

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



INFORME TÉCNICO ENFEN

Año 2 N°1

Enero de 2016

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: 2

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). 2016.
Informe Técnico Enfen. Año 2, N° 1, enero de 2016, **61 p.**

El Informe Técnico Enfen de enero 2016 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 **enero de 2016** 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 ENERO DE 2016	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
2.5 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).....	19
3.3 A largo plazo (más de 3 meses).....	20
4. CONCLUSIONES	21
5. REFERENCIAS	22
6. FIGURAS.....	25
7. TABLAS	58

Figuras:		
2.1.1.	Anomalías de las temperaturas extremas del aire (°C) en la costa peruana de enero 2015 a enero 2016. a) Temperatura máxima (imagen superior) y b) Temperatura mínima (imagen inferior). Fuente: SENAMHI.	25
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 2015 - enero 2016. Procesamiento: DHN.	26
2.1.3.	Series diarias de Anomalías de TSM registradas en estaciones costeras del IMARPE. Procesamiento: Laboratorio de Hidro-Física Marina, IMARPE.	27
2.1.4.	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
2.1.5.	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
2.1.6.	Índice Costero El Niño para los años 1972-1973 (verde), 1982-1983 (rojo), 1997-1998 (azul) y 2015 (negro)	30
2.2.1.	Serie de tiempo de los caudales diarios (m ³ /s) de los ríos: a) Tumbes, b) Chira de la vertiente del Pacífico norte y c) Santa, de la vertiente del Pacífico centro del Perú. Fuente: ANA.	31
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 sur, y c) Huancané de la vertiente del Titicaca del Perú. Fuente: ANA.	32
2.2.3.	(a) Precipitación acumulada (mm/mes) de enero y (b) Climatología de la precipitación acumulada (mm/mes) de enero. Datos: TRMM NCEP/NOAA. Procesamiento: SENAMHI.	33
2.3.1.	Anomalías de la altura del nivel del mar (cm) de altimetría satelital para la franja de 0 a 100 km. a) Serie temporal en pentadas durante el periodo 2014-2016. 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 01 de enero de 2015 al 27 de enero de 2016. 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 2015 al 29 de enero de 2016. 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 30 de enero de 2016. 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 28 de enero de 2016. 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 agosto de 2015 a enero de 2016. Datos: ASCAT. Procesamiento: IMARPE.	37
2.4.2.	Anomalía del esfuerzo de viento del sureste (10 ⁻² Nm ⁻²) en el Pacífico sudoriental (90°W-80°W, 25°S-15°S) desde enero de 2015 hasta julio de 2016. Datos: Reanálisis NCEP NCAR, Procesamiento: IGP.	37
2.4.3.	Presión atmosférica (hPa) a nivel medio del mar para enero del 2016. 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 enero del 2016. Datos: NCEP/NCAR Reanalysis. Procesamiento: SENAMHI.	39

2.5.1.	a) Anomalías de la temperatura superficial del mar (°C) en el océano Pacífico ecuatorial (5°N-5°S), b) Anomalías de la temperatura superficial del mar (°C) en las regiones Niño de marzo de 2015 a enero de 2016. 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) 200 hPa para el mes de enero del 2016. 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 marzo de 2015 hasta febrero de 2016. Datos: NCEP b) Viento zonal 850 hPa desde agosto de 2015 hasta enero de 2016. Datos: CDAS, Procesamiento: IMARPE.	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 de 2015 hasta el mes de julio de 2016. Datos: ESRL/NOAA, Procesamiento: IGP.	43
2.5.6.	Radiación de onda larga - OLR (W/m ²) en el Pacífico central-oriental (170°W-140°W, 5°S-5°N) desde el mes de enero de 2015 hasta el mes de julio de 2016. Datos: ESRL/NOAA, Procesamiento: IGP.	44
2.5.7.	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 de 2015 hasta el mes de julio de 2016. Datos: NCEP-NCAR, Procesamiento: IGP.	45
2.5.8.	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 de 2015 hasta el mes de julio de 2016. Datos: ICOADS, Procesamiento: IGP.	46
2.5.9.	a. Índice de la Oscilación Decadal del Pacífico (PDO) y b. Anomalía de esfuerzo de viento zonal en el Pacífico ecuatorial central. Datos: JISAO/UW Y NCEP/NCA, Procesamiento: IGP.	47
2.6.1.	Diagrama longitud-tiempo de las anomalías de esfuerzo de viento zonal ecuatorial basado en datos del escaterómetro ASCAT (a), anomalía de la profundidad de la isoterma de 20°C con datos de TAO (b) y los derivadores de Argo (c), datos del nivel del mar de JASON-2 (d). Finalmente en (e) se muestra la anomalía de la profundidad de la termoclina calculada con el modelo LOM-IGP (forzado por ASCAT, y $\tau_{xx}=0$ para el pronóstico). Las líneas diagonales plomas representan una propagación hacia el este con velocidad de 2.7 m/s para la onda de nivel del mar. Datos: ASCAT, TAO/TRITON, Argo, JASON-2. Procesamiento: IGP.	48
2.6.2.	Anomalías de la temperatura sub-superficial del mar (°C) en el océano Pacífico ecuatorial entre los 2°N y 2°S promediadas cada cinco días, finalizando los días: a) 2 de enero, b) 7 de enero, c) 12 de enero, d) 17 de enero, e) 26 de enero y f) 31 de enero de 2016. Fuente: TAO/TRITON, PMEL/NOAA.	49
2.6.3.	a) Inclinación de la termoclina, diferencia de la profundidad zonal del ajuste de la regresión lineal para la longitud (137°E – 95°W). Climatología 1993-2012 (punteado). Data: TAO/TRITON. Procesamiento: IGP.	50
2.7.1.	Desembarque diario de anchoveta en la Región Norte - Centro. Periodo 01 de enero 2015 al 31 de enero 2016. Fuente: IMARPE.	50
2.7.2.	a) Desembarque (en miles de t), b) Estructura mensual de tallas y c) distribución de la anchoveta en la Región Norte – centro según medio grado latitudinal (°S). Periodo: Enero 2016. Fuente: IMARPE.	51
2.7.3.	Profundidad de los cardúmenes de anchoveta en la Región Norte – centro según grado latitudinal. Periodo: enero 2016. Fuente: IMARPE.	51
2.7.4.	Indicadores reproductivos a) Fracción Desovante (FD) y b) Contenido Graso (CG) del stock norte – centro de anchoveta. Serie mensual: Enero 2013 – enero 2016. Fuente: LBR/IMARPE.	52
2.7.5.	Distribución de otras especies. Programa Bitácoras de Pesca y Seguimiento de la Pesquería Pelágica. Periodo: Enero 2016. Fuente: IMARPE	53
2.7.6.	Distribución de otras especies. Prospección de Monitoreo Oceanográfico Chicama- Paita – PpR 1601. Periodo: Enero 2016. Fuente: IMARPE.	54
2.7.7.	Registro de especies indicadoras de aguas cálidas. Periodo: Enero 2016. Fuente: Lab. Huacho/IMARPE.	54
2.7.8.	Distribución de aves guaneras en los perfiles Paita y Chicama obtenidas durante la Prospección de Monitoreo Oceanográfico PPR1601. Periodo: Enero 2016. Fuente: IMARPE.	55

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).	56
3.2.1.	Índice Niño 3.4 mensual observado y pronosticado por los modelos de NMME. Fuente: CPC/NCEP/NOAA.	57
3.2.2.	Índice Costero El Niño (ICEN, círculos llenos en color negro) y sus valor temporal (ICEN _{tmp} , 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, NCAR y el modelo ECMWF tienen como condición inicial el mes de enero de 2016. Fuente: IGP, NOAA, proyecto NMME, ECMW.	58

Tablas

Tabla 2.1.1.	Anomalías mensuales de la temperatura superficial del mar (°C) y nivel medio del mar (cm) de setiembre de 2015 a enero de 2016. Fuente: Estaciones costeras – DHN.	58
Tabla 2.1.2.	Valores del Índice Costero El Niño (ICEN) de abril de 2015 a diciembre de 2015. Fuente: IGP	59
Tabla 2.2.1.	Volumen de agua almacenado (hm ³) en los principales reservorios. Fuente: ANA	60
Tabla 2.5.1.	Anomalías semanales centradas en los días 06, 13, 20 y 27 de enero 2016 y mensuales (de setiembre de 2014 hasta enero de 2016) de la temperatura superficial del mar (°C) en las regiones Niño. Fuente: NCEP/NOAA.	61

1. RESUMEN

Las anomalías de la temperatura superficial del mar (TSM), a lo largo del Pacífico ecuatorial y litoral peruano, continuaron con temperaturas por encima de lo normal (cálidas) durante todo el mes de enero. Los promedios mensuales de los índices El Niño, los cuales están basados en la TSM en la región ecuatorial, presentaron valores positivos mensuales de: +1,4°C (Niño 4); +2,6°C (Niño 3.4); +2,6°C (Niño 3) y +2,4°C (Niño 1+2). Asimismo, las estaciones costeras registraron anomalías cálidas de la TSM desde +1,3°C (Talara) hasta +3,5°C (Callao). Similarmente, las anomalías de la temperatura del aire continuaron positivas, con la máxima del aire de hasta +1,8°C en la estación de San Miguel (Piura), y +1,5 °C en la estación de Chusis (Piura). Con respecto a la temperatura mínima del aire, se han registrado anomalías de hasta +3,0°C en la estación de Trujillo, y +1,8°C en la estación de Lambayeque y La Esperanza.

Durante el mes de enero, en promedio, las anomalías del nivel medio del mar (NMM) que se registraron en las estaciones mareográficas de la costa peruana, se redujeron con respecto a diciembre. La anomalía mensual del NMM en el litoral norte fue de +6 cm, mientras que en el litoral centro y sur, las anomalías fueron +4 y +7 cm, respectivamente. En la Estación Fija Paita, localizada a siete millas náuticas de la costa, se observaron anomalías positivas de entre +2° y +3°C sobre los 100 m de profundidad. Las secciones oceanográficas indicaron anomalías de alrededor de +2°C por encima de los 100 y 150 m de profundidad frente a Paita y Chicama, respectivamente, a finales de enero.

En promedio, los vientos a lo largo de la costa peruana presentaron anomalías positivas con valores máximos durante la segunda semana, mientras que la presión atmosférica frente a Perú presentó valores cercanos a su climatología. Asimismo, las anomalías negativas de presión atmosférica en el Pacífico Oriental predominaron al norte del ecuador.

Durante el mes de enero, los caudales de los principales ríos de la costa centro y sur se mostraron inferiores a los promedios históricos. Por otro lado, en la costa norte, los caudales vienen recuperándose desde de la segunda quincena del mes. Los reservorios en la costa norte y sur cuentan, en promedio, con almacenamiento al 33% y 30% de su capacidad máxima, respectivamente.

En relación al sector pesquero; el desembarque de la flota industrial aumentó en 563 431 toneladas, siendo casi en su totalidad anchoveta. Entre Bayóvar (5°S) y San Juan de Marcona (15°S); la captura de anchoveta se extendió dentro de las primeras 40 millas náuticas. Casi el 100% de los registros fueron de anchoveta adulta y juveniles en la zona norte y centro respectivamente. Por otro lado, los cardúmenes de anchoveta fueron encontrados alrededor de los 35 metros de profundidad. Los indicadores reproductivos de la anchoveta revelaron el término de la fase principal de desove y la continuidad del almacenamiento de energía. Como resultado de las condiciones anómalas cálidas, se observó la presencia de diferentes especies de aguas cálidas, las cuales fueron reportadas en diferentes puntos de pesca, entre la región centro y norte.

Las actuales condiciones atmosféricas/oceánicas del Pacífico ecuatorial central – oriental continúan mostrando un acoplamiento de gran escala entre la atmósfera y el océano. Como consecuencia, este mes han observado significativos pulsos de vientos del oeste en el Pacífico central-oriental que forzarían el desarrollo de una nueva onda kelvin oceánica cálida. Por otro lado, la TSM en el Pacífico central continúa alta, superando a las observadas en los años 1983 y 1997 para esta época, mientras que las anomalías de TSM en el Niño 1+2 han disminuido en comparación al mes anterior y son menores a las de los años 1983 y 1997 para esta época. Por otro lado, se ha observado la persistencia de vientos del oeste en alta atmósfera (200hPa) llegando hasta el territorio peruano y se cree que estos vientos suprimieron la precipitación en la costa norte del Perú durante la primera quincena del mes.

El Índice Costero El Niño (ICEN, región Niño 1+2) correspondiente al mes de diciembre fue de +2,07°C, lo cual indica una condición cálida fuerte. Igualmente, el valor estimado para el mes de enero corresponde a condiciones cálidas fuertes con un valor de ICENtmp de +1,67°C. A pesar que El Niño costero muestra una aparente declinación, en el transcurso de febrero y marzo es probable la ocurrencia de episodios de lluvias muy fuertes en la zona nor-occidental del país, lo cual corresponde a precipitaciones en las partes medias y bajas del orden de 35-60 mm/día en Tumbes y Piura, y de 20 mm/día en Lambayeque.

2. CONDICIONES OBSERVADAS EN ENERO DE 2016

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

Durante el mes enero, 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 +1,8°C en la estación de San Miguel (Piura), y +1,5°C en la estación de Chusis (Piura). Con respecto a la temperatura mínima del aire se han registrado anomalías de hasta +3°C en la estación de Trujillo (La Libertad), y +1,8°C en la estación de La Esperanza (Piura) y Lambayeque (Figura 2.1.1).

Las estaciones costeras de la Dirección de Hidrografía y Navegación de la Marina de Guerra del Perú (DHN) registraron anomalías positivas de TSM (Figura 2.1.2), siendo de hasta +3,5°C en la estación de Callao, y +2,7°C en la estación de Chimbote. De norte a sur, las estaciones registraron anomalías promedio de +1,3°C en Talara, +1,6°C en Paita, +2,4°C en Isla Lobos de Afuera, +2,7°C en Chimbote, +3,5°C en Callao, +2°C en San Juan, +2,3°C en Mollendo, y +2°C 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 para la segunda semana del mes, anomalías de hasta +3,5°C entre la línea ecuatorial, 4°S, 120°W y 100°W. Sin embargo frente a la costa norte del Perú se observaron anomalías de hasta +1°C. Para la última semana, el 31 de enero, se muestra anomalías de hasta +3°C frente a Trujillo y anomalías de +2,5 frente a la costa central. (Figura 2.1.4).

La comparación de las series temporales de la TSM y su anomalía hasta enero del 2016 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 los años 1982 y 1997, pero en la última semana la serie de infrarrojo se acercó a los valores 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 +2,07°C para diciembre 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 enero y febrero, es de +1,67°C y +1,3°C respectivamente, ambas están dentro del rango de Cálida Moderada (Figura 2.1.6 y Tabla 2.1.2).

Discusión: Para enero, debido a la permanencia de El Niño costero de magnitud cálida moderada, el cual se viene dando desde abril del año 2015, los valores de las temperaturas oceánicas y atmosféricas (extremas) se encuentran por encima de lo normal.

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, enero 2016

Además, para la región Niño 1+2, se encuentra por debajo de lo que sucedió en los años 1982 y 1997, a diferencia de la región Niño 3.4, que mostró valores por encima estos años, aunque en la última semana del mes los valores de infrarrojo se acercaron a los valores del año 1982. Esto indica que si bien El Niño en el Pacífico central continúa muy fuerte, El Niño en la costa se ha debilitado.

2.2 Precipitaciones e hidrología en la vertiente del Pacífico

Durante el mes de enero, los caudales de los principales ríos de la costa centro (Ancash, Lima) y sur (Arequipa) se muestran inferiores a los promedios históricos (Figura 2.2.2). Sin embargo, en la costa norte (Tumbes, Piura y Lambayeque) los caudales vienen recuperándose a partir de la segunda quincena del mes (Figura 2.2.1).

A gran escala, la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT) se posicionó, en promedio, entre los 3°N y 4°N (principalmente en el Pacífico ecuatorial central y oriental). Mientras que, en la costa, en los últimos días de enero se han presentado algunos episodios esporádicos de lluvias muy fuertes en Piura.

Por otro lado, en la región andina, en el mes de enero se registró deficiencia de lluvias, especialmente en el norte y el sur, consistente con los efectos esperados de El Niño en el Pacífico Central.

La capacidad de almacenamiento de los principales reservorios en la costa norte y sur está en promedio al 33% y 30% de su capacidad máxima, respectivamente. (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 enero no alcanzó valores que puedan contribuir al desarrollo de precipitación muy intensa en esta región, a excepción quizás de Piura, donde se presentaron algunos episodios de lluvias fuertes en los últimos días, como consecuencia de la presencia de aguas cálidas sumado a la contribución de vientos del este en los niveles medios y altos. Como consecuencia del mes en el que nos encontramos, se requiere una anomalía de TSM superior a +3°C y +3,9°C en las costas de Tumbes y Paita, respectivamente, para tener lluvia intensa (Woodman y Takahashi, 2014).

La alta advección de humedad en niveles medios y bajos de la atmósfera hacia la sierra y selva oriental, promovió el desarrollo de lluvias en 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 y subsidencia frente al oeste de Sudamérica central como respuesta a las condiciones atmosféricas en altos niveles en el Pacífico central. Este 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).

Debido al déficit de lluvias presentado en la sierra norte sur occidental, las condiciones hidrológicas en la zona sur y Titicaca estuvieron por debajo de lo normal pero en la costa norte vienen recuperándose a partir de la segunda quincena del mes, regresando a sus valores normales. Por otro lado, el almacenamiento de los principales embalses en la costa sur disminuyó respecto al mes anterior.

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) se redujeron con respecto a diciembre. Las anomalías diarias, presentaron tendencia a la normalización e incluso valores negativos por debajo de -5 cm en varias estaciones de la costa centro y sur hacia el final del mes (Figura 2.1.2 b). Con respecto a los valores mensuales (Tabla 2.1.1), el litoral norte alcanzó, en promedio, anomalías de $+6$ cm, mientras que en el litoral centro y sur, las anomalías fueron $+4$ y $+7$ cm, respectivamente, en general sustancialmente menores que en diciembre 2015.

La anomalía del NMM para la franja de 100 km desde la costa peruana, basada en altimetría satelital, presentó tendencia decreciente en el punto $90,125^{\circ}\text{W}$, $0,125^{\circ}\text{S}$ (región de las islas Galápagos) y en la región ubicada entre los 5° - 14°S , mientras que alrededor de los 14° - 18°S la anomalía permaneció constante (Figura 2.3.1a). En todos los casos las anomalías no superaron los $+15$ cm.

La estructura térmica en el Punto Fijo de Paita, a cargo del Instituto del Mar del Perú (IMARPE) y localizado a siete millas náuticas de la costa, mostró temperaturas entre 18° y 22°C sobre los 100 m de profundidad (Figura 2.3.2 a). Estos valores estuvieron por encima de lo normal, con anomalías positivas de entre $+2^{\circ}$ y $+3^{\circ}\text{C}$, bastante menores en comparación a diciembre (Figura 2.3.2 b). Por otro lado, se observó predominancia de aguas con salinidades de alrededor de 35,0 ups durante todo el mes (Figura 2.3.2 c), mientras que la distribución de oxígeno mostró valores ligeramente superiores (inferiores) a 2 mL/L sobre (por debajo de) los 20 m de profundidad (Figura 2.3.2 d).

Con respecto a las variables oceanográficas medidas en el punto fijo frente a Chicama, la temperatura mostró valores entre 17° y 23°C sobre los 100 m de profundidad (Figura 2.3.3 a), mientras que salinidades superiores a 35,0 ups se registraron en toda la columna de agua, con máximos de alrededor de 35,1 ups en superficie, y por encima de los 40 m durante la última semana (Figura 2.3.3 b). Adicionalmente, se observó elevación de las iso-oxigenas de 2, 3 y 4 mL/L 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).

Los datos de las secciones del crucero oceanográfico, ejecutado por el IMARPE, a través de la operación BIC Flores durante el 30 de enero frente a Paita, mostraron una termoclina compuesta por las isoterms de 17° a 22°C , con el mayor gradiente por fuera de las 60 millas de costa y por encima de los 50 m de profundidad (Figura 2.3.4 a). Asimismo, en la superficie se registraron valores de hasta 24°C , mientras que la isoterma de 15°C se localizó alrededor de los 150 m de profundidad. Como consecuencia de esta estructura, las anomalías térmicas superiores a $+2^{\circ}\text{C}$ se localizaron por encima de los 100 m de profundidad, y se observó un núcleo de $+3^{\circ}\text{C}$ alrededor de los 50 m de profundidad y por fuera de las 50 millas de costa (Figura 2.3.4 b).

La estructura halina presentó incidencia de ASS², principalmente, sobre los 50 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).

Con respecto a la sección de Chicama, esta presentó, a diferencia de Paita, temperaturas superficiales que tan solo alcanzaron los 23°C, elevación de las isoterms entre los 200 y 400 m de profundidad, e isoterms de 18° y 19 °C con mayor separación dentro de las 60 millas de costa (Figura 2.3.5 a). Anomalías mayores a +2°C se presentaron sobre los 150 m de profundidad, y con un núcleo pequeño de +4°C por fuera de las 80 millas de costa y alrededor de los 30 m (Figura 2.3.5 b). La estructura halina mostró 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 50 m de profundidad en dicha zona (Figura 2.3.5 d).

Discusión: El nivel del mar a lo largo de la costa peruana (in situ y satelital), indica, que en promedio, se presentaron anomalías positivas durante el mes de enero, con tendencia a la normalización durante todo el mes. Asimismo, el Punto fijo de Paita y las secciones de Paita y Chicama, localizados en la zona norte, mostraron anomalías positivas para la temperatura sub-superficial, aunque menores en comparación a diciembre. Por otro lado, las secciones de Paita y Chicama sugieren predominio de aguas de mezcla, pero con mayor incidencia de ASS debido a la presencia de valores anómalos superiores a 0,1 ups (Figura 2.3.4 d y 2.3.5 d). Sin embargo, a diferencia del mes anterior, no se observó valores anómalos negativos asociados a la fuerte influencia de las AES. En consecuencia, se puede inferir, que el término del paso de la onda Kelvin ayudó a mermar las condiciones cálidas observadas durante el presente mes en los parámetros oceanográficos analizados.

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 1 a 6 m/s durante el mes de enero entre 0°S y 20°S. Los valores mínimos de viento se observaron al sur de 17°S, sin embargo, durante la última semana, se observó valores alrededor de 2 m/s en todo el litoral costero (Figura 2.4.1a). En cuanto a las anomalías de viento, estas presentaron valores positivos de hasta +2,5 m/s entre 5°S y 15°S durante la segunda semana. Cabe mencionar que, durante la primera, segunda y tercera semana se observaron anomalías de -2,5 m/s al sur de 15°S, mientras que al norte de 15°S, los valores de viento fueron cercanos a su climatología (Figura 2.4.1b). Asimismo, la magnitud de la anomalía mensual del esfuerzo del viento del sureste en el Pacífico Sudoriental (90°W-80°W; 25°S-15°S), disminuyó a $-2 \times 10^{-2} \text{ Nm}^{-2}$ en este mes (Figura 2.4.2).

Con respecto al campo de presión frente al litoral costero, este ha presentado anomalías de hasta -1 hPa, particularmente al norte del ecuador (Figuras 2.4.3). Asimismo, el Anticiclón del Pacífico Sur (APS), presentó una configuración similar a su climatología, pero con núcleo debilitado (1017 hPa).

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, enero 2016

Sin embargo, durante la segunda semana del mes se observa al APS intensificado con un núcleo de hasta 1026 hPa. (Figura 2.4.4).

Discusión: Durante enero, en promedio, se observó anomalías positivas de viento que fueron máximas durante la segunda semana (Figura 2.4.1b). Este comportamiento puede estar asociado a las anomalías positivas de la TSM en esta región (Lindzen y Nigam, 1987; Figuras 2.1.5), así como las anomalías negativas de presión frente a Perú. Por otro lado, las anomalías negativas de esfuerzo de viento del sureste en el Pacífico Sudoriental pueden asociarse al debilitamiento del sistema APS. Sin embargo, durante la segunda semana, el núcleo del APS presentó valores de hasta 1026 hPa durante la segunda semana que promovieron el alto gradiente de presión entre el sub-trópico y el ecuador y la intensificación de vientos a lo largo de la costa peruana.

2.5 Circulación atmosférica y temperatura superficial en el Pacífico ecuatorial

Las condiciones cálidas a lo largo del Pacífico ecuatorial continúan presentándose en este mes según los datos de las anomalías de la TSM en dicha región. El Pacífico ecuatorial central (Niño 3 y Niño 3.4) continúa con anomalías positivas muy fuertes, incluso superiores a las observadas en los años 1998 y 1983 (Figura 2.1.4 b). Por otro lado, en el Pacífico Ecuatorial Oriental (Niño 1+2) la anomalía de TSM ha decrecido pero aún continúan por encima de +1°C (Figura 2.1.4 a). Los valores semanales promedio registrados en cada región muestran una disminución de la primera a la última semana (Tabla 2.5.1).

El promedio de los últimos 30 días de los valores del IOS, calculado desde el 03 de enero al 01 de febrero, es de -20,6 (Figura 2.5.2), este valor se encuentra por debajo del rango normal (± 7), esta categorización del índice es realizada por la Bureau of Meteorology (Australia). Respecto a la actividad convectiva en la región del Pacífico ecuatorial, un indicador clave del acoplamiento océano-atmósfera, la radiación de onda larga (ROL) en la región 170°W – 100°W y 5°S - 5°N se ha mantenido en su promedio mensual parecido al mes anterior; sin embargo, este valor es menor a los años 1983, 1992 y 1998 (Figura 2.5.4 y Figura 2.5.5). Por otro lado, en la región 170°W – 140°W y 5°S - 5°N ha incrementado la convección en comparación al mes anterior, en promedio, continúa siendo de menor magnitud a la de los años 1983 y 1992, pero parecido al año 1998 (Figura 2.5.4 y Figura 2.5.6).

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 en 850 hPa (Figura 2.5.3 a). En los primeros quince días del mes de enero se presentó una anomalía de viento del oeste en la región del Pacífico Central comprendida entre 170°E y 150°W, la más intensa observada durante el desarrollo del evento El Niño 2015-2016 (Figura 2.5.4 b). En consecuencia, la magnitud de la anomalía de viento del oeste (160°E-160°W; 5°S-5°N) del presente mes es superior a los años 1982 y 1997 (Figura 2.5.6), aunque aún menor al año 1992. Por otra parte, la anomalía de vientos del oeste en alta atmósfera (200 hPa), lo cual es típico de El Niño en el Pacífico Central, persistieron y se intensificaron la primera quincena llegando hasta nuestro territorio peruano.

Discusión: Durante enero se observó la persistencia de las anomalías cálidas de la TSM en casi todo el Pacífico ecuatorial, las anomalías de TSM en el Pacífico central (Niño 3.4) fueron mayores a los años 1983 y 1998, mientras que la anomalía en el Niño 1+2 sigue siendo menor a estos años. Asimismo, continúa el acoplamiento de gran escala entre la atmósfera y el océano en el Pacífico central - oriental, pero con valores por debajo de los años 1982 y 1997. Por otra parte, los vientos del oeste, en promedio, en la zona del Pacífico central (160°E-160°W; 5°S-5°N) han incrementado considerablemente y se han observado pulsos de vientos del oeste que pueden generar ondas Kelvin cálidas (Figura 2.5.7). Además, el valor del IOS de enero ha disminuido ubicándose por debajo de su rango normal (Figura 2.5.4 a), esto es consistente con la persistencia de la convección en el Pacífico oriental (170°W – 100°W) y la disminución de la convección en el Pacífico ecuatorial occidental (170°E – 140°W) (Figura 2.5.5 y 2.5.6).

2.6 Dinámica oceánica en el Pacífico ecuatorial

Durante el mes de enero los datos in situ de las boyas TAO/TRITON mostraron una profundización de la isoterma de 20°C en la región 130°W-120°W, a partir de la segunda semana de enero, con valores superiores a +40 m. En la región 120°W-95°W las boyas TAO/TRITON continúan sin mostrar información (Figura 2.6.1 b). Por otro lado, los derivadores ARGO mostraron que la profundidad de la isoterma de 20°C ecuatorial presentó una profundización superior a +20 m a partir de la segunda semana, en la región 160°W-110°W, mientras que en las proximidades de 95°W la profundización varió entre +10 m a +40 m a lo largo del mes (Figura 2.6.1 c). Con relación al nivel medio del mar, los datos de altimetría satelital (Jason-2) mostraron anomalías positivas superiores a los +12 cm durante todo el mes, sobre todo, en la región de la línea de cambio de fecha (180°) y 95°W. No obstante, en la región 160°W-110°W las anomalías fueron superiores a +24 cm a partir de la segunda quincena del mes (Figura 2.6.1. d).

Por otro lado, por encima de los 200 m de profundidad, las temperaturas subsuperficiales ecuatoriales, según la información de las boyas del proyecto TAO/TRITON, presentaron anomalías positivas que alcanzaron +5°C durante los primeros días del mes en la región 125°W-110°W, y una profundidad aproximada de +100 m (Figura 2.6.2). Para la quincena del mes, las anomalías fueron menos intensas con valores de +4°C sobre la región 160°W-110°W y su profundización estuvo entorno de +120 m. Para finales de mes las anomalías se intensificaron, alcanzando valores de +5°C y una profundización de +125 m (Figura 2.6.2). Asimismo, la evolución de la inclinación de la profundidad de la termoclina mostró una 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 180° y 160°W, con una intensidad superior a los $+10 \times 10^{-2} \text{ Nm}^{-2}$, durante la primera quincena de enero (Figura 2.6.1 a).

Discusión: Durante la primera quincena del mes de enero los datos de profundidad de la termoclina y el nivel medio del mar presentaron anomalías positivas superiores al observado en la segunda quincena, debido a que el núcleo de la onda Kelvin cálida (formada en la segunda quincena de setiembre y fortalecida en su evolución hacia el extremo oriental, 95°W, en el mes de octubre) continuó su impacto en el Pacífico Ecuatorial solo hasta los primeros días de enero. A partir de la segunda quincena de enero, se observó una disminución en la intensidad de la anomalía de la termoclina y nivel medio del mar en el Pacífico oriental.

Los datos de la profundidad de la termoclina y nivel del mar indican la aproximación hasta 125°W del núcleo de la onda Kelvin cálida producida por el pulso de viento del oeste observado en la primera quincena de enero.

2.7 Recursos pesqueros e indicadores biológicos

El desembarque de los recursos pelágicos proveniente de la flota industrial en el litoral peruano del 01 al 31 de enero ascendió a 563 431 toneladas (t). La especie *Engraulis ringens* “anchoveta” fue la de mayor desembarque con el 99,78%.

Mediante la RM N°369 2015-PRODUCE, se estableció la segunda temporada de pesca de anchoveta en la región norte–centro, correspondiente al periodo 17 de noviembre 2015 – 31 de enero 2016 y siendo la cuota establecida de 1,11 millones de t. El desembarque total de anchoveta durante la segunda temporada de pesca fue de 1 083 349 t (Figura 2.7.1), correspondiente a un 98 % de la cuota asignada.

Mediante RM 017-2016-PRODUCE, se estableció la primera temporada de pesca 2016 para la anchoveta en la región sur, durante el periodo 2 de febrero al 30 de junio 2016, correspondiente a 382 mil t.

La pesca de anchoveta se registró desde Bayóvar (5°S) hasta San Juan de Marcona (15°S), en forma de agrupaciones, dentro en de las 20 millas náuticas (mn) frente al litoral peruano. Los mayores desembarque se registraron entre Salaverry y Chimbote (8°30’S). Si bien la presencia de anchoveta en el norte es totalmente adulta, aun se registran altos valores de juveniles en el centro, entre Salaverry (8°S) y Chimbote (9°S) con 55%, Huarmey (10°S) y Callao (12°S) con 50% y entre Bahía Independencia (14°S) y San Juan de Marcona (15°S) con 78% de juveniles respectivamente (Figura 2.7.2). Con la disminución de la intensidad de las condiciones anómalas la anchoveta viene ampliando su distribución espacial.

Los cardúmenes de anchoveta se registraron de 10 a 75 metros (m) de profundidad, presentando profundidad media en 35 m; la mayor profundización se registró frente a Chimbote (9°S) con media alrededor de 50 m (Figura 2.7.3).

La Fracción Desovante (FD), indicador reproductivo del stock norte-centro de anchoveta mantiene valores bajos, evidenciando la culminación del periodo principal de desove. Mientras que continúa el aumento en los valores del Contenido Graso (CG), que nos indica que la anchoveta se encontró 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 Seguimiento de la Pesquería Pelágica y el Programa Bitácoras de Pesca, registraron pesca incidental en la flota destinada a la anchoveta. Entre ellas las especies indicadoras del ingreso de masas de agua cálida como: *Anchoa nasus* “samasa”, especies de la Provincia Panameña, frente a Chimbote (9°S) y las especies oceánicas *Sarda chiliensis chiliensis* “bonito” y *Scomberesox saurus* “agujilla”. Estas especies fueron identificadas principalmente dentro de las 20 mn de costa (Figura 2.7.5).

En la Prospección de Monitoreo Oceanográfico Chicama – Paita PPR 1601, del 26 de enero al 02 de febrero), se observó la presencia de las especies oceánicas *Coryphaena hippurus* “perico” y *Scomberesox saurus* “agujilla” a 30 mn frente a Pimentel (6°S) y 90 mn frente a Salaverry (8°S) respectivamente. Además registró la presencia de la especie *Exocoetus volitans* “pez volador” a 80 mn frente a Paita (5°S) y Chimbote (9°S) (Figura 2.7.6).

Hacia fines de enero, el Laboratorio de Huacho, reportó la presencia de un ejemplar de *Mobula tarapacana* “diablo manta”, dentro de las 40 mn frente a Pasamayo (11°S), cuya distribución general es de California (EEUU) hasta el norte del Perú. Frente a Huacho (11°S) se registraron las especies *Synodus scituliceps* “pez lagarto”, frente a Huacho, siendo esta especie bentónica habita fondos arenosos y areno-fangosos (típica integrante de la fauna acompañante en los arrastres de fondo para la captura de *Merluccius gayi peruanus* “merluza” en el norte del Perú) y la especie *Seriola peruana* “fortuno” que se distribuye desde Mazatlán (México) a 09° 24,7’S; 81° 19’ W e Islas Galápagos (Figura 2.7.7).

Durante el Monitoreo bio-oceanográfico en la zona norte del litoral peruano se registraron catorce (14) especies de aves marinas en un total de 9 771 avistamientos. La abundancia de las aves guaneras (pelicano, guanay y piquero) representó el 87% del total.

Las aves guaneras *Phalacrocorax bougainvillii* «guanay», *Sula variegata* «piquero» y *Pelecanus thagus* «pelicano», especies indicadoras de cambios en el ambiente, cuyo principal alimento es la anchoveta, fueron las más avistadas dentro de las 10 mn entre Salaverry (8°S) y Casma (9°S) registrando un ligero desplazamiento al sur en relación a diciembre 2015 (Figura 2.7.8).

Discusión:

La permanencia de las condiciones anómalas cálidas, desde el precedente periodo mensual, indujo la agrupación de la anchoveta, para luego expandir su extensión. Por otro lado; pese a que la TSM presentó una atenuada disminución de las anomalías cálidas, zona norte del litoral peruano, la profundidad media de los cardúmenes de anchoveta se profundizó aproximadamente 15m más con respecto a lo registrado en diciembre. Como era de esperarse, basado en la condición cálida de la TSM; diferentes especies marinas emigraron hacia el sur de su hábitat natural y como consecuencia las aves guaneras se plegaron dentro las 10 mn.

3. PERSPECTIVAS

3.1 A corto plazo (semanas)

La señal de la onda Kelvin cálida formada en la segunda quincena de diciembre se observa en los datos de TAO, ARGO (termoclina) (Figura 2.6.1 b y c), y JASON (altura del nivel del mar) (Figura 2.6.1 d), en los últimos días de enero. Según los datos de las boyas TAO, en particular en 125°W, la onda Kelvin estaría profundizando la termoclina en alrededor de 40 metros más que lo normal. Los modelos oceánicos lineales corridos 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 se asumen proporcionales entre sí) asociadas a una onda Kelvin cálida.

Se estima que el arribo de la onda Kelvin a la costa sudamericana 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) también llegaría a la costa de Sudamérica entre fines de febrero e inicios de marzo 2016.

Discusión: Como resultado del arribo de la onda Kelvin cálida hacia las costa de Sudamérica, prevista en el transcurso del mes de febrero, las anomalías de TSM en la región Niño 1+2 y en la costa peruana podrían incrementarse, lo cual a su vez podría aumentar sustancialmente la probabilidad de lluvias intensas en la costa norte. Hay que recordar que una onda Kelvin similar se presentó en el verano del año 2002 y provocó el incremento de la TSM en +2°C por encima de su normal en la estación Puerto Chicama, por lo se estima que la onda reciente también podría incrementar la anomalía de TSM en alrededor de +2°C adicionales a lo actual.

3.2 A mediano plazo (hasta 3 meses)

El evento El Niño costero continuara en el presente verano. En el transcurso del mes de febrero, se espera que las anomalías de TSM en la región Niño 1+2 y en la costa peruana se incrementen el alrededor de +2°C adicionales como consecuencia del arribo de la onda Kelvin cálida que se formó en el Pacífico Ecuatorial en la segunda quincena de diciembre, otro indicador que reforzaría el incremento de la TSM es el debilitamiento de los vientos alisios (Figura 2.5.8).

Por otro lado, para el océano Pacífico ecuatorial central (Niño3.4), los pronósticos de los modelos climáticos dinámicos, 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 enero, para los meses de febrero y marzo de 2016, indican que la ATSM tendría las condiciones muy fuerte y fuerte, respectivamente, en esa región.

Para el Pacífico oriental (Niño 1+2), los pronósticos de los modelos climáticos dinámicos internacionales evaluados (siete del proyecto NMME y el European Center for Medium Range Weather Forecasting ECMWF) e inicializados en enero, para los meses de febrero y marzo de 2016, indican en promedio condiciones cálida moderada y cálida débil respectivamente (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.

Discusión: Se espera que para los meses de febrero y marzo se incremente o se mantenga la anomalía positiva de la TSM en el Pacífico oriental con respecto a los valores recientes. Además, debido a que en esos meses normalmente se intensifican los vientos del norte del Golfo de Panamá y se desarrolla la banda secundaria de la Zona de Convergencia Intertropical en el hemisferio sur, es más probable que se produzca el debilitamiento de los alisios del sureste y aumento súbito de la TSM en la costa, como lo que se observó en marzo del 2015.

Con las condiciones cálidas que se observarían en el Pacífico oriental para los meses de febrero y marzo es probable la ocurrencia de lluvias muy fuertes³ en la zona nor-occidental del país, lo cual corresponde a precipitaciones en las partes medias y bajas del orden de 35-60 mm/día en Tumbes y Piura, y de 20 mm/día en Lambayeque.

Los pronósticos de los modelos climáticos indican principalmente condiciones El Niño costero de magnitud moderada para el mes de febrero y condición débil para el mes de marzo. Los resultados de las correlaciones de las condiciones observadas y los pronósticos inicializados en enero para los meses de febrero y marzo son alrededor de 0,73 y 0,53 respectivamente (Reupo y Takahashi, 2014 a, b).

3.3 A largo plazo (más de 3 meses)

Los pronósticos de los modelos dinámicos (NMME) de los modelos climáticos para el océano Pacífico central (Niño 3.4) indican que las condiciones cálidas de las anomalías de la TSM continuarían para los meses de marzo y abril con condiciones en promedio cálidas fuertes y cálidas moderadas respectivamente (Figura 3.2.1) en promedio, el modelo CMC1-CanCM3 muestra condiciones débiles para este mes. Los modelos indican, en promedio, una disminución de las anomalías positivas de TSM para los siguientes meses.

Los pronósticos de los modelos climáticos de NMME para el Pacífico oriental (Niño 1+2, ICEN), en promedio indican condiciones cálidas moderadas para el verano 2015-2016 (Figura 3.2.2). Los modelos GFDL_FLOR y ECMWF indican el fin del evento El Niño en el mes de mayo, también los modelos CMC1 y NCAR_CCSM4 indican el fin del evento para el mes de junio.

Los pronósticos de modelos climático son utilizables o confiables 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). 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.

La presencia de las ondas Kelvin cálidas ecuatoriales ha contribuido a mantener una menor inclinación de la termoclina ecuatorial (Figura 2.6.3). La profundidad de la termoclina en el Pacífico Ecuatorial se ha reducido, presentando anomalías negativas, debido al proceso de descarga del contenido de calor en la región del Pacífico Ecuatorial, que podría interpretarse como el proceso de finalización de El Niño (Figura 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.

³ Lluvias muy fuertes: Se define como el percentil 95% de la precipitación diaria.
Diagnóstico Climático y Previsión de El Niño-Oscilación del Sur en el Perú, enero 2016

Siguiendo a la onda Kelvin cálida se observa una onda Kelvin fría, la cual debe forzar a la normalización de la profundidad de la termoclina, y en consecuencia la TSM, según los datos observados de TAO, ARGO y JASON-2, además el modelo lineal de IGP, se observa la aproximación de la onda fría en 170°W.

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, se mantienen positivas. 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). Climatológicamente los vientos del norte del Golfo de Panamá se intensifican y es probable la ocurrencia de eventos de debilitamiento de los alisios y un incremento de la TSM en la costa. Mientras tanto, las anomalías de la TSM en el Pacífico central (Niño 3.4) vienen comportándose con anomalías superior a la de los años 1983 y 1998.

Los modelos globales para el Pacífico oriental (región Niño 1+2), indica condiciones entre moderadas y débil para el mes de marzo

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 moderada para abril de 2016, los modelos globales pronostican la declinación del evento El Niño en los próximos meses. El Niño en el Pacífico central seguirá modulando el régimen de las lluvias en la región andina, por lo que se estima que de la deficiencia de lluvias continuará o se reduzcan en febrero (Lagos et al, 2007; Silva et al, 2008; Lavado y Espinoza, 2014, lo que no contradice la ocurrencia de eventos esporádicos de precipitaciones de fuerte intensidad.

4. CONCLUSIONES

Durante el mes enero las condiciones oceánicas y atmosféricas de la fase cálida de El Niño-Oscilación del Sur continúan. Las condiciones de la TSM, en promedio se redujeron con respecto a diciembre en la costa norte, pero aumentó en la costa centro y sur. Además los datos de la profundidad de la termoclina y nivel del mar muestran la aproximación hasta 125°W del núcleo de la onda Kelvin cálida producida por el pulso de viento del oeste observado en la primera quincena de enero

En la zona costera del Perú, en promedio las anomalías del nivel medio del mar se redujeron con respecto a diciembre. En el litoral norte, la anomalía fue de +6 cm, mientras que en el litoral centro y sur fueron +4 y +7 cm, respectivamente. Para la TSM, el promedio de las anomalías fue +1,8°C en la costa norte, y +2,1°C en la costa centro y sur, respectivamente. 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 +1,1°C para la temperatura máxima, +1,4°C para la temperatura mínima.

En la Estación Fija Paita, se observaron anomalías positivas de entre +2° y +3°C sobre los 100 m de profundidad. Las secciones oceanográficas indicaron anomalías de alrededor de +2°C por encima de los 100 y 150 m de profundidad frente a Paita y Chicama, respectivamente, a finales de enero. El Índice Costero El Niño (ICEN) para el mes de diciembre fue +2,07 ° C, manteniendo la categoría Cálida Fuerte, mientras que según el ICENtmp para los meses de enero y febrero de 2016, disminuiría a condiciones cálidas moderadas.

Durante el mes de enero, los caudales de los principales ríos de la costa centro y sur se muestran inferiores a los promedios históricos. Sin embargo, en la costa norte, los caudales vienen recuperándose a partir de la segunda quincena del mes. En relación a los principales reservorios de la costa norte, estas muestran en promedio un 33% de su capacidad máxima, mientras que en el sur un 30%.

Con respecto a los pronósticos numéricos, estos indican que las anomalías de la TSM muestran una tendencia a disminuir, por lo tanto pronostican la declinación del evento El Niño en los próximos meses.

5. REFERENCIAS

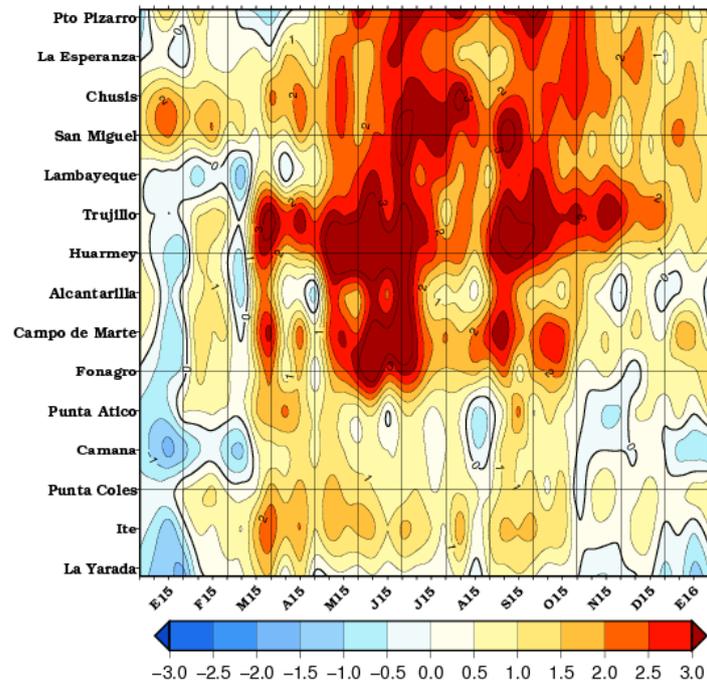
- Barnston, A. G., Tippett M. K., L'Heureux M. L., Li S., DeWitt D. G., 2012: Skill of Real-Time Seasonal ENSO Model Predictions During 2002–11: Is Our Capability Increasing?, *Bulletin of the American Meteorological Society*, 93 (5), 631-651, doi:10.1175/BAMS-D-11-00111.1.
- Comunicado Oficial ENFEN 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. & Aceituno, P., 2001 – Interannual rainfall variability over the South American Altiplano. *Journal of Climate*, 14: 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: 5-22.
- Garreaud, R. D. (2009). The Andes climate and weather. *Advances in Geosciences*, 22, 3-11.
- 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 Perú. *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 Meteorologia*, v.29, 171-182
- Lee, T., and M. J. McPhaden, 2010: Increasing intensity of El Niño in the central-equatorial Pacific, *Geophysical Research Letters*, 37, L14603, doi:10.1029/2010GL044007.
- Lindzen, R. S., and Nigam, S., 1987: On the role of sea surface temperature gradients in forcing low-level winds and convergence in the tropics, *J. Atmos. Sci.*, 44, 17, 2418-2436.
- Mantua, N.J. and S.R. Hare, Y. Zhang, J.M. Wallace, and R.C. Francis 1997: A Pacific interdecadal climate oscillation with impacts on salmon production. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 78, 1069-1079.
- Mosquera, K., 2009: Variabilidad Intra-estacional de la Onda de Kelvin Ecuatorial en el Pacífico (2000-2007): Simulación Numérica y datos observados. Tesis para optar el grado de Magíster en Física - Mención Geofísica en la Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- Mosquera, K., B. Dewitte y P. Lagos, 2011: Variabilidad Intra-estacional de la onda de Kelvin ecuatorial en el Pacífico (2000-2007): simulación numérica y datos observados. *Magistri et Doctores, Revista de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Año 5, No9, julio-diciembre de 2010, p. 55.*
- Mosquera, K., 2014: Ondas Kelvin oceánicas y un modelo oceánico simple para su diagnóstico y pronóstico, *Boletín Técnico "Generación de modelos climáticos para el pronóstico de la ocurrencia del Fenómeno El Niño"*, Instituto Geofísico del Perú, Enero, 1, 1, 4-7.
- Reupo, J., y Takahashi, K., 2014a: Validación de pronósticos con modelos globales: Correlaciones de TSM (1982-2010). *Bol. Tec. El Niño IGP*, 1 (1), 8-9.
- Reupo, J., y Takahashi, K., 2014b: Variabilidad decadal en la bondad de los pronósticos con modelos climáticos globales. *Bol. Tec. El Niño IGP*, 1 (8), 9-10.
- Richard W. Reynolds, Thomas M. Smith, Chunying Liu, Dudley B. Chelton, Kenneth S. Casey, and Michael G. Schlax, 2007: Daily High-Resolution-Blended Analyses for Sea Surface Temperature. *J. Climate*, 20, 5473–5496.
- Takahashi, K., 2004: The atmospheric circulation associated with extreme rainfall events in Piura, Peru, during the 1997-1998 and 2002 El Niño events, *Ann. Geophys.*, 22, 3917-3926.
- Woodman, R. y Takahashi, K., 2014 ¿Por qué no llueve en la costa del Perú (salvo durante El Niño)? - *Bol. Tec. El Niño IGP*, 1 (6), 4-7.
- Y. Silva, Takahashi, K., y Chávez, R., 2008: Dry and wet rainy seasons in the Mantaro river basin (Central Peruvian Andes). *Advances in Geosciences* 14, 261-264.
- Takahashi, K., and Dewitte, B., 2015: Strong and moderate nonlinear El Niño regimes, *Climate Dynamics*, doi:10.1007/s00382-015-2665-3.
- Vuille, M., 1999: Atmospheric circulation anomalies over the Bolivian Altiplano during dry and wet periods and extreme phases of the Southern Oscillation, *Int. J. Climatol.*, 19, 1579-1600.
- Vuille, M., Keimig, F., 2004: Interannual variability of summertime convective cloudiness and precipitation in the central Andes derived from ISCCP-B3 data. *J. Climate*, 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)

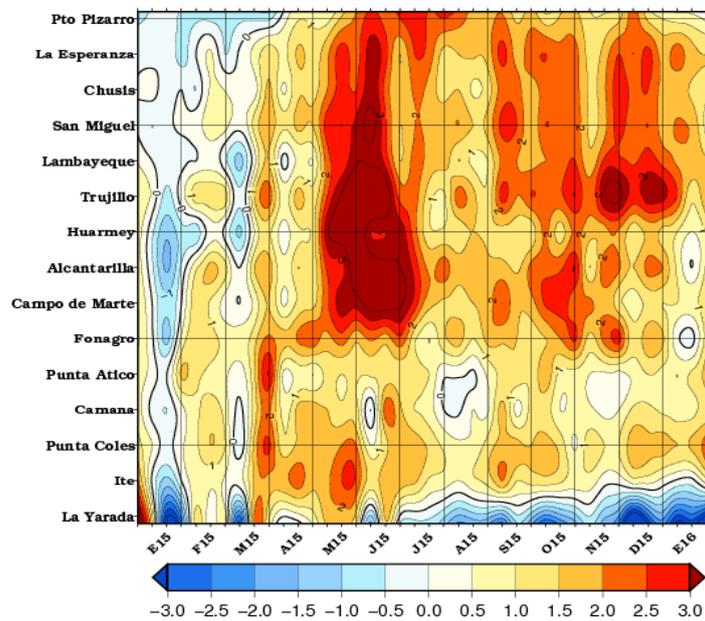
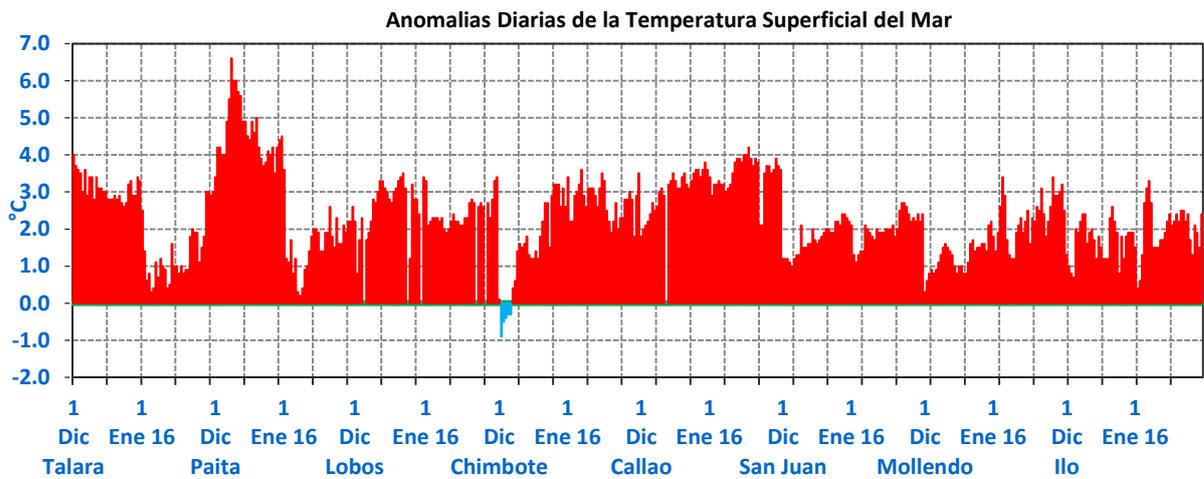


Figura 2.1.1. Anomalías de las temperaturas extremas del aire (°C) en la costa peruana desde enero 2015 a enero de 2016. Temperatura máxima (imagen superior) y Temperatura mínima (imagen inferior). Fuente: SENAMHI

a)



b)

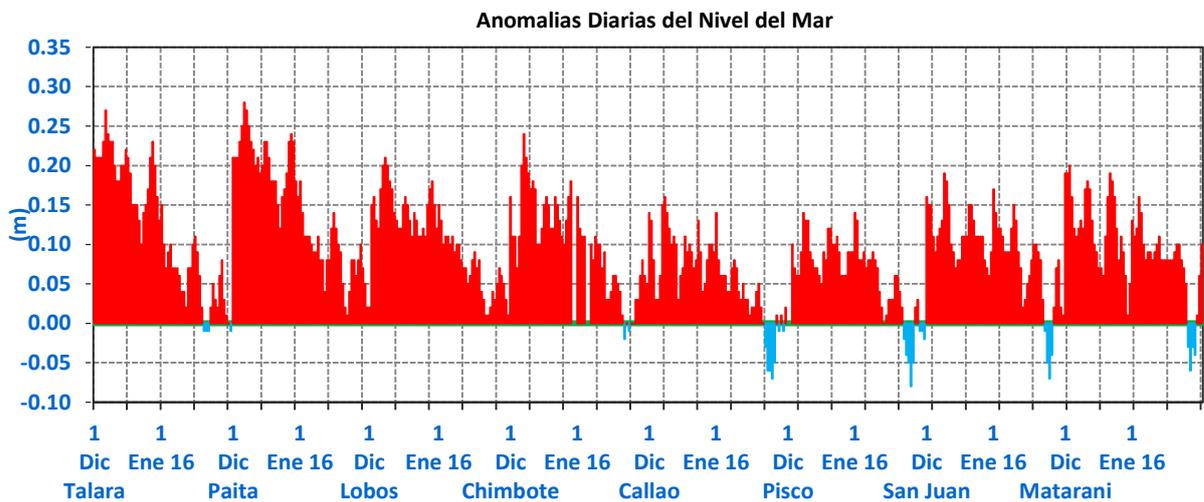


Figura 2.1.2. Serie de tiempo diaria de: a) Temperatura superficial del mar (°C) y b) Nivel medio del mar (m) en el litoral peruano durante el mes de diciembre 2015 - enero 2016. Procesamiento: DHN

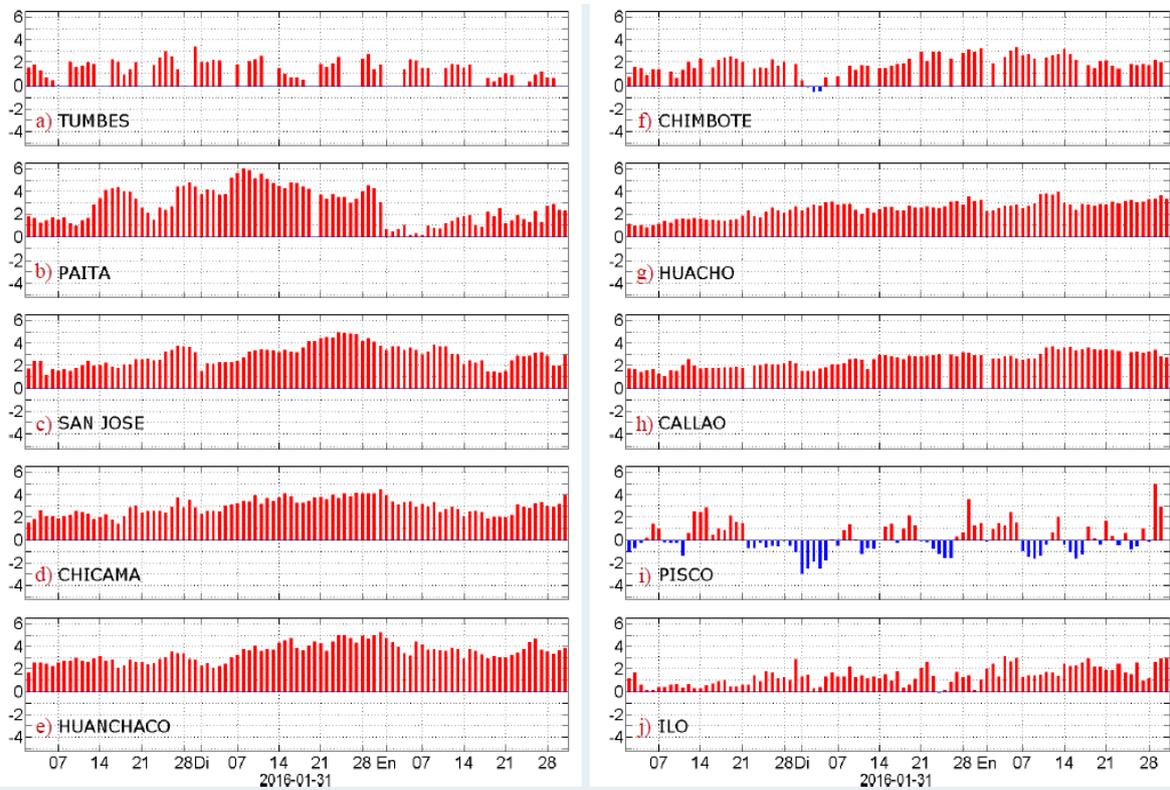
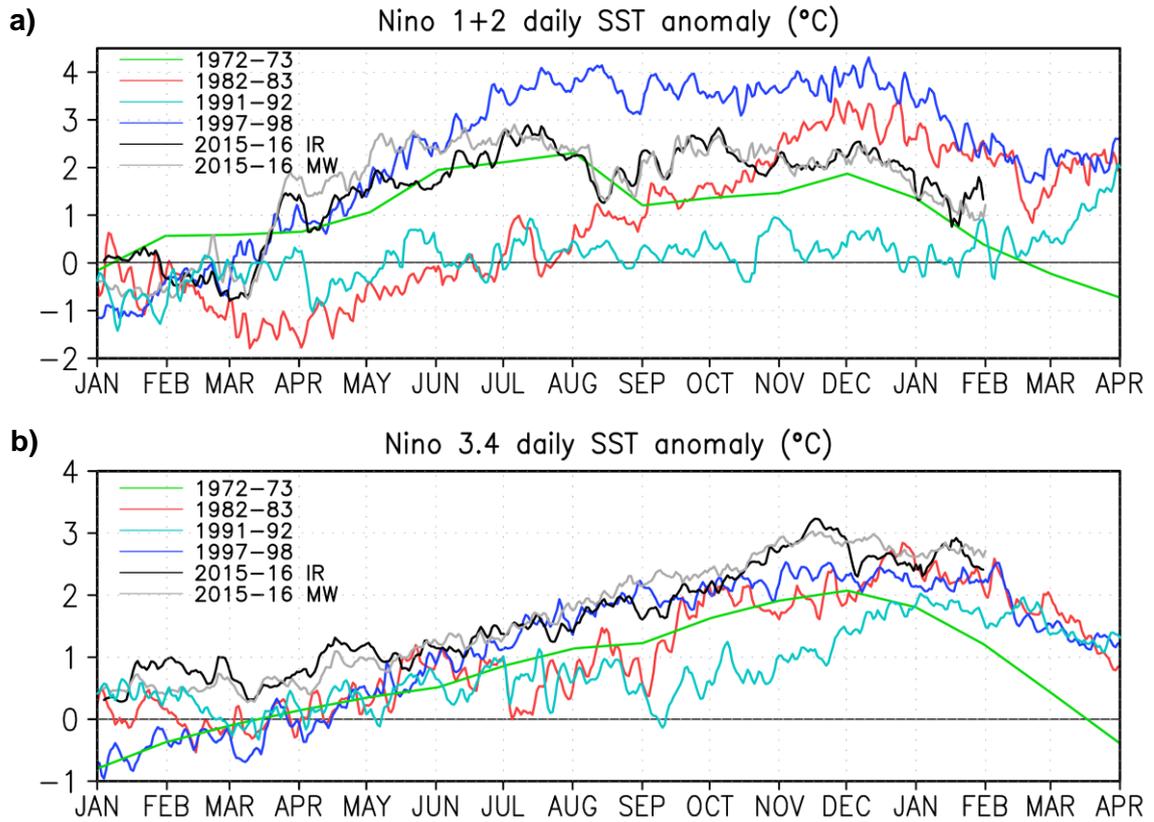


Figura 2.1.3 Series diarias de Anomalías de TSM registradas en estaciones costeras del IMARPE. Procesamiento: Laboratorio de Hidro-Física Marina, IMARPE.



Data: NOAA Hires OI SST, RSS MW SST, Processing: IGP.

Last data: 01FEB2016

Figura 2.1.4. 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

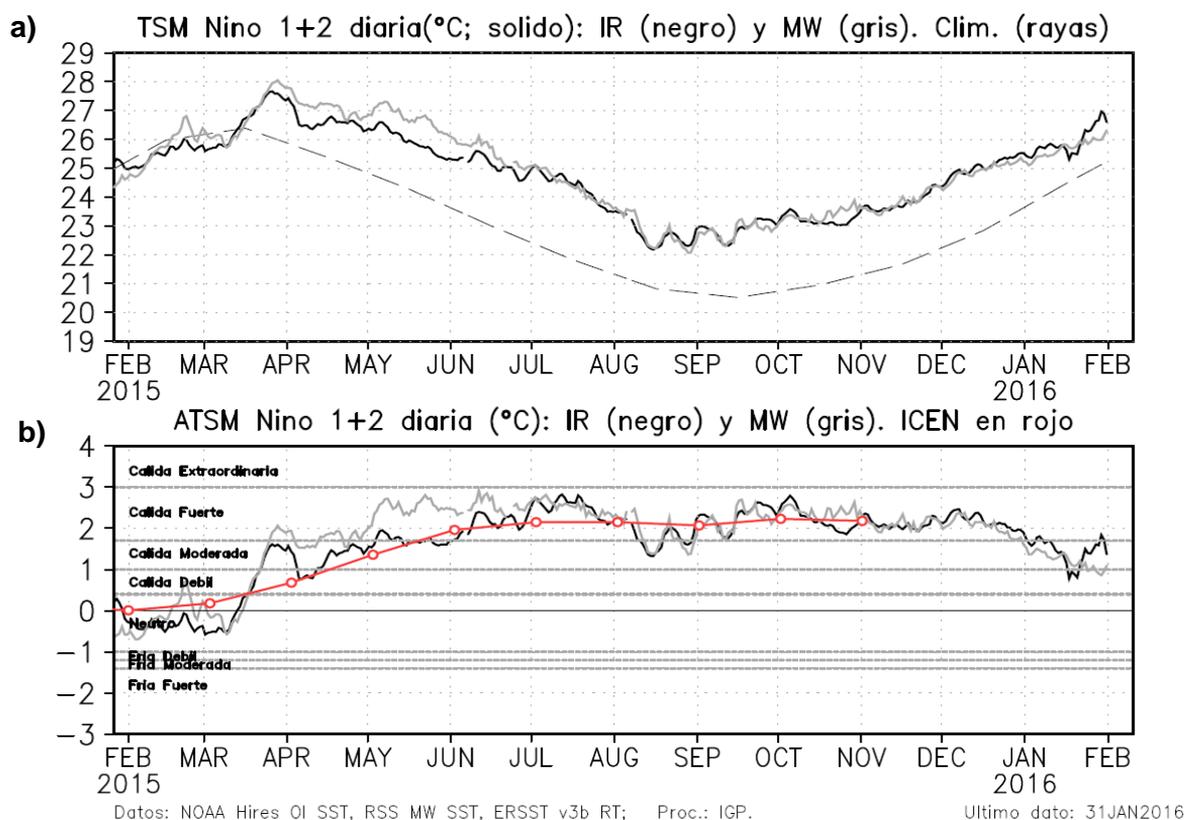


Figura 2.1.5. a) Temperatura superficial del mar (°C), climatología (línea punteada) en la región Niño 1+2 según los datos de infrarrojo (negro; NOAA Daily OI SST v2 AVHRR) y de microondas (gris; RSS Microwave OI SST v4.0). b) Anomalia de TSM en la región 1+2, según los datos infrarrojo (negro) y microondas (gris) y el ICEN (rojo). Procesamiento: IGP

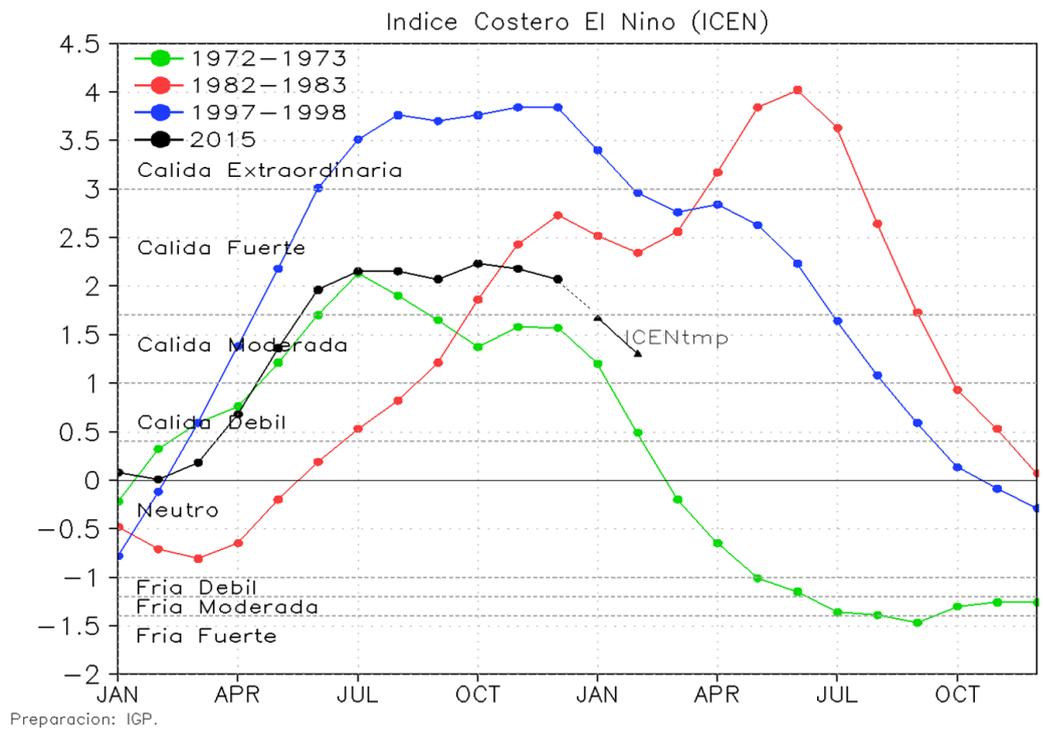


Figura 2.1.6. Índice Costero El Niño para los años 1972-1973 (verde), 1982-1983 (rojo), 1997-1998 (azul) y 2015 (negro)

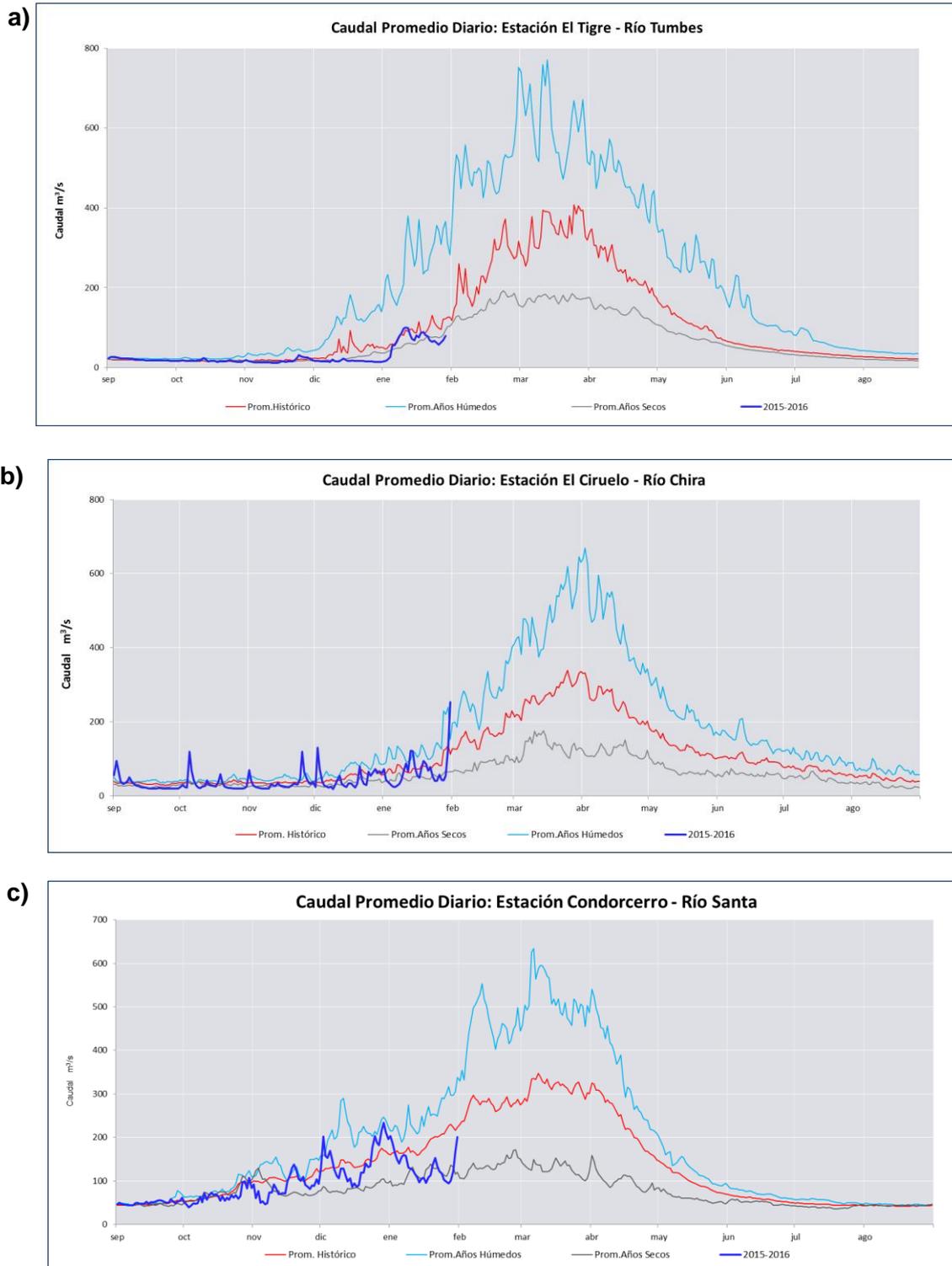


Figura 2.2.1. Serie de tiempo de los caudales diarios (m^3/s) de los ríos: a) Tumbes, b) Chira de la vertiente del Pacífico norte y c) Santa, de la vertiente del Pacífico centro del Perú. Fuente: ANA.

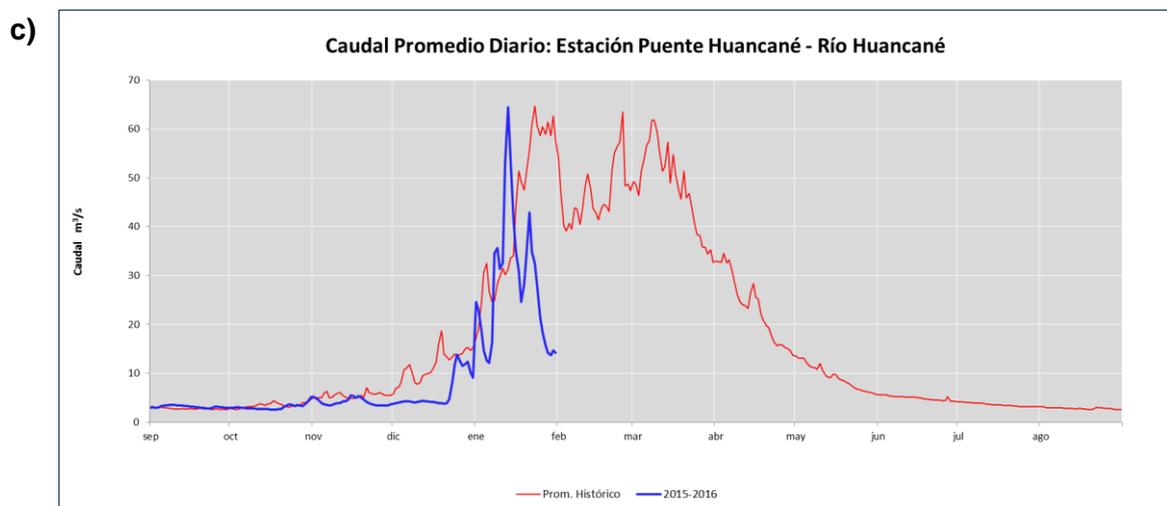
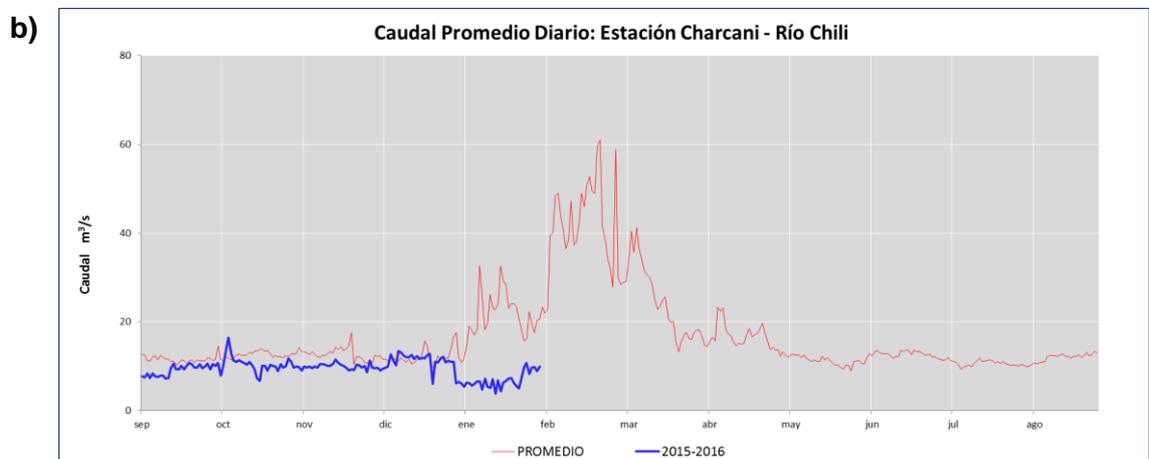
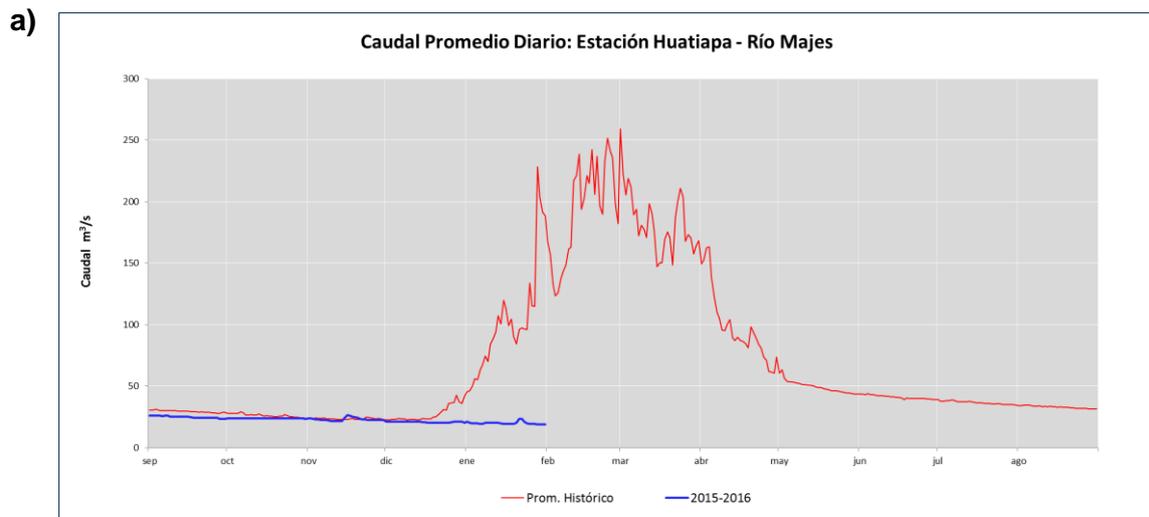


Figura 2.2.2. Serie de tiempo de los caudales diarios (m^3/s) de los ríos: a) Majes y b) Chili, de la vertiente del Pacífico sur, y c) Huancané de la vertiente del Titicaca del Perú. Fuente: ANA.

a)

b)

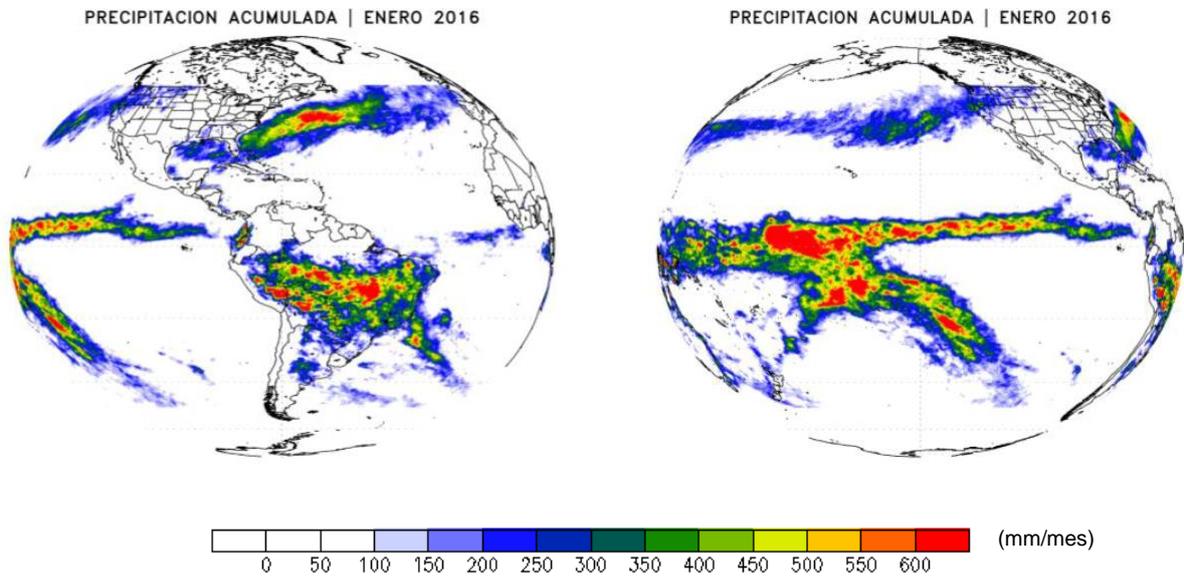


Figura 2.2.3. (a) Precipitación acumulada (mm/mes) de enero y (b) Climatología de la precipitación acumulada (mm/mes) de enero. Datos: TRMM NCEP/NOAA. Procesamiento: SENAMHI.

a)

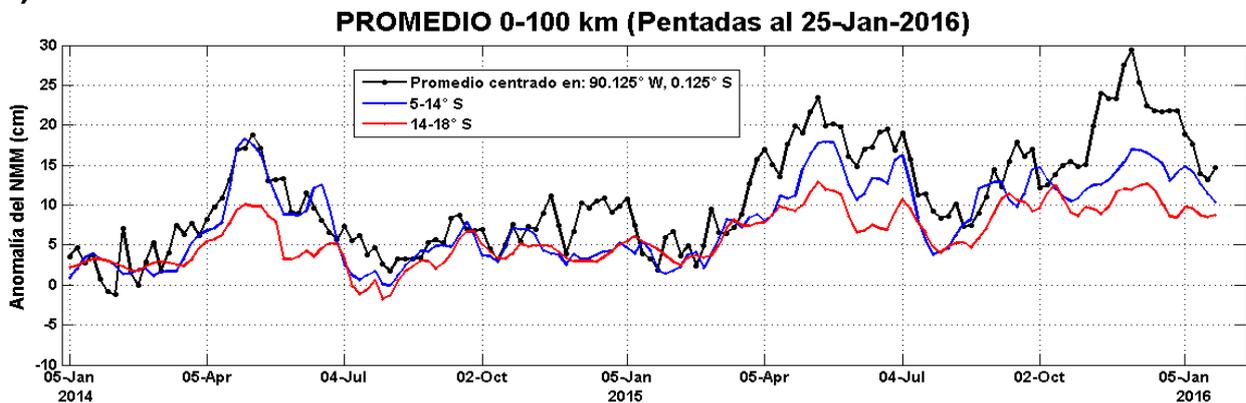


Figura 2.3.1. Anomalías de la altura del nivel del mar (cm) de altimetría satelital para la franja de 0 a 100 km. a) Serie temporal en pentadas durante el periodo 2014-2016. Datos: AVISO. Procesamiento: IMARPE.

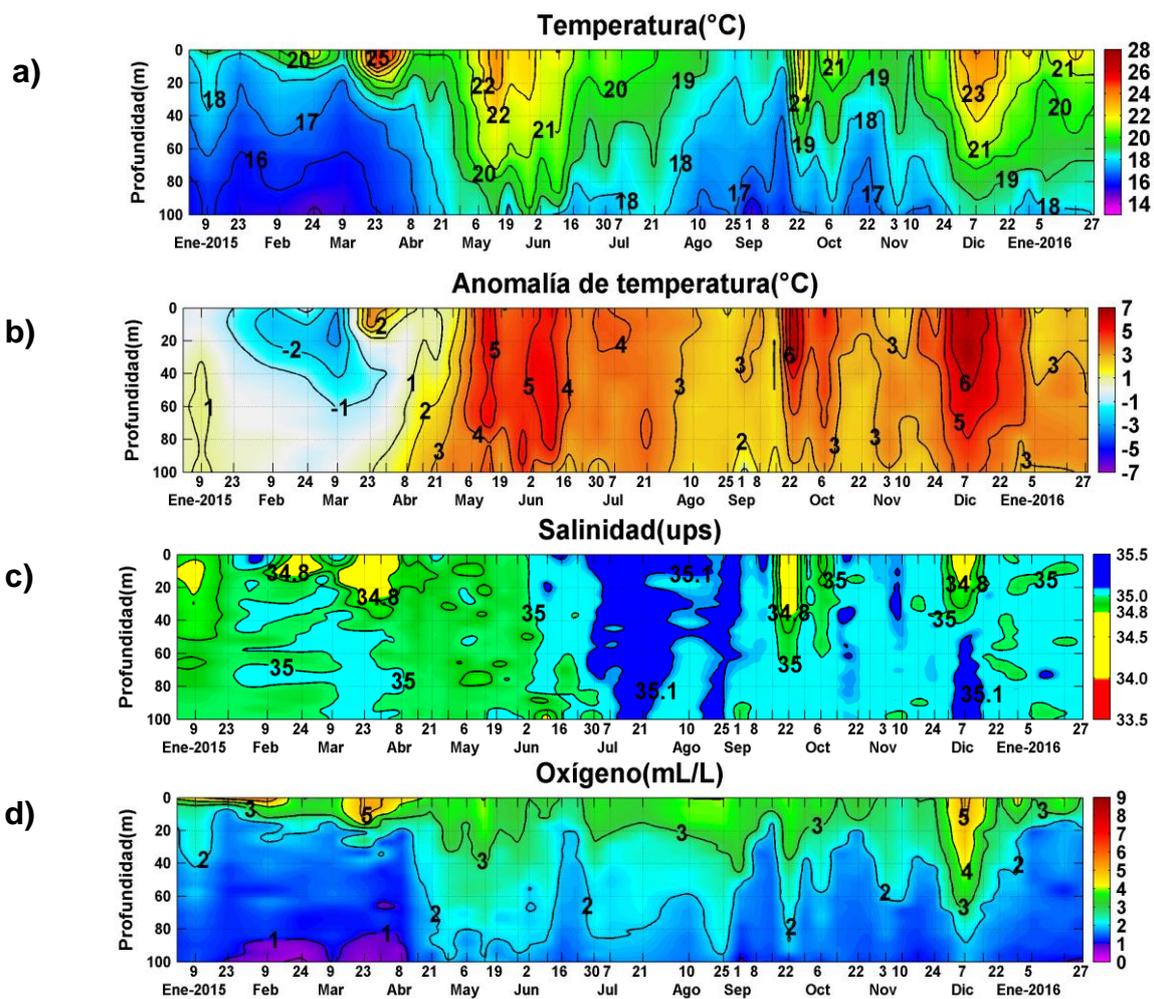
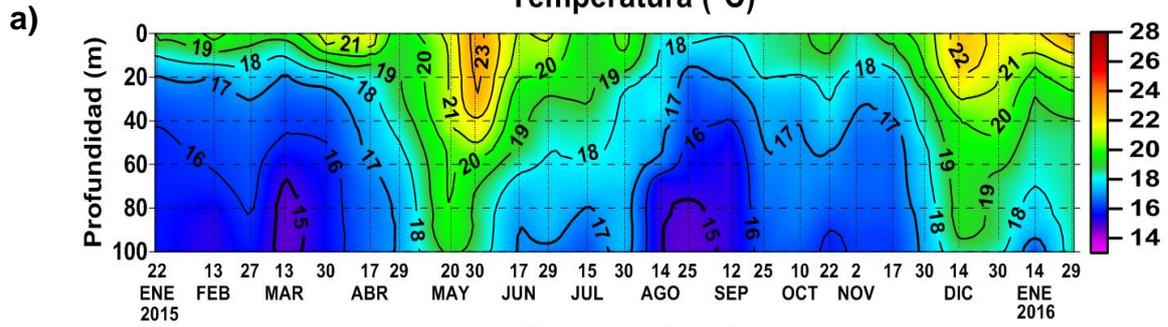


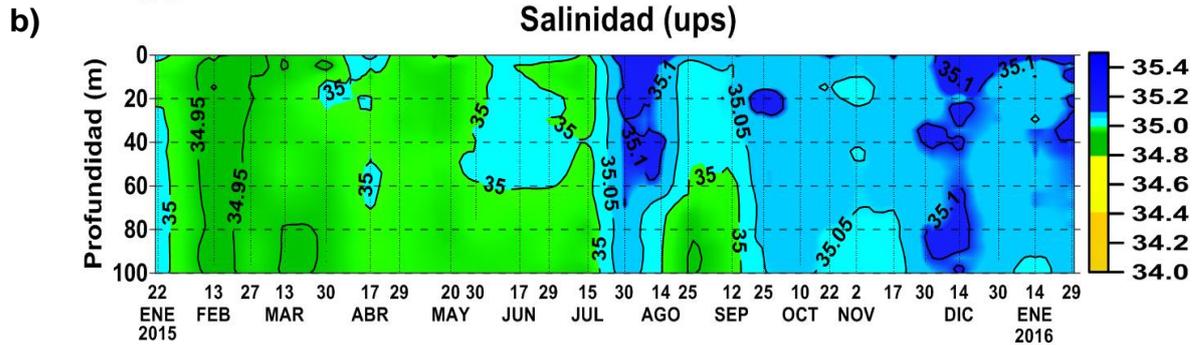
Figura 2.3.2. Series de tiempo para la estación oceanográfica fija frente a Paita (punto fijo Paita) de: a) temperatura (°C), b) anomalía de la temperatura (°C), c) Salinidad (ups) y d) oxígeno (mL/L) para el periodo del 01 de enero de 2015 al 27 de enero de 2016. Climatología: 1994-2010. Fuente: IMARPE.

PUNTO FIJO DE CHICAMA (29 DE ENERO 2016)

Temperatura (°C)



Salinidad (ups)



Oxígeno (mL/L)

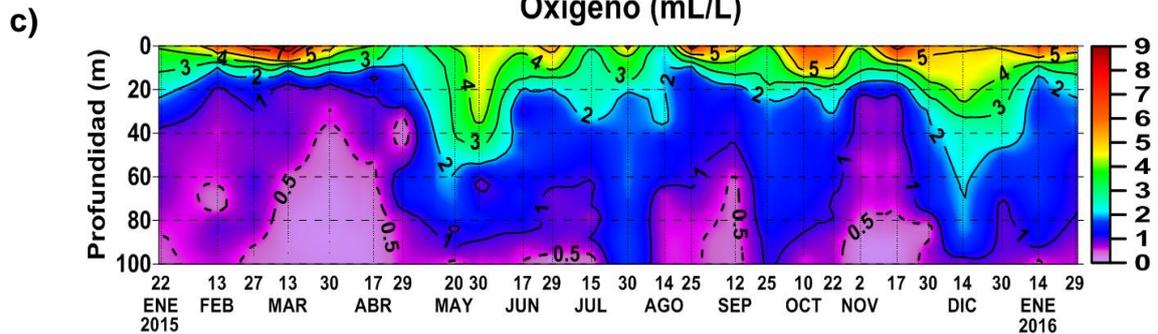


Figura 2.3.3. Series de tiempo para la estación oceanográfica fija frente a Chicama (punto fijo Chicama) de: a) Temperatura (°C), b) Salinidad (ups) y c) Oxígeno (mL/L) para el periodo del 22 de enero de 2015 al 29 de enero de 2016. Fuente: IMARPE.

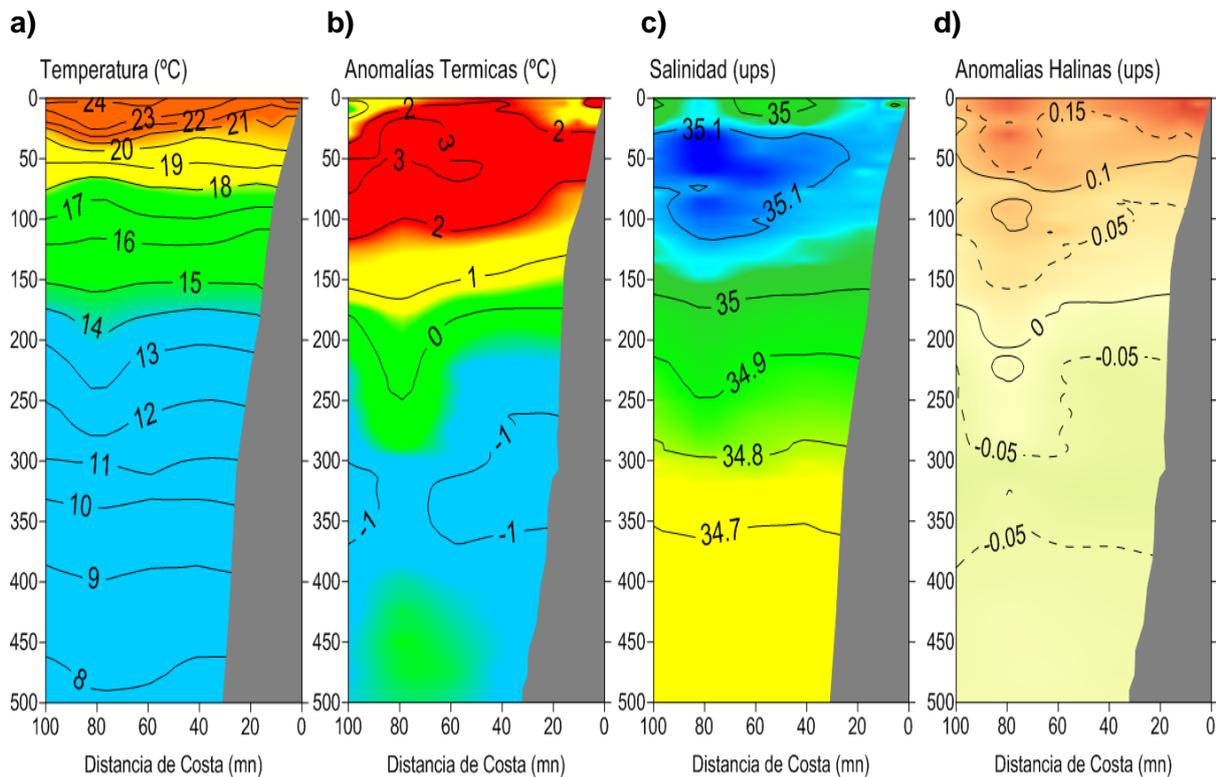


Figura 2.3.4. Distribución vertical de: a) temperatura y b) anomalía de temperatura ($^{\circ}\text{C}$), c) salinidad y d) anomalía de salinidad (ups) frente a Paíta. Operación BIC Flores, realizada durante el 30 de enero de 2016. Fuente: IMARPE.

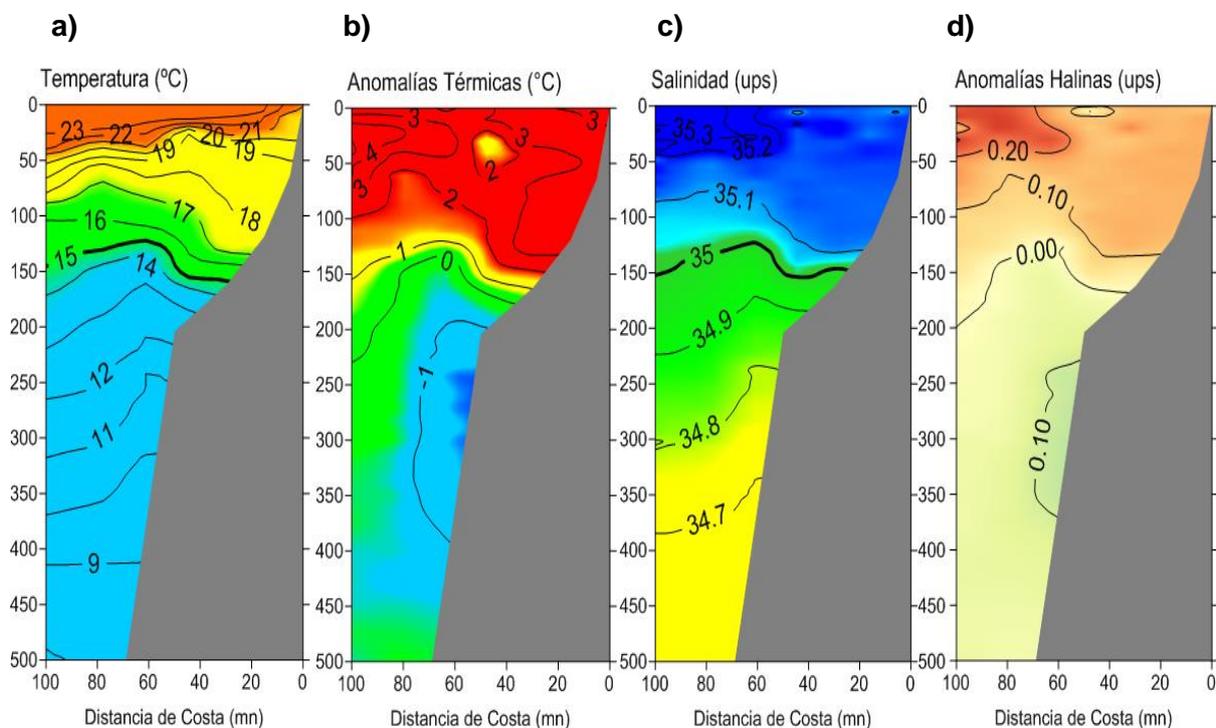
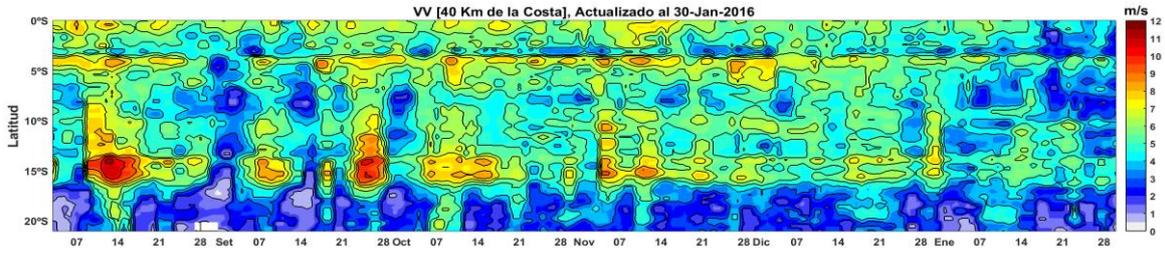


Figura 2.3.5 Distribución vertical de: a) temperatura y b) anomalía de temperatura ($^{\circ}\text{C}$), c) salinidad y d) anomalía de salinidad (ups) frente a Chicama. Operación BIC Flores realizada durante el 28 de enero de 2016. Fuente: IMARPE.

a)



b)

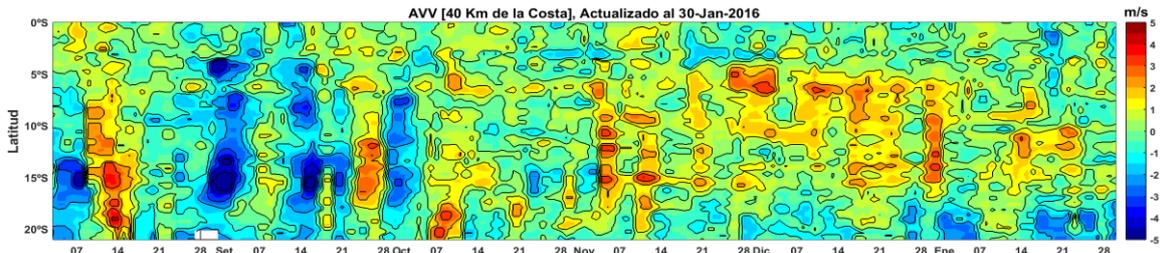


Figura 2.4.1. a) Velocidad del viento (m/s) y b) Anomalia del viento (m/s), desde los 0° hasta 20°S en el periodo de agosto de 2015 a enero de 2016. Datos: ASCAT. Procesamiento: IMARPE.

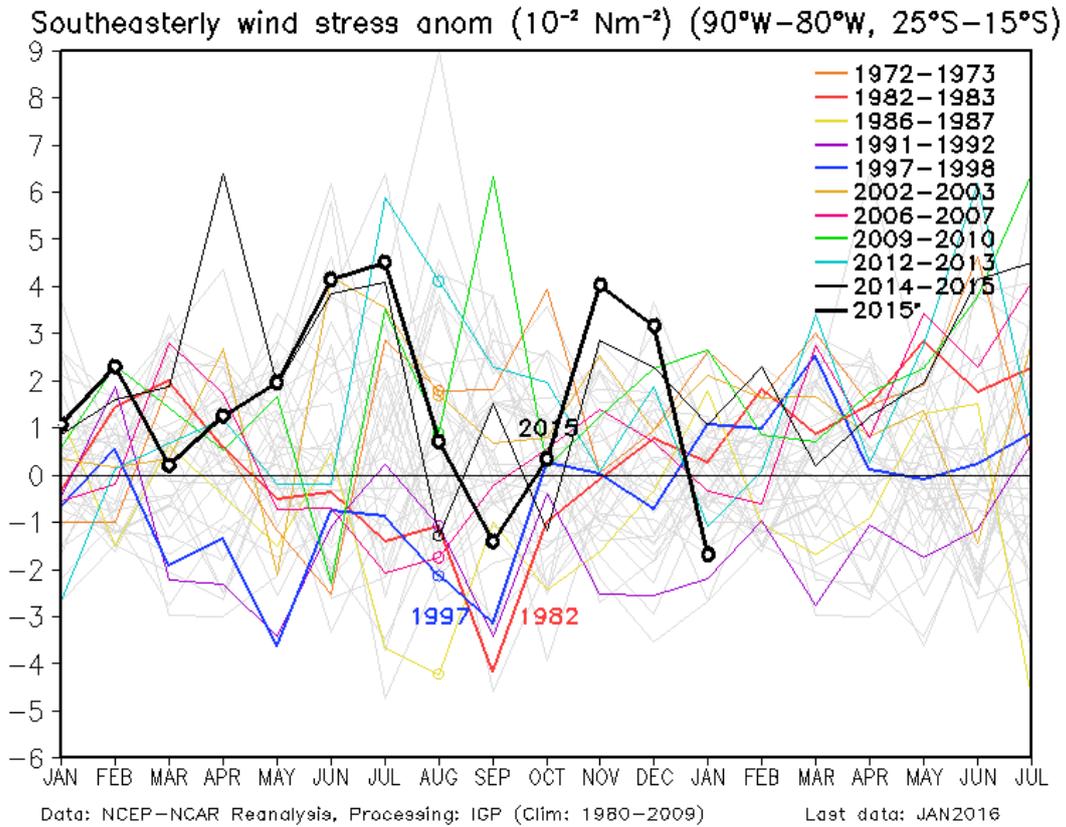


Figura 2.4.2. Anomalia del esfuerzo de viento del sureste (10^{-2} Nm^{-2}) en el Pacifico sudoriental ($90^{\circ}\text{W}-80^{\circ}\text{W}$, $25^{\circ}\text{S}-15^{\circ}\text{S}$) desde enero de 2015 hasta julio de 2016. Datos: Re-análisis NCEP NCAR, Procesamiento: IGP.

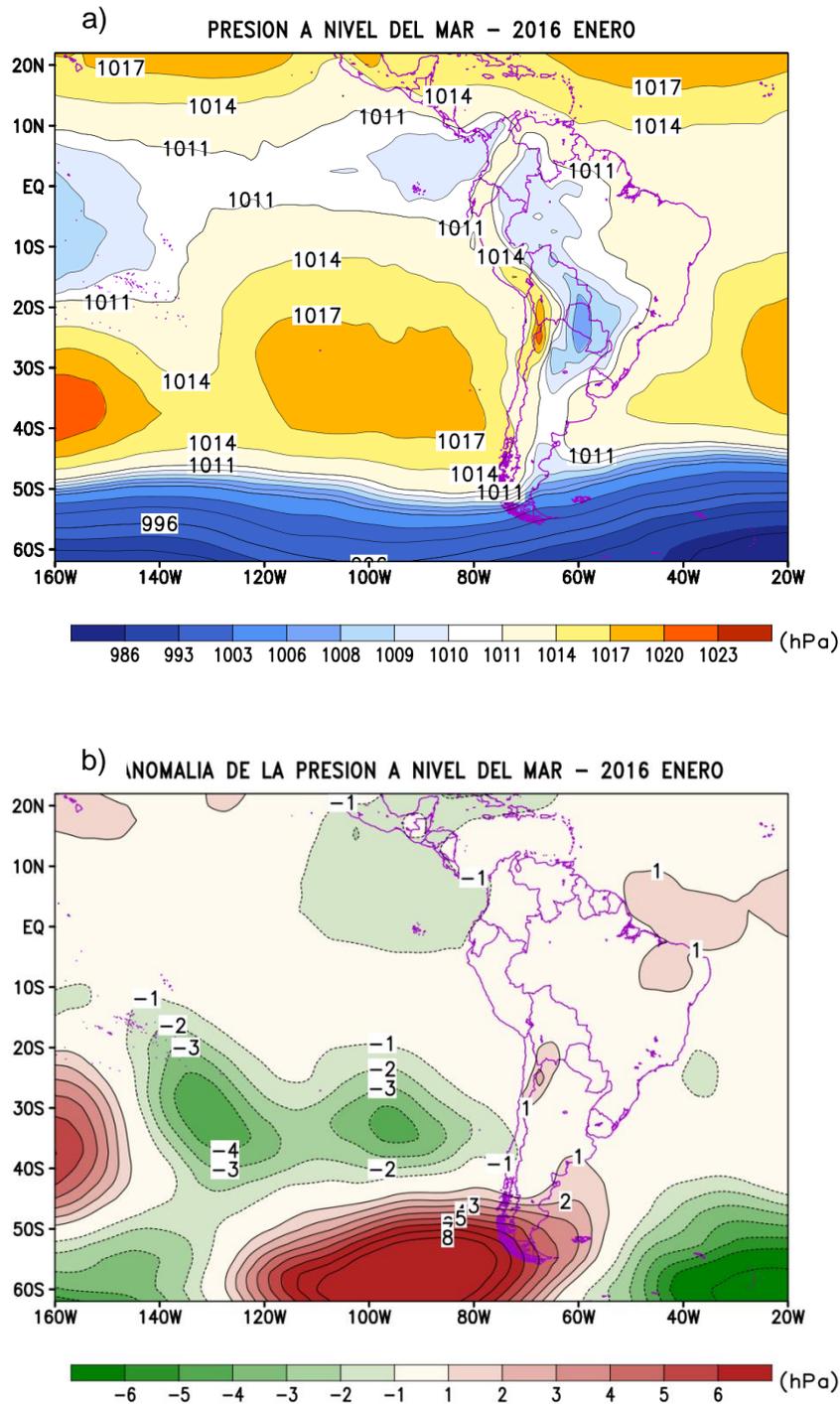


Figura 2.4.3 Presión atmosférica (hPa) a nivel medio del mar para enero del 2016. a) Promedio de la Presión atmosférica (hPa) a nivel del mar, b) Anomalía de la Presión atmosférica (hPa) a nivel del mar. Datos: NCEP/NOAA. Procesamiento: SENAMHI.

PRESION A NIVEL DEL MAR – ENERO 2016

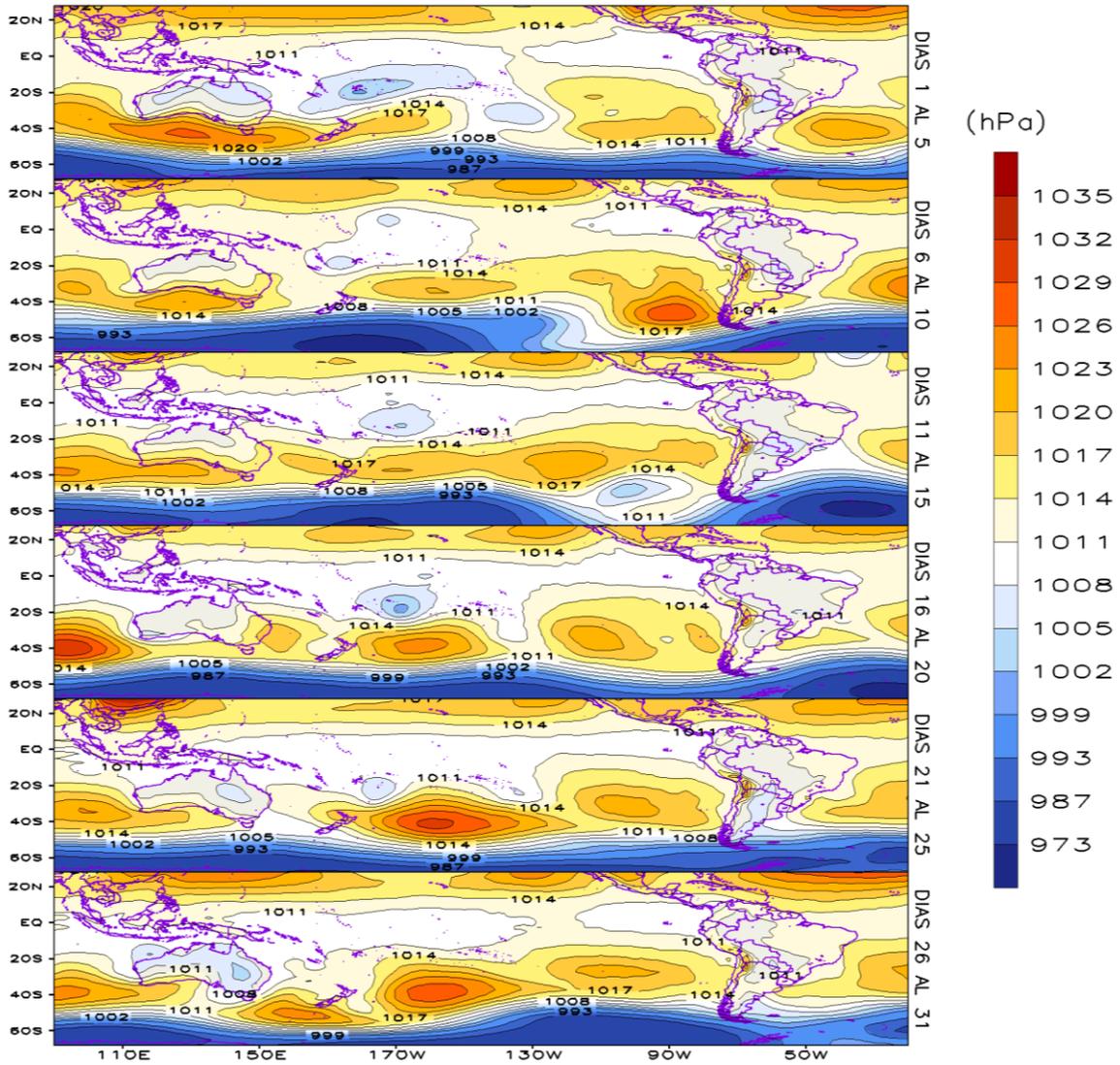


Figura 2.4.4 Análisis de la Presión atmosférica (hPa) a nivel medio del mar para enero del 2016. Datos: NCEP/NCAR Reanalysis. Procesamiento: SENAMHI.

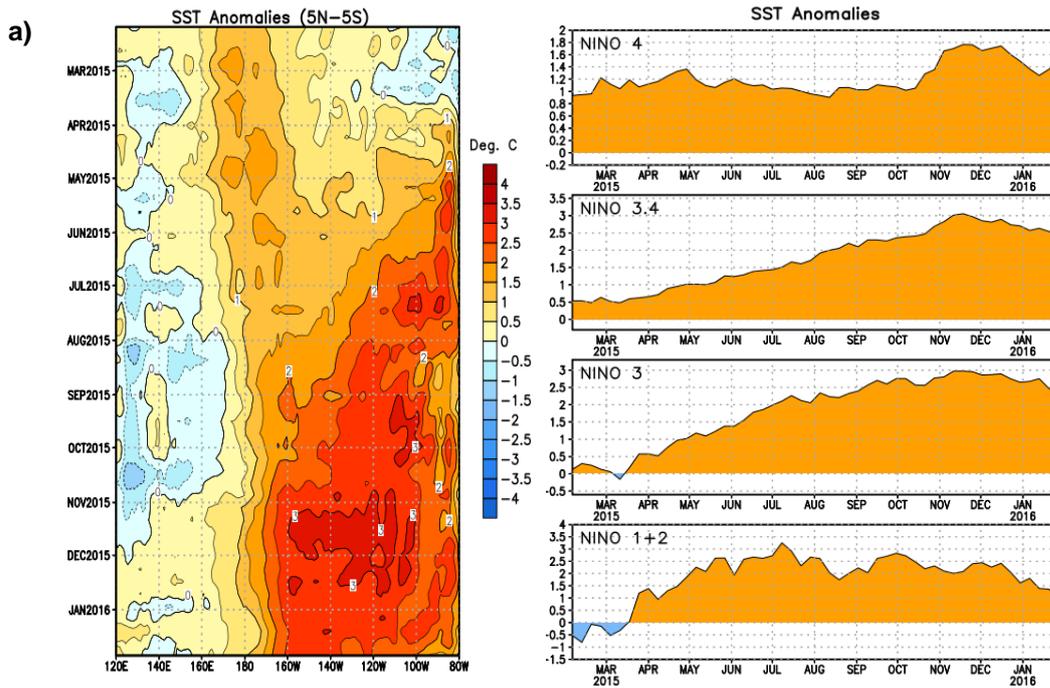


Figura 2.5.1. a) Anomalías de la temperatura superficial del mar (°C) en el océano Pacífico ecuatorial (5°N-5°S), b) Anomalías de la temperatura superficial del mar (°C) en las regiones Niño de marzo de 2015 a enero de 2016. Fuente: NCEP/NOAA.

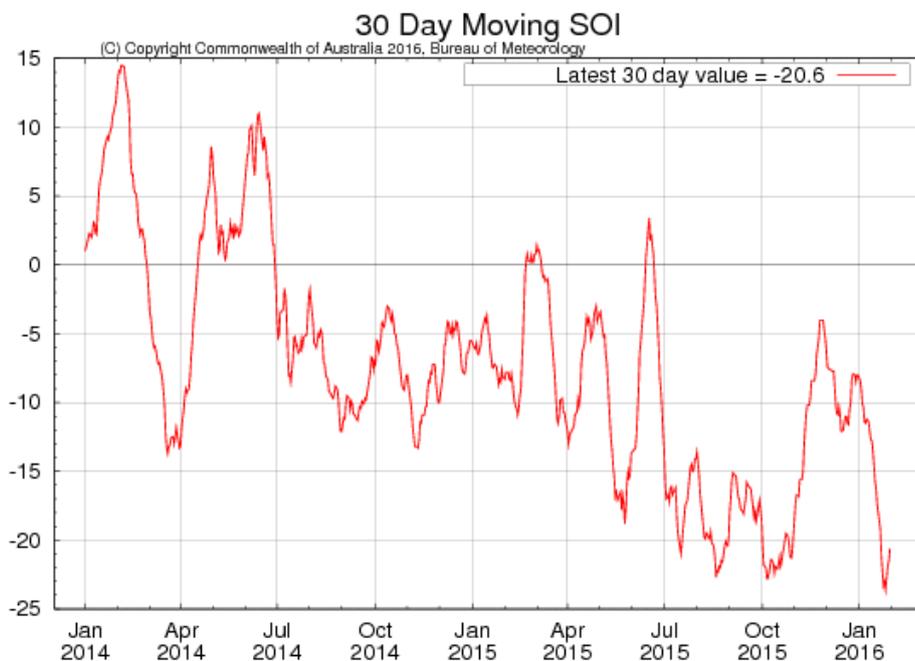


Figura 2.5.2. Evolución del Índice de Oscilación Sur (IOS), considerando la media móvil de 30 días. Fuente: Bureau of Meteorology, Australia.

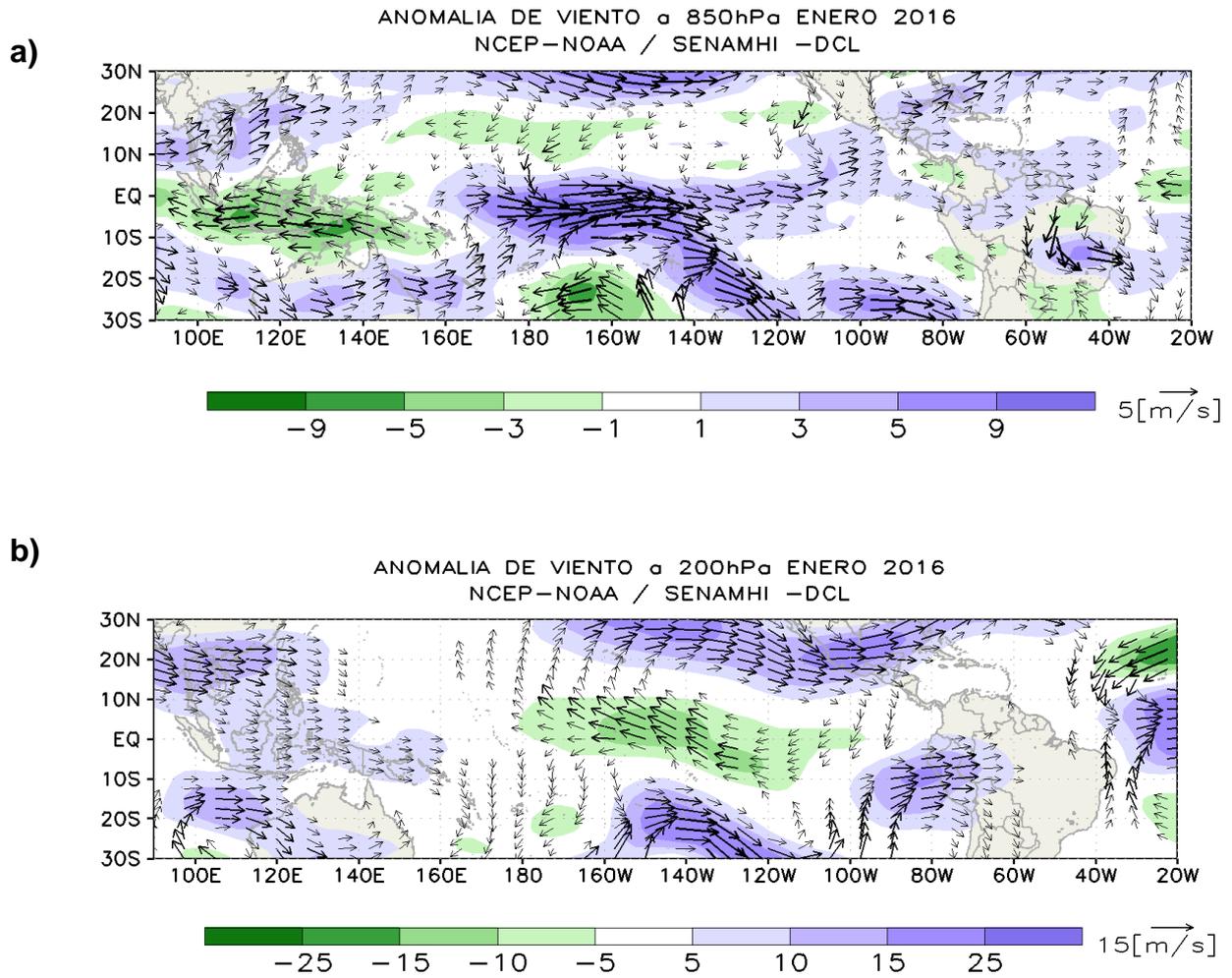
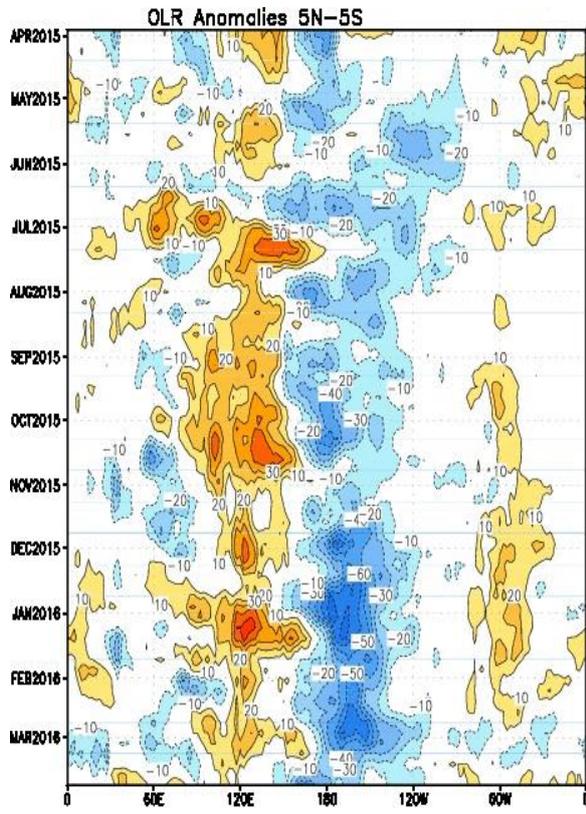


Figura 2.5.3. Análisis de anomalías del viento (m/s) en a) 850 hPa y b) 200 hPa para el mes de enero del 2016. Datos: NCEP/NOAA. Procesamiento: SENAMHI-DCL.

a)



b)

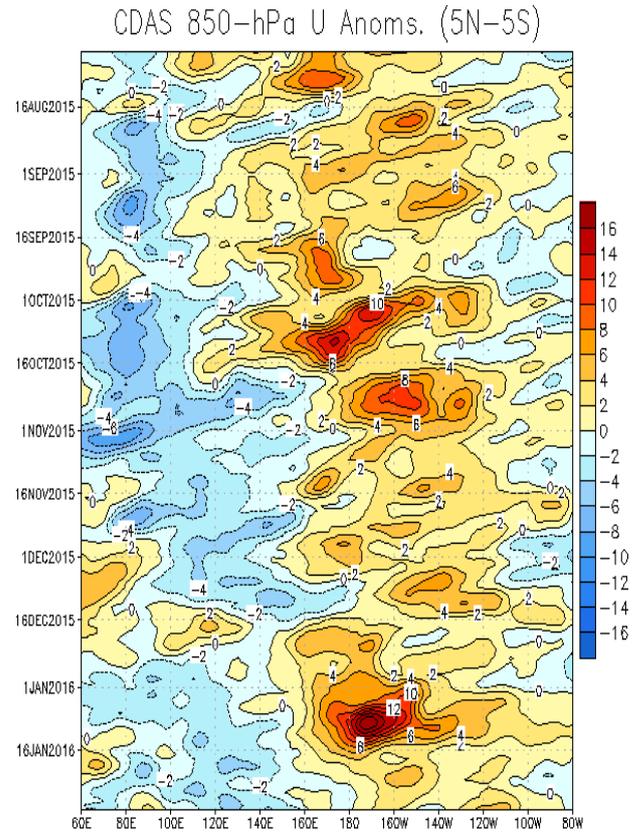


Figura 2.5.4. Hovmoller de anomalías de a) Radiación de onda larga - OLR (W/m²) desde el mes de marzo de 2105 hasta febrero de 2016. Datos: NCEP b) Viento zonal 850 hPa desde agosto de 2015 hasta enero de 2016. Datos: CDAS, Procesamiento: IMARPE.

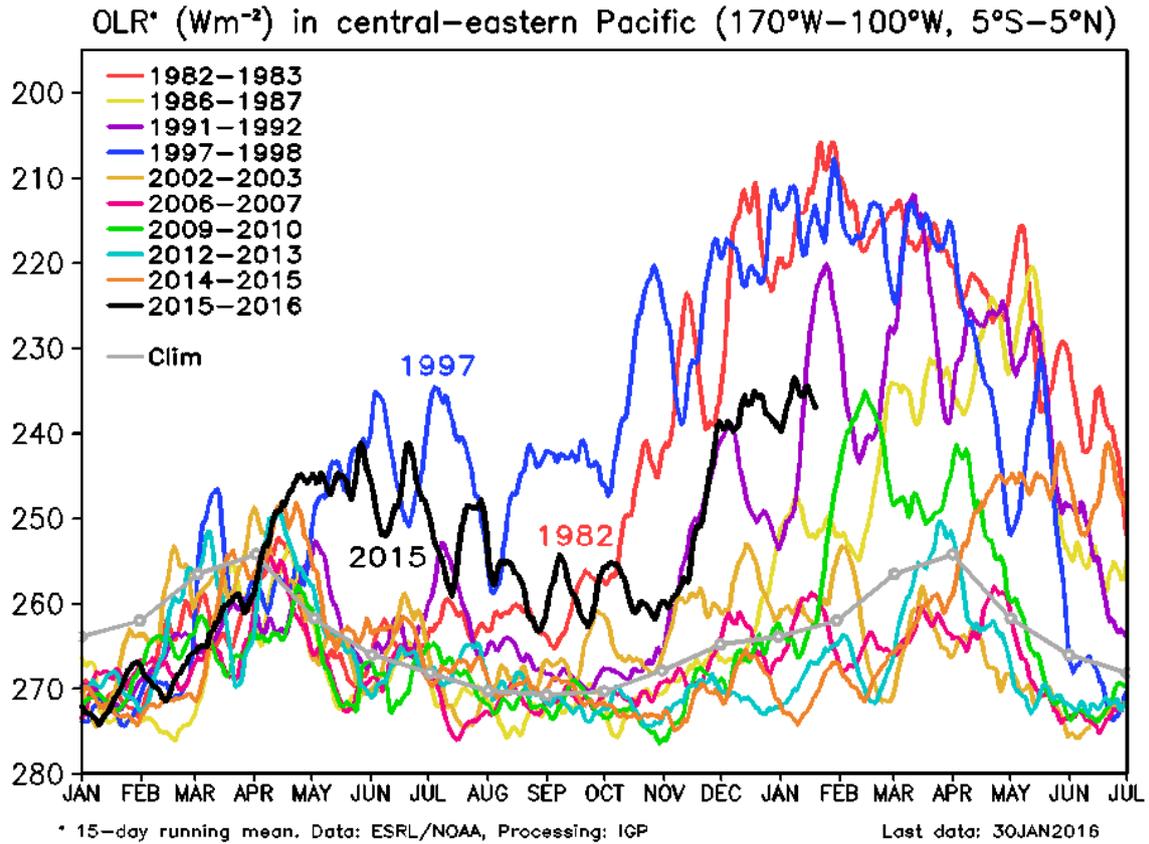


Figura 2.5.5. Radiación de onda larga - OLR (W/m²) en el Pacífico central-oriental (170°W-100°W, 5°S-5°N) desde el mes de enero de 2015 hasta el mes de julio de 2016. Datos: ESRL/NOAA, Procesamiento: IGP.

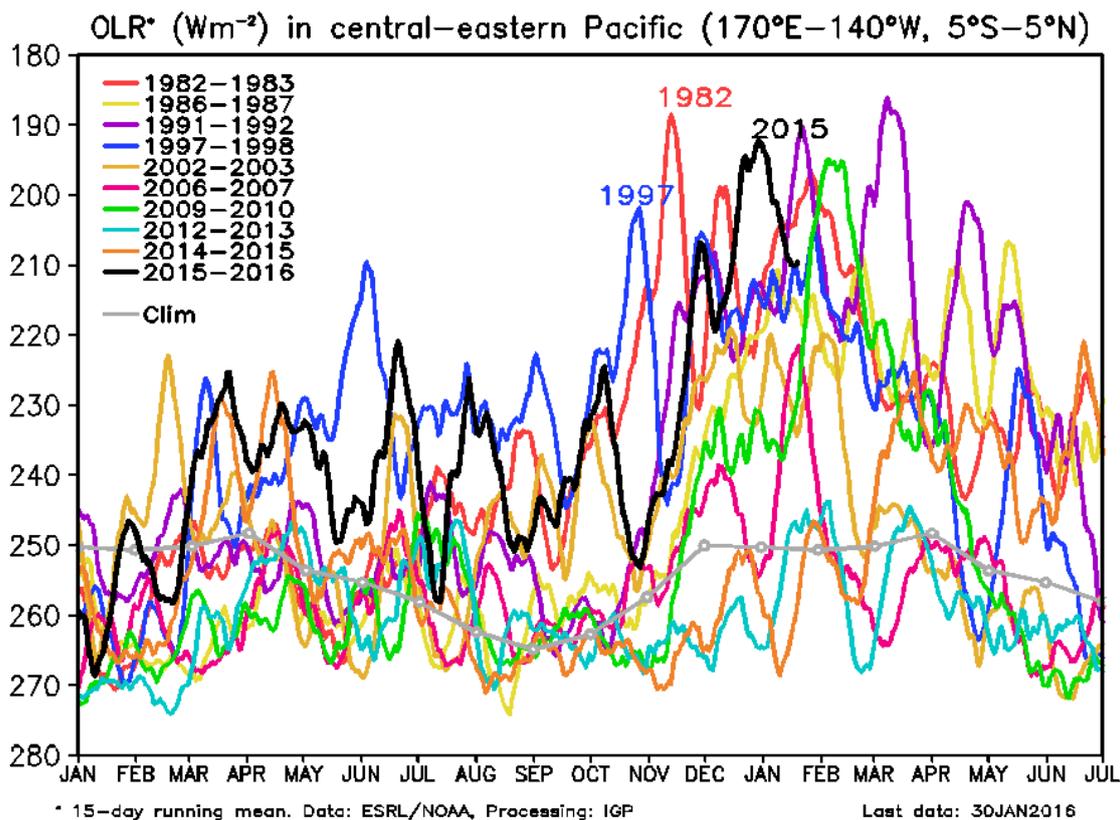


Figura 2.5.6. Radiación de onda larga - OLR (W/m^2) en el Pacífico central-oriental ($170^{\circ}W-140^{\circ}W, 5^{\circ}S-5^{\circ}N$) desde el mes de enero de 2015 hasta el mes de julio de 2016. Datos: ESRL/NOAA, Procesamiento: IGP.

Equatorial zonal wind stress anom (10^{-2} Nm^{-2}) ($160^{\circ}\text{E}-160^{\circ}\text{W}$, $5^{\circ}\text{S}-5^{\circ}\text{N}$)

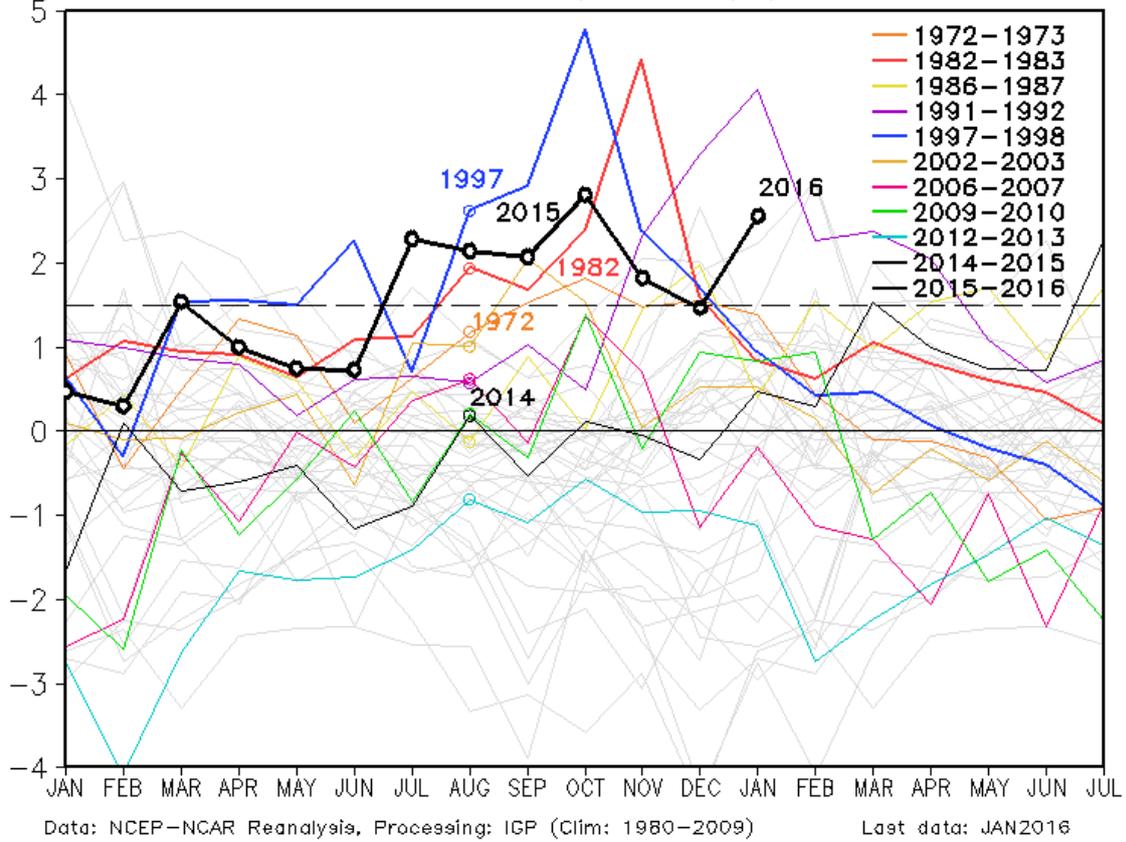


Figura 2.5.7. Anomalia del esfuerzo del viento zonal (10^{-2} Nm^{-2}) en el Pacífico central-oriental ($160^{\circ}\text{E}-160^{\circ}\text{W}$, $5^{\circ}\text{S}-5^{\circ}\text{N}$) desde el mes de enero de 2015 hasta el mes de julio de 2016. Datos: NCEP-NCAR, Procesamiento: IGP.

Equatorial zonal wind stress anom (10^{-2} Nm^{-2}) ($160^{\circ}\text{E}-160^{\circ}\text{W}$, $5^{\circ}\text{S}-5^{\circ}\text{N}$)

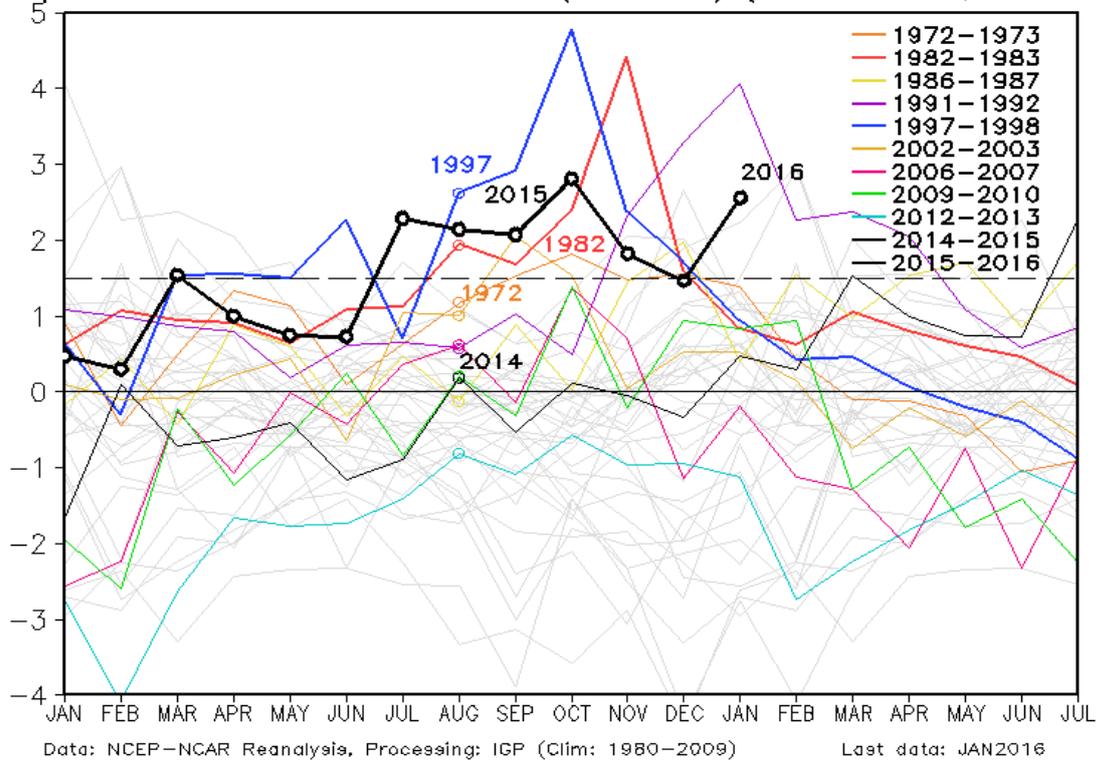


Figura 2.5.8. Anomalía del esfuerzo del viento zonal (10^{-2} Nm^{-2}) en el Pacífico oriental ($160^{\circ}\text{E}-160^{\circ}\text{W}$, $5^{\circ}\text{S}-5^{\circ}\text{N}$) desde el mes de enero de 2015 hasta el mes de julio de 2016. Datos: ICOADS, Procesamiento: IGP.

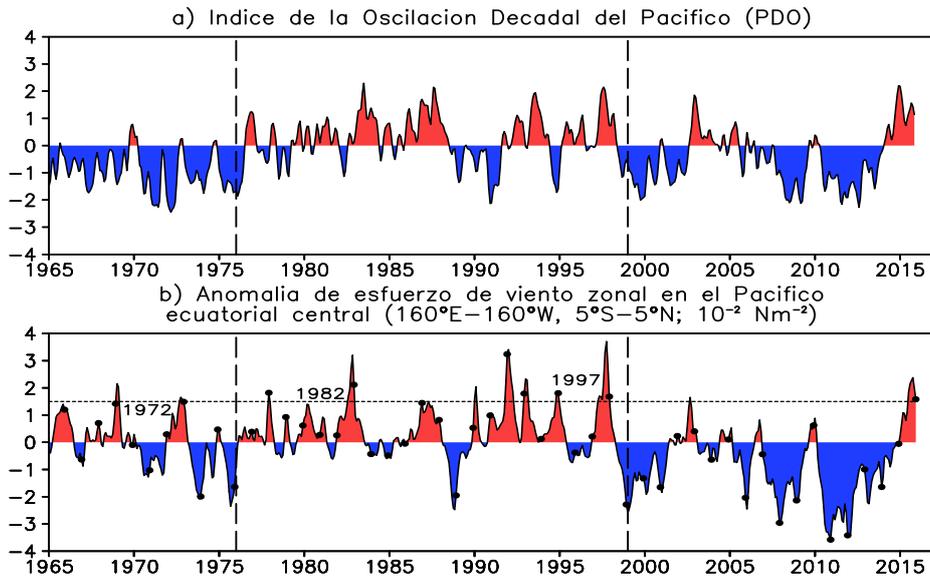


Figura 2.5.9. a. Índice de la Oscilación Decadal del Pacífico (PDO) y b. Anomalia de esfuerzo de viento zonal en el Pacífico ecuatorial central. Datos: JISAO/UW Y NCEP/NCA, Procesamiento: IGP.

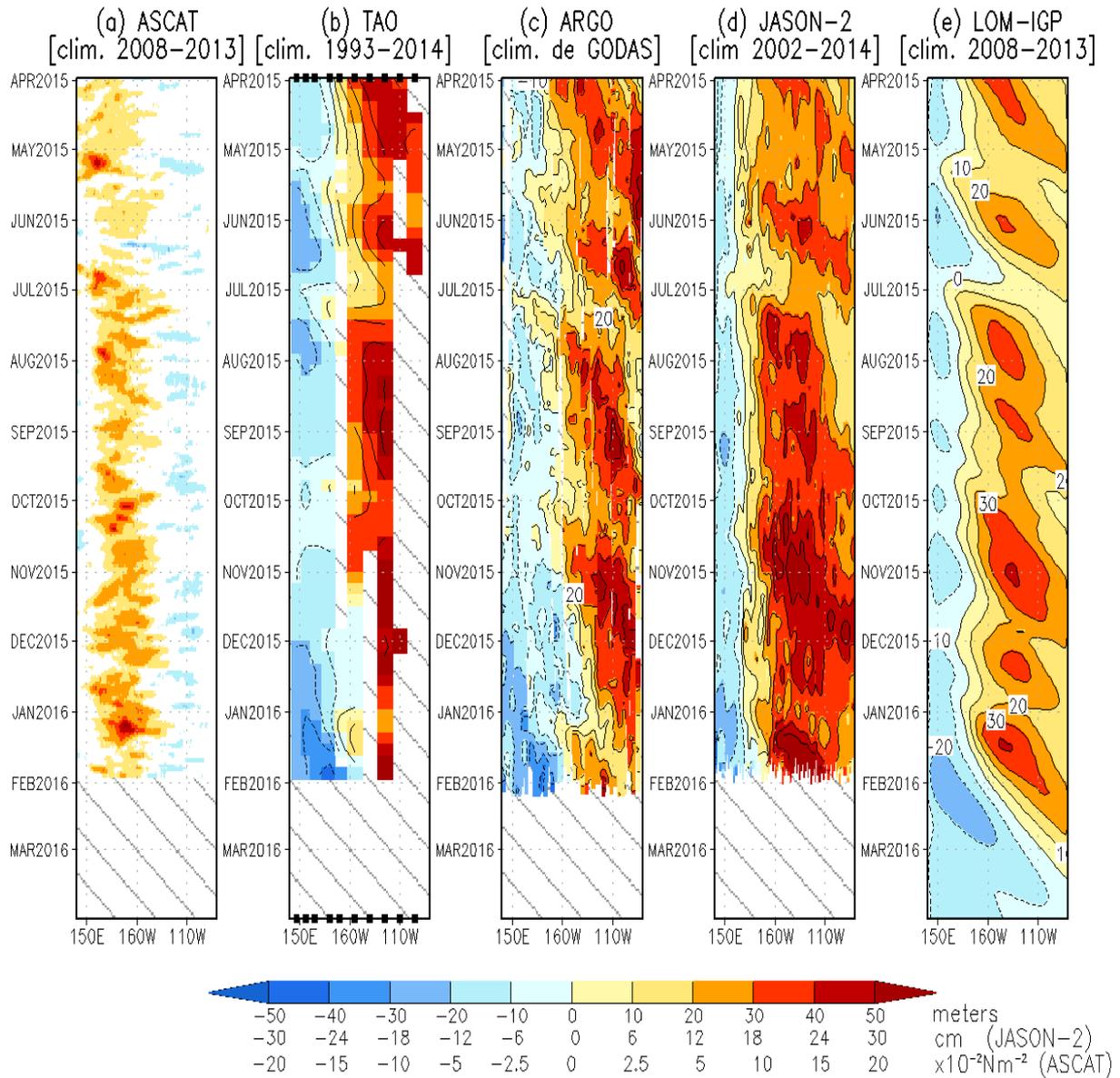


Figura 2.6.1. Diagrama longitud-tiempo de las anomalías de esfuerzo de viento zonal ecuatorial basado en datos del escaterómetro ASCAT (a), anomalía de la profundidad de la isoterma de 20°C con datos de TAO (b) y los derivadores de Argo (c), datos del nivel del mar de JASON-2 (d). Finalmente en (e) se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

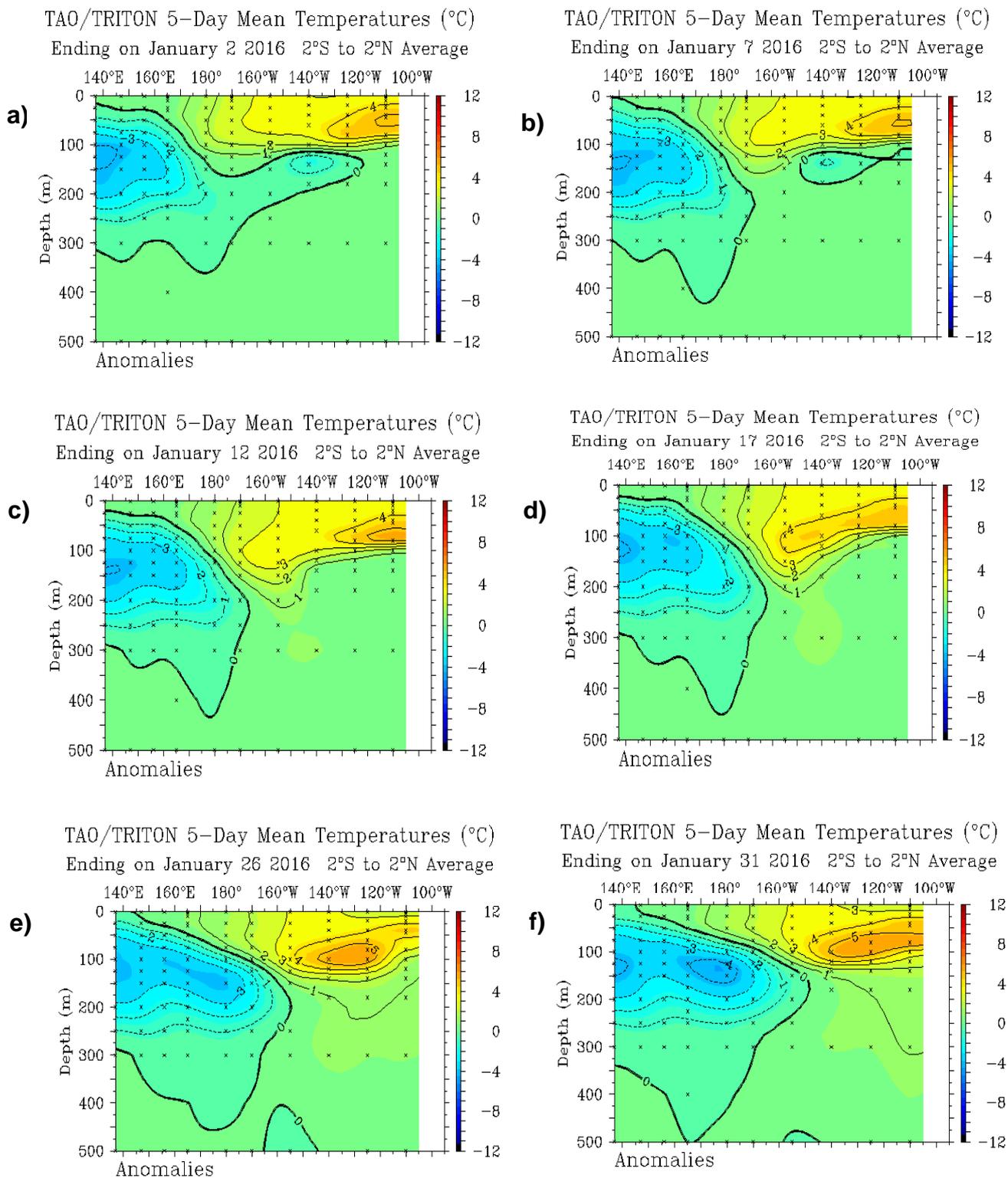


Figura 2.6.2. Anomalías de la temperatura sub-superficial del mar (°C) en el océano Pacífico ecuatorial entre los 2°N y 2°S promediadas cada cinco días, finalizando los días: a) 2 de enero, b) 7 de enero, c) 12 de enero, d) 17 de enero, e) 26 de enero y f) 31 de enero de 2016. Fuente: TAO/TRITON, PMEL/NOAA.

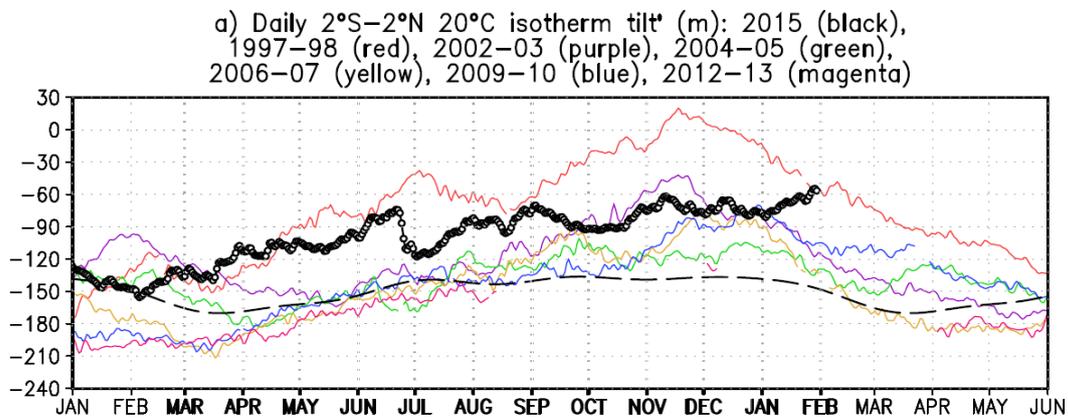


Figura 2.6.3. a) Inclinación de la termoclina, diferencia de la profundidad zonal del ajuste de la regresión lineal para la longitud (137°E – 95°W). Climatología 1993-2012 (punteado). Data: TAO/TRITON. Procesamiento: IGP

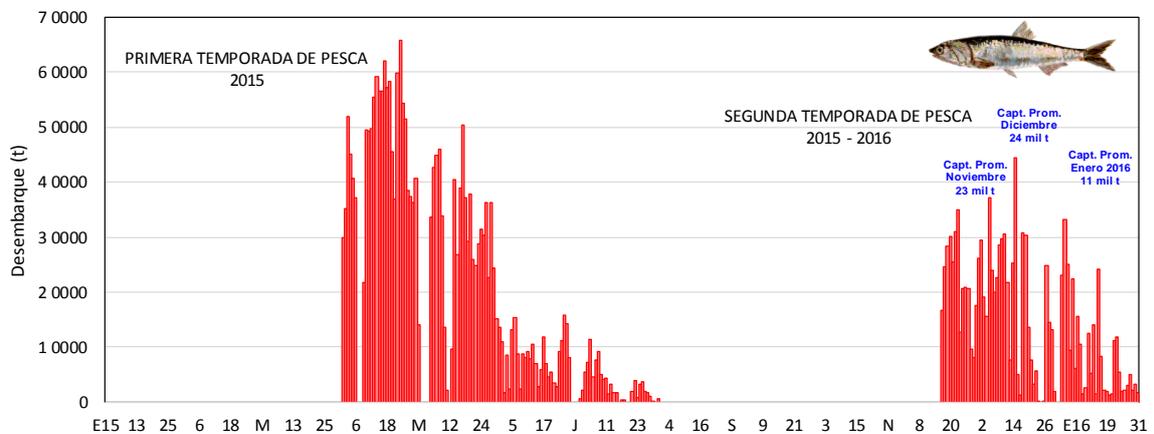


Figura 2.7.1. Desembarque diario de anchoveta en la Región Norte - Centro. Periodo 01 de enero 2015 al 31 de enero 2016. **Fuente:** IMARPE.

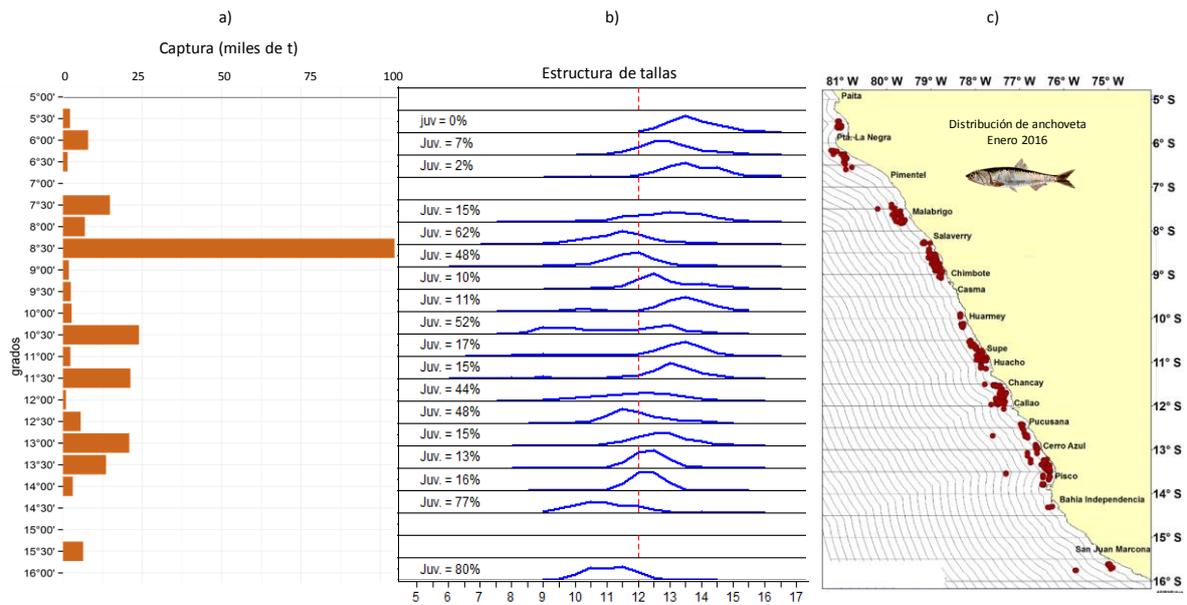


Figura 2.7.2. a) Desembarque (en miles de t), b) Estructura mensual de tallas y c) distribución de la anchoveta en la Región Norte – centro según medio grado latitudinal (°S). Periodo: Enero 2016. **Fuente:** IMARPE.

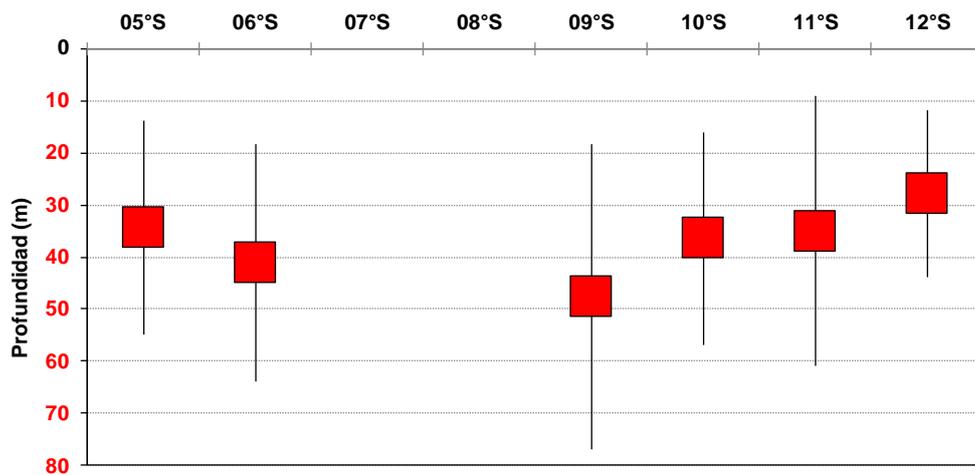


Figura 2.7.3. Profundidad de los cardúmenes de anchoveta en la Región Norte – centro según grado latitudinal. Periodo: enero 2016. **Fuente:** IMARPE.

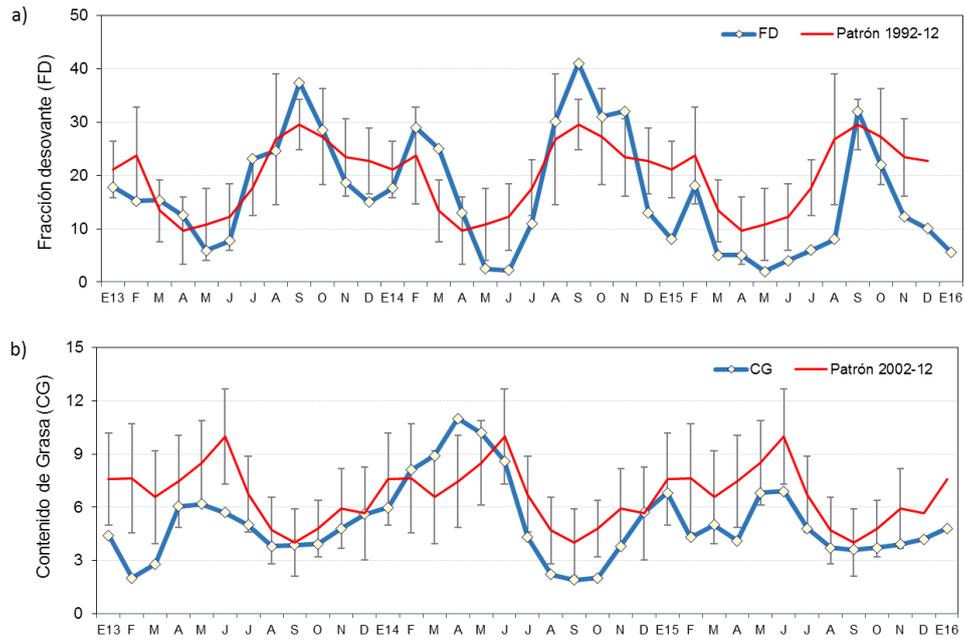


Figura 2.7.4. Indicadores reproductivos a) Fracción Desovante (FD) y b) Contenido Graso (CG) del stock norte – centro de anchoveta. Serie mensual: Enero 2013 – enero 2016. **Fuente:** LBR/IMARPE.

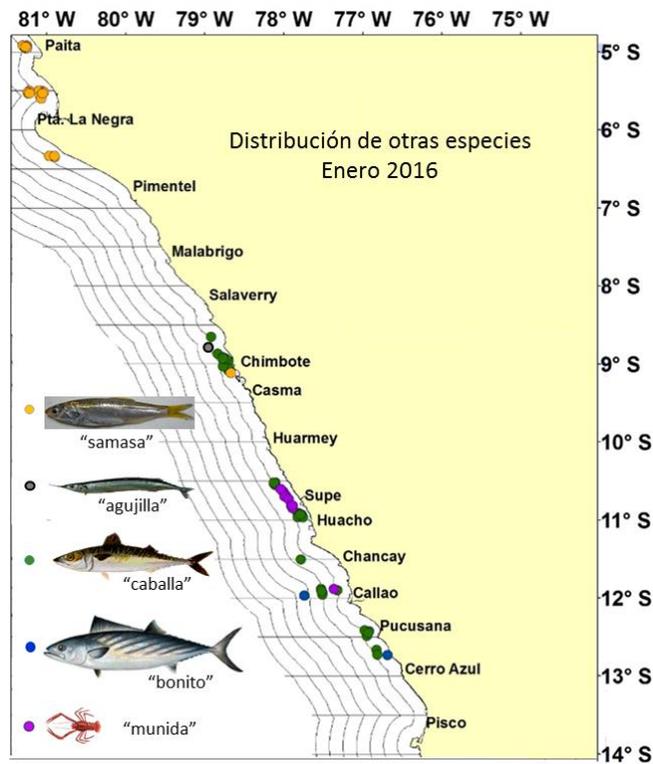


Figura 2.7.5. Distribución de otras especies. Programa Bitácoras de Pesca y Seguimiento de la Pesquería Pelágica. Periodo: Enero 2016. **Fuente:** IMARPE

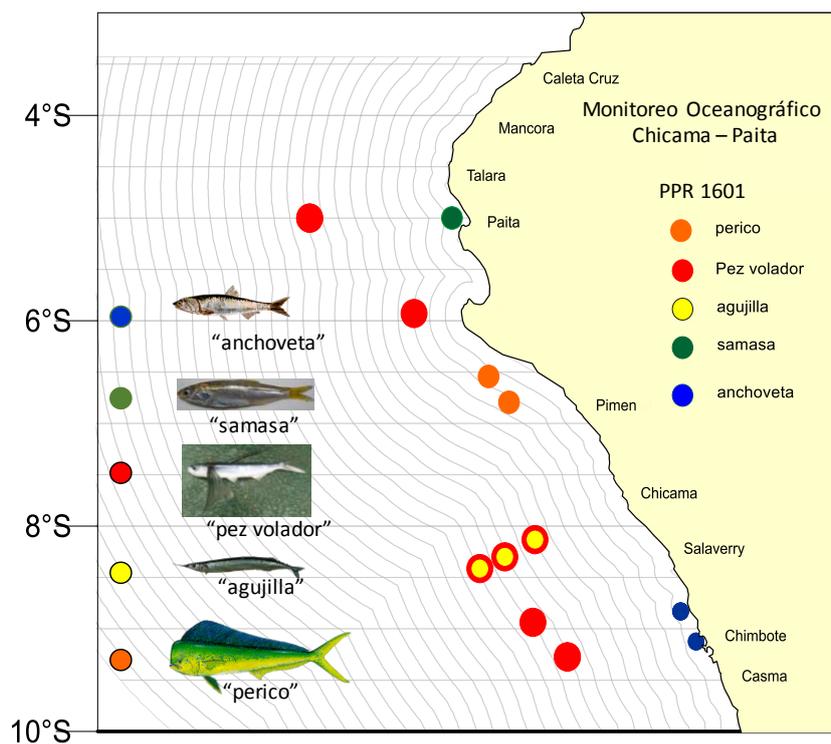


Figura 2.7.6. Distribución de otras especies. Prospección de Monitoreo Oceanográfico Chicama- Paita – PpR 1601. Periodo: Enero 2016. **Fuente:** IMARPE.



Mobula tarapacana
"Diablo manta"



Synodus scituliceps
"Pez lagarto"



Seriola peruana
"Fortuno"

Figura 2.7.7. Registro de especies indicadoras de aguas cálidas. Periodo: Enero 2016. **Fuente:** Lab. Huacho/IMARPE.

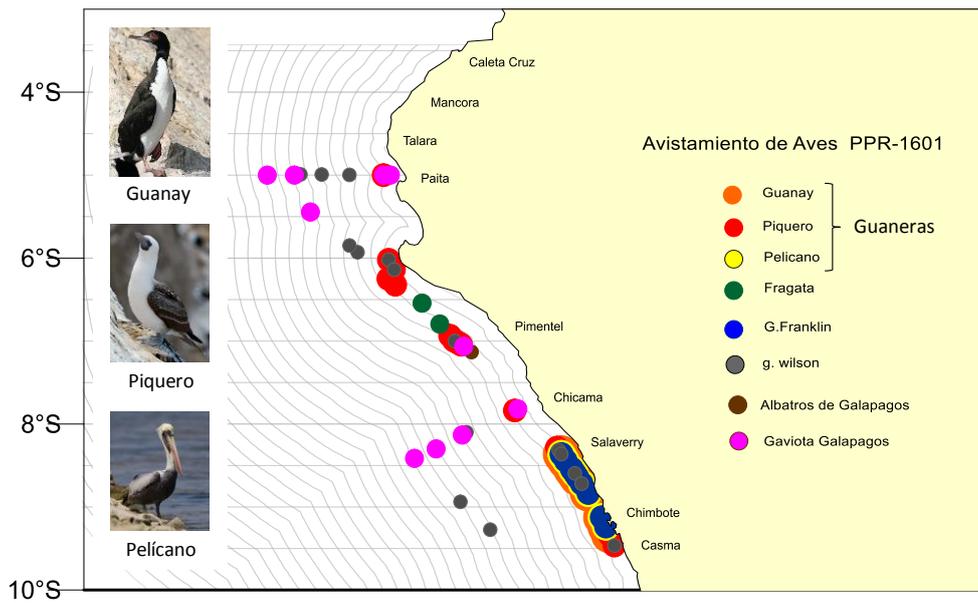


Figura 2.7.8. Distribución de aves guaneras en los perfiles Paíta y Chicama obtenidas durante la Prospección de Monitoreo Oceanográfico PPR1601. Periodo: Enero 2016. **Fuente:** IMARPE.

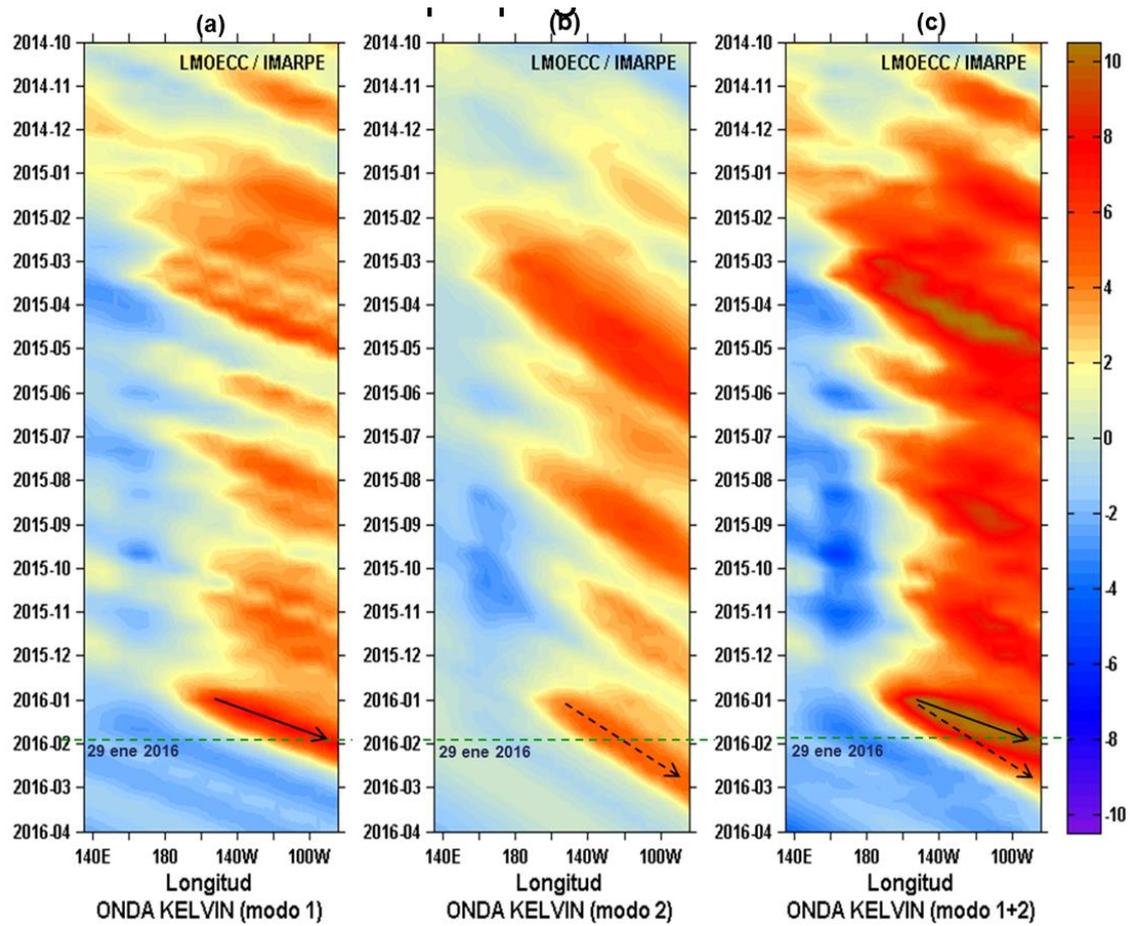


Figura 3.1.1. Diagrama Hovmöller longitud-tiempo de las ondas Kelvin en el océano Pacífico ecuatorial (0°N): (a) Modo 1, (b) Modo 2, (c) Modos 1+2 de la isoterma de 20 C (m) en la Pacífico Ecuatorial (2°S y 2°N). La línea discontinua horizontal, en verde, indica el inicio del pronóstico sin el forzante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

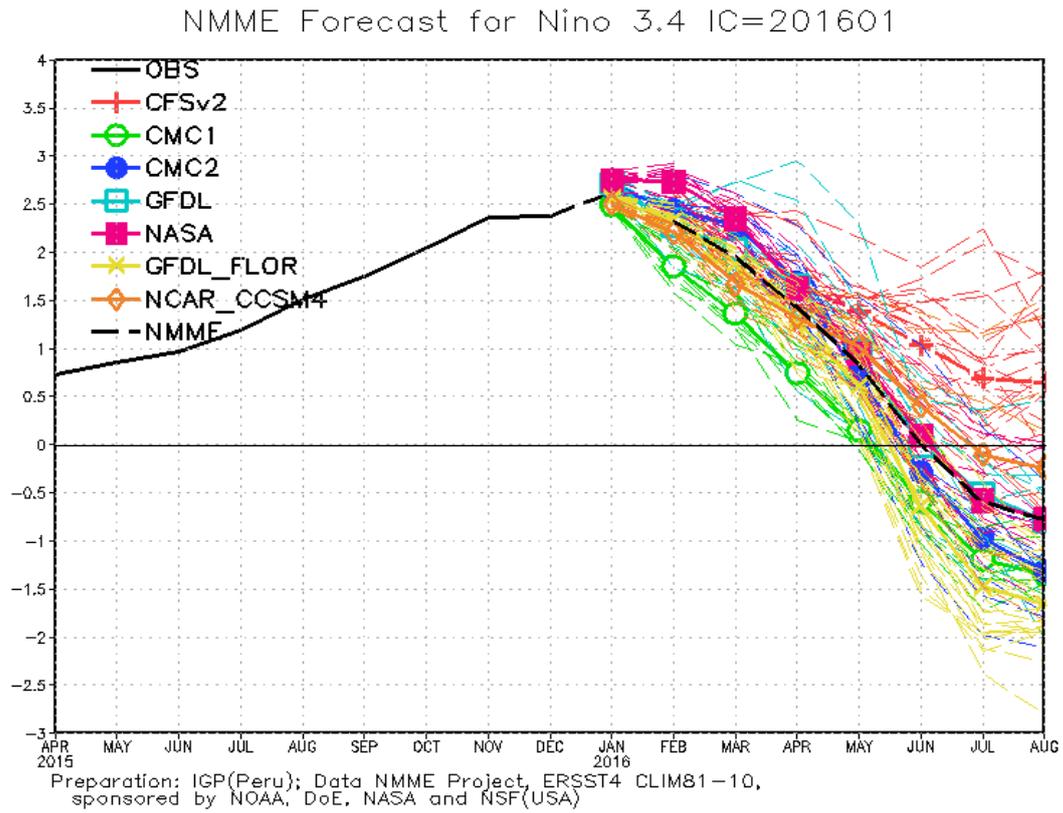


Figura 3.2.1. Índice Niño 3.4 mensual observado y pronosticado por los modelos de NMME.
Fuente: CPC/NCEP/NOAA.

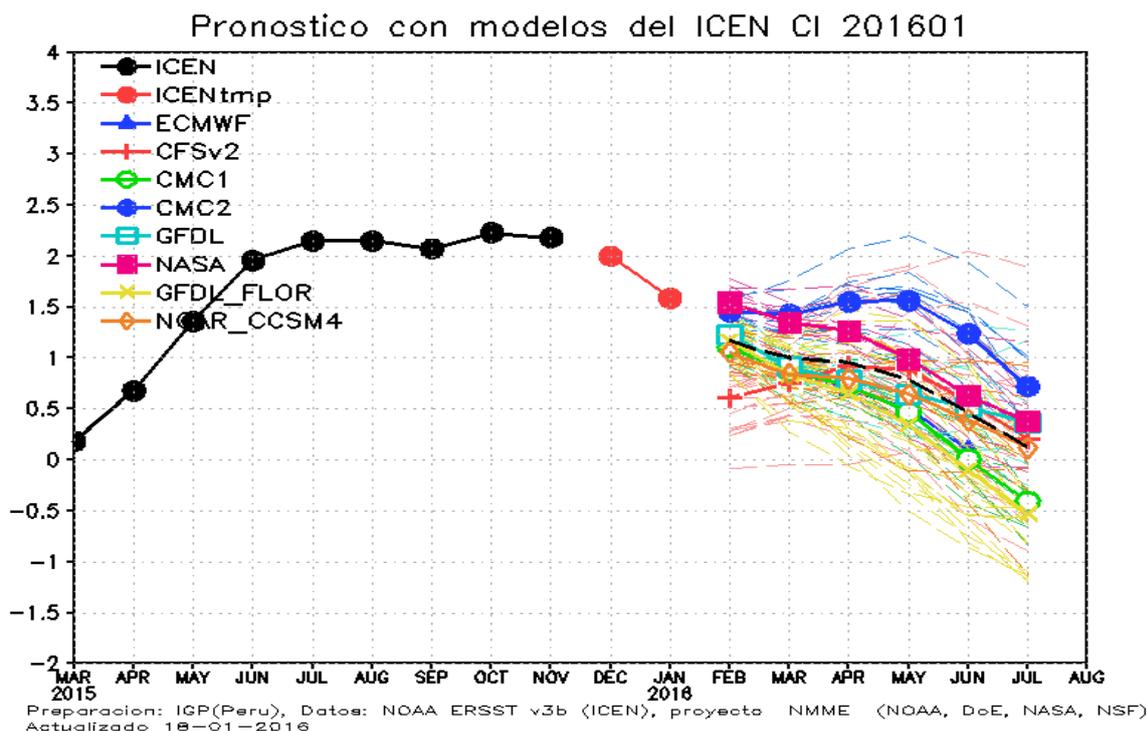


Figura 3.2.2. Índice Costero El Niño (ICEN, círculos llenos en color negro) y sus valor temporal (ICENtmp, círculo lleno en color rojo). Además, pronósticos numéricos del ICEN (media móvil de 3 meses de las anomalías pronosticadas de TSM en la región Niño1+2) por diferentes modelos climáticos. Las líneas entrecortadas corresponden a los miembros de los "ensembles". Los pronósticos de los modelos CFSv2, CMC1, CMC2, GFDL, NASA, NCAR y el modelo ECMWF tienen como condición inicial el mes de enero de 2016. Fuente: IGP, NOAA, proyecto NMME, ECMW.

7. TABLAS

Tabla 2.1.1. Anomalías mensuales de la temperatura superficial del mar (°C) y nivel medio del mar (cm) de setiembre de 2015 a enero de 2016. Fuente: Estaciones costeras – DHN.

Estación	Anomalías de la TSM (°C)					Anomalías de la NMM (cm)				
	Set.	Oct.	Nov.	Dic.	Ene.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.	Ene.
Talara	2.5	3.2	3.0	3.1	1.3	16	13	18	19	5
Paíta	3.2	3.2	2.8	4.6	1.6	17	15	19	21	8
Isla Lobos de Afuera	2.1	2.4	1.7	2.7	2.4	11	9	13	15	7
Chimbote	2.4	2.0	1.3	1.5	2.7	12	9	13	15	5
Callao	1.8	2.1	2.2	3.1	3.5	8	6	9	9	2
San Juan	1.1	1.1	1.7	1.7	2.0	13	11	11	12	6
Mollendo	2.3	1.6	1.0	1.2	2.3	-	-	-	-	-
Matarani	-	-	-	-	-	12	9	12	12	7
Ilo	1.8	1.5	1.1	1.7	2.0	-	-	-	-	-

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

Mes	ICEN	Categoría
04/2015	0.68	Cálida Débil
05/2015	1.36	Cálida Moderada
06/2015	1.96	Cálida Fuerte
07/2015	2.15	Cálida Fuerte
08/2015	2.15	Cálida Fuerte
09/2015	2.07	Cálida Fuerte
10/2015	2.23	Cálida Fuerte
11/2015	2.18	Cálida Fuerte
12/2015	2.07	Cálida Fuerte

Mes	ICENtmp	Categoría
01/2016	1.67 *	Cálida Moderada
0122016	1.30**	Cálida Moderada

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

** Se usaron los datos de (Ene. 2015) ERSST3v, (Feb. y Mar. 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	Área Bajo Riego (ha)	Capacidad Hidráulica (hm ³)		Capacidad Hidráulica Almacenada (%)
					Útil	Almacenada	
Costa - Norte	POECHOS	1-Feb	Piura	93,240	396.1	217.6	54.9
	SAN LORENZO	1-Feb	Piura	42,530	193.0	50.2	26.0
	TINAJONES	1-Feb	Lambayeque	87,600	319.0	105.3	33.0
	GALLITO CIEGO	1-Feb	La Libertad	55,700	366.0	60.7	16.6
Costa - Centro	VICONGA	27-Jan	Lima	24,970	30.0	6.1	20.2
	YURACMAYO	31-Jan	Lima	-	43.3	18.9	43.6
Costa - Sur	CHOCLOCOCHA	21-Jan	Ica	23,000	131.1	49.8	38.0
	CONDOROMA	31-Jan	Arequipa	20,810	259.0	47.2	18.2
	EL PAÑE	1-Feb	Arequipa	27,060	99.6	21.3	21.3
	LOS ESPAÑOLES	1-Feb	Arequipa		9.1	0.6	6.9
	PILLONES	1-Feb	Arequipa		76.9	20.2	26.3
	EL FRAYLE	1-Feb	Arequipa		127.2	74.3	58.4
	AGUADA BLANCA	1-Feb	Arequipa		30.4	10.7	35.2
	CHALHUANCA	1-Feb	Arequipa		25.2	4.9	19.4
	BAMPUTAÑE	1-Feb	Arequipa		40.0	6.1	15.1
	PASTO GRANDE	29-Jan	Moquegua	3,500	175.0	77.1	44.1
	PAUCARANI	28-Jan	Tacna	1,700	8.5	4.9	57.6
	ARICOTA	29-Jan	Tacna	3,200	260.0	191.3	73.6
	JARUMAS	31-Jan	Tacna	4,000	12.5	7.8	62.3
Sierra - Centro	CUCHOQUESERA	8-Jan	Ayacucho	19,200	60.0	20.0	33.3
	ANTACOTO	31-Jan	Lima	-	120.0	72.9	60.7
Sierra - Sur	LAGUNILLAS	29-Jan	Puno	5,000	500.0	374.5	74.9
Situación Nacional		-	-	411,510	3,282.0	1,442.2	43.9

Tabla 2.5.1. Anomalías semanales centradas en los días 06, 13, 20 y 27 de enero 2016 y mensuales (de setiembre de 2014 hasta enero de 2016) 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
06 Ene. 2015	1.8	2.7	2.6	1.4
13 Ene. 2015	1.4	2.8	2.6	1.3
20 Ene. 2015	1.4	2.5	2.5	1.4
27 Ene. 2015	1.0	2.3	2.3	1.5

Regiones Niño	Anomalías de TSM mensuales - 2014-2016			
	Niño 1+2	Niño 3	Niño 3.4	Niño 4
Sep. 2014	0.96	0.45	0.45	0.65
Oct. 2014	0.75	0.66	0.49	0.64
Nov. 2014	0.74	0.91	0.85	0.88
Dic. 2014	0.08	0.80	0.78	0.91
Ene. 2015	-0.39	0.36	0.53	0.86
Feb. 2015	-0.55	0.18	0.56	1.02
Mar. 2015	0.06	0.15	0.58	1.13
Abr. 2015	1.35	0.67	1.23	0.78
May. 2015	2.43	1.19	1.03	1.09
Jun. 2015	2.54	1.66	1.32	1.09
Jul. 2015	2.87	2.17	1.60	1.00
Ago. 2015	2.29	2.34	2.06	0.98
Set. 2015	2.57	2.63	2.28	1.04
Oct 2015	2.43	2.70	2.50	1.20
Nov 2015	2.15	2.95	2.98	1.78
Dec 2015	2.2	2.9	2.8	1.6
P.T. Ene 2016	1.4	2.6	2.5	1.4

PT= Promedio Temporal