

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



INFORME TÉCNICO ENFEN

Año 1 N°9

Diciembre de 2015

Programa Presupuestal por Resultados N° 068:

“Reducción de vulnerabilidad y atención de emergencias por desastres”

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

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

Comité Multisectorial Enfen

Presidente:

Calm. (r) Germán A. Vásquez Solís Talavera

Presidente del Consejo Directivo, Instituto del Mar del Perú (Imarpe)

Vice-Presidente:

Dr. Ronald Woodman Pollitt

Presidente Ejecutivo, Instituto Geofísico del Perú (IGP)

Ing. Amelia Díaz Pabló

Presidente Ejecutiva, Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI)

Calm. Rodolfo Sablich Luna-Victoria

Director de Hidrografía y Navegación de la Marina de Guerra del Perú (DHN)

Ing. Juan Carlos Sevilla Gildemeister

Jefe, Autoridad Nacional del Agua (ANA)

Gral. de Div (R) Alfredo Murgueytio Espinoza

Jefe, Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI)

Comité Técnico Enfen

Coordinador: Ken Takahashi (IGP)

IMARPE: Marilú Bouchón, Luis Vásquez, Carlos Quispe, Cecilia Peña, Octavio Morón,

David Correa, Dante Espinoza, Ing. José Salcedo.

DHN: Gustavo Laos, Rina Gabriel, Roberto Chauca.

SENAMHI: Grinia Avalos, Christian Barreto, Nelson Quispe.

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

ANA: Gustavo Galindo, Carlos Verano

INDECI: Marcial García Blásquez, Sheila Yauri

Año: 1

Redacción del informe: Comité Técnico Enfen

Edición y Producción: L. Pizarro (Secretaría Técnica Enfen)

Diseño de carátula: Imarpe

El contenido de este documento puede ser reproducido mencionando la fuente Enfen.

Este documento se puede citar como:

Comité Multisectorial Encargado del Estudio Nacional del Fenómeno El Niño (Enfen). 2015.

Informe Técnico Enfen. Año 1, N° 9, diciembre de 2015, **61 p.**

El Informe Técnico Enfen de diciembre 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.

Hecho el Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú N°2015-09351

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 **diciembre 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	9
2. CONDICIONES OBSERVADAS EN DICIEMBRE 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	13
2.4 Circulación Atmosférica en el Pacífico Sudoriental	14
2.5 Circulación atmosférica y temperatura superficial en el Pacífico ecuatorial	15
2.6 Dinámica oceánica en el Pacífico ecuatorial	16
2.7 Recursos pesqueros e indicadores biológicos	17
3. PERSPECTIVAS	18
3.1 A corto plazo(semanas)	18
3.2 A mediano plazo (hasta 3 meses)	18
3.3 A largo plazo (más de 3 meses)	19
4. CONCLUSIONES	21
5. REFERENCIAS	22
6. FIGURAS	24
7. TABLAS	54

Figuras:

2.1.1.	Anomalías de las temperaturas extremas del aire (°C) en la costa peruana de enero 2014 a diciembre 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 diciembre de 2015. Procesamiento: DHN.	25
2.1.3.	Serie diarias de Anomalías de TSM registradas en estaciones costeras del IMARPE. Procesamiento: Laboratorio de Hidro-Física Marina, IMARPE.	26
2.1.4.	Anomalías de la temperatura superficial del mar (°C) en el océano Pacífico oriental para los días a) 5 de diciembre, b) 10 de diciembre, c) 13 de diciembre, d) 20 de diciembre, e) 25 de diciembre y f) 31 de diciembre de 2015. La línea sólida en color azul indica el límite externo de la región Niño 1+2. Datos: NCDC/NCEP/NOAA. Procesamiento: DHN	27
2.1.5.	Anomalía de TSM (°C) durante el año 1982 (rojo), 1997 (azul) y 1972 (verde) según los datos infrarrojos (NOAA Daily OI SST v2 AVHRR), en la región 1+2(a) y en la región 3.4 (b). Procesamiento: IGP	28
2.1.6.	a) Temperatura superficial del mar (°C), climatología (línea punteada) en la región Niño 1+2 según los datos de infrarrojo (negro; NOAA Daily OI SST v2 AVHRR) y de microondas (gris; RSS Microwave OI SST v4.0). b) Anomalía de TSM en la región 1+2, según los datos infrarrojo (negro) y microondas (gris) y el ICEN (rojo). Procesamiento: IGP	29
2.1.7.	Índice Costero El Niño para los años 1972-73 (verde), 1982-1983 (rojo), 1997-1998 (azul) y 2015 (negro).	29
2.2.1.	Serie de tiempo de los caudales (m ³ /s) de los ríos a) Tumbes, b) Chira y c) Chancay-Lambayeque, en la zona norte de Perú. Fuente: ANA.	30
2.2.2.	Serie de tiempo de los caudales diarios (m ³ /s) de los ríos a) Majes y b) Chili en la Vertiente del Pacífico y c) Huancané en la vertiente del Titicaca en la zona sur del Perú Fuente ANA.	31
2.2.3.	(a) Precipitación acumulada (mm/mes) de diciembre y (b) Climatología de la precipitación acumulada (mm/mes) de diciembre. 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. Datos: AVISO. Procesamiento: IMARPE.	32
2.3.2.	Serie de tiempo para la estación oceanográfica fija frente a Paita (punto fijo Paita) de: a) temperatura (°C), b) anomalía de la temperatura (°C), c) Salinidad (ups) y d) Oxígeno (mL/L) para el periodo del 30 de marzo de 2014 al 30 de diciembre de 2015. Climatología: 1994- 2010. Fuente: IMARPE.	33
2.3.3.	Serie de tiempo para la estación oceanográfica fija frente a Chicama (punto fijo Chicama) de: a) Temperatura (°C), b) Salinidad (ups) y c) Oxígeno (mL/L) para el periodo del 22 de enero de 2014 al 30 de diciembre de 2015. Fuente: IMARPE.	34
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 19 y 20 de diciembre de 2015. Fuente: IMARPE.	35
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 17 y 18 de diciembre de 2015. Fuente: IMARPE.	36
2.4.1.	a) Velocidad del viento (m/s) y b) Anomalía del viento (m/s), desde los 0° hasta 20°S en el periodo de mayo a diciembre de 2015. Datos: ASCAT. Procesamiento: IMARPE	37
2.4.2.	Anomalía del Esfuerzo del Viento del sureste (10 ⁻² N/m ⁻²) en el Pacífico suroriental (90°W-80°W, 25°S-15°S) desde el mes de enero hasta el mes de julio del año siguiente. Datos: NCEP, NCAR, procesamiento IGP.	37
2.4.3.	Presión atmosférica (hPa) a nivel medio del mar para diciembre del 2015. a) Promedio de la Presión atmosférica (hPa) a nivel del mar, b) Anomalía de la Presión atmosférica (hPa) a nivel del mar. Datos: NCEP/NOAA. Procesamiento: SENAMHI.	38
2.4.4.	Análisis de la Presión atmosférica (hPa) a nivel medio del mar para diciembre del 2015. Datos: NCEP/NCAR Re-analysis. Procesamiento: SENAMHI.	39

2.5.1.	a) Anomalías de la temperatura superficial del mar (°C) en el océano Pacífico ecuatorial (5°N-5°S), b) Anomalías de la temperatura superficial del mar (°C) en las regiones Niño de enero 2015 a diciembre de 2015. Fuente: NCEP/NOAA.	40
2.5.2.	Evolución del Índice de Oscilación Sur (IOS), considerando la media móvil de 30 días. Fuente: Bureau of Meteorology, Australia	40
2.5.3.	Análisis de anomalías del viento (m/s) en a) 850 hPa y b) 200hpa para el mes de diciembre del 2015. Datos: NCEP/NOAA. Procesamiento: SENAMHI-DCL	41
2.5.4.	Hovmoller de anomalías de a) Radiación de onda larga - OLR (W/m ²) desde el mes de diciembre de 2014 hasta enero de 2016. Datos: NCEP b) Viento zonal 850 hPa., desde junio de 2015 hasta enero de 2016. Datos: CDAS, Procesamiento: SENAMHI-DCL	42
2.5.5.	Radiación de onda larga - OLR (W/m ²) en el Pacífico central-oriental (170°W-100°W, 5°S-5°N) desde el mes de enero hasta el mes de julio del año siguiente. Datos: ESRL/NOAA, Procesamiento: IGP.	42
2.5.6.	Anomalía del esfuerzo del viento zonal (10 ⁻² Nm ⁻²) en el Pacífico central-oriental (160°E-160°W, 5°S-5°N) desde el mes de enero hasta el mes de julio del año siguiente. Datos: NCEP-NCAR, Procesamiento: IGP.	43
2.5.7.	Anomalía del esfuerzo del viento zonal (10 ⁻² Nm ⁻²) en el Pacífico oriental (160°E-160°W, 5°S-5°N) desde el mes de enero hasta el mes de julio del año siguiente. Datos: ICOADS, Procesamiento: IGP.	43
2.5.8.	a. Índice de la Oscilación Decadal del Pacífico (PDO) y b. Anomalía de esfuerzo de viento zonal en el Pacífico ecuatorial central. Datos: JISAO/UW y NCEP/NCA, Procesamiento: IGP.	44
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 $\tau_{ux}=0$ 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.	45
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) 3 de diciembre, b) 8 de diciembre, c) 13 de diciembre, d) 19 de diciembre, e) 29 de diciembre 2015, f) 03 de enero 2016. Fuente: TAO/TRITON, PMEL/NOAA.	46
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	47
2.7.1.	Desembarque diario de anchoveta en la Región Sur. Periodo 01 de enero al 31 de diciembre 2015. Fuente: IMARPE.	47
2.7.2.	a) Desembarque mensual de anchoveta según puerto, b) Distribución de la anchoveta proveniente de la flota industrial y c) Estructura mensual de tallas anchoveta en la Región Norte-centro. Periodo: diciembre 2015. Fuente: IMARPE.	48
2.7.3.	Profundidad de los cardúmenes de anchoveta en la Región Norte-Centro según grado latitudinal. Periodo: noviembre 2015. Fuente: IMARPE	48
2.7.4.	Indicadores reproductivos a) Fracción Desovante (FD), b) Índice de Atrésia y c) Contenido Graso (CG) del stock norte-centro de anchoveta. Serie mensual: Enero 2013 – diciembre 2015. Fuente: IMARPE.	49
2.7.5.	Distribución de otras Especies. a) Programa de Bitácora de Pesca y b) Operación Monitoreo Bio-Oceanográfico Chicama-Paita 1512. Periodo: diciembre 2015. Fuente IMARPE.	50
2.7.6.	Distribución de Aves Guaneras en los perfiles Paita y Chicama obtenidos durante la Operación Monitoreo Bio-Oceanográfico Chicama-Paita 1512. Periodo: Diciembre 2015. Fuente: IMARPE.	51
3.1.1.	Diagrama Hovmöller longitud-tiempo de las ondas Kelvin en el océano Pacífico ecuatorial (0°N): (a) Modo 1, (b) Modo 2, (c) Modos 1+2 de la isoterma de 20° C (m) en la Pacífico Ecuatorial (2°S y 2°N). La línea discontinua horizontal, en verde, indica el inicio del pronóstico sin el forzante de vientos. Fuente: IMARPE, forzado con vientos de NCEP (Figuras a-c).	51
3.2.1.	Índice Niño 3.4 mensual observado y pronosticado por los modelos de NMME. Fuente: CPC/NCEP/NOAA.	52

3.2.2.	Índice Costero El Niño (ICEN, círculos llenos en color negro) y sus valor temporal (ICENtmp, círculo lleno en color rojo). Además, pronósticos numéricos del ICEN (media móvil de 3 meses de las anomalías pronosticadas de TSM en la región Niño1+2) por diferentes modelos climáticos. Las líneas entrecortadas corresponden a los miembros de los "ensembles". Los pronósticos de los modelos CFSv2, CMC1, CMC2, GFDL, NASA y NCAR tienen como condición inicial el mes de diciembre de 2015. El modelo ECMWF tiene como condición inicial el mes de diciembre de 2015. Fuente: IGP, NOAA, proyecto NMME, ECMWF.	53
--------	---	----

Tablas

Tabla 2.1.1.	Anomalías mensuales de la temperatura superficial del mar (°C) y nivel medio del mar (cm) de julio de 2015 a diciembre de 2015. Fuente: Estaciones costeras – DHN.	54
Tabla 2.1.2.	Valores del Índice Costero El Niño (ICEN) de marzo de 2015 a diciembre de 2015. Fuente: IGP	54
Tabla 2.2.1.	Volumen de agua almacenado (hm3) en los principales reservorios. Fuente: ANA	55
Tabla 2.5.1.	Anomalías semanales (centradas en los días 02, 09, 11, 23 y 30 de diciembre 2015 y mensuales (de julio de 2014 hasta diciembre de 2015) de la temperatura superficial del mar (°C) en las regiones Niño. Fuente: NCEP/NOAA.	56
Tabla 2.7.1.	Desembarque (t) acumulado de recursos pelágicos proveniente de la flota industrial (01 enero - 31 diciembre 2015). Fuente: AFIRNP/IMARPE.	57
Tabla 2.8.1.	Probabilidades acumuladas de las magnitudes de El Niño costero en el verano 2015-2016 (Diciembre 2015-marzo 2016)	58
Tabla 2.8.2.	Probabilidades de las magnitudes de El Niño costero en el verano 2015-2016 (Diciembre 2015-marzo 2016)	58
Tabla 2.8.3.	Probabilidades de las magnitudes de El Niño en el Pacífico central en el verano 2015-2016 (Diciembre 2015-marzo 2016)	58

1. RESUMEN

Las anomalías de la temperatura superficial del mar (TSM), a lo largo del Pacífico ecuatorial y litoral peruano, continuaron con temperaturas por encima de lo normal (cálidas) durante todo el mes de diciembre. Los promedios mensuales de los índices El Niño, los cuales están basados en la TSM en la región ecuatorial, presentaron valores positivos mensuales de: +1,63°C (Niño 4); +2,82°C (Niño 3.4); +2,85°C (Niño 3) y +2,19°C (Niño 1+2). Asimismo, las estaciones costeras registraron anomalías cálidas de la TSM desde +1,2°C (Mollendo) hasta +4,6°C (Paita). Similarmente, las anomalías de la temperatura del aire continuaron positivas, con la máxima del aire de hasta +2,2°C en la estación de Trujillo (La Libertad), y +1,7 °C en la estación de Puerto Pizarro (Tumbes). Con respecto a la temperatura mínima del aire, se han registrado anomalías de hasta +3,1°C en la estación de Trujillo, y +2,4°C en la estación de Lambayeque.

Las anomalías del Nivel Medio del Mar (NMM), que se registraron en las estaciones mareográficas en la costa peruana, continuaron mostrando valores por encima de lo normal para el mes de diciembre. En promedio, el NMM en el litoral norte fue de +18 cm, mientras que en el litoral centro y sur, las anomalías fueron +12 cm. Asimismo, también se registraron anomalías positivas de temperatura sub-superficial en el punto fijo Paita y en las secciones de Paita y Chicama. Los valores máximos de las anomalías se produjeron durante la primera quincena, con un incremento del NMM de hasta +28 cm y en lo que respecta a la temperatura se alcanzó los +6°C hasta los 40 m. Estas observaciones son consistentes con el arribo de la onda Kelvin cálida generada durante la segunda quincena de setiembre y en el mes de octubre.

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

Los caudales de los ríos de la vertiente del Pacífico y Titicaca se mantuvieron por debajo de lo normal, a excepción del río Santa, debido al déficit de lluvias que se viene presentando en la sierra norte y sur occidental. Los reservorios en la costa norte y sur cuentan, en promedio, con almacenamiento al 38% de su capacidad máxima. Asimismo, la cantidad de agua almacenada en los reservorios de la costa norte continuará disminuyendo conforme se desarrollen las campañas agrícolas.

En relación al sector pesquero, durante el año, la especie con mayor desembarque fue el *Engraulis ringens* “anchoveta”. En relación a noviembre; la extensión del área de pesca se mantuvo en las 50 mn, mostrando una mayor dispersión en la distribución de la anchoveta alrededor de los núcleos principales ubicados frente a Chimbote, Huarney-Callao y Pisco-San Juan. La Fracción Desovante, indicador biológico de la anchoveta, evidenció la culminación del periodo principal de desove del stock norte-centro, en lo que respecta al Índice de Atresia, se confirmó el estado de reposo gonadal de la anchoveta. El Contenido Graso presentó un aumento, lo cual indica que la anchoveta se encuentra acumulando energía.

Las condiciones cálidas, inducida por el arribo de la Onda Kelvin, ocasionó la incursión al área de pesca de especies propias de aguas tropicales de la zona oceánica (*Coryphena hippurus* “perico”, *Exocoetus volitans* “pez volador”) y de la zona panameña (*Merluccius gayi peruvianus* “merluza”).

Las actuales condiciones atmosféricas/oceánicas del Pacífico ecuatorial central – oriental continúan mostrando un acoplamiento de gran escala entre la atmósfera y el océano. Sin embargo, las anomalías de vientos del oeste han disminuido respecto al mes anterior. Existen pulsos de viento del oeste entre 150°E y 180° que dieron en la segunda quincena de diciembre que se habrían proyectado en una onda Kelvin cálida, esta onda debe alcanzar el extremo oriental a partir del mes de febrero de 2016, aunque por el momento su magnitud es menos intensa que la de las onda anteriores. Por otro lado, la TSM en el Pacífico central continúa alta, similar a la de 1982 y superando a las observadas en 1997 para esta época.

El Índice Costero El Niño (ICEN, región Niño 1+2) correspondiente al mes de noviembre fue de +2,18°C, lo cual indica una condición cálida fuerte. Igualmente, el valor estimado para el mes de diciembre corresponde a condiciones cálidas fuertes con un valor de ICENtmp de +2,03°C. A pesar que El Niño costero muestra una aparente declinación, se estima un 95% de probabilidad de que el evento se extienda hasta el próximo verano, con 15% de que pueda alcanzar las magnitudes observadas en el verano de 1982-1983 y 5% similares al verano 1997-1998 (Tabla 2.8.2).

2. CONDICIONES OBSERVADAS EN DICIEMBRE DE 2015

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

Durante el mes diciembre, y de acuerdo a las estaciones meteorológicas del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI), se han registrado anomalías positivas en la temperatura máxima del aire de hasta +2,2°C en la estación de Trujillo (La Libertad), y +1,7°C en la estación de Puerto Pizarro (Tumbes). Con respecto a la temperatura mínima del aire se han registrado anomalías de hasta +3,1°C en la estación de Trujillo, y +2,4°C en la estación de Lambayeque. (Figura 2.1.1).

Las estaciones costeras de la Dirección de Hidrografía y Navegación de la Marina de Guerra del Perú (DHN) registraron anomalías positivas de TSM (Figura 2.1.2). De norte a sur, las estaciones registraron anomalías promedio de +3,1°C en Talara, +4,6°C en Paita, +2,7°C en Isla Lobos de Afuera, +1,5°C en Chimbote, +3,1°C en Callao, +1,7°C en San Juan, +1,2°C en Mollendo, y +1,7 en Ilo (ver Tabla 2.1.1). Los datos de TSM registrados en las estaciones costeras de IMARPE son consistentes con la información anterior (Figura 2.1.3).

Con respecto a la distribución espacial de la anomalía de la TSM frente a la costa norte del Perú, de acuerdo al producto NOAA Daily OI SSTv2¹ (Reynolds et al., 2007) que combina mediciones satelitales infrarrojas (AVHRR) con mediciones *in situ*, se observó durante la primera semana del mes de diciembre anomalías de hasta +4°C entre la línea ecuatorial y 4°S. Hacia la tercera semana se observa un descenso gradual de las anomalías, sobre todo en la costa norte de Perú. Para la última semana se aprecia de solo de manera puntual, en la línea ecuatorial entre los 90°W y 95°W, que algunos valores alcanzan los +4°C. Más notorio aún, frente a la costa de Perú donde la isoterma de +3°C se encuentra más alejada. (Figura 2.1.4).

La comparación de las series temporales de la TSM y su anomalía durante el año 2015 con respecto a los años 1972, 1982 y 1997 (Figura 2.1.5) en la región Niño 1+2, indica que las condiciones actuales lo ubican por debajo de lo que sucedió en los años 1982 y 1997. Asimismo, en la región Niño 3.4, las anomalías durante este mes han sido superiores a la del año 1997 pero muy cercanas a las del año 1982. Con respecto al Índice Costero El Niño (ICEN), basado en la anomalía observada de la TSM en la región Niño 1+2 (90°W-80°W, 10°S-Ec), este presentó un valor de +2,18°C para noviembre del año 2015, correspondiente a una condición Cálida Fuerte (ENFEN, 2012). Los valores temporales del ICEN (ICENTmp), basados parcialmente en los pronósticos de los modelos numéricos, para diciembre (2015) y enero (2016), es de +2,03°C y +1,68°C, correspondiente a condiciones Cálida Fuerte y Cálida Moderada, respectivamente (Figura 2.1.6 y Tabla 2.1.2).

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

Discusión: Durante diciembre, en el litoral costero, los valores de las temperaturas oceánicas y atmosféricas (extremas) se encontraron positivos y por encima de lo normal debido al desarrollo de El Niño costero de magnitud cálida fuerte (ICEN +2,18°C), evento que viene desarrollándose desde abril del año 2015, sin embargo estos valores, en la región Niño 1+2, están por debajo de lo que sucedió en los años 1982 y 1997, a diferencia de la región 3.4 que mostró valores por encima al año 1997, pero cercanos al año 1982.

2.2 Precipitaciones e hidrología en la vertiente del Pacífico

Durante el mes de diciembre, las condiciones hidrológicas de los ríos de la vertiente del Pacífico y Titicaca se mantuvieron por debajo de los promedios históricos, a excepción del río Santa donde se presentó un incremento del caudal a inicios y fines del mes tal como se observa en la estación Condorcerro (Figuras 2.2.1 y 2.2.2).

A gran escala la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT) se posicionó, en promedio, entre los 3° y 4°N (principalmente en el Pacífico ecuatorial central y oriental). Hubo lluvias débiles en la costa norte y precipitación en la sierra y selva oriental, mientras que la sierra norte y sur occidental viene presentando déficit de lluvia (Figura 2.2.3).

Por otro lado, el almacenamiento de los principales embalses es de 38% en la costa norte y 38% en la costa sur del país, valores que disminuyeron con respecto al mes anterior debido al uso de las reservas almacenadas (Tabla 2.2.1).

Discusión: Se sabe que las lluvias en la costa norte del Perú responden directamente a los valores absolutos de la TSM (Woodman, 1999; Takahashi, 2004). Sin embargo, a pesar de las actuales anomalías positivas frente a la costa peruana, la TSM absoluta en el mes de diciembre no alcanzó valores que puedan contribuir al desarrollo de precipitación intensa a lo largo de la costa norte. Como consecuencia del mes en el que nos encontramos, donde se requiere una anomalía de TSM superior a +3,5°C y +4,6°C en las costas de Tumbes y Paíta, respectivamente, para tener lluvia intensa (Woodman y Takahashi, 2014).

La ZCIT, respecto al mes anterior, se desplazó de 5°N hasta entre 3° y 4°N, cuya aproximación continuará conforme se desarrolle el verano, lo cual es típico de acuerdo a su climatología. Las lluvias en la sierra y selva oriental se produjeron gracias a la alta advección de humedad en niveles medios y bajos en la atmósfera hacia esta región. Por otra parte, el déficit de lluvia que se viene presentando en la sierra norte y sur occidental está asociado a la intensificación de vientos del oeste en alta atmósfera (Figura 2.5.3) y subsidencia frente al oeste de Sudamérica central como respuesta a las condiciones atmosféricas en altos niveles en el Pacífico central. Estos vientos del oeste y el déficit de lluvias en la región andina es uno de los efectos esperados de El Niño en el Pacífico central (Vuille, 1999; Garreaud y Aceituno, 2001; Garreaud et al., 2003; Vuille y Keimig, 2004; Garreaud, 2009; Lagos et al., 2008; Lavado y Espinoza, 2014).

Las condiciones hidrológicas en los ríos de la vertiente del Pacífico y Titicaca estuvieron por debajo de lo normal, a excepción del río Santa, debido al déficit de lluvias presentado en la sierra norte y sur occidental.

El almacenamiento de los principales embalses en la costa norte y sur disminuyó respecto al mes anterior como reflejo del desarrollo de las campañas agrícolas.

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

Frente a la costa peruana los datos mareográficos diarios de la DHN mostraron que las anomalías del Nivel Medio del Mar (NMM) presentaron valores por encima de lo normal, con máximos en la zona norte de hasta +28 cm durante la primera semana de diciembre (Figura 2.1.2 b). Con respecto a los valores mensuales (Tabla 2.1.1), el litoral norte alcanzó, en promedio, anomalías de +18 cm, mientras que en el litoral centro y sur, las anomalías fueron +12 cm.

La anomalía del NMM para la franja de 100 km desde la costa peruana, basada en altimetría satelital, se mantuvo sobre lo normal durante el presente mes, con valores de hasta 27 cm durante la primera semana, en el punto 90,125°W, 0,125°S (región de las islas Galápagos), mientras que en las regiones ubicadas entre los 5°-14°S y 14°-18°S los incrementos fueron pequeños en comparación a Galápagos, ya que las anomalías no superaron los 16 cm (Figura 2.3.1a).

La estructura térmica en el Punto Fijo de Paita, perteneciente al Instituto del Mar del Perú (IMARPE) y localizada a siete millas náuticas de la costa, mostró temperaturas en un rango aproximado entre 18° y 24°C durante el mes de diciembre y en los primeros 100 metros de profundidad (Figura 2.3.2 a). Estos valores estuvieron por encima de lo normal, en especial durante la primera quincena, en la cual las anomalías se incrementaron hasta +6°C en los primeros 40 metros, para luego disminuir a +4°C en la segunda quincena. (Figura 2.3.2 b). Asimismo, se observó predominancia de aguas con salinidades de 35,0 ups durante gran parte del mes, a excepción de la primera quincena donde se presentó un núcleo de 34,8 ups sobre los 20 m de profundidad (Figura 2.3.2 c). Por otro lado, la distribución de oxígeno mostró valores superiores a los 2 mL/L sobre los 80 m de profundidad, con máximos de hasta 5 mL/L en la superficie (Figura 2.3.2 d).

Con respecto a las variables oceanográficas medidas en el punto fijo frente a Chicama, la temperatura tuvo valores superiores a 18°C en toda la columna de agua, y con máximos de hasta 22°C por encima de los 20 m de profundidad (Figura 2.3.3 a). La salinidad mostró predominancia de aguas con valores superiores a 35,0 ups en toda la columna de agua, y con máximos de alrededor de 35,1 ups principalmente durante la primera quincena, lo cual se debe a la mayor influencia de las ASS² (Figura 2.3.3 b). Por otro lado, se observó profundización de las iso-oxigenas entre la superficie y los 100 m de profundidad durante la primera mitad del mes, con la parte superior de la capa mínima de oxígeno (0,5 mL/L) ubicada por debajo de esta zona (Figura 2.3.3 c).

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

Los datos de las secciones del crucero oceanográfico, ejecutado por el IMARPE, a través de la operación del barco de investigación científica (BIC) Flores durante el 19 y 20 de diciembre frente a Paita, mostraron una termoclina compuesta por las isotermas de 17° a 22°C, con el mayor gradiente por fuera de las 60 millas de costa y por encima de los 130 m de profundidad, mientras que en la zona costera se produjo ascenso (descenso) de las isotermas mayores (menores) a los 21°C (17°C) sobre los 300 m de profundidad (Figura 2.3.4 a). Asimismo, en la superficie se registraron valores de hasta 25°C, mientras que la isoterma de 15°C se localizó entre los 160 y 220 metros de profundidad. Como consecuencia de esta estructura, las anomalías térmicas superiores a +2°C se localizaron, principalmente, por encima de los 150 m de profundidad, y se observó un núcleo de +6°C entre los 30 y 130 m de profundidad y por fuera de las 50 millas de costa (Figura 2.3.4 b). La estructura halina presentó incidencia de ASS sobre los 150 m de profundidad (Figura 2.3.4 c), lo que produjo la existencia de núcleos anómalos de alrededor de +0,15 ups (Figura 2.3.4 d); no obstante, se observó un núcleo anómalo de -0,2 ups localizado entre las 70 y 100 millas de costa y por encima de los 50 m de profundidad.

Con respecto a la sección de Chicama, esta presentó una estructura térmica similar a la de Paita pero con temperaturas superficiales que tan solo alcanzaron los 23°C (Figura 2.3.5 a). Anomalías mayores a + 2°C se observaron principalmente sobre los 150 m de profundidad, y con un núcleo pequeño de +6°C por fuera de las 80 millas de costa y alrededor de los 50 m (Figura 2.3.5 b). La estructura halina indicó presencia de aguas de mezcla entre las ACF y ASS sobre los 150 m, pero con mayor incidencia de estas últimas por fuera de las 60 millas de costa (Figura 2.3.5 c), lo cual produjo núcleos anómalos del orden de +0,2 ups por encima de los 80 m de profundidad en dicha zona (Figura 2.3.5 d).

Discusión: El nivel del mar, tanto in situ como satelital, presentó anomalías positivas a lo largo de la costa peruana durante todo el mes de diciembre. Asimismo, el Punto fijo de Paita y las secciones de Paita y Chicama, localizados en la zona norte, mostraron anomalías positivas en la temperatura sub-superficial. Durante la primera semana del mes se produjo, principalmente en el norte, un incremento del NMM diario de hasta +28 cm, mientras que en la estación fija Paita (Figura 2.3.3) la profundización de las isotermas produjo valores anómalos de hasta +6°C en los primeros 40m. Asimismo, los valores de salinidad registrados en esta estación, sugieren predominio de aguas de mezcla asociadas a la influencia de las ASS, AES y ACF, a excepción de la primera quincena donde predominaron AES (aguas con salinidades menores a 34.8 ups) sobre los 40 m de profundidad. Asimismo, se observó presencia de AES en la sección Paita debido a la existencia de un núcleo anómalo de -0,2 ups (Figura 2.3.4 d). Lo anterior se considera que es la consecuencia de El Niño en desarrollo y del arribo de la onda Kelvin cálida generada durante la segunda quincena de setiembre y en el mes de octubre

2.4 Circulación atmosférica en el Pacífico sudoriental

La velocidad de viento frente a la costa peruana (40 km de la costa), de acuerdo a los datos del satélite ASCAT, osciló entre 2 a 7 m/s durante el mes de noviembre; con vientos menores a 3 m/s al sur de 17°S, y vientos desde 4 hasta 7 m/s entre 0°S y 17°S durante las tres primeras semanas. Además, durante los últimos días del mes, los vientos presentaron valores mínimos alrededor de 2 m/s al sur de 5°S (Figura 2.4.1a).

En cuanto a las anomalías de viento, estas presentaron valores positivos de hasta +4 m/s al sur de 5°S. Cabe mencionar que, durante los últimos días del mes se observó anomalías de -2 m/s al sur de 10°S (Figura 2.4.1b). Asimismo, la magnitud de la anomalía del esfuerzo del viento del sureste en el Pacífico Sudoriental (90°W-80°W; 25°S-15°S), durante este mes, presentaron valores positivos cercanos a los $+3 \cdot 10^{-2} \text{Nm}^{-2}$ (Figura 2.4.2), ligeramente menores al mes anterior.

Con respecto al campo de presiones frente al litoral costero, este ha presentado anomalías entre -1 hPa y -2 hPa (Figuras 2.4.3). Asimismo, el Anticiclón del Pacífico Sur (APS), durante la primera quincena, mostró una configuración zonal con núcleo definido y valores superiores a su climatología (1020 hPa). Sin embargo, para la última semana del mes se observa al APS desplazado hacia el oeste y con valores de alrededor de 1014 hPa. Por lo tanto, en promedio mensual, el APS ha presentado valores ligeramente inferiores a su climatología (Figura 2.4.4).

Discusión: Durante diciembre, en promedio, se observó anomalías positivas del esfuerzo de viento del sur y del sureste (Figura 2.4.2) y anomalías positivas de viento que fueron máximas durante las tres primeras semanas (Figura 2.4.1b). Este comportamiento puede estar asociado a las anomalías positivas de la TSM en esta región que generan anomalías negativas de presión frente a Perú (Lindzen y Nigam, 1987; Figuras 2.1.5). Además el sistema APS presentó una configuración zonal que generó un elevado gradiente de presión, lo cual aportó para la intensificación de vientos a los largo de la costa principalmente durante la primera quincena del mes.

2.5 Circulación atmosférica y temperatura superficial en el Pacífico ecuatorial

Aún continúan las condiciones cálidas a lo largo del Pacífico ecuatorial, presentándose valores mensuales³ positivos: +1,63°C (Niño 4), +2,82°C (Niño 3.4), +2,85°C (Niño 3) y +2,19°C (Niño 1+2) (Tabla 2.5.1). Asimismo, los valores semanales de anomalía de TSM en las diferentes regiones han ido disminuyendo gradualmente (Tabla 2.5.1). Además, la región Niño 1+2 presentó anomalías de TSM menores a los años 1982 y 1997, mientras que la región Niño 3.4 aún se encuentra ligeramente por encima de estos años (Figura 2.1.5).

El promedio de los últimos 30 días de los valores del IOS, calculado desde el 06 de diciembre al 04 de enero, es de -10,1 (Figura 2.5.2), este valor se encuentra dentro del rango normal (± 7), esta categorización del índice es realizada por la Bureau of Meteorology. Respecto a la actividad convectiva en la región del Pacífico ecuatorial central-oriental, esta se ha incrementado en comparación al mes anterior pero en promedio continúa siendo de menor magnitud a la de los años 1982-83 y 1997-98, aunque por encima del año 1991-92 (Figura 2.5.5).

En niveles bajos de la tropósfera (850 hPa) continúa el debilitamiento de los vientos alisios sobre el Pacífico central y occidental, mostrando anomalías de vientos del oeste (Figura 2.5.3 a y Figura 2.5.4 b), con una ligera intensificación a fines de mes (Figura 2.5.4 b).

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

Sin embargo, la magnitud de la anomalía de viento del oeste (160°E - 160°W ; 5°S - 5°N) del presente mes aún es menor al mes anterior, encontrándose por debajo de los años 1982 y 1997 (Figura 2.5.6). Asimismo, los procesos convectivos sobre el océano Pacífico (Figura 2.5.4 a) y la divergencia en niveles altos de la tropósfera persistieron con anomalías del este en 200 hPa en el Pacífico central (Figura 2.5.3 b). Por otra parte, la última quincena se observó una sustancial intensificación de los flujos del oeste en alta atmósfera en el Pacífico ecuatorial oriental, los cuales parecen haber inhibido la precipitación de magnitud fuerte en la costa norte de Perú.

Discusión: Durante diciembre se observó la persistencia de las anomalías cálidas de la TSM en casi todo el Pacífico ecuatorial, aunque parece haber iniciado una tendencia decreciente. Asimismo, continúa el acoplamiento de gran escala entre la atmósfera y el océano en el Pacífico central - oriental, pero con menor intensidad que en los años 1982 y 1997. Por otra parte, los vientos del oeste, en promedio, en la zona del Pacífico central (160°E - 160°W ; 5°S - 5°N) han disminuido considerablemente con respecto al mes de octubre (máximo observado el 2015), aunque a fines de este mes, entre 180° - 160°W se ha observado una ligera intensificación. El valor del IOS de diciembre continua dentro de su rango normal y se puede especular que la variación decadal (PDO) esté influyendo en esta aparente inconsistencia en la evolución del Niño.

2.6 Dinámica oceánica en el Pacífico ecuatorial

En el transcurso del mes de diciembre los datos in situ de las boyas TAO/TRITON mostraron una menor profundización de la isoterma de 20°C en la región 130°W - 120°W , sobre todo en la segunda quincena del mes con un valor que varió entre los +30 m y +40 m de profundidad. Los derivadores ARGO mostraron que la profundidad de la isoterma de 20°C ecuatorial entre 140°W y 95°W presentó una disminución de su profundización en las regiones próximas a la costa a partir de la segunda quincena del mes (Figura 2.6.1 c). En las regiones donde las boyas TAO/TRITON tienen datos (Figura 2.6.1 b), los valores de los derivadores ARGO variaron en el mismo rango. Por otro lado, durante los primeros días del mes de diciembre ambas fuentes de datos mostraron una profundización de la termoclina superior a los +40 m en 125°W . Con relación al nivel medio del nivel del mar, los datos de altimetría satelital (Jason-2) mostraron anomalías positivas superiores a los +24 cm, durante los primeros días del mes entre las regiones 150°W - 110°W . Sin embargo, a partir de la segunda quincena de diciembre las anomalías, en general, fueron menos intensas, mostrando un valor aproximado de +18 cm (Figura 2.6.1 d).

Por otro lado, 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 que alcanzaron los $+7^{\circ}\text{C}$ durante los primeros días del mes en la región 125°W - 110°W , y a 100 m de profundidad aproximadamente (Figura 2.6.2). Durante el mes la intensidad del núcleo y su profundización disminuyeron presentando un valor $+4^{\circ}\text{C}$ y +90 m, respectivamente, para finales de mes. Asimismo, la evolución de la inclinación de la profundidad de la termoclina mostró un comportamiento similar al mes de noviembre, con variaciones de aumento y disminución de su inclinación durante todo el mes (Figura 2.6.3). Por otro lado, según lo observado en los vientos calculados del satélite ASCAT, se ha observado la presencia de nuevos pulsos entre 150°E y 180° con una intensidad superior a los $+10 \times 10^{-2} \text{ Nm}^{-2}$, durante la segunda quincena de diciembre (Figura 2.6.1 a).

Discusión: Para el mes de diciembre, los datos mostraron anomalías positivas de profundidad de la termoclina y nivel medio del mar, estas anomalías fueron disminuyendo hacia fines de mes debido a que el núcleo de la onda Kelvin cálida esperada para noviembre – diciembre arribó completamente hacia la costa sudamericana (Figura 2.6.1). No obstante, en la anomalía del nivel medio del mar se observó la señal de una nueva onda Kelvin cálida en la región del Pacífico Ecuatorial generada por las anomalías de viento del oeste entre 150°E y 160°W entre fines de noviembre e inicios de diciembre, pero esta onda está siendo atenuada en su ingreso al Pacífico oriental. Asimismo, se espera que los nuevos pulsos generados en la segunda quincena de diciembre generen una nueva onda Kelvin cálida, la cual estaría llegando a partir del mes de febrero hacia las costas occidentales de Sudamérica.

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 diciembre ascendió a 3 699 295 toneladas (t). La especie *Engraulis ringens* “anchoveta” fue la de mayor desembarque con el 99,89% (Tabla 2.7.1).

El 17 de noviembre, mediante la RM N°369 2015-PRODUCE, se inició la segunda temporada de pesca de anchoveta en la región norte – centro. El desembarque total de anchoveta proveniente de la flota industrial al 31 de diciembre, fue de 847 496 t, promedio mensual de 16 mil t (Figura 2.7.1), correspondiente a un 77 % de la cuota de 1,11 millones de t establecida. En diciembre no se registró desembarque de anchoveta en la región sur.

El área de pesca se presentó dentro de las 50 millas náuticas (mn) en tres núcleos principales frente al litoral peruano, Chimbote (9°S), Huarmey - Callao (10°S- 12°S) y Pisco – San Juan de Marcona (15°S), presentando una estructura de tallas de la anchoveta entre 6,0 y 17,0 cm de longitud total (LT). Según regiones, se registró la moda en 12,0 cm de LT y 26% de juveniles en el norte, y 13,0 cm de LT y 11% de juveniles en el centro (Figura 2.7.2). Los cardúmenes de anchoveta se registraron de 12 a 48 metros de profundidad, presentándose mayormente por debajo de los 20 m de profundidad (Figura 2.7.3).

La Fracción Desovante (FD), indicador reproductivo del stock norte-centro de anchoveta evidenció la culminación del periodo principal de desove. El Índice de Atresia (IA) presentó valores por encima del patrón confirmando que la anchoveta se encuentra en reposo gonadal. Además el aumento en los valores del Contenido Graso (CG) nos indica que la anchoveta se encuentra acumulando energía (Figura 2.7.4).

La especie *Trachurus murphyi* “jurel” no registró desembarque mientras que en el caso de *Scomber japonicus* “caballa” el desembarque fue mínimo. El Programa Bitácoras de Pesca, registró a la especie *Coryphæna hippurus* “perico”, indicadora de aguas tropicales de la zona oceánica, fue registrada dentro de las 30 mn frente a Huarmey (10°S), mientras que la especie *Merluccius gayi peruvianus* “merluza”, típica de la zona panameña, se le apreció frente a Huacho (11°S). Mientras que la Prospección de Monitoreo Oceanográfico Chicama- Paita–PpR 1512 observó a la especie oceánica *Exocoetus volitans* “pez volador” entre las 50 y 100 mn frente a Paita (5°S) y Salaverry (8°S) (Figura 2.7.5).

Respecto a los depredadores superiores; durante el Monitoreo bio-oceanográfico en la zona norte del litoral peruano se registraron quince (15) especies de aves marinas en un total de 5 306 avistamientos. En Paita la abundancia de las aves representó el 4% del total avistado, correspondiendo en su mayoría a las aves guaneras pelícano y piquero.

Las aves guaneras *Phalacrocorax bougainvillii* «guanay» y *Sula variegata* «piquero», especies indicadoras de cambios en el ambiente, cuyo principal alimento es la anchoveta, fueron las más avistadas dentro de las 10 mn entre Pimentel (7°S) y Salaverry (8°S) correspondiente al 87% de un total de 5 062 registros (Figura 2.7.6).

Discusión: En diciembre; La anchoveta mostró una amplia distribución entre Pimentel y San Juan de Marcona principalmente dentro de las 30 mn, la distribución vertical de los cardúmenes presentó una mayor profundización al sur de Paita. Los índices reproductivos mostraron la culminación del periodo principal de desove de la anchoveta. De forma anómala se registraron, entre Huarmey y Huacho, especies indicadoras de aguas oceanográficas y de la provincia panameña, perico y merluza respectivamente.

3. PERSPECTIVAS

3.1 A corto plazo (semanas)

En la segunda quincena de diciembre se observaron pulsos de viento del Oeste en el Océano Pacífico Ecuatorial, entre 150°E y 180° que se habían proyectado en una onda Kelvin cálida. Los modelos oceánicos lineales corrido en el IGP (Mosquera 2009, 2011; Figura 2.6.1 e) e IMARPE (Dewitte et al., 1999; Figura 3.1.1 c) indican que existen perturbaciones positivas en el NMM y profundidad de la termoclina (estos modelos asumen que estas variables son proporcionales entre sí) asociadas a una onda Kelvin cálida. Se estima que el arribo de la onda Kelvin a la costa americana sería para el mes de febrero (IGP). Según la simulación del modelo de IMARPE una onda Kelvin cálida (modo 1), arribaría a las costas sudamericanas entre fines de enero e inicios de febrero 2016. Por otro lado, una onda Kelvin cálida (modo 2) fue reforzada por el debilitamiento de los vientos alisios en el Pacífico Ecuatorial Central durante el mes de diciembre 2015 y llegaría a la costa de Sudamérica entre fines de enero e inicios de febrero 2016.

Discusión: Como resultado del arribo de la onda Kelvin cálida hacía la costa de América, prevista para fines de enero e inicio de febrero, se mantendría; e incluso incrementaría, si es fortalecida por los vientos del oeste; el actual calentamiento en la costa peruana.

3.2 A mediano plazo (hasta 3 meses)

Con el arribo de la onda Kelvin cálida para fines de enero e inicio de febrero se mantendría las condiciones cálidas en el Océano Pacífico ecuatorial oriental, la magnitud de la onda Kelvin por el momento es de menor intensidad a las anteriores.

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), con condiciones iniciales del mes de diciembre, para los meses de enero y febrero de 2016, indican que la ATSM continuará con condiciones muy fuerte (mayores a $+2^{\circ}\text{C}$) en promedio para estos meses, pero con anomalías menores al mes de diciembre de 2015.

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 diciembre, para los meses de enero y febrero de 2016, indican en promedio condiciones cálidas moderadas (Figura 3.2.2). Los modelos en mención indican que en el Pacífico oriental habría condiciones El Niño costero, el cual se inició en abril y tuvo un máximo en octubre. Los modelos GFDL, GFDL_FLOR y ECMWF indican fin del evento El Niño en el mes de mayo, también el modelo CMC1 indica fin del evento para el mes de junio.

Discusión:

Con el arribo de la onda Kelvin cálida a las costas americanas se esperaría que se mantenga o incremente la anomalía de la TSM. En la región Niño 1+2 se mantendría las condiciones El Niño para los meses de enero y febrero de 2016 con una tendencia a disminuir, en parte por la estacionalidad. La llegada de la onda Kelvin también incrementará la anomalía del NMM, de la TSM, la profundidad de la termoclina y la temperatura del aire, principalmente en el litoral norte y centro del Perú.

Con las condiciones cálidas que se observarían en la región Niño 1+2 para el mes de enero, se espera que continúe la ocurrencia de lluvias débiles en Tumbes y Piura, más no se descarta algunos episodios de lluvias entre moderadas a fuertes⁴ en Tumbes y Piura. Por otra parte en la región andina se espera que continúen las lluvias deficitarias asociadas a El Niño en el Pacífico Central, sin descartar episodios de lluvias muy fuertes.

Los pronósticos de los modelos climáticos indican principalmente condiciones El Niño costero de magnitud moderada en su mayoría para los meses de enero y febrero. Los resultados de las correlaciones de las condiciones observadas y los pronósticos inicializados en diciembre para los meses de enero y febrero son alrededor de 0,85 y 0,65 respectivamente, se observa menor correlación en la predicción para el mes de febrero (Reupo y Takahashi, 2014 a, b).

3.3 A largo plazo (más de 3 meses)

Para el Pacífico central (región Niño 3.4), los pronósticos con los modelos climáticos dinámicos (NMME) indican que las condiciones cálidas de las anomalías de la TSM continuarían con condiciones cálidas fuertes para el mes de marzo y con condición cálida moderada para abril (Figura 3.2.1), con algunos miembros de los ensambles excediendo los $2,5^{\circ}\text{C}$.

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

Los modelos indican, en promedio, una disminución de las anomalías positivas de TSM para los meses entre enero y julio, los GCMs a nivel internacional pronostican anomalías de TSM sustancialmente por encima de +2°C, lo cual solo se ha observado en 1972-1973, 1982-1983 y 1997-1998.

Los pronósticos de los modelos climáticos de NMME para el Pacífico oriental (región Niño 1+2, ICEN), en promedio indican condiciones cálidas moderadas para el verano 2015-2016 (Figura 3.2.2), con algunos miembros de los ensembles superando los +2°C.

La presencia de las ondas Kelvin cálidas ecuatoriales ha contribuido a mantener una menor inclinación de la termoclina ecuatorial. Sin embargo, el grado de inclinación anómala de la termoclina no se compara al observado en el año 1997 (Figura 2.6.3), durante el mes de diciembre la profundidad promedio de la termoclina ecuatorial continuó disminuyendo hasta alcanzar valores por debajo de su climatología. Esto podría interpretarse como la fase de descarga que marcaría aparentemente el proceso de finalización de El Niño (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.

Discusión: Las anomalías positivas de las temperaturas del aire, la temperatura superficial del mar (TSM) y el nivel medio del mar (NMM) registrados por las estaciones costeras, han reducido su magnitud. Los vientos del sur estarían atenuando el calentamiento costero (ej. Min et al., 2015). En este aspecto, las anomalías de la TSM en el Pacífico oriental (Niño 1+2) en este mes son superiores a las del evento de 1972 e inferiores a las de 1982, estamos ante la presencia del evento El Niño, que hasta la fecha ha alcanzado la magnitud fuerte, el máximo valor del ICEN se presenta en el mes de octubre (Figura 2.1.7). Mientras tanto, las anomalías de la TSM en el Pacífico central (Niño 3.4) vienen comportándose en forma similar al año 1997.

Los pronósticos de los modelos inicializados en diciembre, en general, son utilizables al menos hasta el mes de enero, 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).

Las condiciones océano-atmósfera observadas y los pronósticos para el Pacífico central sugieren una alta probabilidad de que El Niño en esta región tenga magnitud muy fuerte hasta febrero de 2016. Existe la probabilidad de que los modelos climáticos globales (GCMs en inglés) estén sobreestimando estas probabilidades, tal como lo hicieron en el año 2012 y 2014, posiblemente porque no están representando adecuadamente los efectos de las fases decadales, que muestra anomalías positivas desde esa fecha (Figura 2.5.8).

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).

El comité ENFEN estima una probabilidad del 20% de que El Niño alcance una magnitud de fuerte o extraordinaria este verano (Tabla 2.8.2). Si bien no hay registro previo de un evento El Niño costero con magnitud moderada durante el verano, hay que señalar que las condiciones cálidas moderadas en el verano pueden producir lluvias intensas en la costa norte, particularmente en los meses de febrero y marzo que son estacionalmente más cálidos.

La evaluación del ENFEN indica un 70% de probabilidad de que el Niño alcance una magnitud fuerte o muy fuerte para el Pacífico central (Tabla 2.8.3). Con respecto a las precipitaciones en los Andes y la Amazonia, El Niño en el Pacífico central implica la posibilidad sin ser determinante que incrementen las lluvias en diciembre y se reduzcan en febrero (Lagos et al, 2007; Silva et al, 2008; Lavado y Espinoza, 2014).

4. CONCLUSIONES

Durante el mes diciembre las condiciones oceánicas y atmosféricas de la fase cálida de El Niño-Oscilación del Sur continúan. Las condiciones de la TSM en el litoral costero fueron mayores al mes de noviembre. Además los datos de profundidad de la termoclina y nivel medio del mar (NMM) en la región del Pacífico ecuatorial central muestran la presencia de la onda Kelvin cálida forzada por las anomalías de vientos del oeste en la segunda quincena de setiembre y durante el mes de octubre. En promedio el NMM en el litoral norte fue de +18 cm por encima de lo normal, mientras que en el litoral centro y sur, las anomalías fueron +12 cm, con máximos de hasta +28 cm en la zona norte y durante la primera quincena del mes.

En la zona costera del Perú, el promedio de las anomalías de la TSM fue +3,5°C en la costa norte, +2,3°C en la costa central, y +1,5°C en la costa sur. En la misma región, las temperaturas extremas del aire continuaron por encima de lo normal a lo largo de la costa norte y central con valores de +1,2°C para la temperatura máxima, +1,8°C para la temperatura mínima.

En la estación fija Paita, localizada a siete millas náuticas de la costa, se registraron anomalías positivas durante todo el mes, con máximos de hasta +6,0°C sobre los 40 m de profundidad en la última semana, debido a la llegada de la onda Kelvin ecuatorial, para luego disminuir a +4°C en la segunda quincena. El Índice Costero El Niño (ICEN) para el mes de noviembre fue +2,18 ° C, manteniendo la categoría Cálida Fuerte, al igual que en los meses de agosto, setiembre y octubre.

Los caudales de los ríos en la vertiente del Pacífico y Titicaca en el mes de diciembre se presentaron por debajo de sus valores normales, a excepción del incremento de caudal a inicios y fines de mes en la cuenca del río Santa. Este comportamiento hidrológico se debió a la ocurrencia de lluvias deficitarias en la región andina norte y sur occidental.

Los reservorios en la costa norte y sur cuentan, en promedio, con un almacenamiento al 38% de su capacidad máxima. Esta disminución respecto al mes anterior, refleja su utilización en las campañas agrícolas.

Con respecto a los pronósticos numéricos, estos indican que las anomalías de la TSM muestran una tendencia a disminuir la magnitud de El Niño. Para la región costera en el verano 2015-2016, según el comité técnico ENFEN, existe 95% de probabilidad que el evento se extienda hasta el verano, con 15% de que en esta segunda fase pueda alcanzar las magnitudes observadas al verano de 1982-1983 y 5% similares al verano 1997-1998.

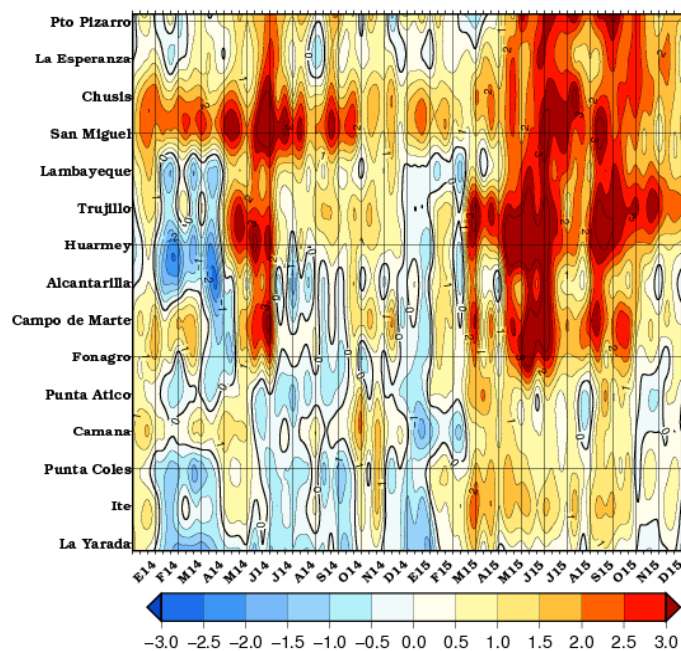
5. REFERENCIAS

- Barnston, A. G., Tippett M. K., L'Heureux M. L., Li S., DeWitt D. G., 2012: Skill of Real-Time Seasonal ENSO Model Predictions During 2002–11: Is Our Capability Increasing?, *Bulletin of the American Meteorological Society*, 93 (5), 631-651, doi:10.1175/BAMS-D-11-00111.1.
- Comunicado Oficial ENFEN N° 17-2015, Comité Multisectorial Encargado Del Estudio Nacional Del Fenómeno El Niño (ENFEN).
- Comunicado Oficial ENFEN N° 21-2015, Comité Multisectorial Encargado Del Estudio Nacional Del Fenómeno El Niño (ENFEN).
- Dewitte B., G. Reverdin and C. Maes, 1999: Vertical structure of an OGCM simulation of the equatorial Pacific Ocean in 1985-1994. *J. Phys. Oceanogr.*, 29, 1542-1570.
- Garreaud, R. D. (2009). The Andes climate and weather. *Advances in Geosciences*, 22, 3-11.
- Garreaud, R., & Aceituno, P. (2001). Interannual rainfall variability over the South American Altiplano. *Journal of Climate*, 14(12), 2779-2789.
- Garreaud, R., Vuille, M., & Clement, A. C. (2003). The climate of the Altiplano: observed current conditions and mechanisms of past changes. *Palaeogeography, palaeoclimatology, palaeoecology*, 194(1), 5-22.
- Jeong H, Lee D, Ashok K, Ahn J, Lee J, Luo JJ, Schemm J, Hendon HH, Braganza K, Ham YG, 2012: Assessment of the APCC coupled MME suite in predicting the distinctive climate impacts of two flavors of ENSO during boreal winter. *Climate Dynamics*, doi:10.1007/s00382-012-1359-3.
- Kirtman BP, Min D, Infanti JM, Kinter JL, Paolino DA, Zhang Q, van den Dool H, Saha S, Peña M, Becker E, Peng P, Tripp P, Huang J, DeWitt DG, Tippett MK, Barnston AG, Li S, Rosati A, Schubert SD, Rienecker M, Suarez M, Li ZE, Marshak J, Lim YK, Tribbia J, Pegion K, Merryfield WJ, Denis B, Wood EF, 2014: The North American Multimodel Ensemble: Phase-1 Seasonal-to-Interannual Prediction; Phase-2 toward Developing Intraseasonal Prediction. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 95, 585–601. doi: 10.1175/BAMS-D-12-00050.1
- Kosaka Y, Xie SP, 2013: Recent global-warming hiatus tied to equatorial Pacific surface cooling, *Nature*, doi: 10.1038/nature12534.
- Lagos, P., 2007: Peru's Approach to Climate Change in the Andean Mountain Region: Achieving Multidisciplinary Regional Cooperation for Integrated Assessment of Climate Change, Mountain Research and Development. Vol. 27 No 1 February 2007: 28-31.
- Lagos, P., Silva, Y., Nickl, E., & Mosquera, K. (2008). El Niño-related precipitation variability in Peru. *Advances in Geosciences*, 14, 231-237.
- Lavado W. and Espinoza J.C., 2014: Impact of El Niño and La Niña events on Rainfall in Peru. *Revista Brasileira de Meteorología*, v.29, 171-182

- Lee, T., and M. J. McPhaden, 2010: Increasing intensity of El Niño in the central-equatorial Pacific, *Geophysical Research Letters*, 37, L14603, doi: 10.1029/2010GL044007.
- Lindzen, R. S., and Nigam, S., 1987: On the role of sea surface temperature gradients in forcing low-level winds and convergence in the tropics, *J. Atmos. Sci.*, 44, 17, 2418-2436.
- Mantua, N.J. and S.R. Hare, Y. Zhang, J.M. Wallace, and R.C. Francis 1997: A Pacific interdecadal climate oscillation with impacts on salmon production. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 78, 1069-1079.
- Min, Q., Su, J., Zhang, R., 2015: What hindered the El Niño pattern in 2014? *Geophys. Res. Lett.*, doi: 10.1002/2015GL064899.
- Mosquera, K., 2009: Variabilidad Intra-estacional de la Onda de Kelvin Ecuatorial en el Pacífico (2000-2007): Simulación Numérica y datos observados. Tesis para optar el grado de Magíster en Física - Mención Geofísica en la Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- Mosquera, K., B. Dewitte y P. Lagos, 2011: Variabilidad Intra-estacional de la onda de Kelvin ecuatorial en el Pacífico (2000-2007): simulación numérica y datos observados. *Magistri et Doctores, Revista de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos*, Lima, Año 5, No9, julio-diciembre de 2010, p. 55.
- Mosquera, K., 2014: Ondas Kelvin oceánicas y un modelo oceánico simple para su diagnóstico y pronóstico, *Boletín Técnico "Generación de modelos climáticos para el pronóstico de la ocurrencia del Fenómeno El Niño"*, Instituto Geofísico del Perú, Enero, 1, 1, 4-7.
- Reupo, J., y Takahashi, K., 2014a: Validación de pronósticos con modelos globales: Correlaciones de TSM (1982-2010). *Bol. Tec. El Niño IGP*, 1 (1), 8-9.
- Reupo, J., y Takahashi, K., 2014b: Variabilidad decadal en la bondad de los pronósticos con modelos climáticos globales. *Bol. Tec. El Niño IGP*, 1 (8), 9-10.
- Richard W. Reynolds, Thomas M. Smith, Chunying Liu, Dudley B. Chelton, Kenneth S. Casey, and Michael G. Schlax, 2007: Daily High-Resolution-Blended Analyses for Sea Surface Temperature. *J. Climate*, 20, 5473–5496.
- Takahashi, K., 2004: The atmospheric circulation associated with extreme rainfall events in Piura, Peru, during the 1997-1998 and 2002 El Niño events, *Ann. Geophys.*, 22, 3917-3926.
- Woodman, R. y Takahashi, K., 2014 ¿Por qué no llueve en la costa del Perú (salvo durante El Niño)? - *Bol. Tec. El Niño IGP*, 1 (6), 4-7.
- Y. Silva, Takahashi, K., y Chávez, R., 2008: Dry and wet rainy seasons in the Mantaro river basin (Central Peruvian Andes). *Advances in Geosciences* 14, 261-264.
- Takahashi, K., and Dewitte, B., 2015: Strong and moderate nonlinear El Niño regimes, *Climate Dynamics*, doi: 10.1007/s00382-015-2665-3.
- Vuille, M. (1999). Atmospheric circulation over the Bolivian Altiplano during dry and wet periods and extreme phases of the Southern Oscillation. *International Journal of Climatology*, 19(14), 1579-1600.
- Vuille, M., & Keimig, F. (2004). Interannual variability of summertime convective cloudiness and precipitation in the central Andes derived from ISCCP-B3 data. *Journal of Climate*, 17(17), 3334-3348.
- Woodman, R., 1999: Modelo estadístico de pronóstico de las precipitaciones en la costa norte del Perú, *El Fenómeno del Niño, Investigación para una prognosis, 1er encuentro de Universidades del Pacífico Sur: Memoria*, 93-108.

6. FIGURAS

a)



b)

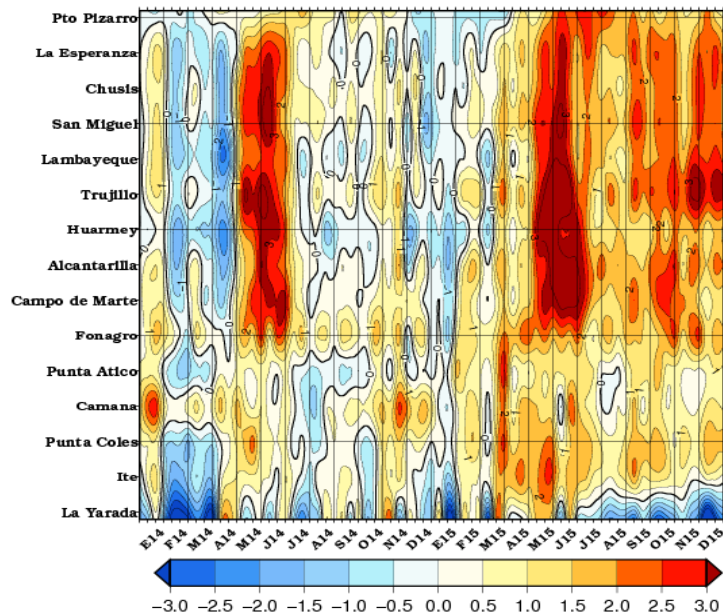
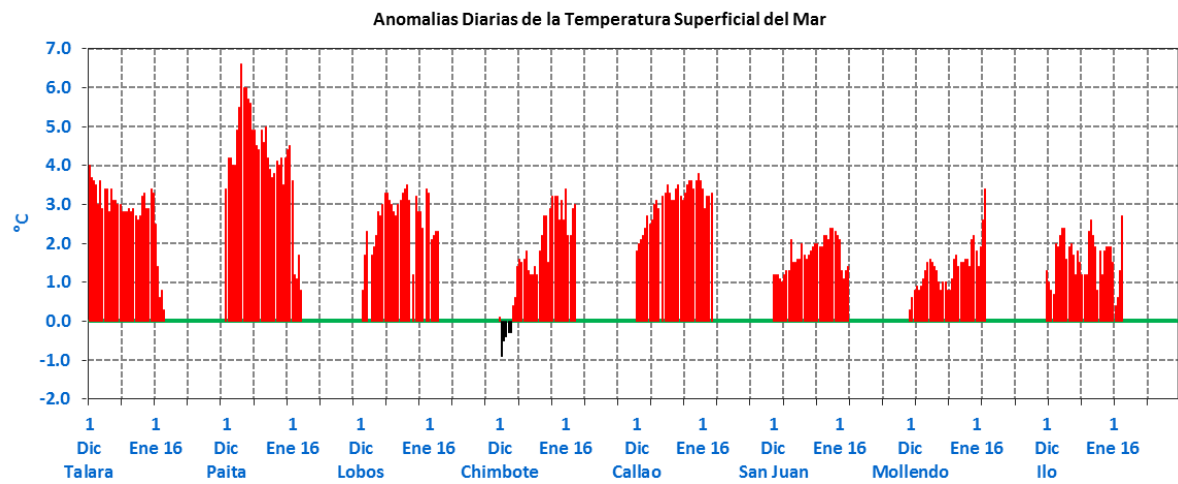


Figura 2.1.1. Anomalías de las temperaturas extremas del aire (°C) en la costa peruana desde enero 2014 a diciembre de 2015. Temperatura máxima (imagen superior) y Temperatura mínima (imagen inferior). Fuente: SENAMHI

a)



b)

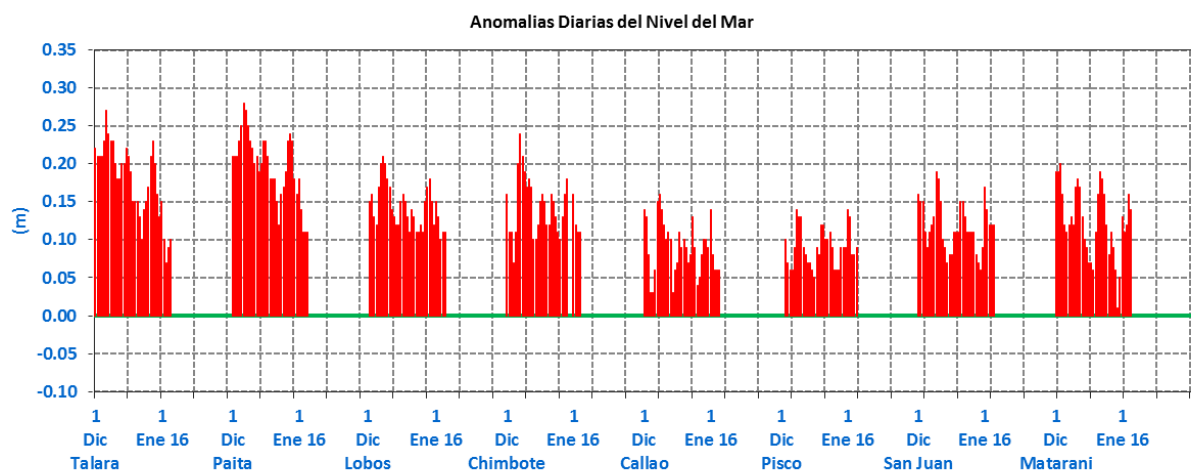


Figura 2.1.2. Serie de tiempo diaria de: a) Temperatura superficial del mar (°C) y b) Nivel medio del mar (m) en el litoral peruano durante el mes de noviembre-diciembre de 2015. Procesamiento: DHN

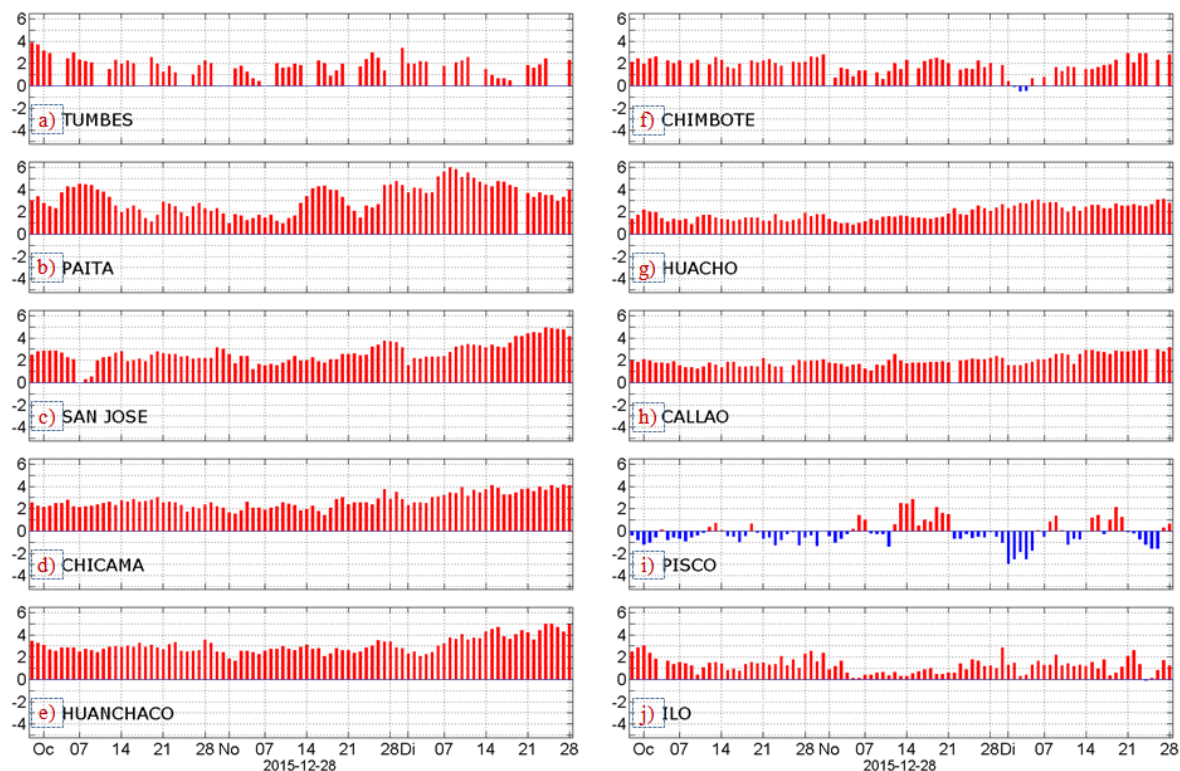


Figura 2.1.3 Series diarias de Anomalías de TSM registradas en estaciones costeras del IMARPE. Procesamiento: Laboratorio de Hidro-Física Marina, IMARPE.

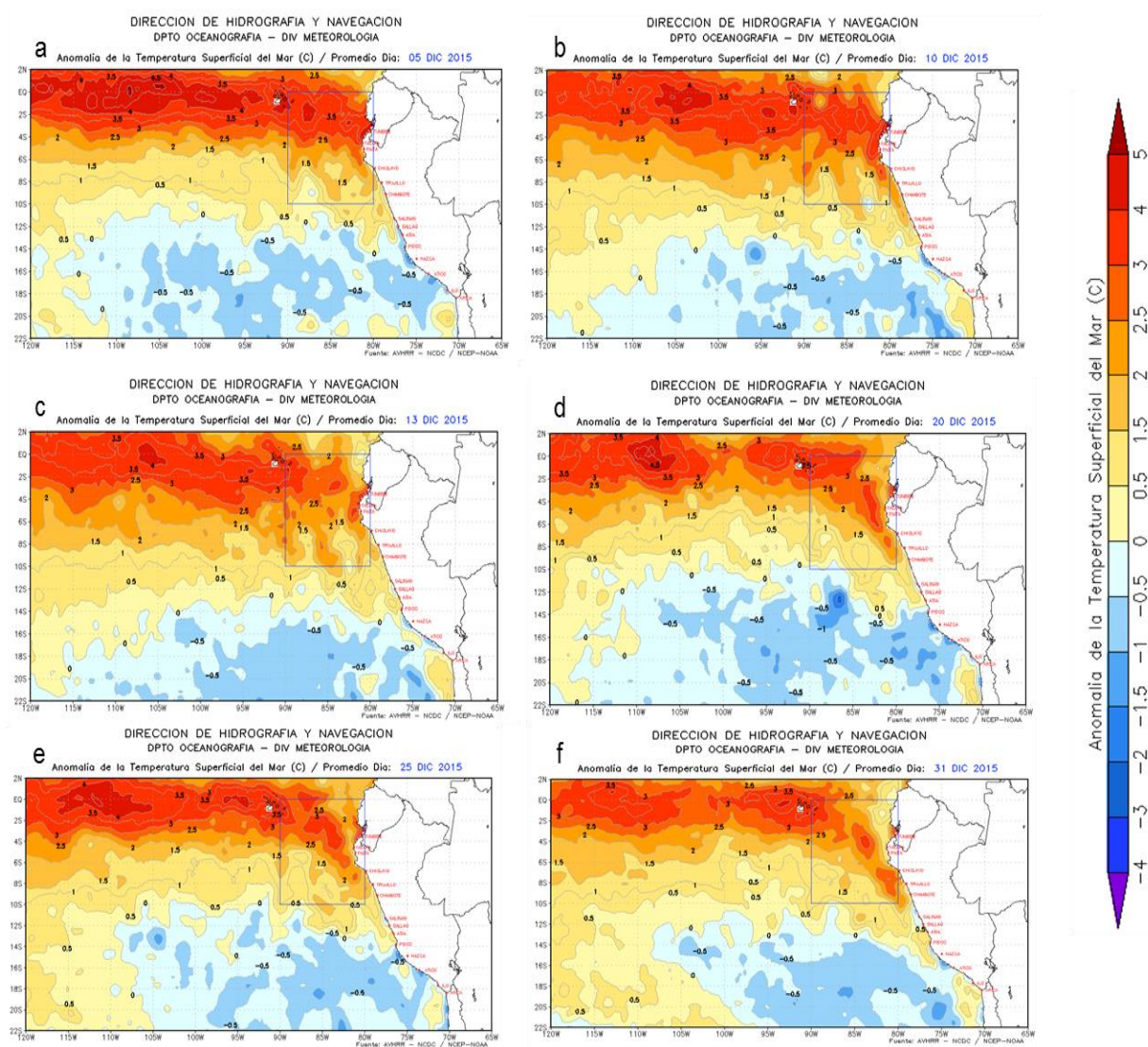


Figura 2.1.4. Anomalías de la temperatura superficial del mar (°C) en el océano Pacífico oriental para los días a) 5 de diciembre, b) 10 de diciembre, c) 13 de diciembre, d) 20 de diciembre, e) 25 de diciembre, f) 31 de diciembre de 2015. La línea sólida en color azul indica el límite externo de la región Niño 1+2. Datos: NCDC/NCEP/NOAA. Procesamiento: DHN

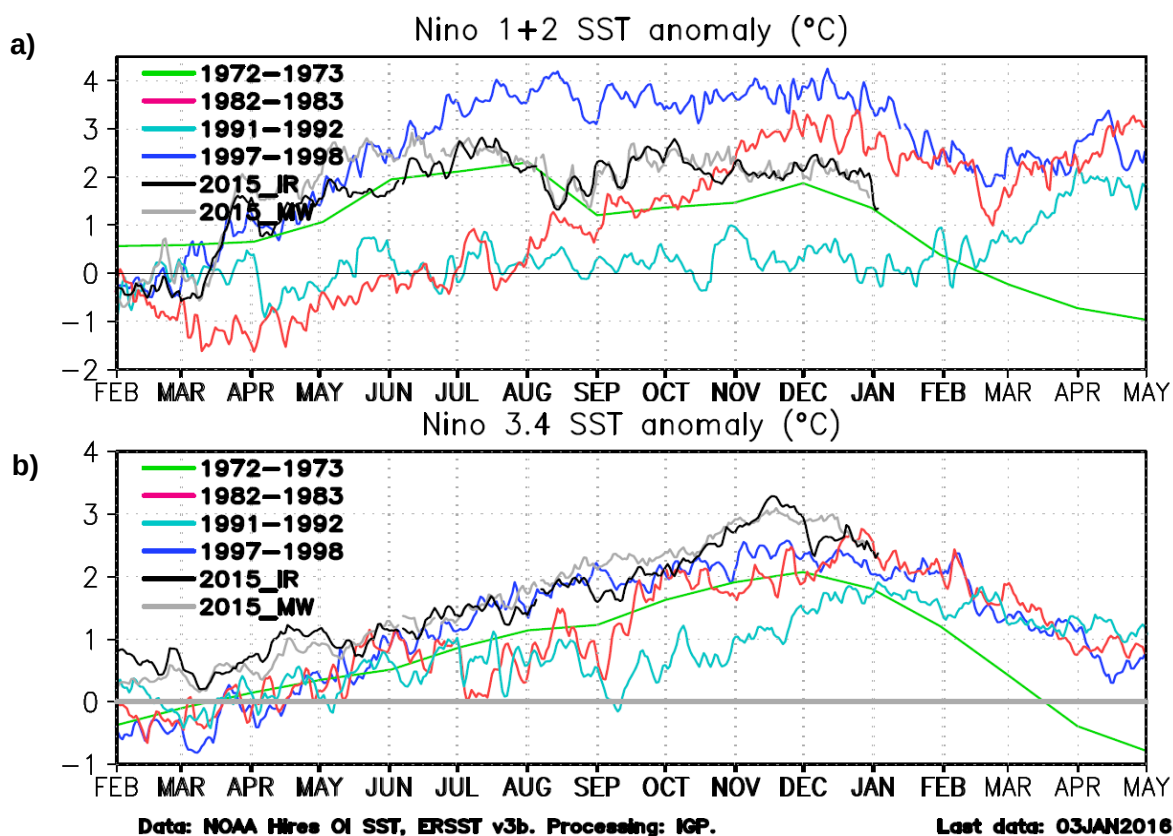


Figura 2.1.5. Anomalía de TSM (°C) durante el año 1982 (rojo), 1997 (azul) y 1972 (verde) según los datos infrarrojos (NOAA Daily OI SST v2 AVHRR), en la región 1+2 (a) y en la región 3.4 (b).Procesamiento: IGP

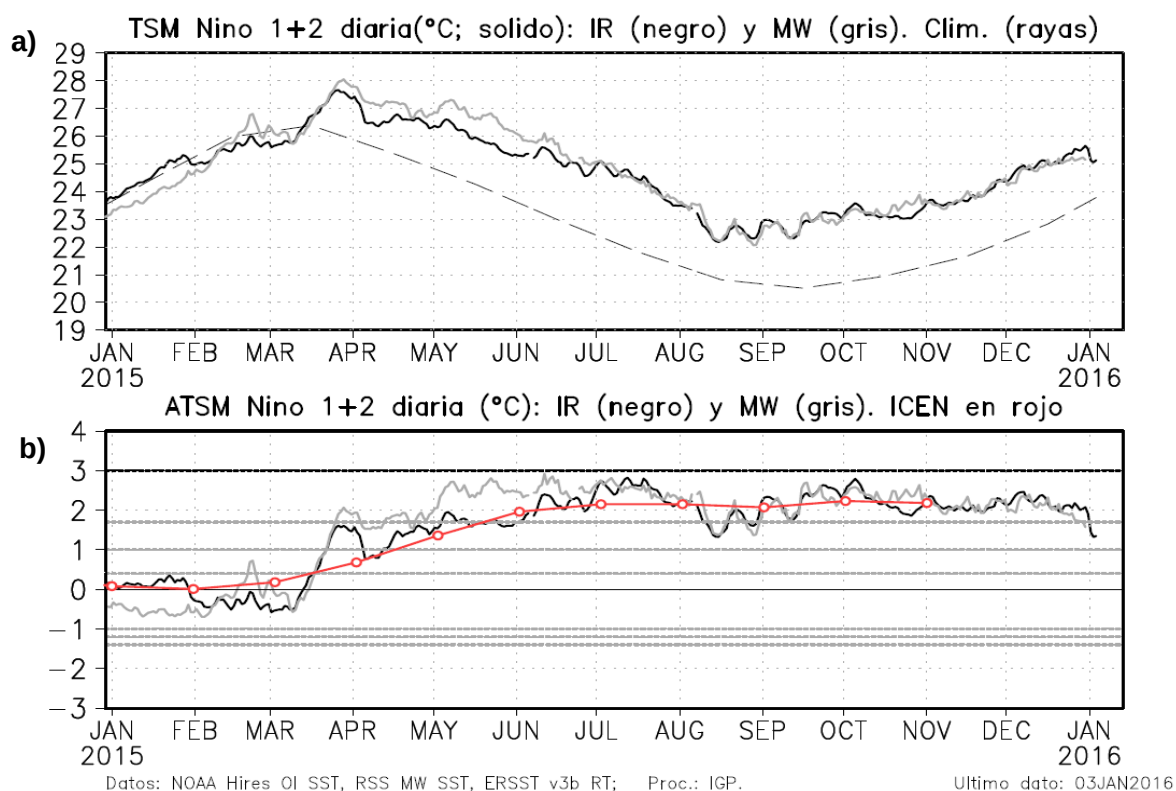


Figura 2.1.6. a) Temperatura superficial del mar (°C), climatología (línea punteada) en la región Niño 1+2 según los datos de infrarrojo (negro; NOAA Daily OI SST v2 AVHRR) y de microondas (gris; RSS Microwave OI SST v4.0). b) Anomalía de TSM en la región 1+2, según los datos infrarrojo (negro) y microondas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

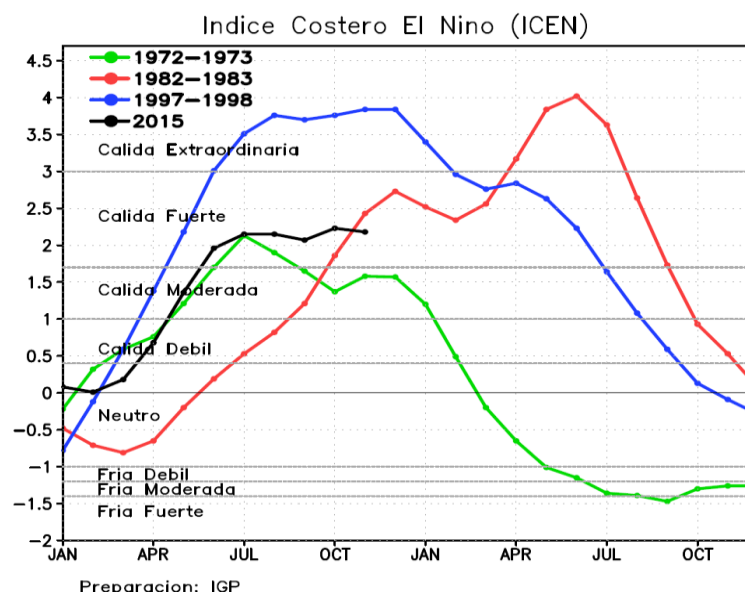


Figura 2.1.7. Índice Costero El Niño para los años 1972-1973 (verde), 1982-1983 (rojo), 1997-1998(azul) y 2015 (negro)

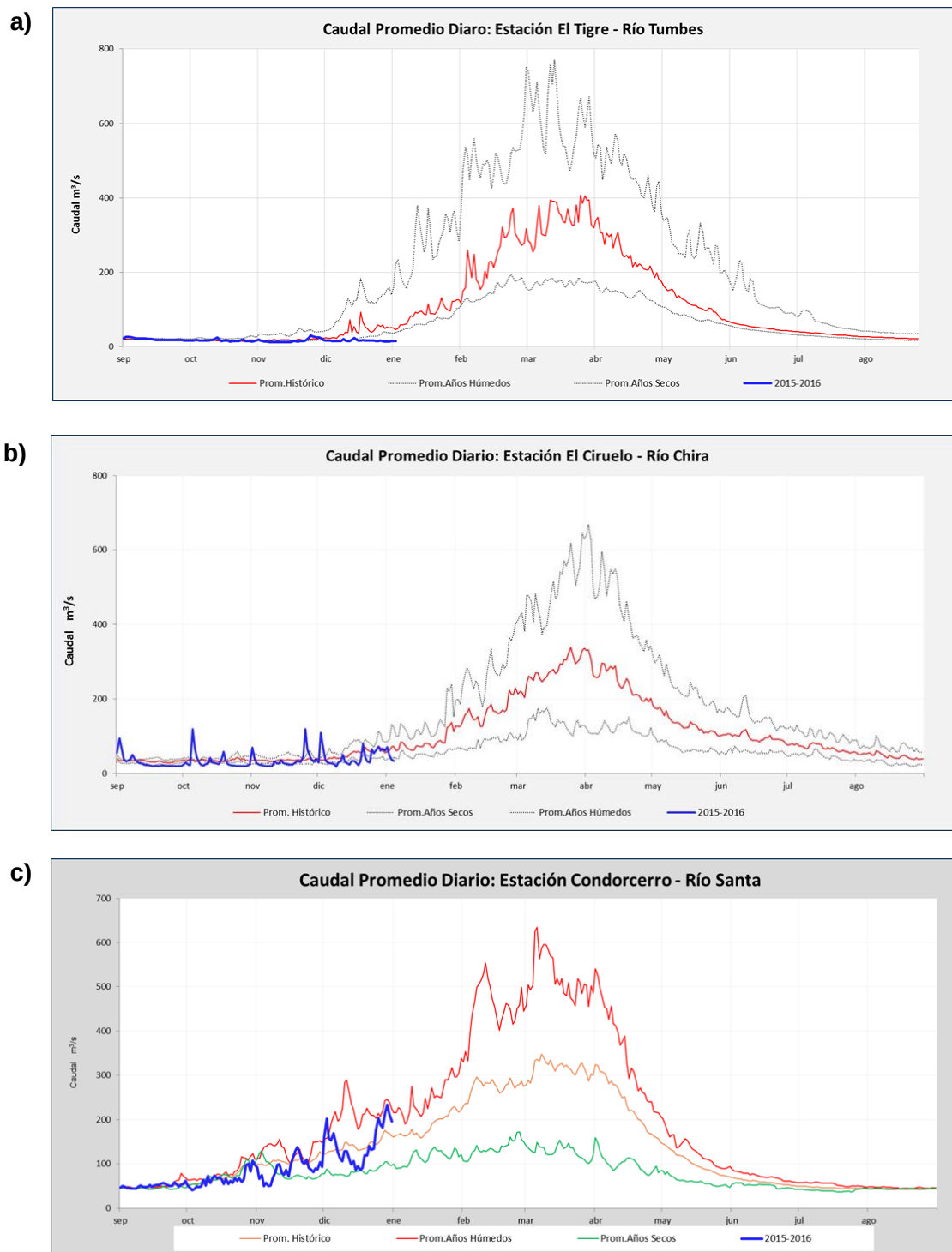


Figura 2.2.1. Serie de tiempo de los caudales diarios (m^3/s) de los ríos: a) Tumbes, b) Chira y c) Santa, de la vertiente del Pacífico en la zona norte del Perú. Fuente: ANA.

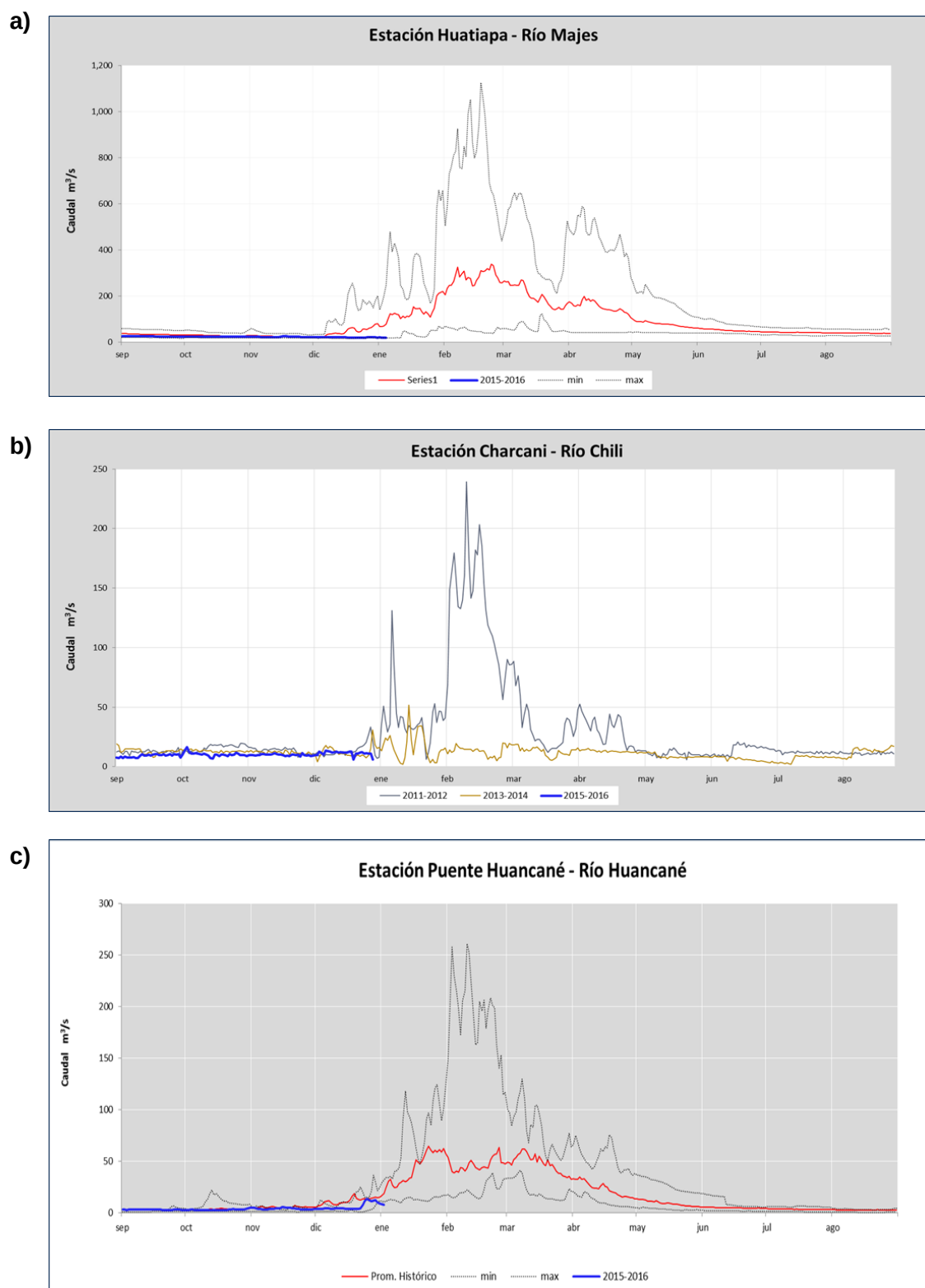


Figura 2.2.2. Serie de tiempo de los caudales diarios (m^3/s) de los ríos: a) Majes y b) Chili, de la vertiente del Pacífico, y c) Huancané de la vertiente del Titicaca en la zona sur del Perú. Fuente: ANA.

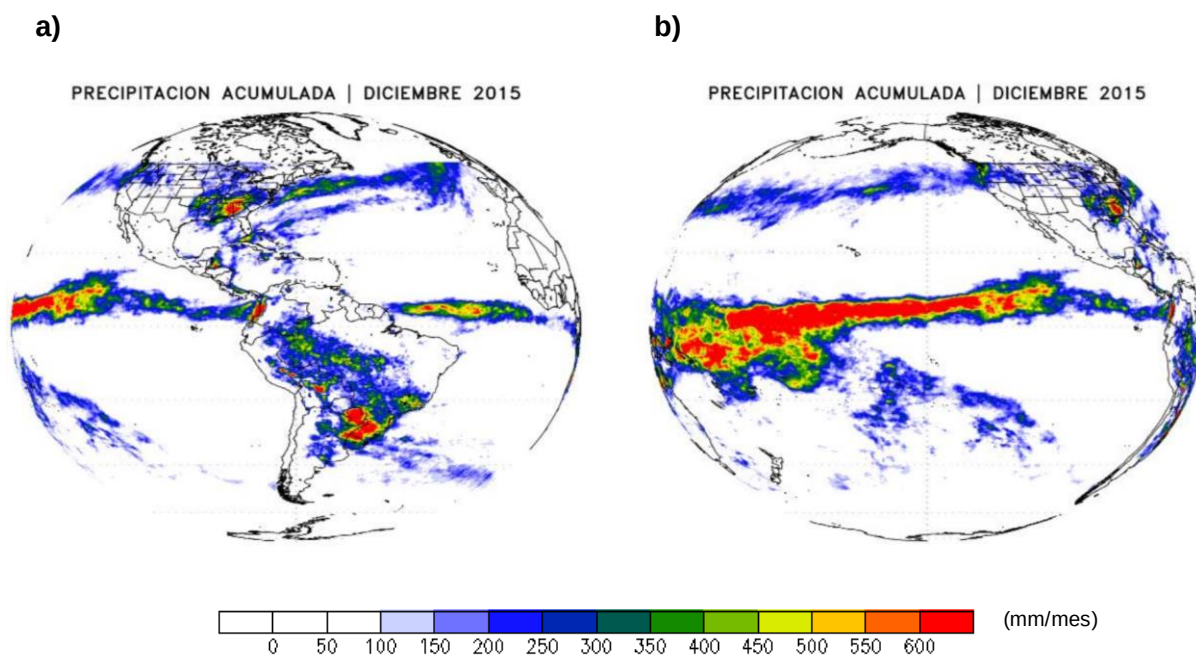


Figura 2.2.3. (a) Precipitación acumulada (mm/mes) de diciembre y (b) Climatología de la precipitación acumulada (mm/mes) de diciembre. Datos: TRMM NCEP/NOAA. Procesamiento: SENAMHI.

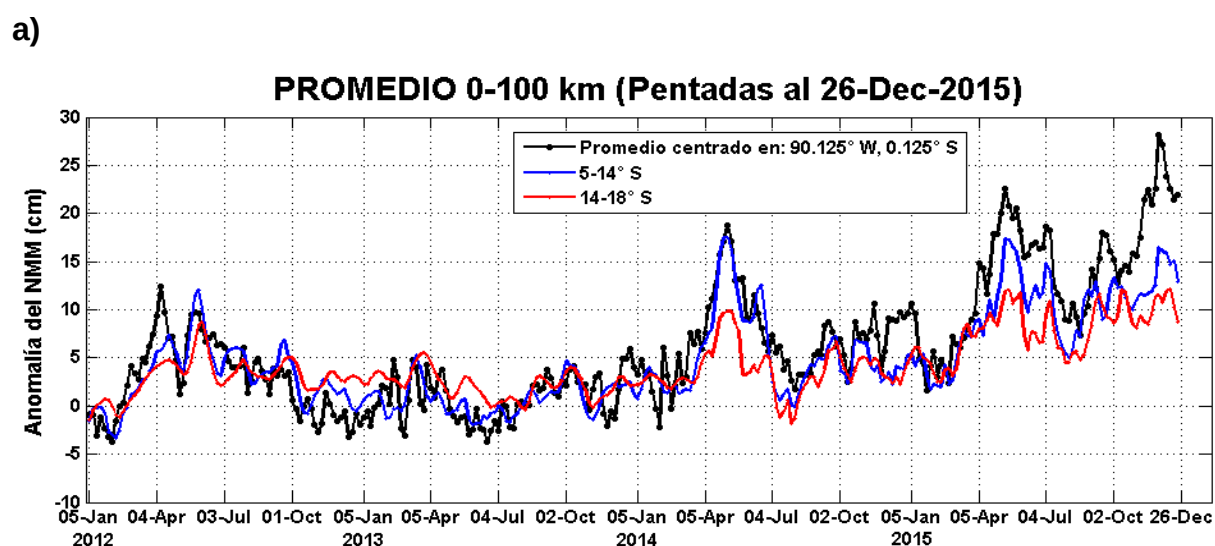


Figura 2.3.1. Anomalías de la altura del nivel del mar (cm) de altimetría satelital para la franja de 0 a 100 km. a) Serie temporal en pentadas durante el periodo 2012-2015. Datos: AVISO. Procesamiento: IMARPE.

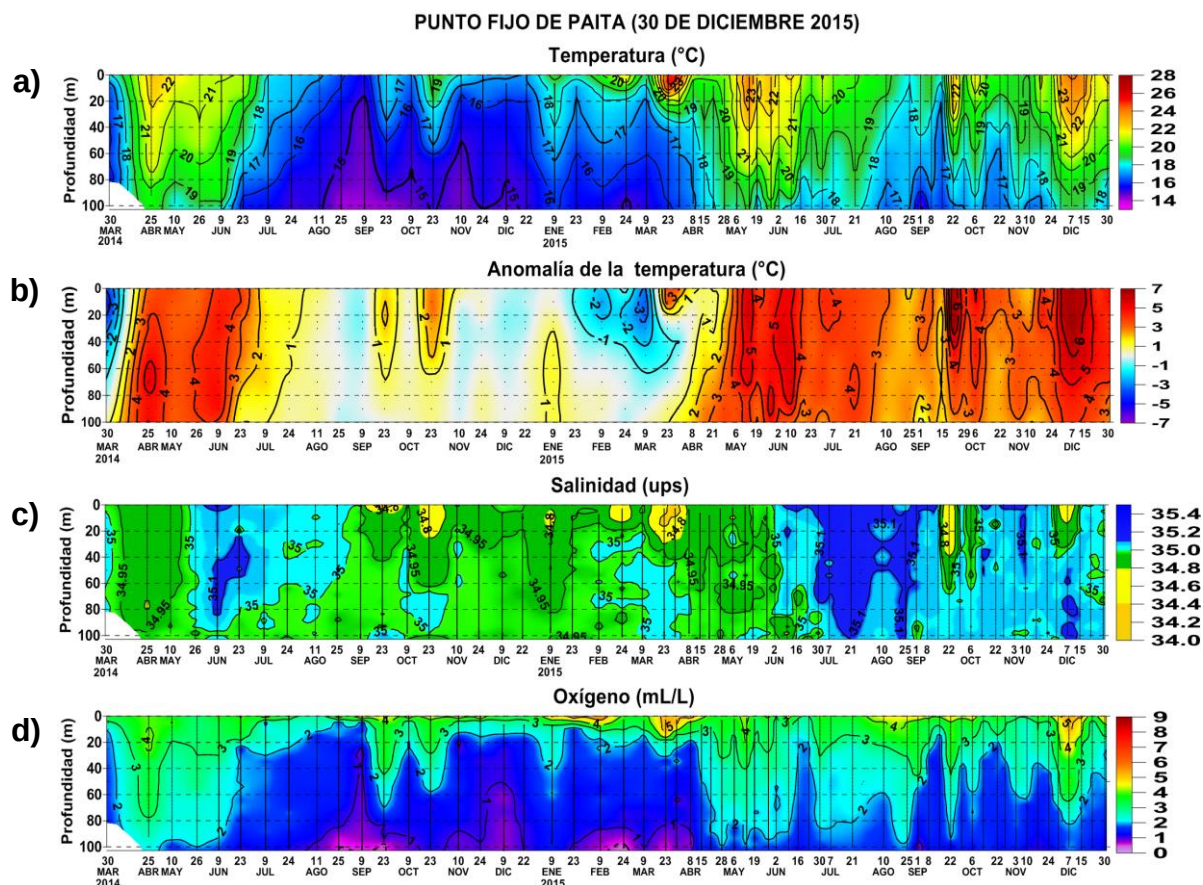
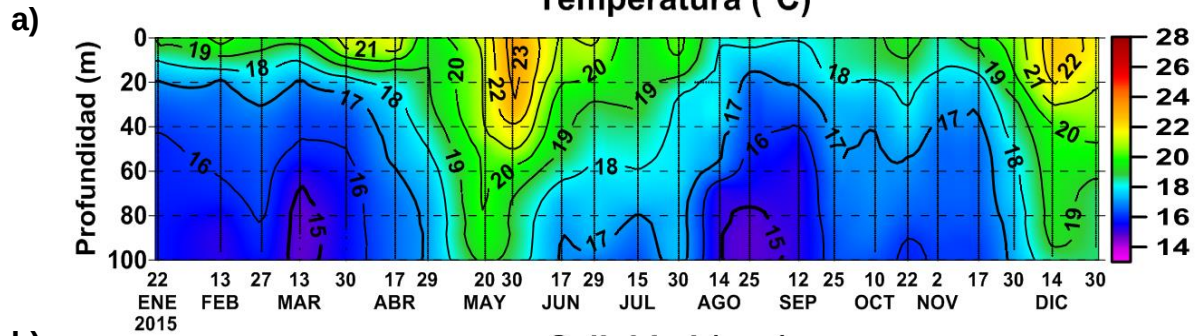


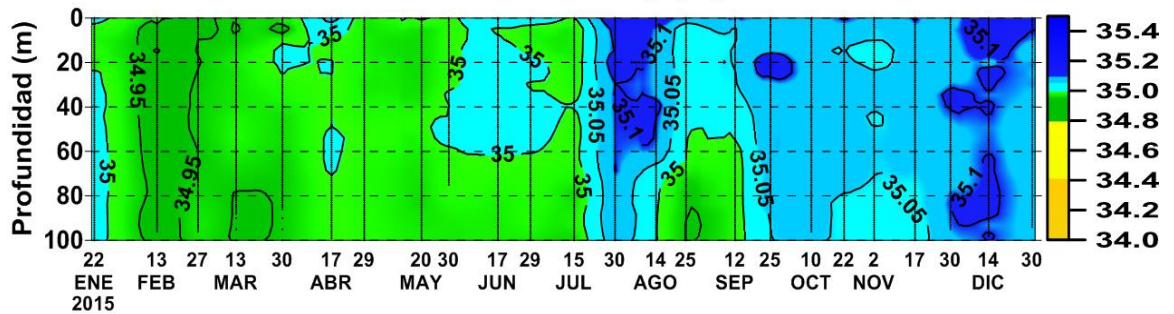
Figura 2.3.2. Series de tiempo para la estación oceanográfica fija frente a Paita (punto fijo Paita) de: a) temperatura (°C), b) anomalía de la temperatura (°C), c) Salinidad (ups) y d) oxígeno (mL/L) para el periodo del 30 de marzo de 2014 al 30 de diciembre de 2015. Climatología: 1994-2010. Fuente: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

PUNTO FIJO DE CHICAMA (30 DE DICIEMBRE 2015)

Temperatura (°C)



b) Salinidad (ups)



c) Oxígeno (mL/L)

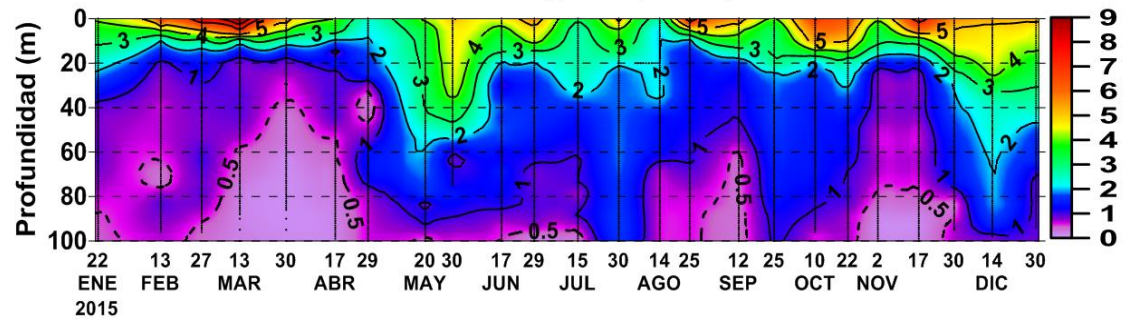


Figura 2.3.3. Series de tiempo para la estación oceanográfica fija frente a Chicama (punto fijo Chicama) de: a) Temperatura (°C), b) Salinidad (ups) y c) Oxígeno (mL/L) para el periodo del 22 de enero al 30 de diciembre de 2015. Fuente: IMARPE.

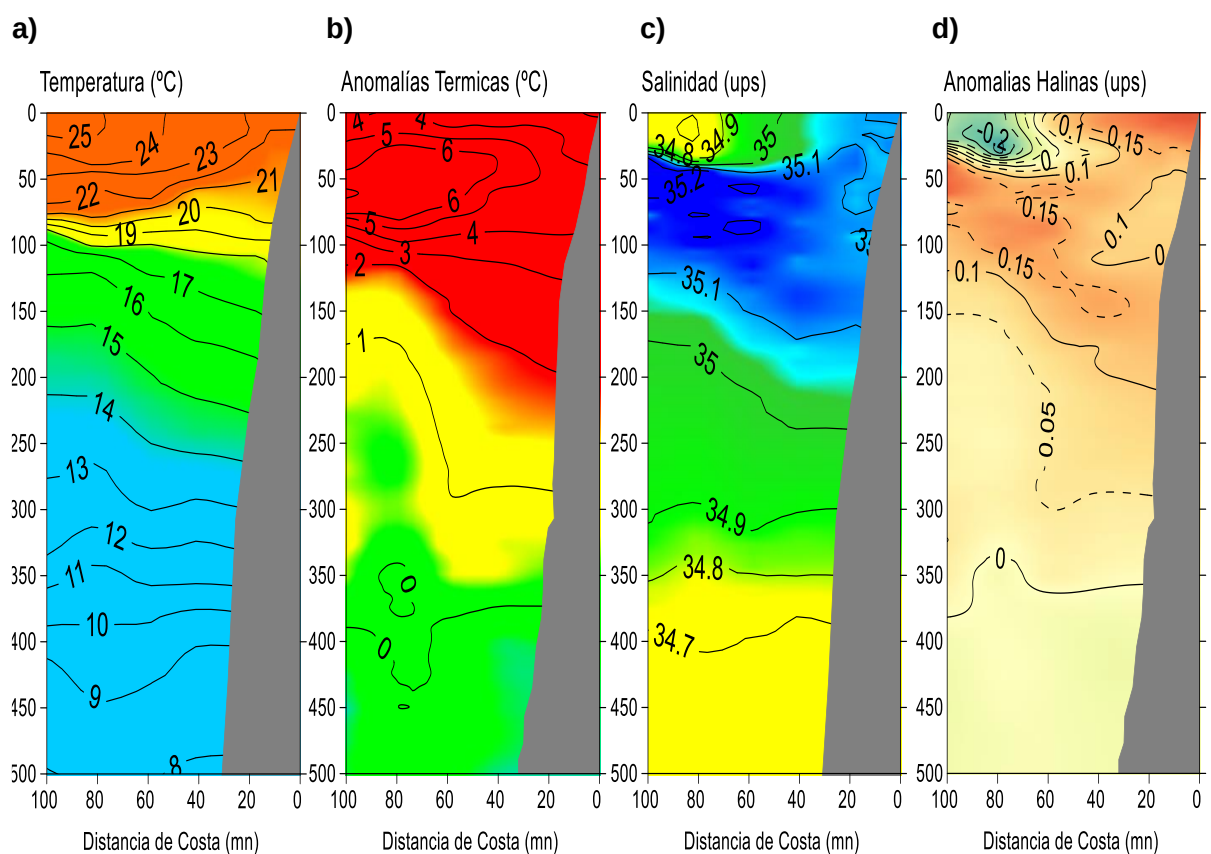


Figura 2.3.4. Distribución vertical de: a) temperatura y b) anomalía de temperatura (°C), c) salinidad y d) anomalía de salinidad (ups) frente a Paíta. Operación Monitoreo Bio-Oceanográfico Chicama-Paíta 1512. BIC Flores, realizada durante el 19 y 20 de diciembre de 2015. Fuente: IMARPE.

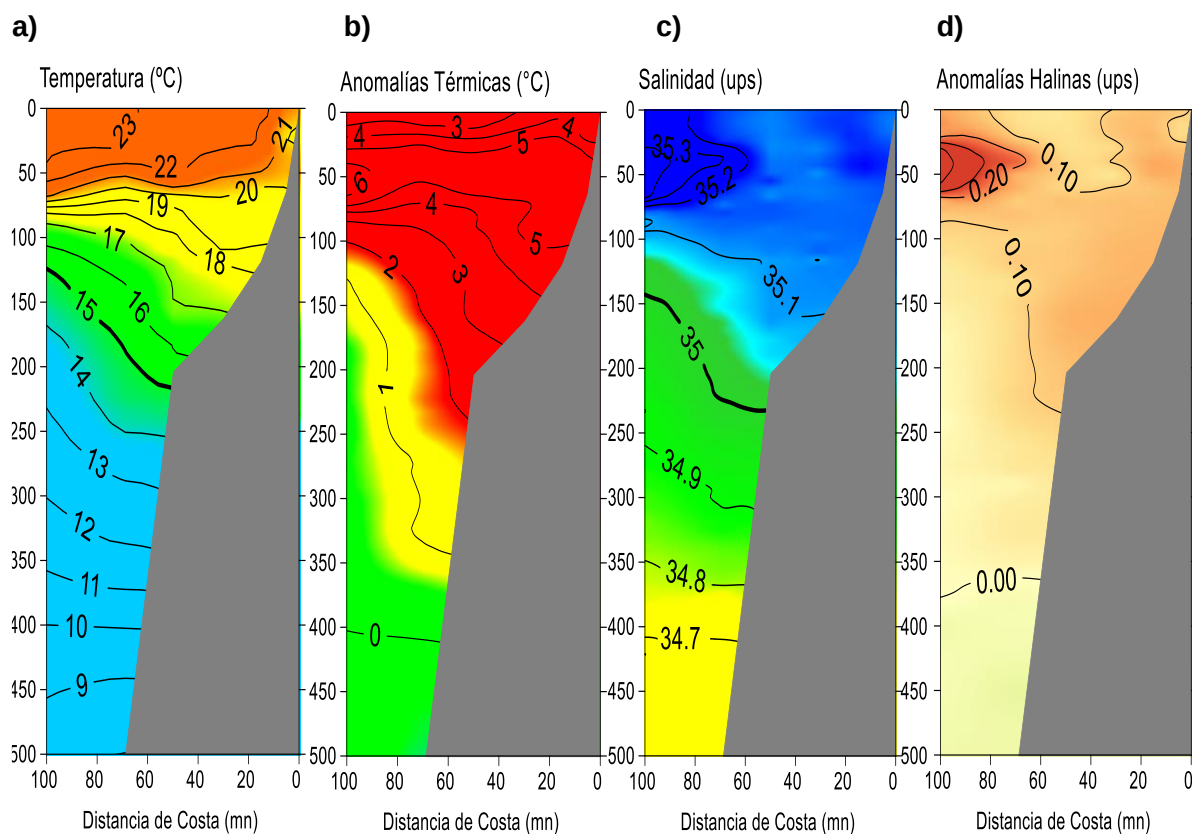
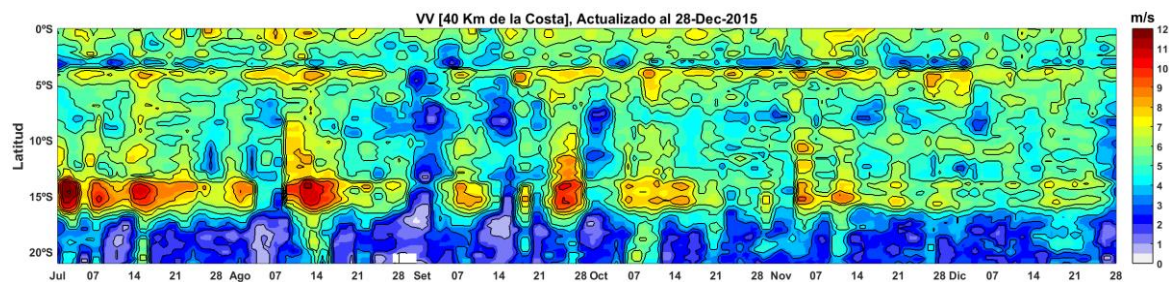


Figura 2.3.5 Distribución vertical de: a) temperatura y b) anomalía de temperatura (°C), c) salinidad y d) anomalía de salinidad (ups) frente a Chicama. Operación Monitoreo Bio-Oceanográfico Chicama Paita 1512. BIC Flores, realizada durante el 17 y 18 de diciembre de 2015. Fuente: IMARPE.

a)



b)

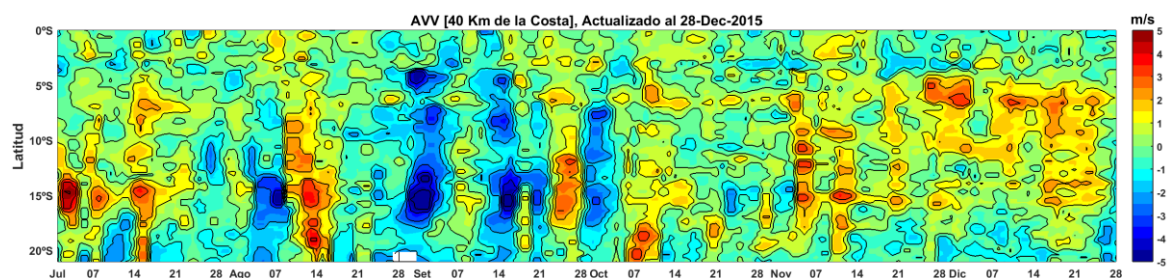


Figura 2.4.1. a) Velocidad del viento (m/s) y b) Anomalía del viento (m/s), desde los 0° hasta 20°S en el periodo de julio a diciembre de 2015. Datos: ASCAT. Procesamiento: IMARPE.

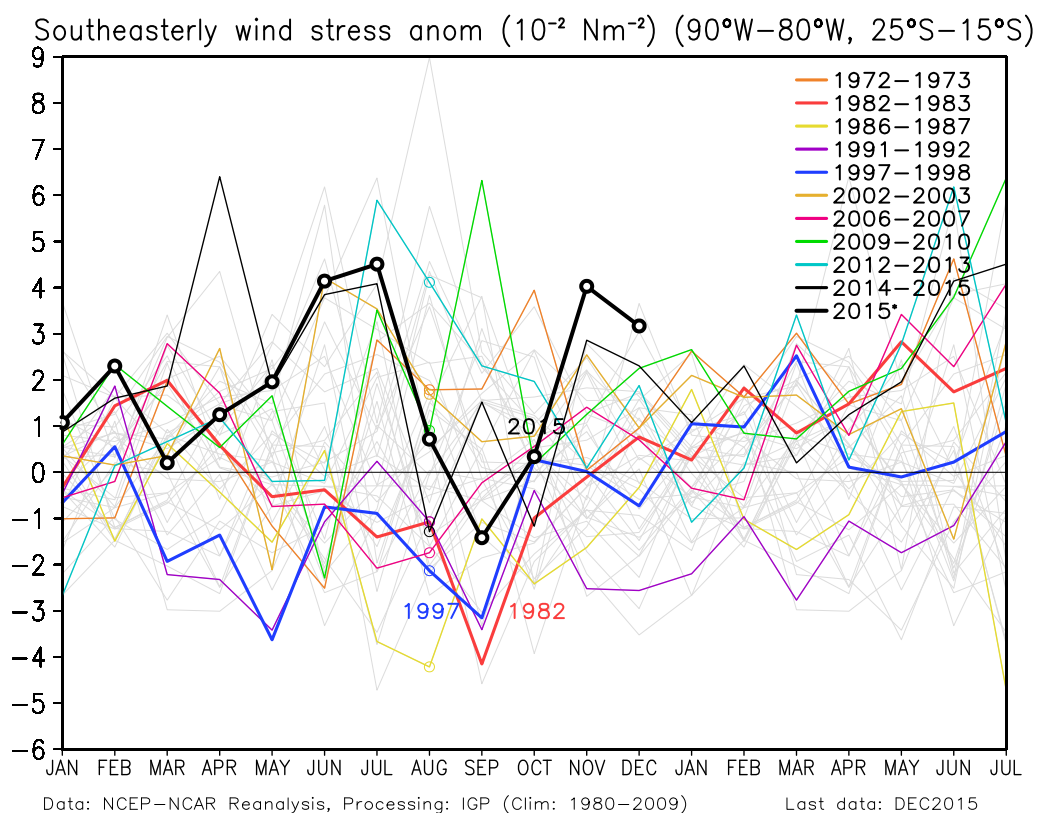


Figura 2.4.2. Anomalía del esfuerzo de viento del sureste (10^{-2} Nm^{-2}) en el Pacífico sudoriental ($90^{\circ}\text{W}-80^{\circ}\text{W}$, $25^{\circ}\text{S}-15^{\circ}\text{S}$) desde enero hasta julio del año siguiente. Datos: Re-análisis NCEP NCAR, Procesamiento: IGP.

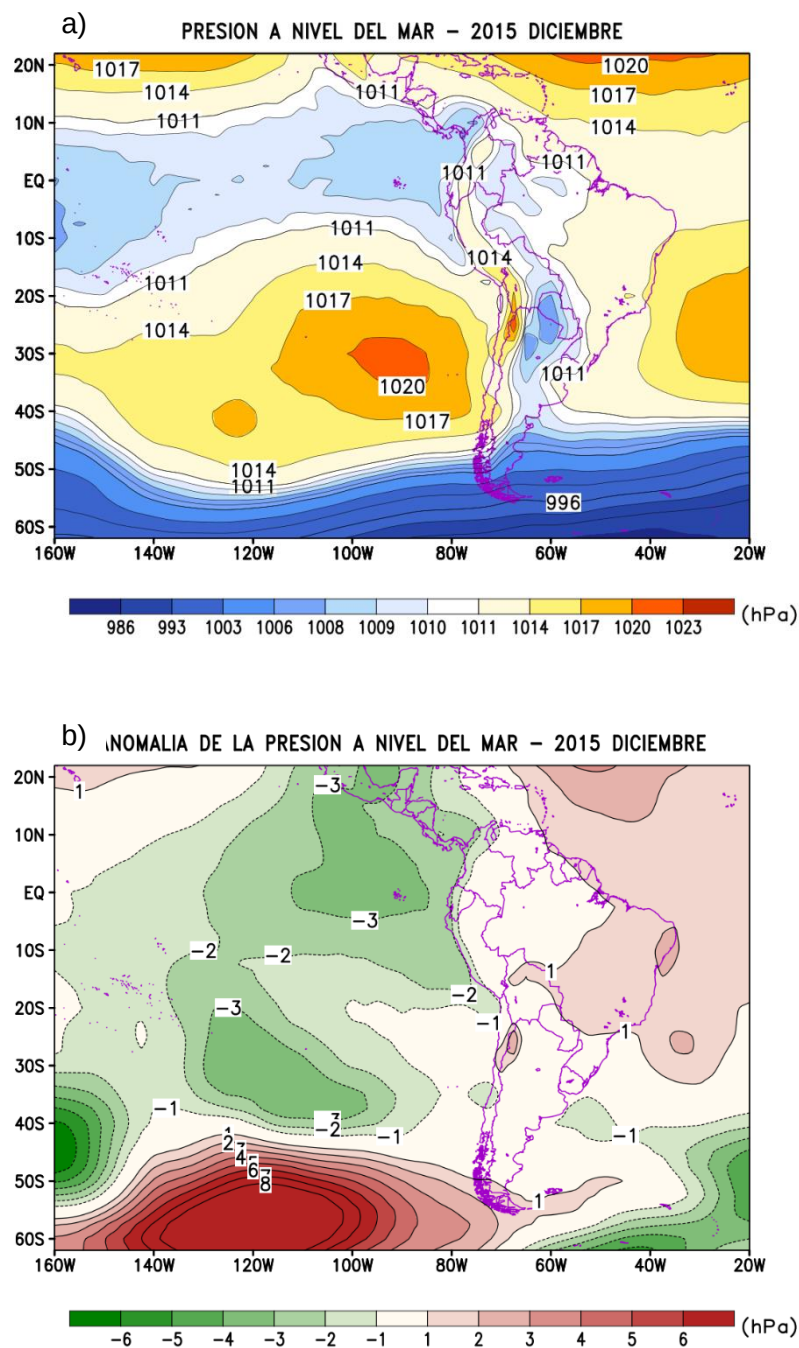


Figura 2.4.3 Presión atmosférica (hPa) a nivel medio del mar para diciembre del 2015. a) Promedio de la Presión atmosférica (hPa) a nivel del mar, b) Anomalía de la Presión atmosférica (hPa) a nivel del mar. Datos: NCEP/NOAA. Procesamiento: SENAMHI.

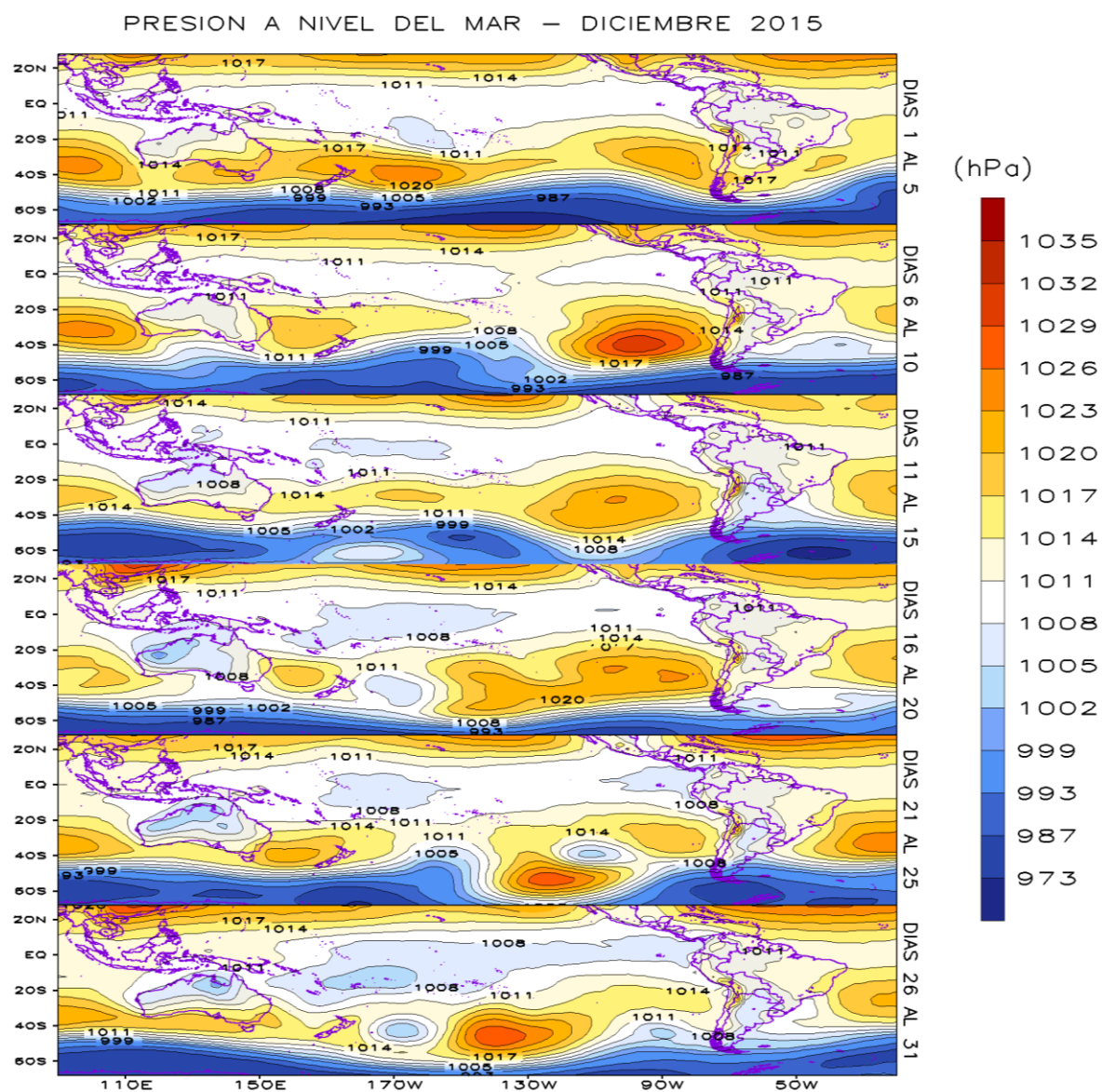


Figura 2.4.4 Análisis de la Presión atmosférica (hPa) a nivel medio del mar para diciembre del 2015. Datos: NCEP/NCAR Reanalysis. Procesamiento: SENAMHI.

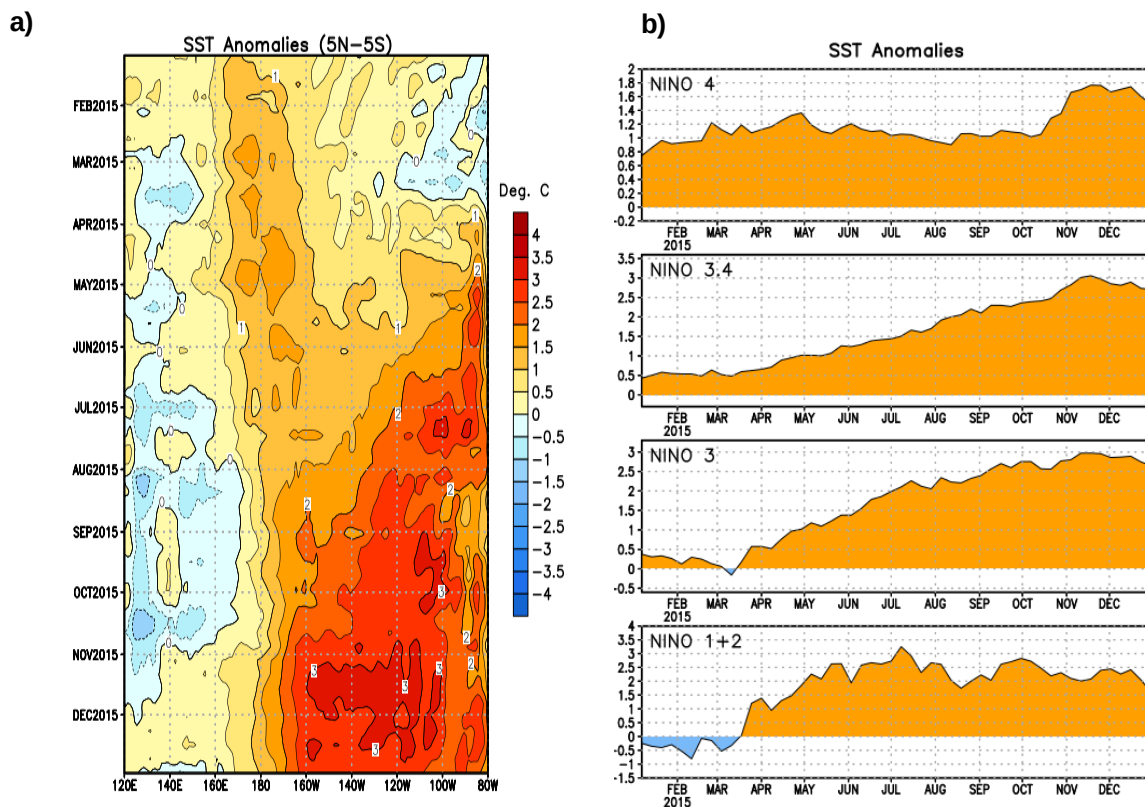


Figura 2.5.1. a) Anomalías de la temperatura superficial del mar (°C) en el océano Pacífico ecuatorial (5°N-5°S), b) Anomalías de la temperatura superficial del mar (°C) en las regiones Niño de enero de 2015 a diciembre de 2015. Fuente: NCEP/NOAA.

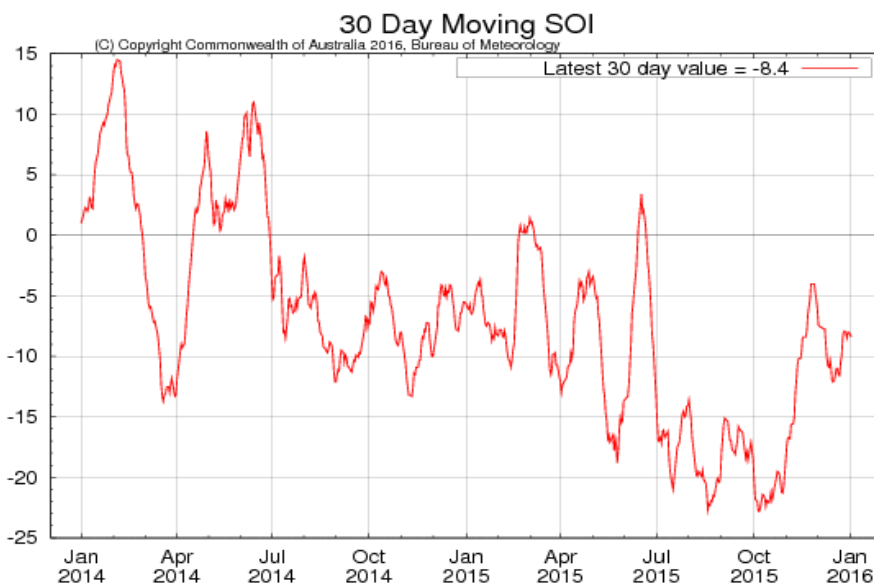
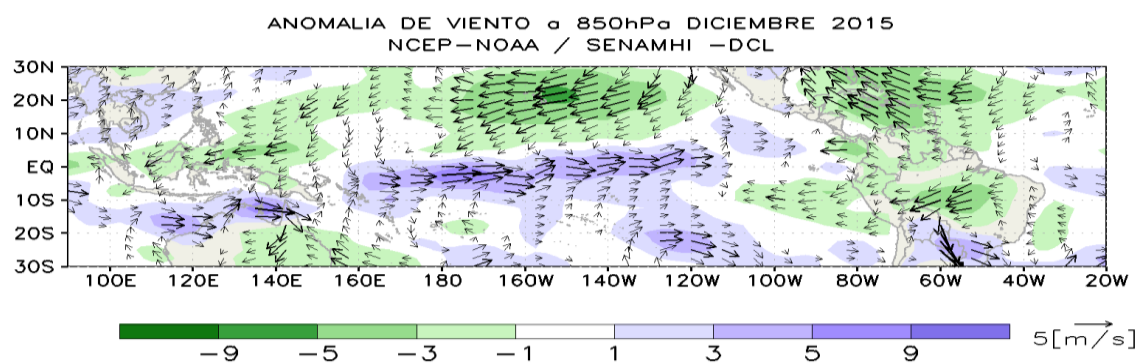


Figura 2.5.2. Evolución del Índice de Oscilación Sur (IOS), considerando la media móvil de 30 días. Fuente: Bureau of Meteorology, Australia.

a)



b)

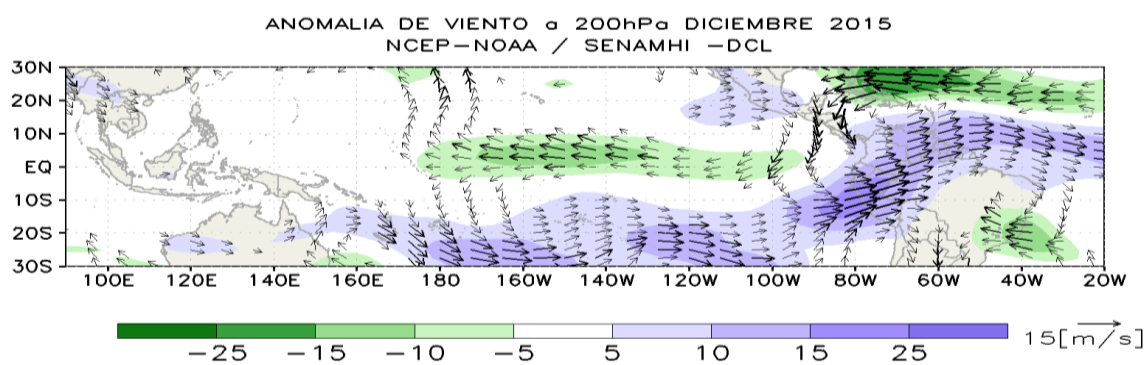


Figura 2.5.3. Análisis de anomalías del viento (m/s) en a) 850 hPa y b) 200 hPa para el mes de diciembre del 2015. Datos: NCEP/NOAA. Procesamiento: SENAMHI-DCL.

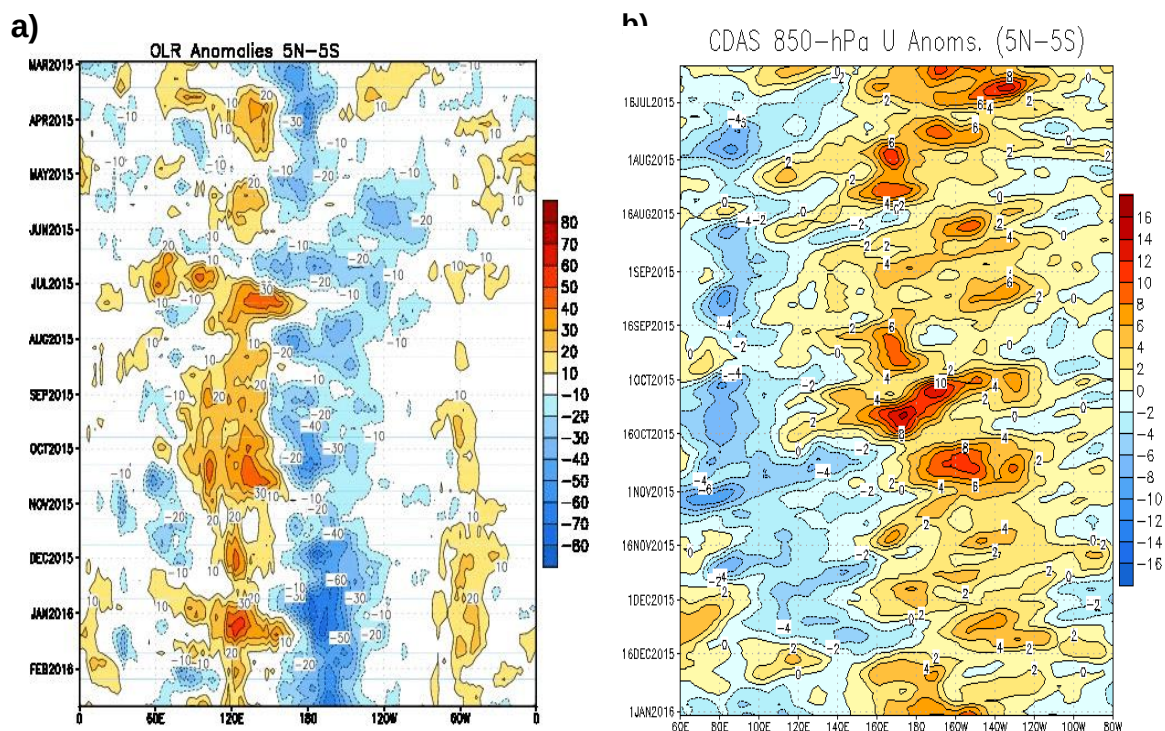


Figura 2.5.4. Hovmoller de anomalías de a) Radiación de onda larga - OLR (W/m²) desde el mes de diciembre de 2104 hasta enero de 2016. Datos: NCEP b) Viento zonal 850 hPa desde julio de 2015 hasta enero de 2016. Datos: CDAS, Procesamiento: IMARPE.

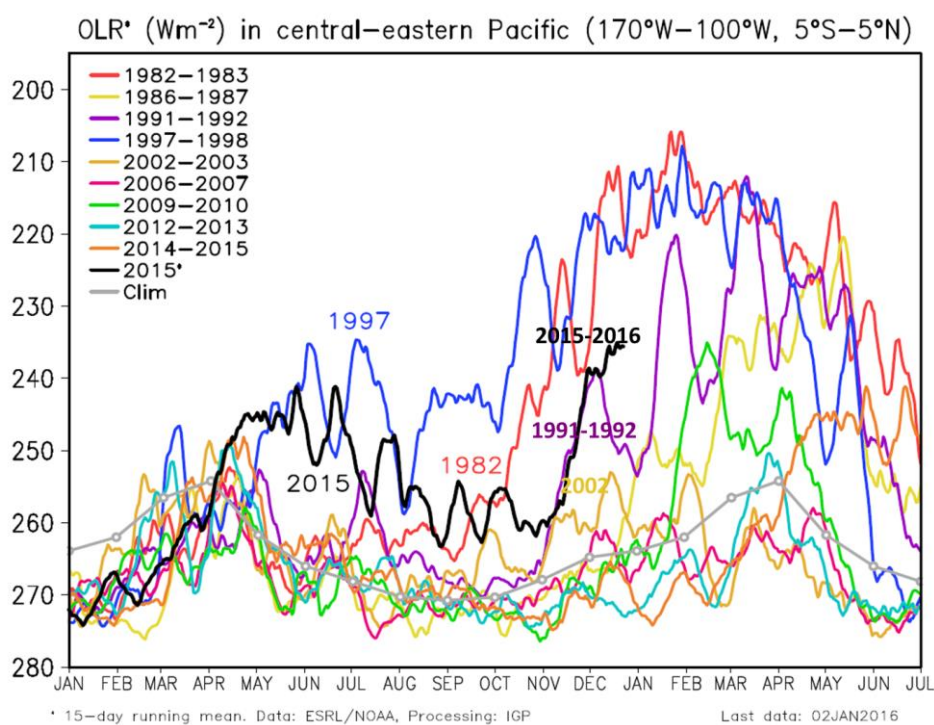


Figura 2.5.5. Radiación de onda larga - OLR (W/m²) en el Pacífico central-oriental (170°W-100°W, 5°S-5°N) desde el mes de enero hasta el mes de julio del año siguiente. Datos: ESRL/NOAA, Procesamiento: IGP.

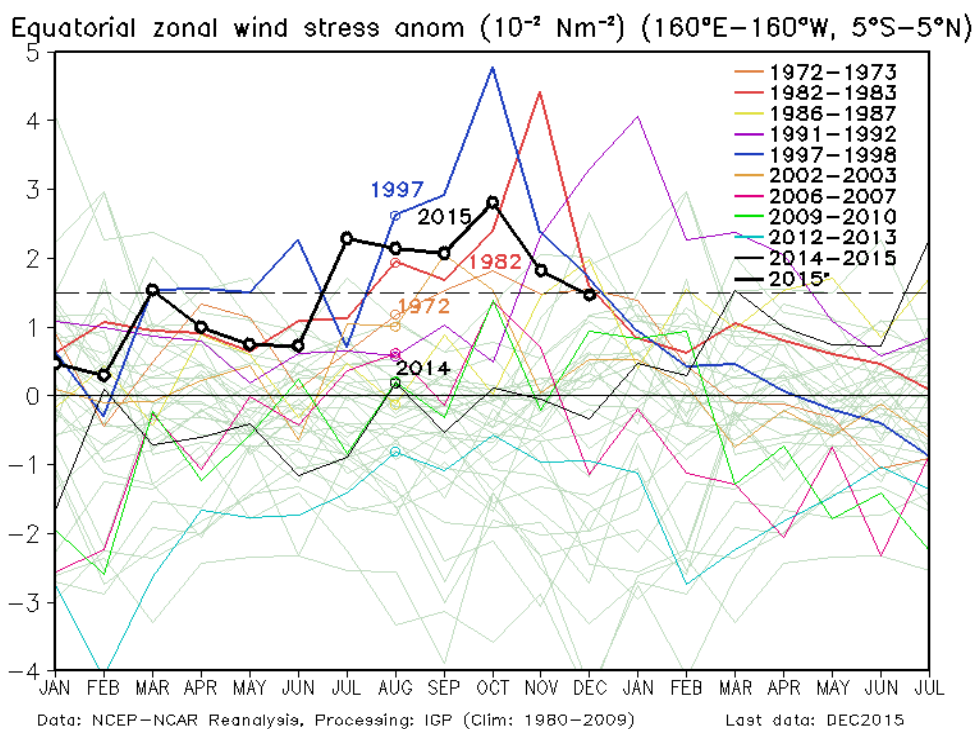


Figura 2.5.6. Anomalía del esfuerzo del viento zonal (10^{-2} Nm^{-2}) en el Pacífico central-oriental ($160^{\circ}\text{E}-160^{\circ}\text{W}$, $5^{\circ}\text{S}-5^{\circ}\text{N}$) desde el mes de enero hasta el mes de julio del año siguiente. Datos: NCEP-NCAR, Procesamiento: IGP.

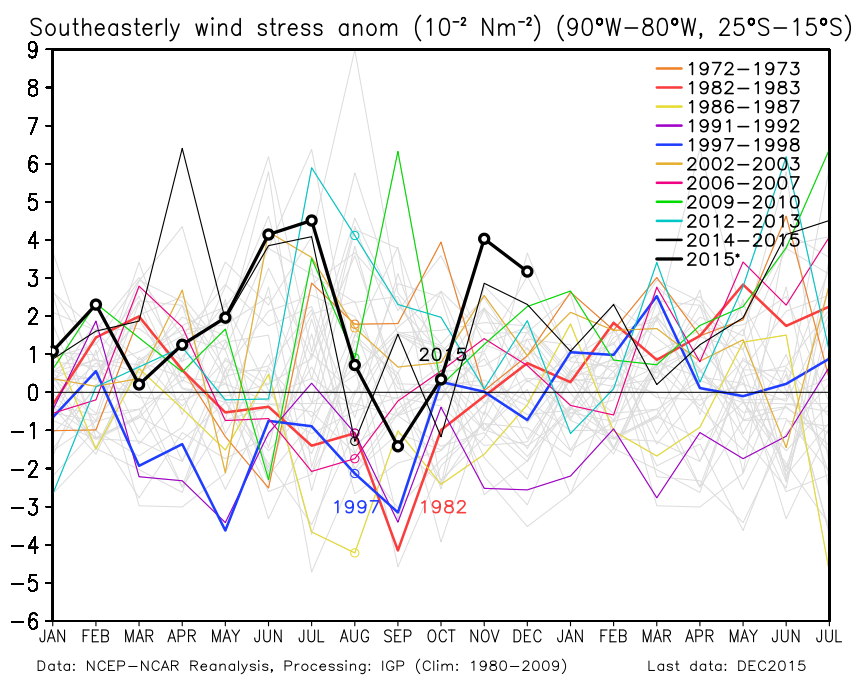


Figura 2.5.7. Anomalía del esfuerzo del viento zonal (10^{-2} Nm^{-2}) en el Pacífico oriental ($160^{\circ}\text{E}-160^{\circ}\text{W}$, $5^{\circ}\text{S}-5^{\circ}\text{N}$) desde el mes de enero hasta el mes de julio del año siguiente. Datos: ICOADS, Procesamiento: IGP.

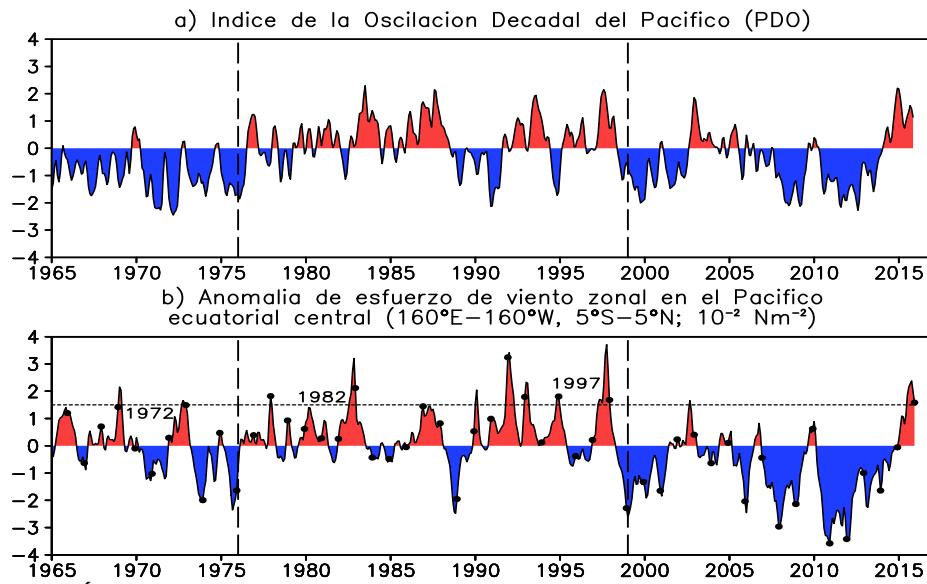


Figura 2.5.8. a. Índice de la Oscilación Decadal del Pacífico (PDO) y b. Anomalia de esfuerzo de viento zonal en el Pacífico ecuatorial central. Datos: JISAO/UW Y NCEP/NCA, Procesamiento: IGP.

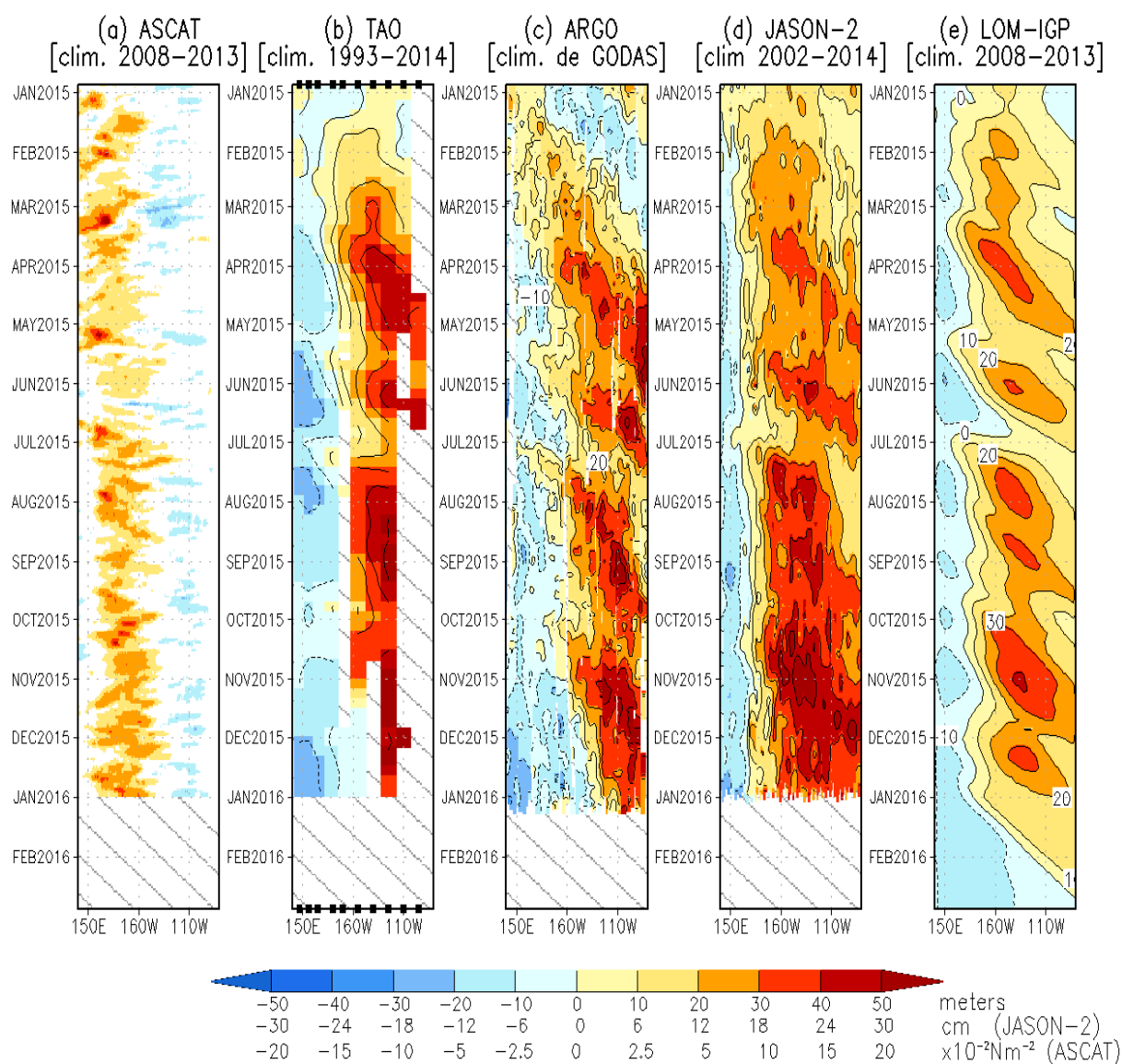


Figura 2.6.1. Diagrama longitud-tiempo de las anomalías de esfuerzo de viento zonal ecuatorial basado en datos del escaterómetro ASCAT (a), anomalía de la profundidad de la isoterma de 20°C con datos de TAO (b) y los derivadores de Argo (c), datos del nivel del mar de JASON-2 (d). Finalmente en (e) se muestra la anomalía de la profundidad de la termoclina calculada con el modelo LOM-IGP (forzado por ASCAT, y $\text{taux}=0$ para el pronóstico). Las líneas diagonales plumas representan una propagación hacia el este con velocidad de 2.7 m/s para la onda de nivel del mar. Datos: ASCAT, TAO/TRITON, Argo, JASON-2. Procesamiento: IGP.

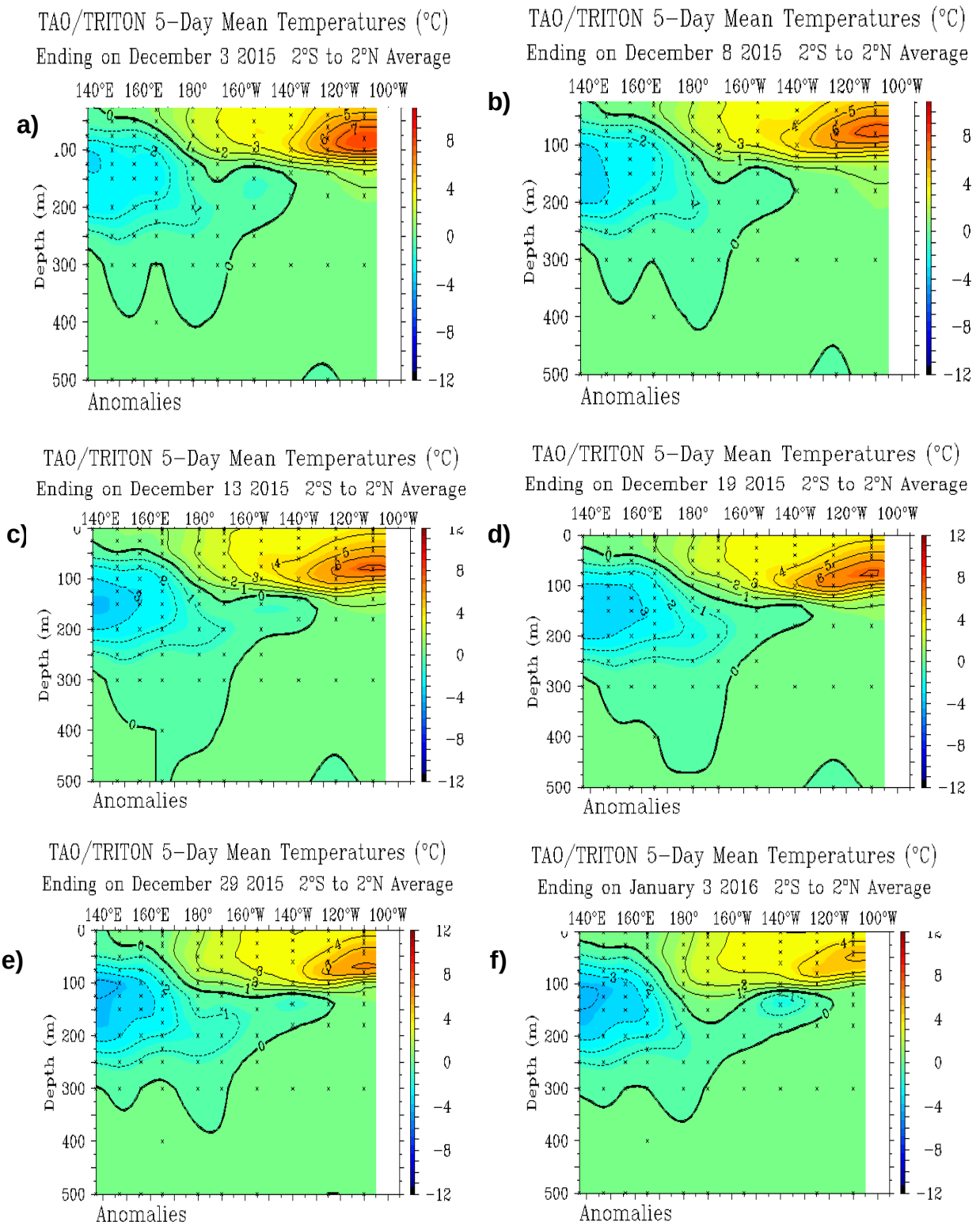


Figura 2.6.2. Anomalías de la temperatura sub-superficial del mar ($^{\circ}\text{C}$) en el océano Pacífico ecuatorial entre los 2°N y 2°S promediadas cada cinco días finalizando los días a) 3 de diciembre, b) 8 de diciembre, c) 13 de diciembre, d) 19 de diciembre, e) 29 de diciembre de 2015 y f) 3 de enero de 2016. Fuente: TAO/TRITON, PMEL/NOAA.

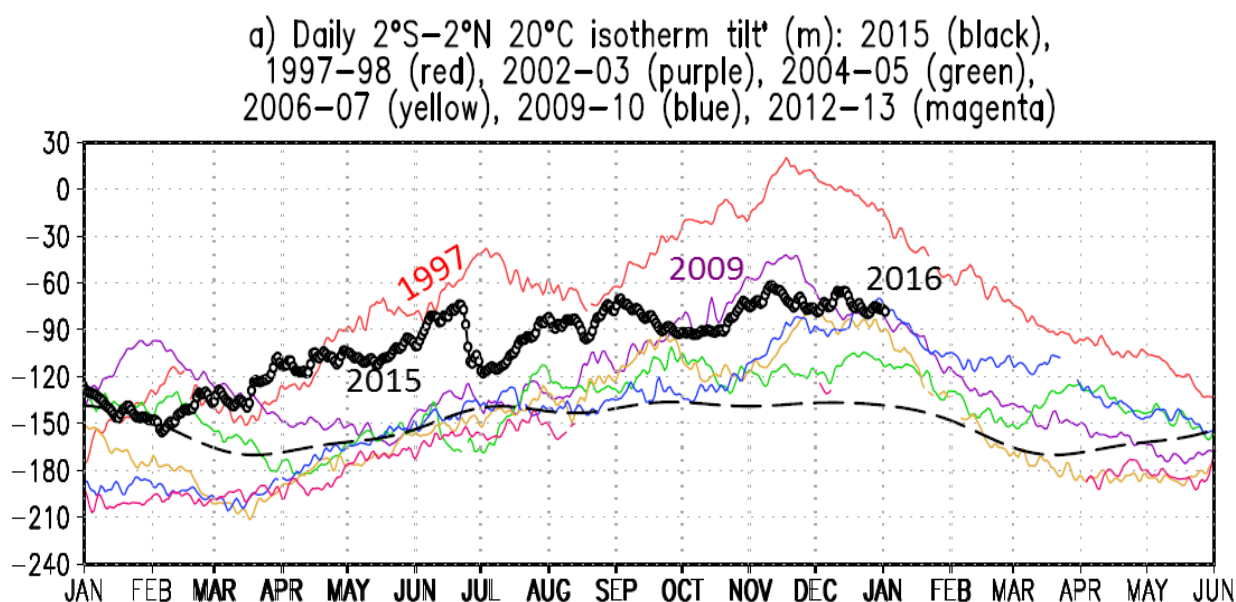


Figura 2.6.3. Inclinación de la termoclina, diferencia de la profundidad zonal del ajuste de la regresión lineal para la longitud (137°E – 95°W). Climatología 1993-2012 (punteado). Data: TAO/TRITON. Procesamiento: IGP

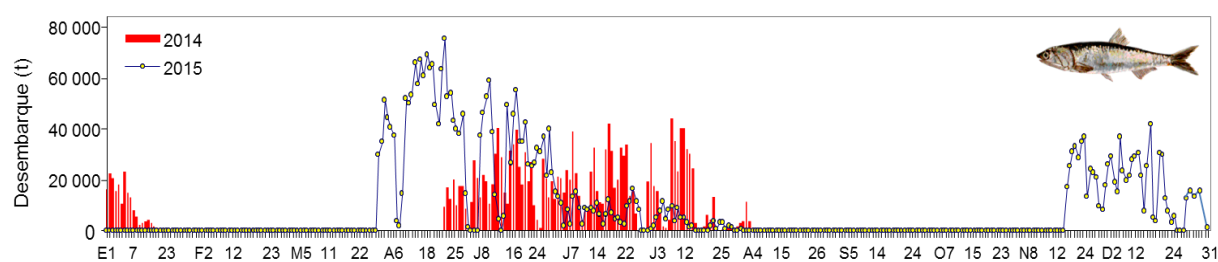


Figura 2.7.1. . Desembarque diario de anchoveta en la Región Norte - Centro. Periodo 01 de enero al 31 de diciembre 2015. **Fuente:** IMARPE.

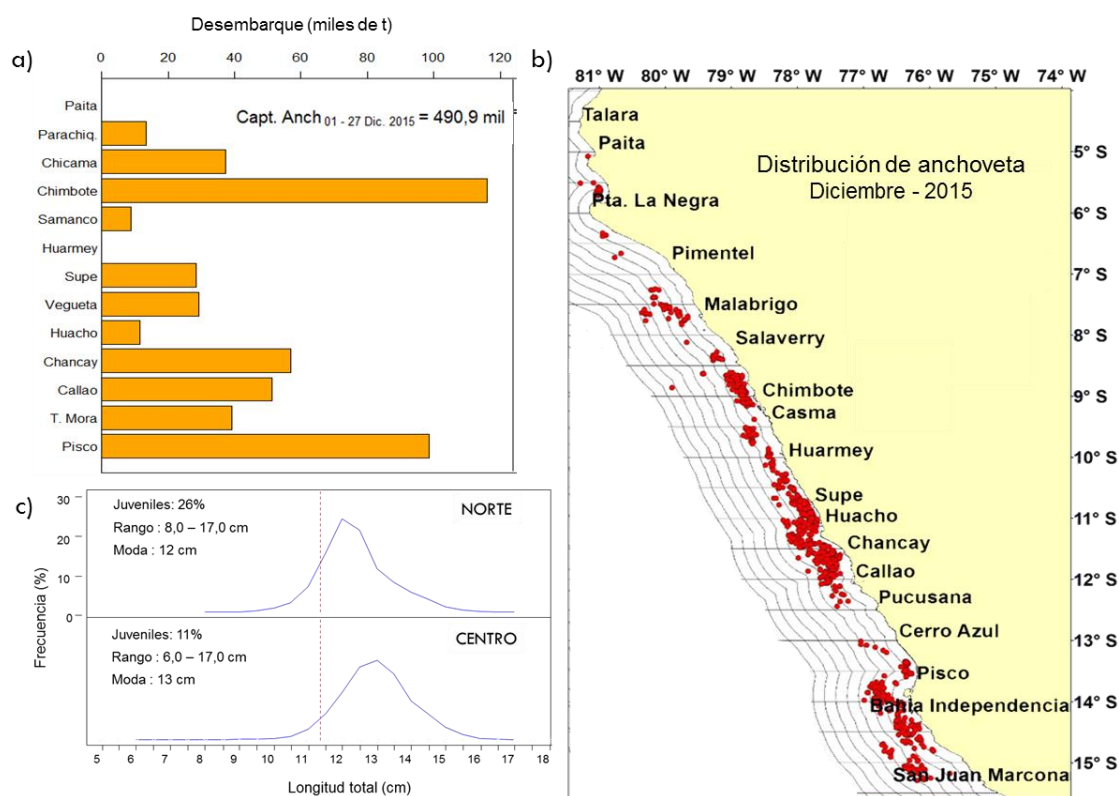


Figura 2.7.2. a) Desembarque mensual de anchoveta según puerto, b) Distribución de la anchoveta proveniente de la flota industrial y c) Estructura mensual de tallas anchoveta en la Región Norte – centro. Periodo: Diciembre 2015. **Fuente:** IMARPE.

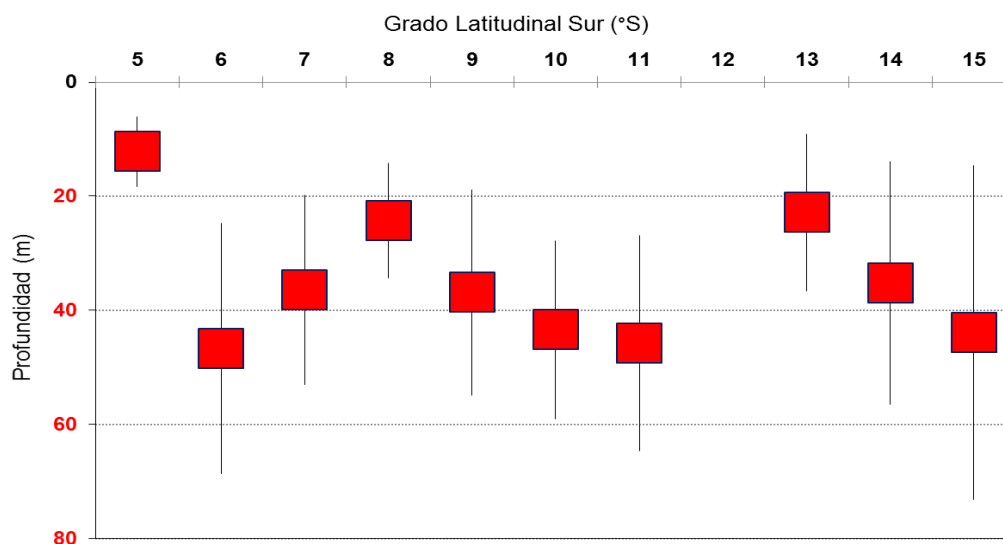


Figura 2.7.3. Profundidad de los cardúmenes de anchoveta en la Región Norte – centro según grado latitudinal. Periodo: Noviembre 2015. **Fuente:** IMARPE.

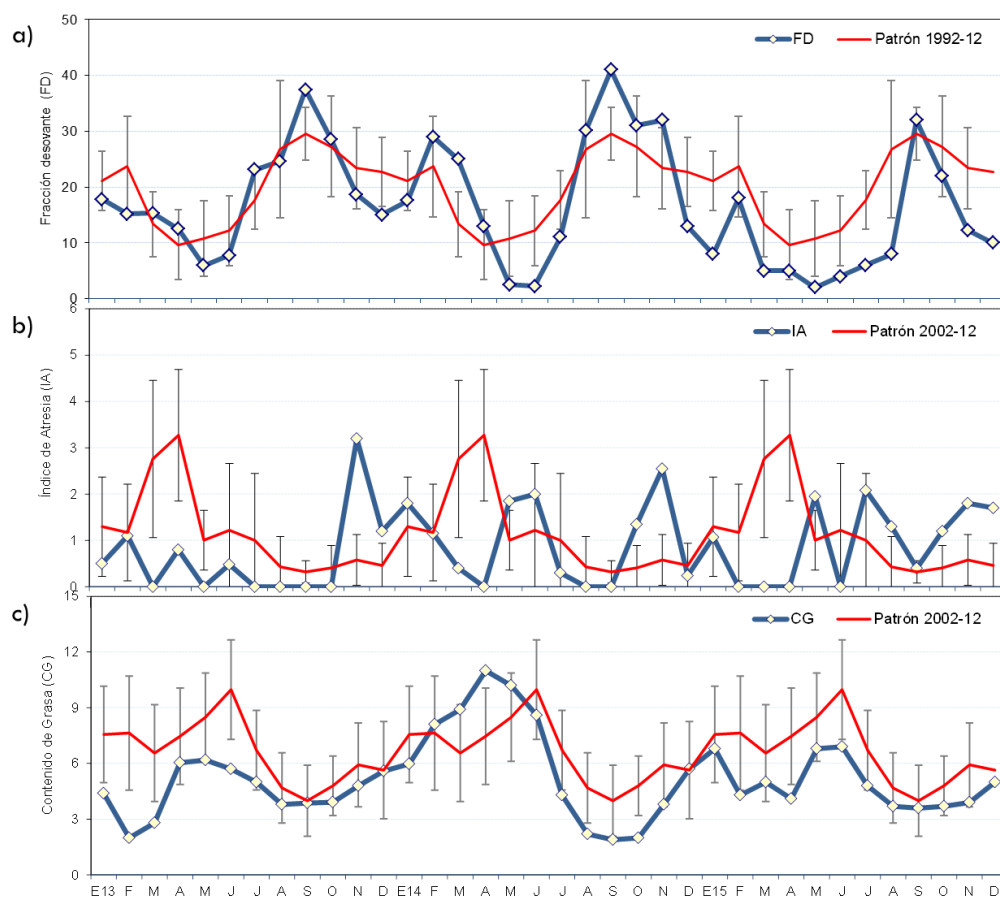


Figura 2.7.4. Indicadores reproductivos a) Fracción Desovante (FD) b) Índice de Atresia (IA) y c) Contenido Graso (CG) del stock norte – centro de anchoveta. Serie mensual: Enero 2013 – diciembre 2015. **Fuente:** IMARPE.

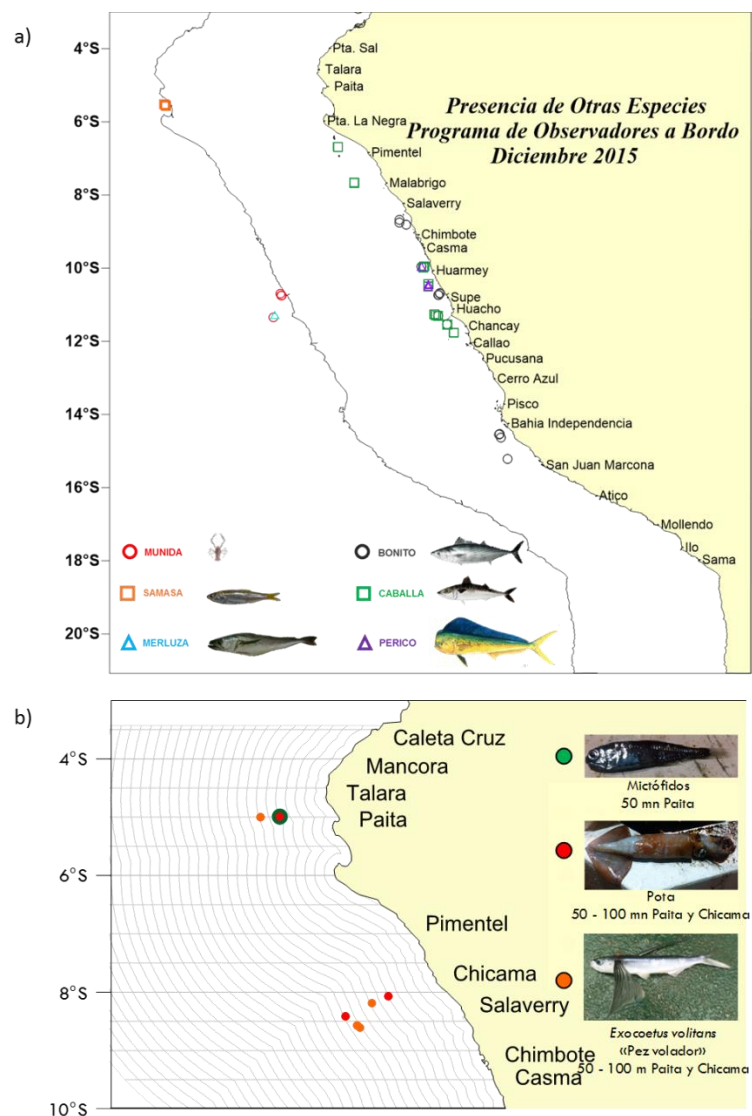


Figura 2.7.5. Distribución de otras especies. a) Programa Bitácoras de Pesca y b) Prospección de Monitoreo Oceanográfico Chicama- Paita – PpR 1512. Periodo: Diciembre 2015. **Fuente:** IMARPE.

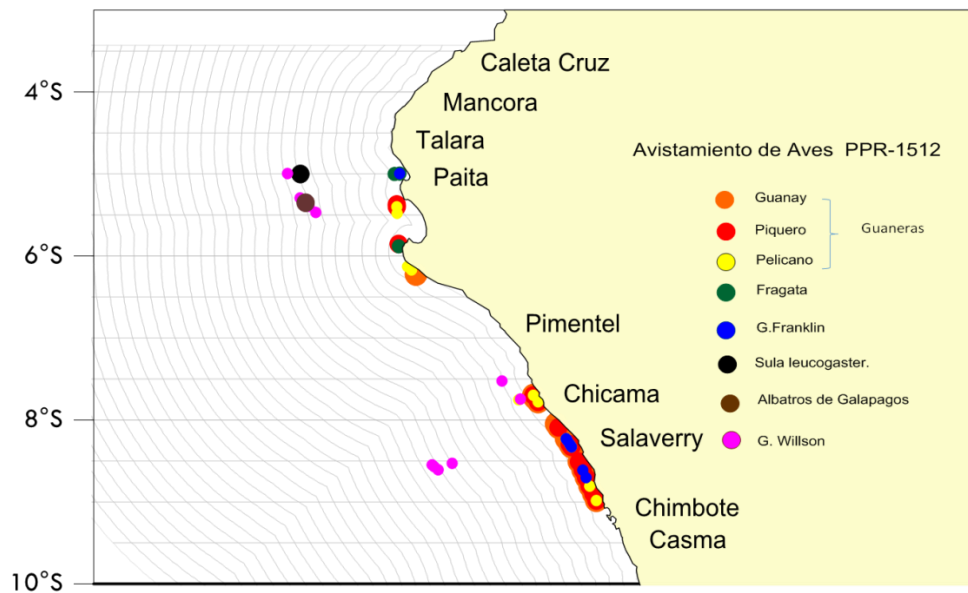


Figura 2.7.6. Distribución de aves guaneras en los perfiles Paita y Chicama obtenidas durante la Operación Monitoreo Bio-Oceanográfico Chicama Paita 1512. Periodo: Diciembre 2015.
Fuente: IMARPE.

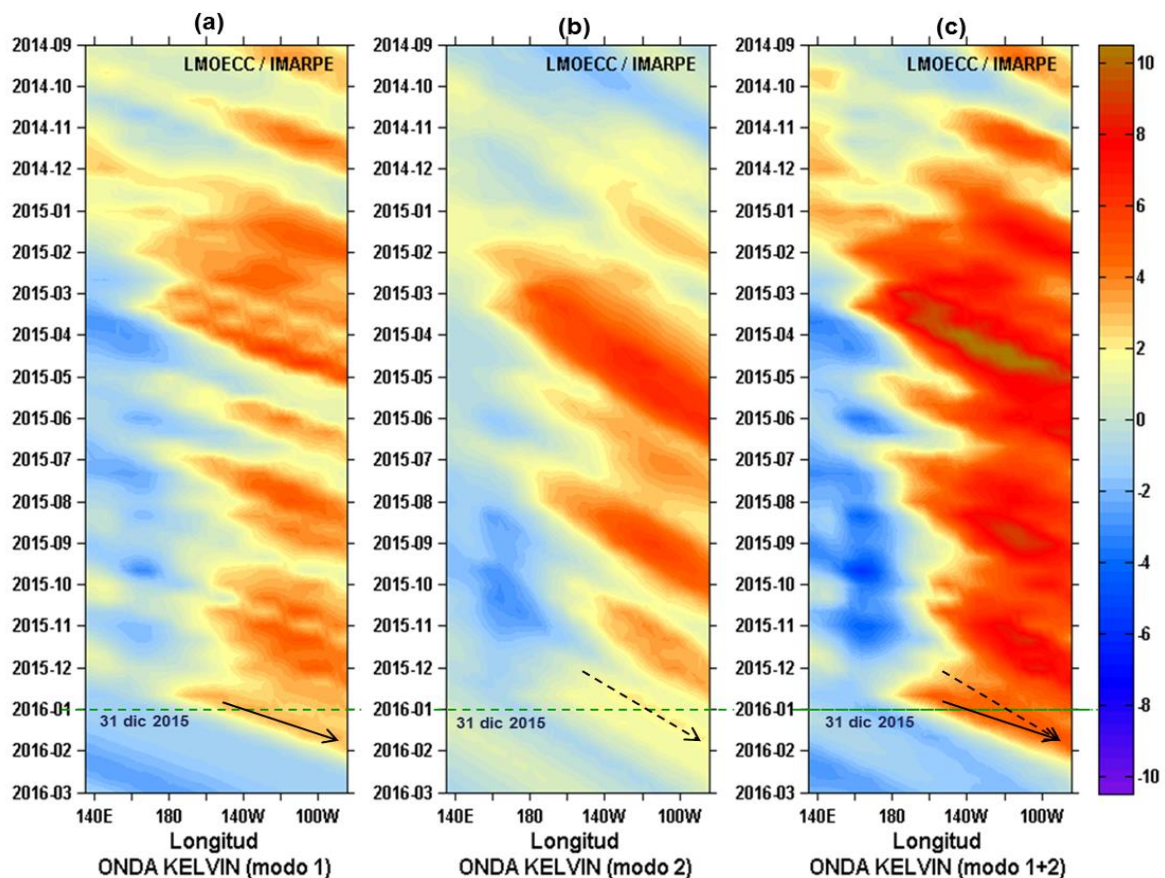


Figura 3.1.1. Diagrama Hovmöller longitud-tiempo de las ondas Kelvin en el océano Pacífico ecuatorial (0°N): (a) Modo 1, (b) Modo 2, (c) Modos 1+2 de la isoterma de 20°C (m) en la Pacífico Ecuatorial (2°S y 2°N). La línea discontinua horizontal, en verde, indica el inicio del pronóstico sin el forzante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

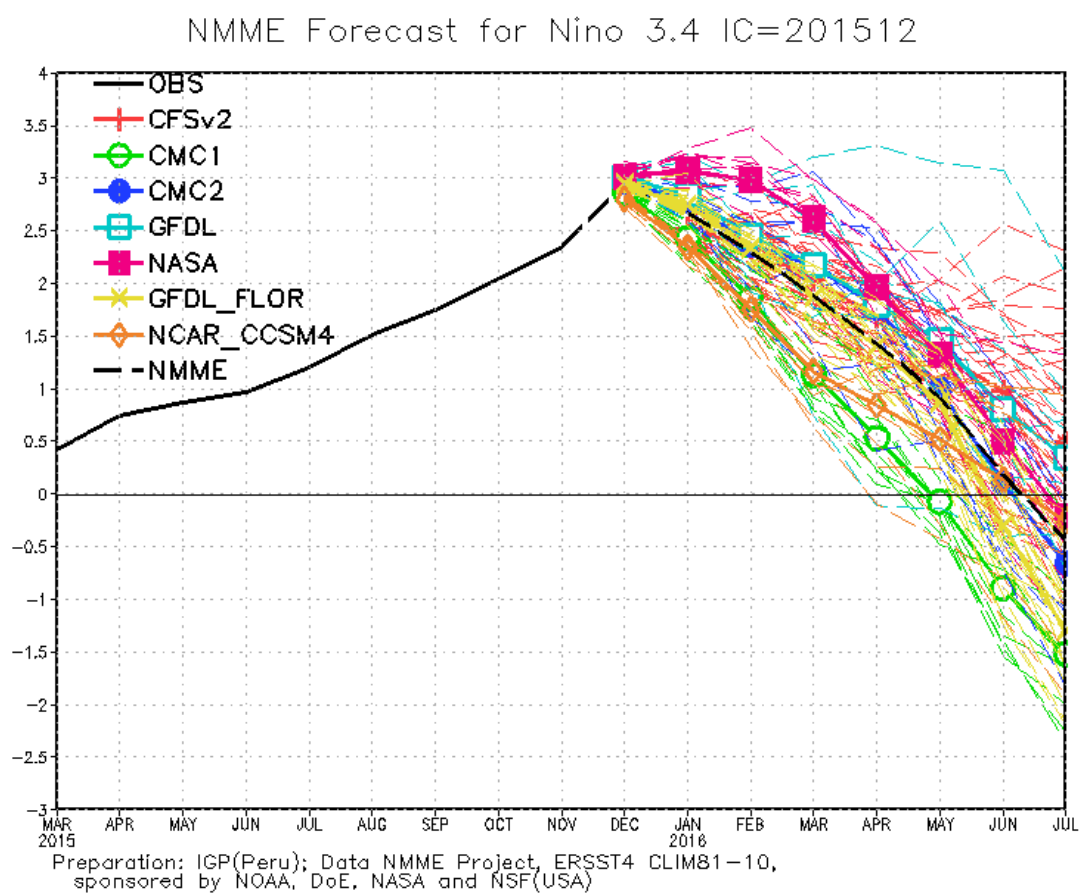


Figura 3.2.1. Índice Niño 3.4 mensual observado y pronosticado por los modelos de NMME.
Fuente: CPC/NCEP/NOAA.

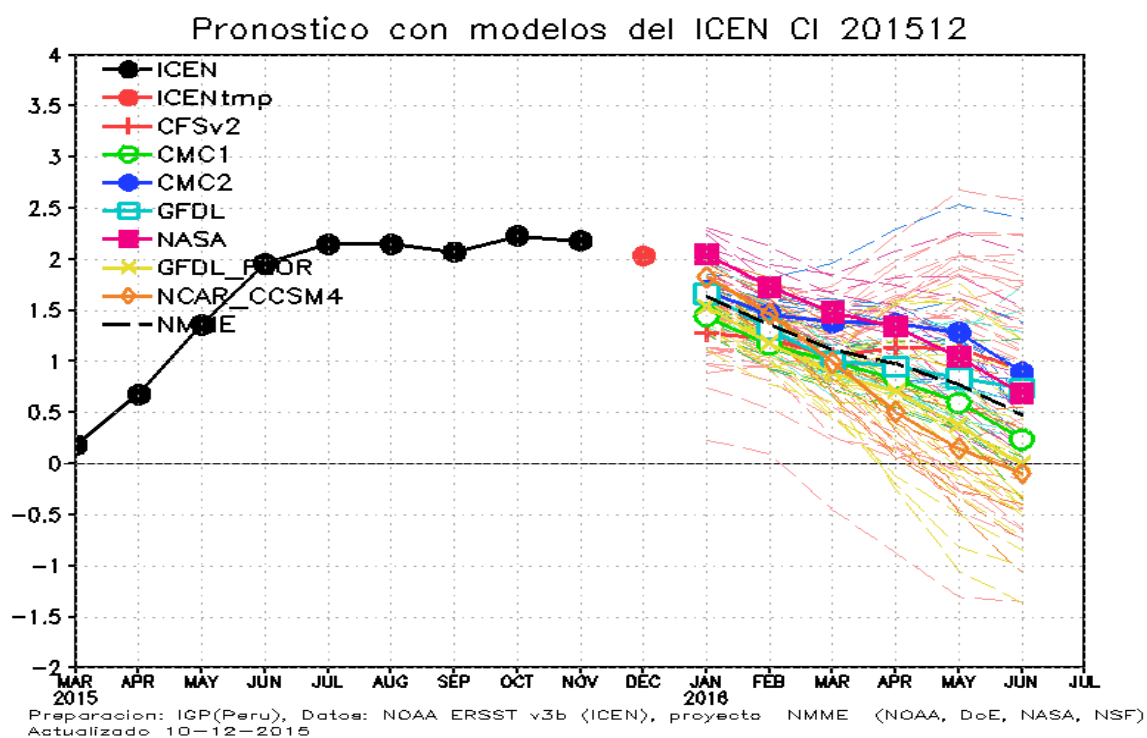


Figura 3.2.2. Índice Costero El Niño (ICEN, círculos llenos en color negro) y sus valor temporal (ICENTmp, círculo lleno en color rojo). Además, pronósticos numéricos del ICEN (media móvil de 3 meses de las anomalías pronosticadas de TSM en la región Niño1+2) por diferentes modelos climáticos. Las líneas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

Estación	Anomalías de la TSM (°C)					Anomalías de la NMM (cm)				
	Aug.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.	Aug.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.
Talara	1.2	2.5	3.2	3.0	3.1	12	16	13	18	19
Paita	2.1	3.2	3.2	2.8	4.6	13	17	15	19	21
Isla Lobos de Afuera	1.4	2.1	2.4	1.7	2.7	9	11	9	13	15
Chimbote	2.2	2.4	2.0	1.3	1.5	10	12	9	13	15
Callao	1.7	1.8	2.1	2.2	3.1	8	8	6	9	9
San Juan	1	1.1	1.1	1.7	1.7	8	13	11	11	12
Mollendo	0.8	2.3	1.6	1.0	1.2	-	-	-	-	-
Matarani	-	-	-	-	-	8	12	9	12	12
Ilo	0.7	1.8	1.5	1.1	1.7	-	-	-	-	-

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

<u>Mes</u>	<u>ICEN</u>	<u>Categoría</u>
03/2015	0.18	<u>Neutro</u>
04/2015	0.68	<u>Cálida Débil</u>
05/2015	1.36	<u>Cálida Moderada</u>
06/2015	1.96	<u>Cálida Fuerte</u>
07/2015	2.15	<u>Cálida Fuerte</u>
08/2015	2.15	<u>Cálida Fuerte</u>
09/2015	2.07	<u>Cálida Fuerte</u>
10/2015	2.23	<u>Cálida Fuerte</u>
11/2015	2.18	<u>Cálida Fuerte</u>

<u>Mes</u>	<u>ICENTmp</u>	<u>Categoría</u>
12/2015	2.03 *	<u>Cálida Fuerte</u>
01/2016	1.68 **	<u>Cálida Moderada</u>

* Se usaron los datos de (Nov. y Dic. 2015) ERSST3v, (Ene 2016) NMME

** Se usaron los datos de (Dic. 2015) ERSST3v, (Ene. y Feb. 2016) NMME

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

Zona	Nombre del Reservorio	Fecha Reporte	Departamento de Influencia	Capacidad Hidráulica (hm ³)		Capacidad Hidráulica Almacenada (%)	
				Útil	Almacenada		
Costa - Norte	POECHOS	31-dic	Piura	490.0	155.6	31.8%	38
	SAN LORENZO	31-dic	Piura	193.0	45.3	23.5%	
	TINAJONES	30-dic	Lambayeque	308.0	199.9	64.9%	
	GALLITO CIEGO	30-dic	La Libertad	392.0	127.5	32.5%	
Costa - Sur	CONDOROMA	31-dic	Arequipa	259.0	71.2	27.5%	38
	EL PAÑE	31-dic	Arequipa	99.6	29.1	29.2%	
	LOS ESPAÑOLES	30-nov	Arequipa	9.1	0.1	1.3%	
	PILLONES	31-dic	Arequipa	78.5	23.2	29.5%	
	EL FRAYLE	31-dic	Arequipa	127.2	73.6	57.9%	
	AGUADA BLANCA	31-dic	Arequipa	30.4	19.8	65.1%	
	PASTO GRANDE	09-nov	Moquegua	185.0	85.8	46.4%	

Tabla 2.5.1. Anomalías semanales (centradas en los días 02, 09, 16, 23 y 30 de diciembre 2015 y mensuales (de agosto de 2014 hasta diciembre 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 Dic. 2015	2.4	2.9	2.9	1.7
09 Dic. 2015	2.3	2.9	2.8	1.7
16 Dic. 2015	2.4	2.9	2.9	1.7
23 Dic. 2015	2.1	2.7	2.7	1.6
30 Dic. 2015	1.6	2.6	2.7	1.5

Regiones Niño	Anomalías de TSM mensuales - 2014-2015			
	Niño 1+2	Niño 3	Niño 3.4	Niño 4
Ago. 2014	1.27	0.52	0.20	0.46
Sep. 2014	0.96	0.45	0.45	0.65
Oct. 2014	0.75	0.66	0.49	0.64
Nov. 2014	0.74	0.91	0.85	0.88
Dic. 2014	0.08	0.80	0.78	0.91
Ene. 2015	-0.39	0.36	0.53	0.86
Feb. 2015	-0.55	0.18	0.56	1.02
Mar. 2015	0.06	0.15	0.58	1.13
Abr. 2015	1.35	0.67	1.23	0.78
May. 2015	2.43	1.19	1.03	1.09
Jun. 2015	2.54	1.66	1.32	1.09
Jul. 2015	2.87	2.17	1.60	1.00
Ago. 2015	2.29	2.34	2.06	0.98
Set. 2015	2.57	2.63	2.28	1.04
Oct 2015	2.52	2.66	2.46	1.12
Nov 2015	2.11	2.92	2.96	1.67
Dic 2015	2.19	2.85	2.82	1.63

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

Especie \ Flota \ Región		Año Calendario (01 Ene. al 27 Dic. 2015)					
		Norte	Centro	N+C	Sur	Total	%
Anchoveta	FI Acero	654 178	2122 094	2776 273	285 043	3061 315	83.43
	FI Madera	387 135	210 415	597 550	6 430	603 981	16.46
Sub-total		1041 313	2332 510	3373 823	291 473	3665 296	99.89
%		28.41	63.64	92.05	7.95	100.00	
Sardina		0	0	0	0	0	0.00
Jurel		0	2	2	0	2	0.00
Caballa		820	1 914	2 734	0	2 734	0.07
Samasa		339	2	341	0	341	0.01
*Otros		793	196	989	32	1 021	0.03
Total		1043 266	2334 624	3377 890	291 505	3669 395	100.00
%		28.43	63.62	92.06	7.94	100.00	

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

Cifras preliminares de uso científico

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

Magnitud del evento durante diciembre 2015-marzo 2016	Probabilidad de ocurrencia
El Niño costero débil o mayor	95%
El Niño costero moderado o mayor	85%
El Niño costero fuerte o mayor	20%
El Niño costero extraordinario	5%

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

Magnitud del evento durante diciembre 2015-marzo 2016	Probabilidad de ocurrencia
Normal o La Niña costera	5%
El Niño costero débil	10%
El Niño costero moderado	65%
El Niño costero fuerte (como en 1982-1983)	15%
El Niño costero extraordinario (como en 1997-1998)	5%

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

Magnitud del evento durante diciembre 2015-marzo 2016	Probabilidad de ocurrencia
Normal o La Niña en el Pacífico Central	5%
El Niño débil en el Pacífico Central	5%
El Niño moderado en el Pacífico Central	20%
El Niño fuerte en el Pacífico Central	55%
El Niño muy fuerte en el Pacífico Central	15%