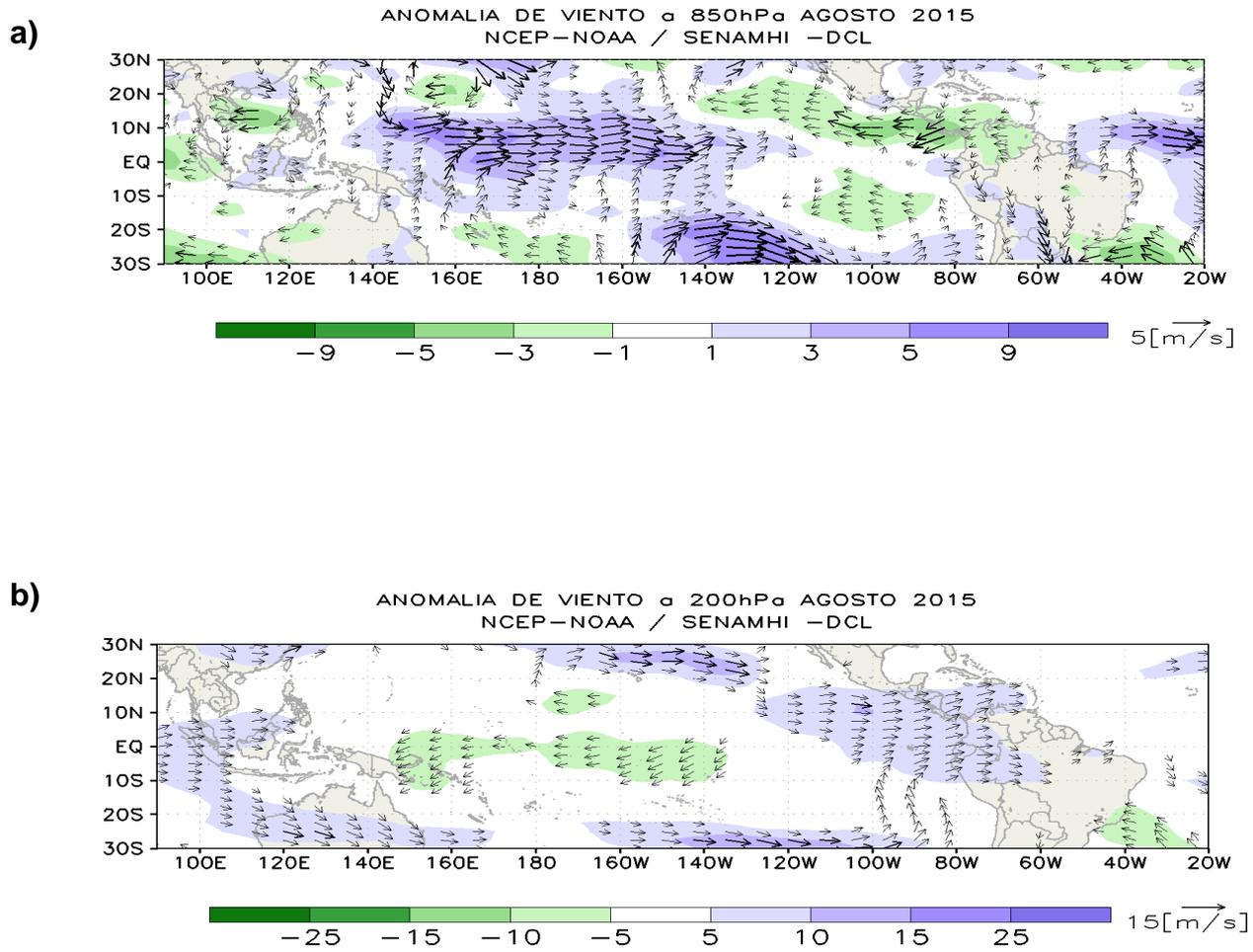


Figura 2.5.5. Análisis de anomalías del viento (m/s) en a) 850 hPa y b) 200 hPa para el mes de agosto del 2015. Datos: NCEP/NOAA. Procesamiento: SENAMHI-DCL

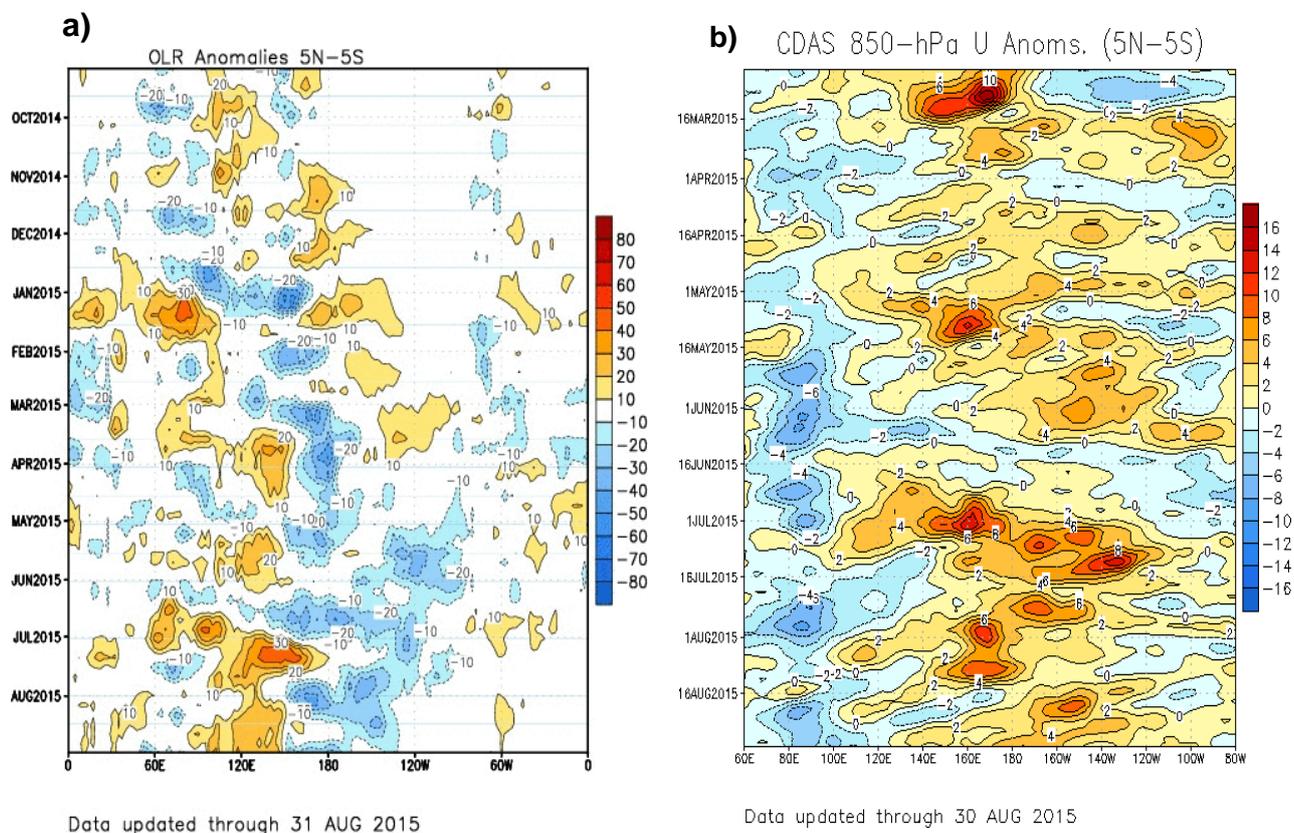


Figura 2.5.6. Hovmoller de anomalías de a) Radiación de onda larga - OLR (W/m²) desde el mes de octubre de 2104 hasta agosto de 2015. Datos: NCEP b) Viento zonal 850 hPa desde marzo de 2014 hasta agosto de 2015. Datos: CDAS, Procesamiento: SENAMHI-DCL

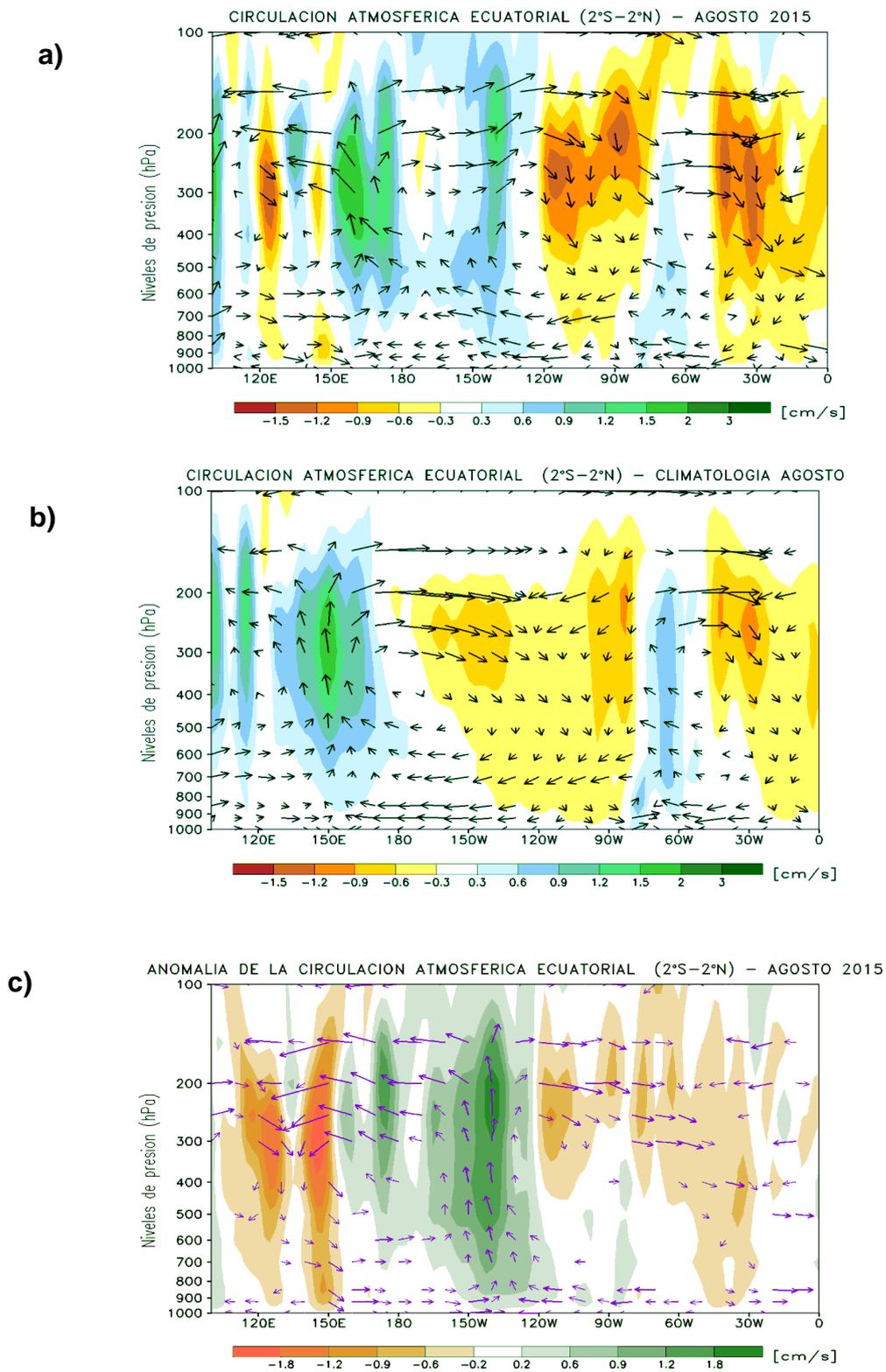


Figura 2.5.7. Análisis de la Circulación Atmosférica Ecuatorial de este a oeste para el mes de agosto de 2015. Fuente: SENAMHI con datos de la NCEP-NOAA.

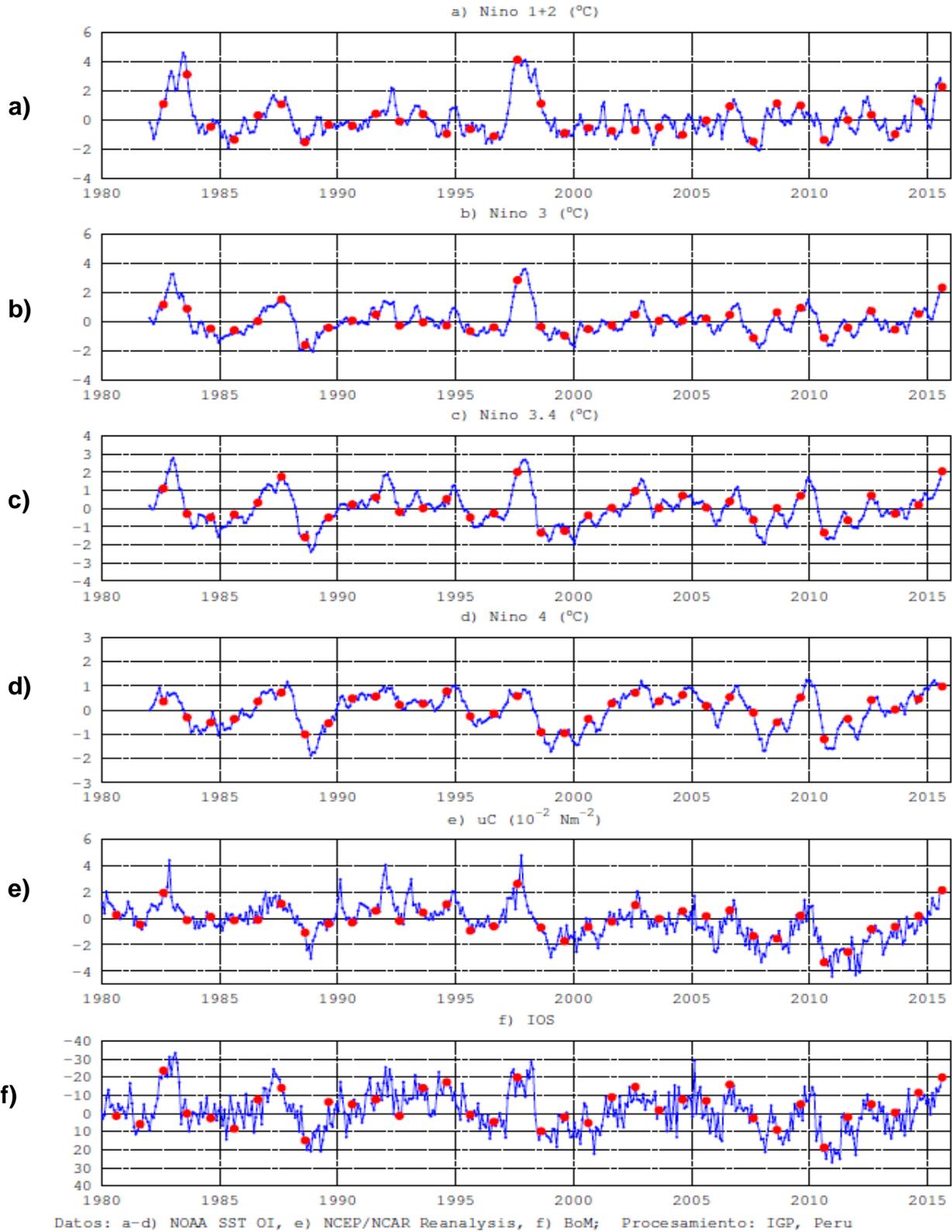


Figura 2.5.8. Índices de anomalías mensuales de: a - d) Temperatura superficial del mar en las regiones Niño, e) Esfuerzo de viento zonal en el Pacífico central, y f) Índice de Oscilación Sur. Los valores de agosto se indican en rojo. Preparación: IGP.

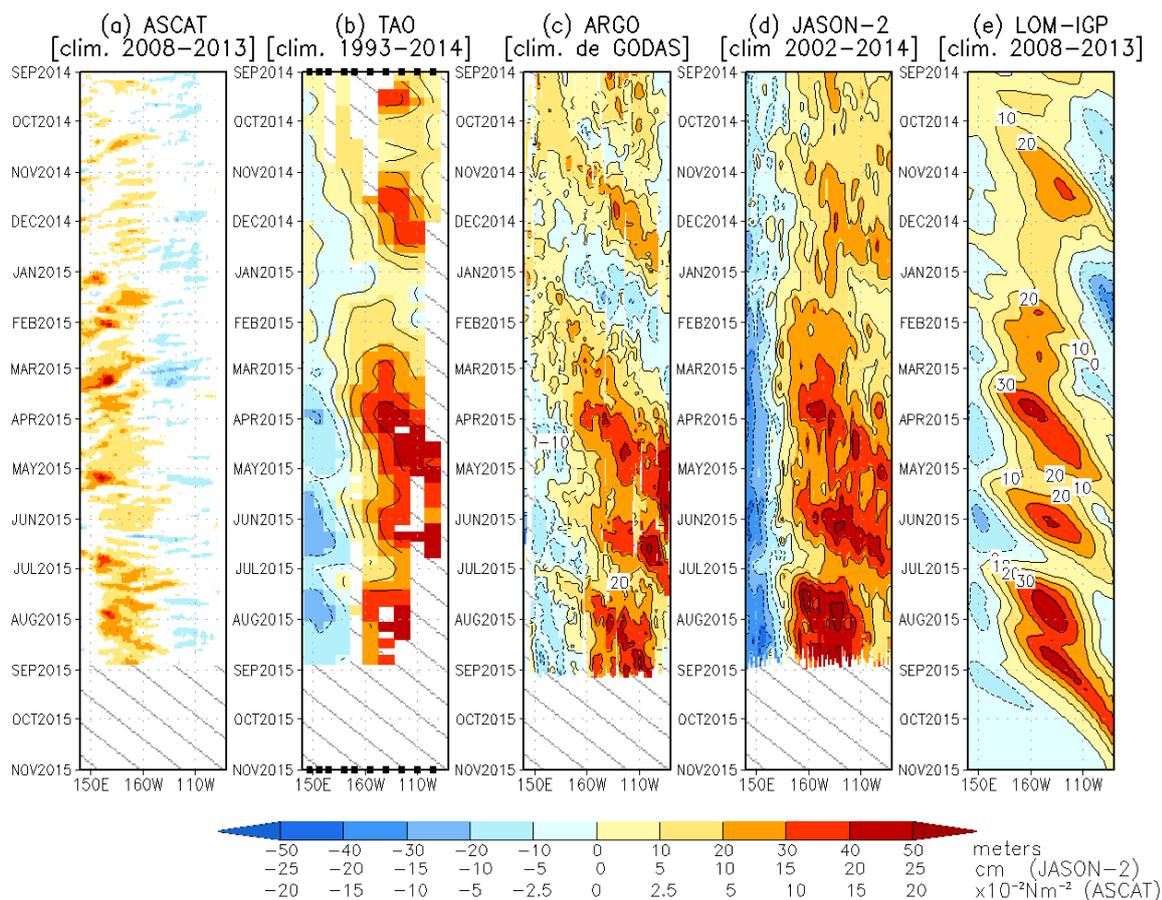


Figura 2.6.1. Diagrama longitud-tiempo de las anomalías de esfuerzo de viento zonal ecuatorial basado en datos del escaterómetro ASCAT (a), anomalía de la profundidad de la isoterma de 20°C datos de TAO (b) y los derivadores de Argo (c), datos del nivel del mar de JASON-2 (d). Finalmente en (e) se muestra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

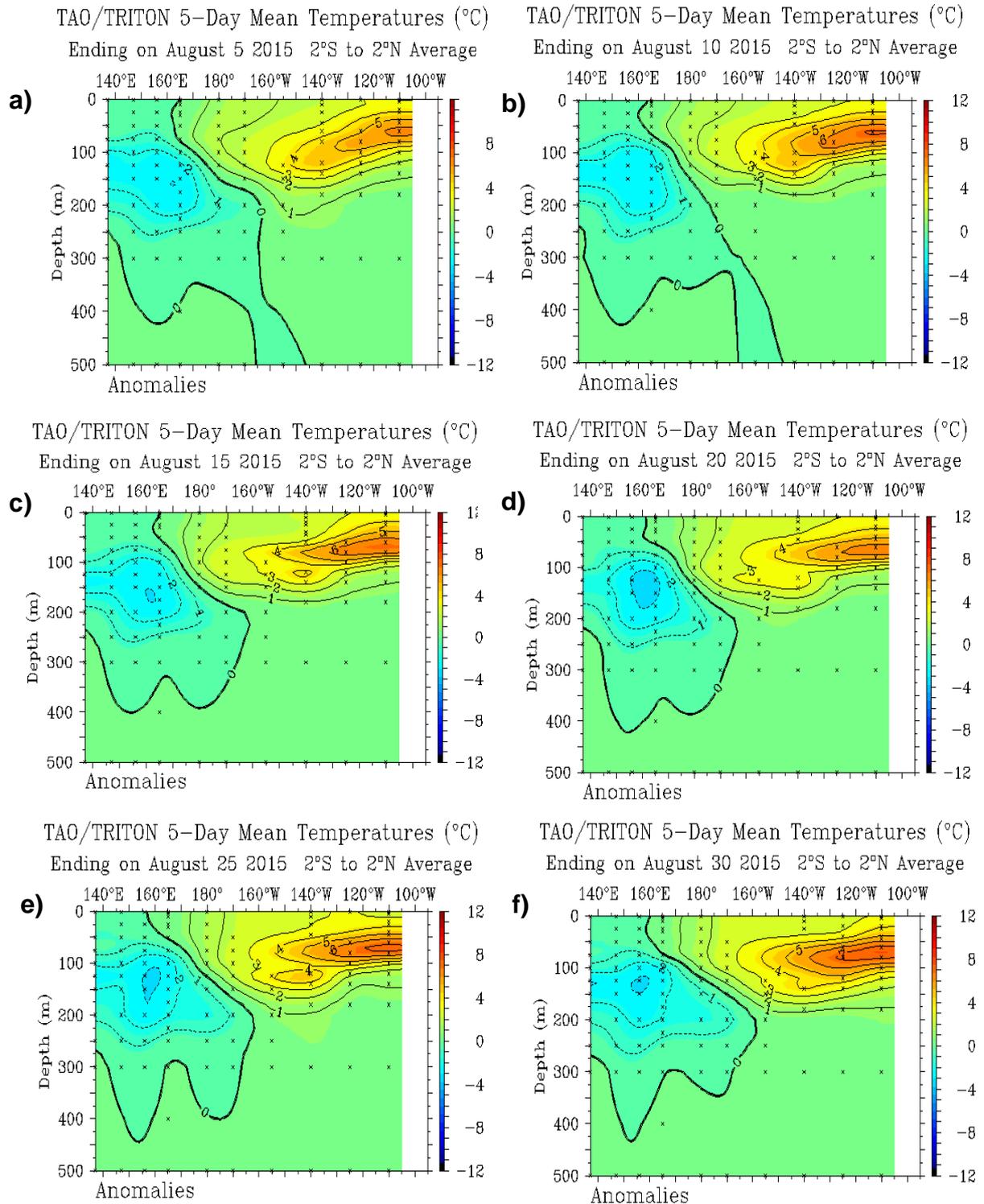


Figura 2.6.2. Anomalías de la temperatura sub-superficial del mar (°C) en el océano Pacífico ecuatorial entre los 2°N y 2°S promediadas cada cinco días finalizando los días a) 5 de agosto, b) 10 de agosto, c) 15 de agosto, d) 20 de agosto, e) 25 de agosto y f) 30 de agosto de 2015. Fuente: TAO/TRITON,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

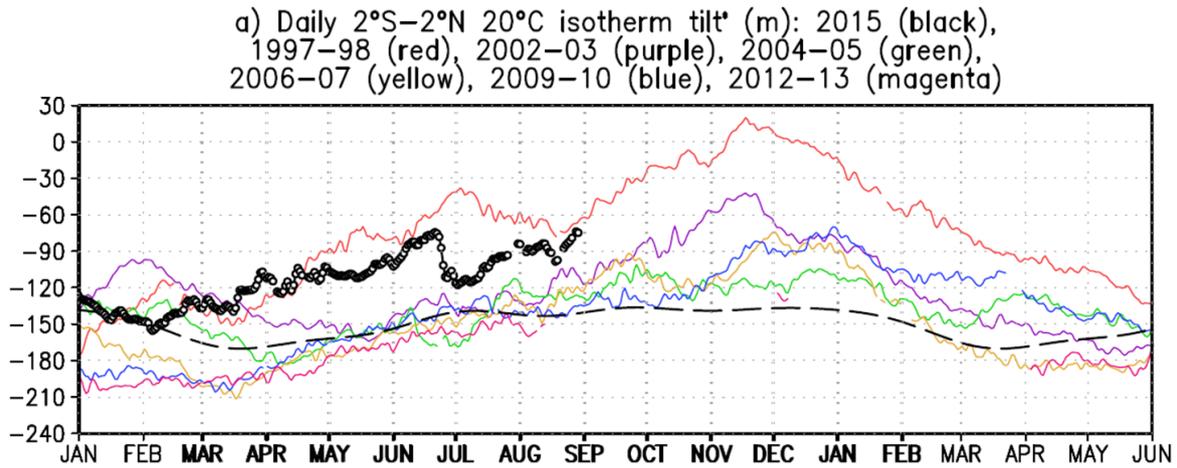


Figura 2.6.3. Inclinación de la termoclina, diferencia de la profundidad zonal del ajuste de la regresión lineal para la longitud (137°E – 95°W). Climatología 1993-2012 (punteado). Data: TAO/TRITON. Procesamiento: IGP

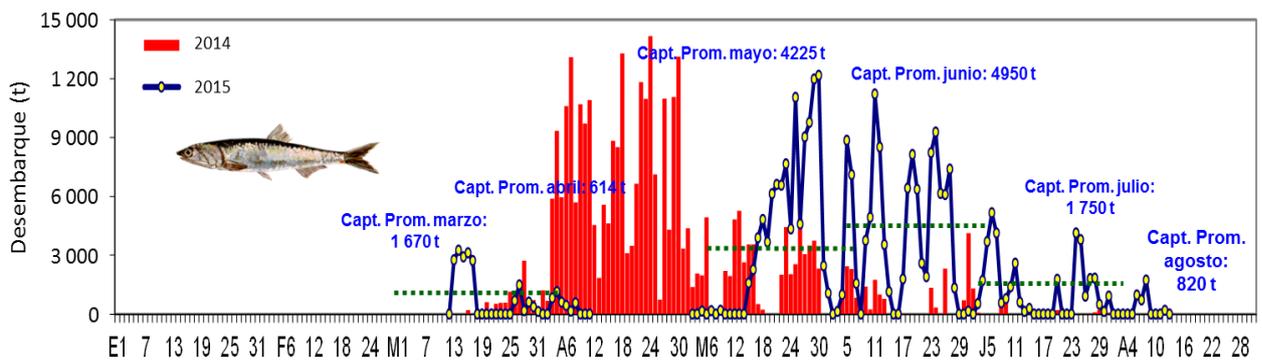


Figura 2.7.1. Desembarque diario de anchoveta en la Región Sur. Periodo 01 de enero al 31 de agosto 2015. Fuente: IMARPE.

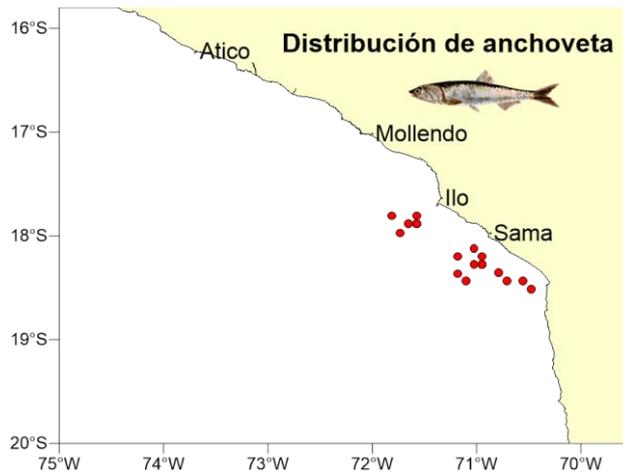


Figura 2.7.2. Distribución de la flota industrial cerquera de anchoveta en la región sur. Agosto 2015. **Fuente:** IMARPE.

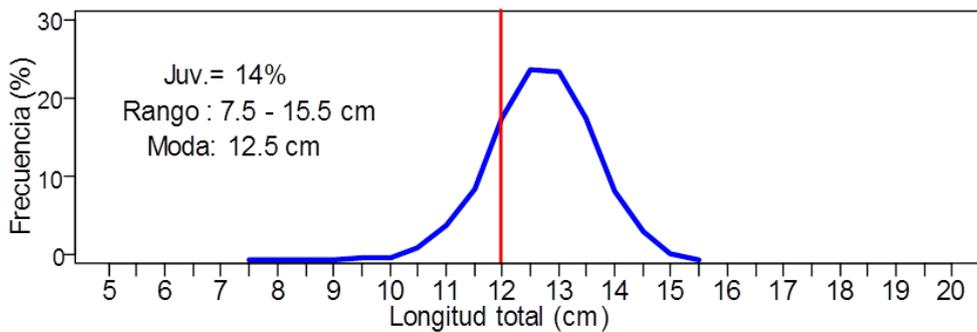


Figura 2.7.3. Estructura mensual de tallas anchoveta en la Región Sur. Periodo: Agosto 2015. **Fuente:** IMARPE.

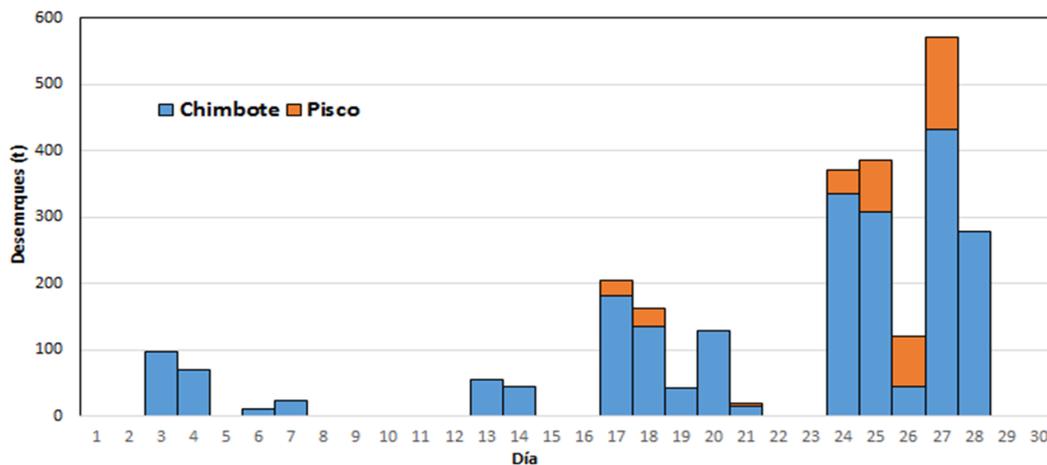


Figura 2.7.4. Desembarque diario de anchoveta en la Región Norte – centro proveniente de la flota de menor escala y/o artesanal. Periodo: Agosto 2015. **Fuente:** IMARPE.

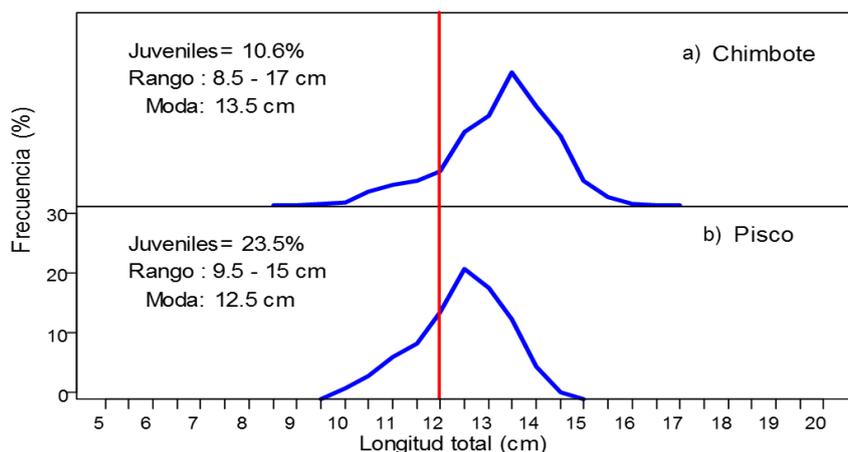


Figura 2.7.5. Estructura mensual de tallas anchoveta en la Región Sur. Periodo: Agosto 2015. **Fuente:** IMARPE.

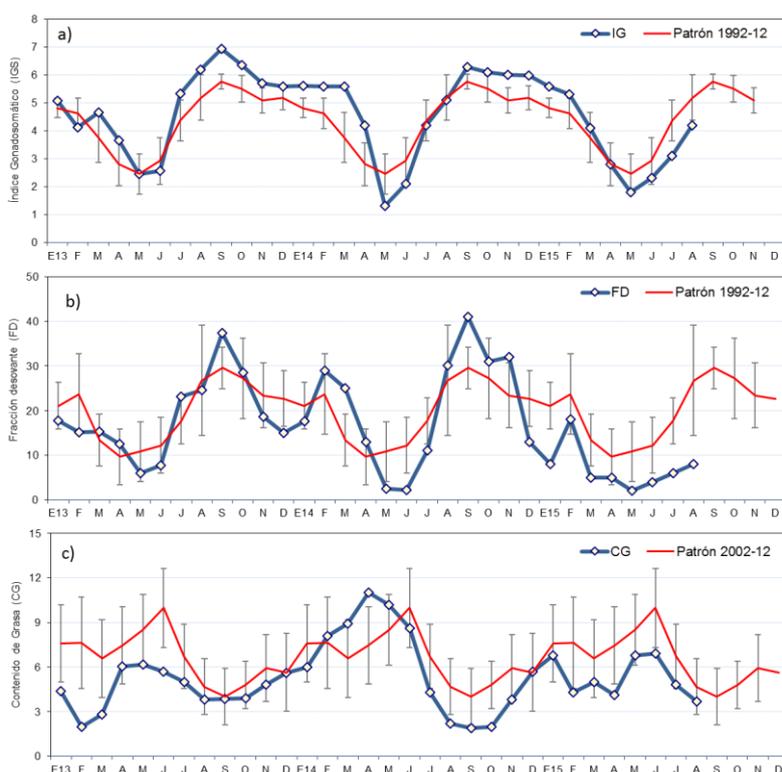


Figura 2.7.6. Indicadores reproductivos a) Índice gonadosomático (IGS), b) Fracción Desovante (FD) e indicador somático c) Contenido Graso (CG) del stock norte – centro de anchoveta. Serie mensual: Enero 2013 – agosto 2015. **Fuente:** IMARPE.

NMME Forecast for Nino 3.4 IC=201508

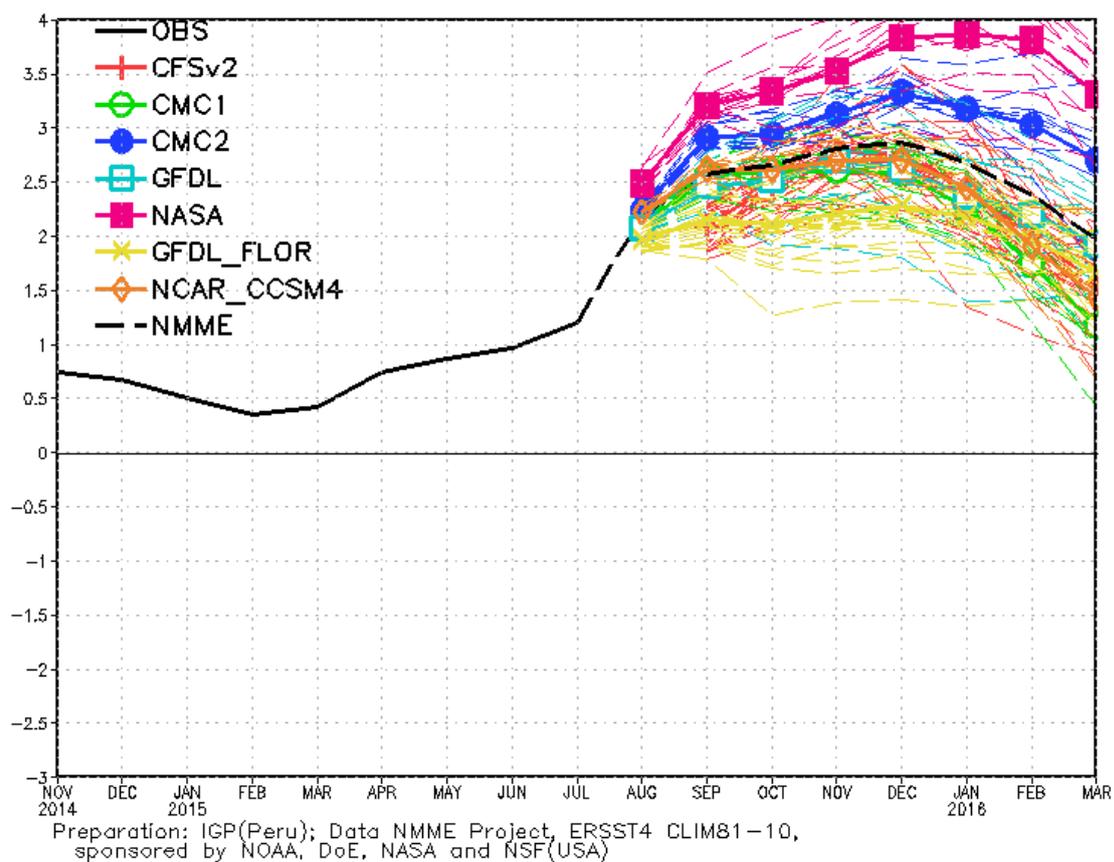


Figura 3.2.1. Índice Niño 3.4 mensual observado y pronosticado por los modelos de NMME.
Fuente: CPC/NCEP/NOAA.

Pronostico con modelos del ICEN CI 201508

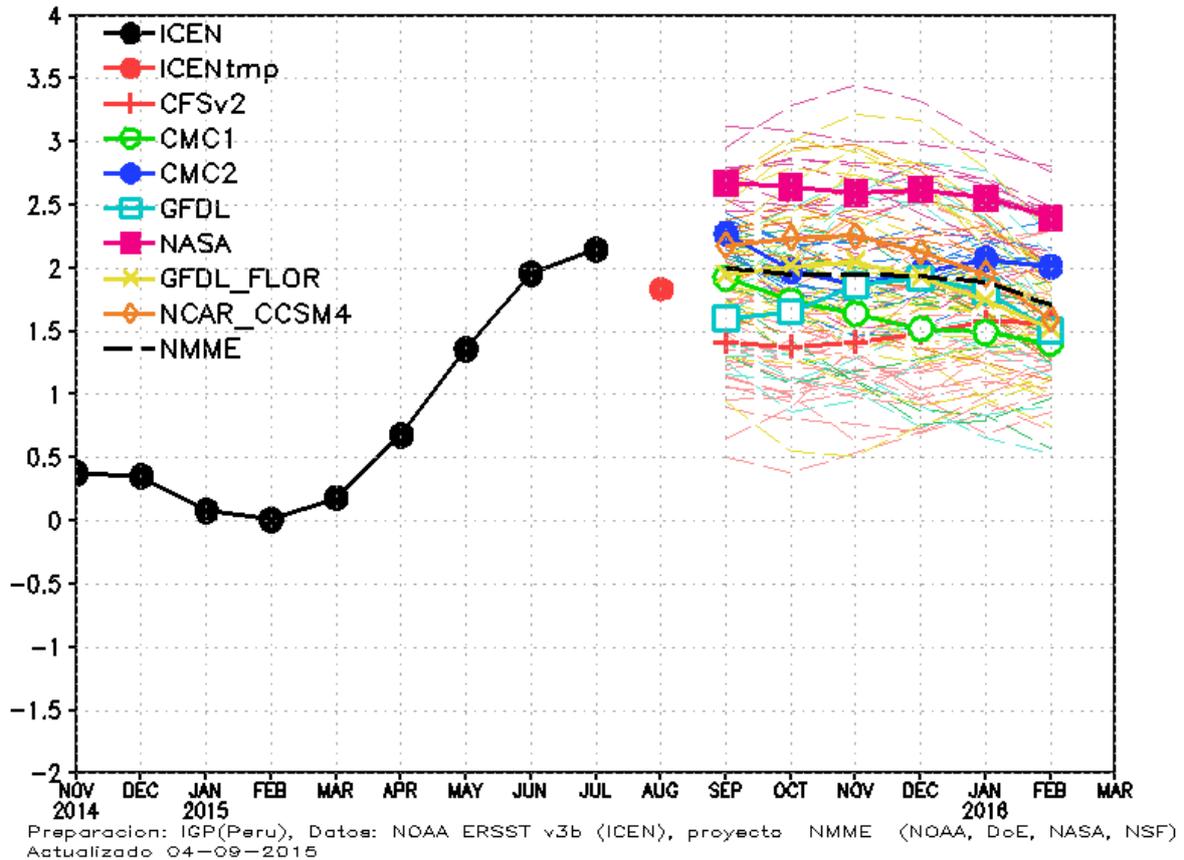


Figura 3.2.2. Índice Costero El Niño (ICEN, círculos llenos en color negro) y su valor temporal (ICENtmp, círculo lleno en color rojo). Además, pronósticos numéricos del ICEN (media móvil de 3 meses de las anomalías pronosticadas de TSM en la región Niño 1+2) por diferentes modelos climáticos. Las líneas 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 agosto de 2015. El modelo ECMWF tiene como condición inicial el mes de julio 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 abril de 2015 a agosto de 2015. Fuente: Estaciones costeras – DHN.

Estación	Anomalías de la TSM (°C)					Anomalías de la NMM (cm)				
	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.
Talara	1.1	3.0	2.6	2.5	1.2	16	19	15	10	12
Paíta	0.6	3.7	3.2	2.8	2.1	14	20	16	12	13
Isla Lobos de Afuera	0.6	2.2	3.4	2.4	1.4	11	15	14	7	9
Chimbote	-0.6	2.5	4.6	2.5	2.2	10	15	15	7	10
Callao	0.1	2.5	3.2	2.1	1.7	7	10	12	3	8
San Juan	0.3	0.8	1.6	0.8	1	8	10	13	3	8
Mollendo	0.7	1.2	1.7	1.5	0.8	4	6	9	4	8
Ilo	0.5	1.1	1.6	1.9	0.7	-	-	-	-	-

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

Mes	ICEN	Categoría
nov-14	0.38	Neutro
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

Mes	ICENtmp	Categoría
Aug-15	1.83*	Cálida Fuerte
sep-15	1.71**	Cálida Fuerte

* Se usaron los datos de ERSST (Jul. Ago. 2015) y NMME (Set. 2015)

** Se usaron los datos de ERSST (Ago. 2015) y NMME (Set. Oct.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	27-ago	Piura	490,0	414,7	84,6	82
	SAN LORENZO	31-ago	Piura	193,0	163,3	84,6	
	TINAJONES	30-ago	Lambayeque	308,0	252,9	82,1	
	GALLITO CIEGO	31-ago	La Libertad	392,0	304,0	77,6	
Costa - Sur	CONDOROMA	31-ago	Arequipa	259,0	185,7	71,7	59
	EL PAÑE	31-ago	Arequipa	99,6	64,1	64,4	
	LOS ESPAÑOLES	31-ago	Arequipa	9,1	1,7	19,1	
	PILLONES	31-ago	Arequipa	78,5	53,6	68,3	
	EL FRAYLE	31-ago	Arequipa	127,2	74,6	58,7	
	AGUADA BLANCA	31-ago	Arequipa	30,4	19,0	62,5	
	PASTO GRANDE	24-ago	Moquegua	185,0	123,0	66,5	

Tabla 2.5.1. Anomalías semanales (centrados en los días 05, 12, 19 y 26 de agosto 2015) y mensuales (de mayo de 2014 hasta agosto 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
05 Ago. 2015	2.6	2.3	1.9	0.9
12 Ago. 2015	2	2.2	2	0.9
19 Ago. 2015	1.7	2.2	2.1	1.1
26 Ago. 2015	2	2.3	2.2	1.1

Regiones Niño	Anomalías de TSM mensuales - 2014-2015			
	Niño 1+2	Niño 3	Niño 3.4	Niño 4
May. 2014	1.30	0.61	0.46	0.77
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
P.T ³ .Ago. 2015	2.07	2.25	2.02	1.00

PT³= Promedio Temporal

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

Especie\ Flota \ Región		Año Calendario (01 de enero al 31 de agosto 2015)					
		Norte	Centro	N + C	Sur	Total	%
Anchoveta	Fl. Acero	498 619	1 591 556	2 090 175	284 034	2 374 209	83.28
	Fl. Madera	280 168	186 313	466 481	6 430	472 911	16.59
Subtotal		778 787	1 777 869	2 556 656	290 464	2 847 120	99.86
Porcentaje (%)		27.35	62.44	89.80	10.20	100.00	
Sardina		0	0	0	0	0	0.00
Jurel		0	2	2	0	2	0.00
Caballa		762	1 863	2 625	0	2 625	0.09
Samasa		0	2	2	0	2	0.00
*Otros		1 092	132	1 224	32	1 256	0.04
Total		780 641	1 779 868	2 560 509	290 496	2 851 005	100.00
Porcentaje (%)		27.38	62.43	89.81	10.19	100.00	

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

Magnitud del evento durante diciembre 2015-marzo 2016	Probabilidad de ocurrencia
El Niño costero débil o mayor	95%
El Niño costero moderado o mayor	85%
El Niño costero fuerte o mayor	55%
El Niño costero extraordinario	20%

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

Magnitud del evento durante diciembre 2015-marzo 2016	Probabilidad de ocurrencia
Normal o La Niña costera	5%
El Niño costero débil	10%
El Niño costero moderado	30%
El Niño costero fuerte	35%
El Niño costero extraordinario	20%

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

Magnitud del evento durante diciembre 2015-marzo 2016	Probabilidad de ocurrencia
Normal o La Niña en el Pacífico Central	5%
El Niño débil en el Pacífico Central	5%
El Niño moderado en el Pacífico Central	15%
El Niño fuerte en el Pacífico Central	40%
El Niño muy fuerte en el Pacífico Central	35%



ENFEN

ESTUDIO NACIONAL DEL FENÓMENO "EL NIÑO"

