

**COMISIÓN MULTISECTORIAL ENCARGADA DEL
ESTUDIO NACIONAL DEL FENÓMENO EL NIÑO**



INFORME TÉCNICO ENFEN

Año 3 N°12

Diciembre de 2017

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: Comisión Multisectorial encargada del Estudio Nacional del Fenómeno El Niño (Enfen)

Comisión Multisectorial Enfen

Presidente:

Vice-Alm. (r) Javier Alfonso Gaviola Tejada

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

Vice-Presidente:

Calm. David Portilla Linares

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

Dr. Hernando Tavera Huarache

Presidente Ejecutivo, Instituto Geofísico del Perú (IGP)

Dr. Ken Takahashi Guevara

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

Ing. Abelardo de la Torre Villanueva

Jefe, Autoridad Nacional del Agua (ANA)

Luis Alfonso Zuazo Mantilla

Jefe, Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI)

Wladimiro Giovannini De Freyre

Jefe del Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres – CENEPRED

Grupo de Trabajo Científico Técnico

Coordinador Científico Técnico: Grinia Ávalos

IMARPE: Dimitri, Gutiérrez, Marilú Bouchón, Luis Vásquez, Carlos Quispe, Octavio Morón,

DHN: Rina Gabriel, Roberto Chauca.

SENAMHI: Christian Barreto, Nelson Quispe, Lourdes Menis.

IGP: Kobi Mosquera.

ANA: Gustavo Galindo, Carlos Verano

INDECI: Juber Ruiz Pahuacho.

CENEPRED: Ena Jaimes, Félix Román

Año: 3

Redacción del informe: Grupo de Trabajo Científico 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:

Comisión Multisectorial Encargada del Estudio Nacional del Fenómeno El Niño (Enfen). 2017.

Informe Técnico Enfen. Año 3, N° 12, diciembre de 2017, **54 p.**

El Informe Técnico Enfen de diciembre 2017 y los informes previos están disponibles en la World Wide Web en las páginas electrónicas de las instituciones que conforman la Comisión. 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

Diagnóstico Climático y Previsión de El Niño-Oscilación del Sur en el Perú, Diciembre 2017



IMARPE
INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ



PRESENTACIÓN

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.

A partir de mayo del 2017 se recompone el Comité y adquiere la denominación de Comisión Multisectorial encargada del Estudio Nacional del Fenómeno El Niño y está conformada por el Instituto del Mar del Perú IMARPE (Preside la Comisión), 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) Centro Nacional de Estimación, Prevención y de Reducción del Riesgo de Desastres (CENEPRED).

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 de la Comisión 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 quincenalmente en períodos de contingencia como el actual y en forma mensual en periodos normales, así como una versión extendida "Informe Técnico" de carácter mensual. 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.



Vice-Alm. (r) Javier Alfonso Gaviola Tejada
Presidente de la Comisión Multisectorial para El
Estudio Nacional del Fenómeno El Niño

Diagnóstico Climático y Previsión de El Niño-Oscilación del Sur en el Perú, diciembre 2017

ÍNDICE

RESUMEN.....	6
1. INTRODUCCIÓN.....	7
2. MATERIALES Y MÉTODOS.....	7
2.1. Variables.....	7
2.2. Índices.....	7
2.3. Modelos de Pronóstico.....	8
3. CONDICIONES OBSERVADAS EN DICIEMBRE.....	10
3.1. Condiciones a Macroescala.....	10
3.1.1. Circulación atmosférica y temperatura superficial en el Pacífico Ecuatorial.....	10
3.1.2. Dinámica oceánica en el Pacífico Ecuatorial.....	10
3.2. Condiciones a Escala Regional.....	11
3.2.1. Circulación atmosférica en el Pacífico Sudoriental.....	11
3.2.2. Temperatura del aire.....	12
3.2.3. Precipitaciones e hidrología en la vertiente del Pacífico.....	12
3.2.4. Temperatura superficial del mar y nivel medio del mar en la Región Niño 1+2 y en la costa peruana.....	12
3.2.5. Condiciones oceanográficas sub-superficiales frente al litoral peruano.....	13
3.2.6. Nutrientes y Productividad en la costa peruana.....	14
3.2.7. Recursos pesqueros e indicadores biológicos.....	14
4. PRONÓSTICO	15
4.1. A Corto Plazo (Semanas).....	15
4.2. A Mediano Plazo (hasta 3 meses).....	15
4.3. A Largo Plazo (más de 3 meses).....	15
5. CONCLUSIONES	16
6. REFERENCIAS	17
7. FIGURAS	19
8. TABLAS	52

RESUMEN

Durante el mes de diciembre de 2017, en la región del Pacífico Central (región Niño 3.4) la anomalía de la temperatura superficial del mar (TSM) continuó negativa con un valor promedio de $-0,8^{\circ}\text{C}$. Durante el mes, se observó la presencia de ondas Kelvin frías así como una onda Kelvin cálida al este y oeste de los 160°W , respectivamente. El valor temporal del índice Oceánico Niño (ONI) en el Pacífico Central correspondiente al mes de noviembre indicó condiciones frías débiles, y el estimado para diciembre correspondería a condiciones frías débiles.

En el Pacífico Oriental, incluyendo la costa peruana, se observó la reducción de los valores de TSM respecto al mes de noviembre, como parte del desarrollo de La Niña Costera. En el litoral peruano, las anomalías de la TSM mostraron condiciones debajo del rango normal, excepto en la costa sur debido al acercamiento anómalo de las aguas oceánicas hacia fin de mes. Respecto al nivel medio del mar (NMM), los valores se mantuvieron cercanos a lo normal. El valor del Índice Costero El Niño (ICEN) para noviembre fue $-1,62^{\circ}\text{C}$ (condición Fría Fuerte) y los valores estimados del ICEN para diciembre de 2017 y enero de 2018 (ICENtmp) corresponderían a condiciones frías moderadas a débiles.

En tanto, en el Pacífico Central – Oriental la actividad convectiva continuó inferior a su climatología y el patrón anómalo de convección ecuatorial sigue indicando desplazamiento ligeramente más intenso hacia la línea de cambio de fecha en relación a noviembre, consistente con condiciones tipo La Niña. El contenido de calor oceánico mostró anomalías negativas menores al mes anterior y la inclinación de la termoclina ecuatorial se presentó ligeramente negativa con valores inferiores a su climatología.

En la región subtropical del Pacífico, el Anticiclón del Pacífico Sur (APS) mostró una configuración meridional a diferencia del mes anterior. No obstante, su continuo alejamiento al suroeste de su posición climática mensual mantuvo los la intensidad de los vientos costeros debajo de lo normal frente al litoral peruano, contribuyendo débilmente en el enfriamiento oceánico actual. Estas condiciones frías de la TSM por efecto de la onda Kelvin fría sumadas a la nubosidad estratiforme persistente mantuvieron los valores negativos de las anomalías de las temperaturas extremas del aire, principalmente en la región norte y sur de la costa peruana. Por otro lado, los caudales de los ríos de la costa norte del país se presentaron debajo de sus rangos normales.

En las secciones oceanográficas continúan mostrando condiciones frías alcanzando anomalías de hasta $-2,0^{\circ}\text{C}$ dentro de los 50 m de profundidad cerca de la costa, debido al ascenso de masas de aguas más frías asociadas al todavía efecto de la onda Kelvin fría que impactó entre Paita y Callao. Respecto a los indicadores biológicos, la clorofila-a, indicador de la producción del fitoplancton, exhibió una disminución significativa de las anomalías positivas frente a la costa, asociadas al aumento de la nubosidad frente al litoral durante el mes.

Perspectiva: Se prevé la normalización de las condiciones frías actuales por efecto de La Niña Costera en la temperatura superficial del mar en los próximos dos meses. Por otro lado, en el Pacífico Central se espera que persistan las condiciones de La Niña en lo que resta del verano 2018, con un escenario de lluvias por encima de lo normal en las regiones andinas y amazónicas del Perú, sin descartar episodios de lluvias intensas en la zona costera entre Tumbes y Piura.

1. INTRODUCCIÓN

El Niño Oscilación Sur (ENOS), es el proceso termodinámico océano-atmosférico más importante que influye en la variación de las condiciones climatológicas interanuales en la cuenca del Océano Pacífico, manifestándose en sus fases ‘cálida’ y ‘fría’, conocidas comúnmente como El Niño y La Niña respectivamente. De otro lado, condiciones cálidas sobre el Pacífico Oriental, particularmente frente a la costa norte de Perú durante el verano, propician lluvias intensas en el contexto del denominado El Niño Costero. Debido a los impactos en los sectores socioeconómicos, cada vez hay un mayor interés en mejorar el entendimiento de los factores que intervienen en su desarrollo, como en optimizar la anticipación al desenlace de posibles impactos extremos, constituyéndose en un principal propósito el poder generar alertas tempranas para mitigar daños.

En este contexto, la Comisión Multisectorial para el Estudio del Fenómeno de El Niño (ENFEN), reporta periódicamente el análisis del monitoreo de parámetros océano-atmosféricos, en el Pacífico Ecuatorial y Sudoriental, así como de la dinámica sub-superficial de parámetros oceanográficos, poniendo mayor atención en la zona costera de Perú. Asimismo se reportan los impactos hidrológicos, asociados a precipitaciones e incrementos súbitos del caudal de los principales ríos del territorio peruano. Para los impactos en el ecosistema marino se analizan indicadores de la fertilidad y productividad del mar peruano, así como también la respuesta de los principales recursos hidrobiológicos y la actividad pesquera. Finalmente, se formula la previsión futura de los principales indicadores asociados al ENOS y al Fenómeno El Niño, a corto, mediano y largo plazo.

2. DATOS

2.1. Variables

Las principales variables utilizadas para el monitoreo de las condiciones ambientales, oceanográficas y continentales se resumen en la tabla 2.1.1.

2.2. Índices

Índice Costero El Niño (ICEN): Consiste en la media corrida de tres meses de las anomalías mensuales de la temperatura superficial del mar (TSM) en la región Niño 1+2. Estas anomalías se calculan usando la climatología mensual para el periodo base 1981-2010. La fuente de datos para este índice son las TSM absolutas del producto ERSST v3b de la NOAA (EEUU) para la región Niño 1+2. Para el cálculo y uso en tiempo real, se utiliza temporalmente el valor aproximado ICENtmp, que se calcula igual que el ICEN, pero reemplazando los datos mensuales faltantes con datos de pronósticos mensuales provenientes de North American Multi-Model Ensemble (NMME). ENFEN (2012); Takahashi, et al. (2014).

2.3. Modelos de Pronóstico

Modelo Oceánico Lineal (LOM-IGP): Es un modelo oceánico lineal de una capa de profundidad H cuyo límite inferior es la profundidad de la termoclina, para representar la dinámica superior del océano. Posee una línea de costa realista y su resolución horizontal es de 1° y $0,5^\circ$ para el eje X e Y , respectivamente. El modelo es forzado principalmente con información del producto L3 del “escaterometro” ASCAT (Bentamy y Croize-Fillon, 2012) obtenido del IFREMER (<ftp.ifremer.fr>). Para calcular la contribución de las ondas Kelvin y Rossby sobre el nivel del mar y las corrientes zonales se usa la metodología de Boulanger y Menkes (1995). Ver más en Mosquera (2009), Mosquera et al. (2011) y Mosquera (2014). Para realizar el pronóstico de la propagación de las ondas Kelvin, se asumen dos escenarios del esfuerzo de viento para los siguientes tres meses: 1) que no existen anomalías (comportamiento normal de los vientos) y, 2) que persistirá la anomalía de baja frecuencia.

Modelo Oceánico de Complejidad Intermedia: Con el fin de detectar la propagación de las Ondas Kelvin Ecuatoriales (OKE), se ejecuta un modelo oceánico de complejidad intermedia con 3 modos baroclínicos, forzado con vientos del NCEP (Kalnay et al. 1996), siguiendo la metodología de Illig et al. (2004) y Dewitte et al. (2002). La señal de la OKE puede ser descompuesta en modos normales de oscilación que se propagan a diferentes velocidades. Los primeros dos modos (modo 1, modo 2) sumados proporcionan la mayor contribución a la anomalía del nivel del mar.

Para las perspectivas de mediano y largo plazo se utilizan las simulaciones de los modelos climáticos de las agencias internacionales.

Tabla 2.1.1. Principales variables y bases de datos utilizados en el presente informe.

VARIABLE		FUENTE																				PROCESAMIENTO	
		Observación												Satélite (*)									Modelos
		Estaciones costeras SENAMHI	Estaciones costeras DHN	Estaciones costeras IMARPE	Estaciones fijas ANA	Secciones verticales IMARPE	Cruceros	Boyas TAO/TRITON	ARGO	Programa Bitácoras de Pesca	Seguimiento de Pesquerías	Muestras de puertos	TRMM-3B42	ESRL/NOAA	Reanálisis NCEP/NOAA	ASCAT	AVHRR (Daily OI SSTv2-NOAA)	OSTIA	JASON-2	AVISO	MODIS		HYCOM
VARIABLES ATMOSFÉRICAS																							
	Temperatura Ambiental	X																					SENAMHI
	Precipitación Observada	X																					SENAMHI
	Precipitación Estimada											X											IGP/SENAMHI. Climatología: 2001-2014
	Radiación de Onda Larga												X										IGP/SENAMHI
	Presión Atmosférica														X								SENAMHI
	Vientos														X	X							
														X									SENAMHI/IGP
VARIABLES OCEANOGRÁFICAS																							
Físicas	Temperatura del Mar		X				X	X							X		X						DHN
					X		X																IMARPE
								X	X						X		X	X					IGP
	Nivel medio del Mar		X																				DHN
					X															X			IMARPE
	Salinidad								X										X				X
Biogeoquímicas	Oxígeno y Nutrientes			X		X	X																DHN
				X		X	X																IMARPE
	Clorofila			X		X	X																IMARPE
																					X		IMARPE, Climatología: 2002-2014
Pesqueras	Desembarques índices reproductivos								X	X													IMARPE
											X												IMARPE
	Indicadores de masas de agua del plancton										X												IMARPE
		Distribución de especies incidentales								X	X	X											
VARIABLES HIDROLÓGICAS																							
	Caudal de ríos				X																		ANA/SENAMHI
	Capacidad Hidráulica de reservorios				X																		ANA

3. CONDICIONES OBSERVADAS EN DICIEMBRE

3.1. Condiciones a Macroescala

3.1.1. Circulación atmosférica y temperatura superficial en el Pacífico Ecuatorial

En el Pacífico Ecuatorial se mantuvieron las condiciones frías del mes de noviembre, con anomalías negativas de temperatura mayores en la región oriental. De toda la franja ecuatorial, la región occidental y central en promedio las anomalías de la TSM fueron similares al mes anterior, mientras que, en la región oriental, específicamente en la región Niño 1+2, las anomalías aumentaron de $-1,16^{\circ}\text{C}$ a $-1,52^{\circ}\text{C}$ (Figura 3.1.1.1, Figura 3.1.1.4, Figura 3.1.1.2-panel inferior y Figura 3.1.1.3).

El índice de Oscilación del Sur (IOS) calculado para el mes de diciembre mostró un valor de $-1,4$ (Figura 3.1.1.5), este valor indica condiciones dentro del rango normal para el ENSO en el Pacífico Central, no obstante, este valor no contempla la variabilidad mensual de La Niña, puesto que se debe más a factores meteorológicos de escala sinóptica. En el Pacífico Ecuatorial, las anomalías de Radiación de Onda Larga (OLR) continúan con valores debajo de lo normal en la región central – oriental del Pacífico. Respecto a la actividad convectiva, en el Pacífico Ecuatorial Central – Oriental continuó inferior a su climatología y el patrón anómalo de convección ecuatorial siguió indicando un desplazamiento hacia el Pacífico Occidental (Figura 3.1.1.6 a y b), consistente con condiciones atmosféricas tipo La Niña (Figura 3.1.1.7 y Figura 3.1.1.8). La carga/descarga durante el mes de diciembre mostró, en promedio, un valor neutral, y la inclinación de la termoclina ecuatorial se presentó ligeramente inclinada.

En el Pacífico Central (150°E – 160°W ; 5°S – 5°N) y en la tropósfera baja (850 hPa) continuó predominando un patrón zonal de vientos del este (Figura 3.1.1.11 b), siendo más intensos que el mes anterior entre 160°E – 180° . En superficie, pulsos de viento del este fueron observados con mayor intensidad durante la primera semana del mes; por otro lado, se observaron anomalías positivas a mediados de diciembre, alrededor de 180° (Figuras 3.1.1.10 a).

En niveles altos de la tropósfera (200 hPa), sobre el Pacífico Ecuatorial, dominó la configuración de vientos zonales del oeste entre las regiones Central y Oriental, mientras que, hacia la región Occidental se observó un comportamiento alrededor a lo normal (Figura 3.1.1.11.a).

Las secciones verticales de la tropósfera a lo largo de la franja ecuatorial continuaron intensos con un patrón de subsidencia intensa entre 160°E – 160°W sobre el Pacífico central y una proyección hacia el este de la convección anómala sobre la región Occidental, entre 140°E - 150°E (Figura 3.1.1.12).

3.1.2. Dinámica oceánica en el Pacífico Ecuatorial

Los datos in situ de las boyas TAO/TRITON muestran dos regiones bien diferenciadas en relación con la profundidad de la isoterma de 20°C . Por un lado, en la región occidental y parte de la central se observó la profundización de la isoterma, y por otro lado, en la región oriental y parte de la central, la elevación de esta, generándose en la franja ecuatorial una termoclina con mayor pendiente respecto al mes de noviembre, asociada al paso de la Onda Kelvin cálida y fría, respectivamente (Figura 3.1.1.9).

A nivel sub-superficial en la región occidental se fortaleció y profundizó el núcleo de agua cálida, con un avance progresivo hacia la región central, cerca de los 150°W. Por otro lado, en la región oriental y parte de la central se mantuvo la columna de agua fría, evidenciándose en la región central el avance de un núcleo frío hacia la región oriental (Figura 3.1.2.1).

El contenido de calor oceánico continuó mostrando anomalías negativas, en promedio menor que el mes anterior, y la inclinación de la termoclina ecuatorial se presentó ligeramente inclinada (Figura 3.1.2.2). Asimismo, las corrientes zonales calculadas por GODAS en el Pacífico Ecuatorial continuaron mostrando anomalías negativas, posiblemente debido a la presencia de ondas Kelvin frías según los datos de la termoclina del producto ARGO + TAO y modelos lineales originados por pulsos de vientos del Este relativamente intensos, localizados al oeste de 150°W. Por otro lado, al oeste de 160°W se observa la presencia de ondas Kelvin cálidas que se habrían formado por pulsos de viento del oeste en dicha región durante el mes (Figura 3.1.1.10, panel a, b y c).

El índice ONI (Oceanic Niño Index) que es calculado en base a la anomalía de la TSM en la región El Niño 3.4, presentó un valor de -0,88°C en noviembre de 2017 indicando una condición fría débil para el Pacífico Central. El valor estimado del ONI, combinando observaciones y pronósticos, indica condiciones frías débiles para los meses diciembre de 2017 y enero 2018.

3.2. CONDICIONES A ESCALA REGIONAL

3.2.1. Circulación atmosférica en el Pacífico Suroriental

En promedio del 1 al 31 de diciembre se observó que el Anticiclón del Pacífico Sur (APS) presentó una posición anómala al suroeste con una intensidad máxima de ~1023 hPa, encontrándose anomalías positivas en su centro de hasta ~+1 hPa. El APS presentó una configuración cuasi – meridional al sur de 30°S con una proyección hacia el sur de Chile. Frente a la costa peruana el campo de presión presentó condiciones alrededor a su patrón climático (Figura 3.2.1.1).

Frente al litoral peruano, el esfuerzo de viento de componente sureste se mantuvieron alrededor de lo normal (Figura 3.2.1.2 b) predominando la estacionalidad en la configuración de la ZCIT hacia el flanco oriental del Pacífico ecuatorial (Figura 3.2.1.2 a), observándose ligeras anomalías positivas alrededor de los 05°N entre 90°W y 80°W (Figura 3.2.1.2 c). En general, el viento frente a la costa peruana (40 Km) presentó velocidades de 4,0 a 5,0 m/s, siendo la semana del 16 al 20 de diciembre la que presentó vientos más débiles, incrementándose ligeramente hasta fines de mes.

En la zona oceánica, el viento varió entre 5,0 m/s y 7,0 m/s. Con respecto a la anomalía, durante la primera semana las presentaron valores positivos, disminuyendo hasta alcanzar condiciones neutras y anomalías negativas, siendo la semana con anomalías más intensas la semana de 16 al 20 de diciembre (Figura 3.2.1.3).

Durante el mes, el afloramiento costero persistió frente a Paita y Talara, mientras que tendió a disiparse al sur de los 5°S, especialmente frente a la costa central. Al norte de los 5°S, el IAC (Índice de Afloramiento Costero) fluctuó valores entre 400 y 450 m³/s/100m, mientras que al sur de los 5°S alcanzó valores ≤200 m³/s/100m, disminuyendo significativamente en la segunda quincena en intensidad y persistencia (Figura 3.2.1.4).

3.2.2. Temperatura del aire

Las temperaturas del aire se presentaron por debajo de sus rangos normales a lo largo del litoral peruano durante el mes de diciembre. En cuanto a la temperatura máxima, en promedio, se observaron valores de hasta $-0,4^{\circ}\text{C}$ en la sur, mientras que respecto a la temperatura mínima, se observó un mínimo negativo de hasta $-0,6^{\circ}\text{C}$ en la costa norte y sur. La región central mantuvo valores alrededor de lo normal (Figura 3.2.2.1).

3.2.3. Precipitaciones e hidrología en la vertiente del Pacífico

En diciembre, durante el periodo lluvioso, se observaron precipitaciones anómalas ligeras en la sierra suroccidental y en la selva alta nororiental (principalmente Loreto), así como, regiones altas de La Libertad, Cajamarca y Amazonas. En general, en el Perú predominaron condiciones normales y negativas, principalmente hacia la sierra noroccidental (Figura 3.2.3.1).

Durante el mes, los ríos de la costa presentaron caudales debajo sus valores normales, excepto el río Chira y Chancay Lambayeque que presentaron valores por encima de su normal ($60 \text{ m}^3/\text{s}$ y 50 respectivamente). Las reservas hídricas en la costa norte alcanzaron 48%, en promedio, respecto a la capacidad hidráulica de los principales embalses. En el sur, el sistema hidráulico Colca – Chili (Arequipa) viene operando al 48% en promedio, mientras que Pasto Grande (Moquegua) presenta déficit de almacenamiento (26%). En promedio, a nivel nacional, las reservas se encuentran al 46% de la capacidad hidráulica de los principales embalses.

3.2.4. Temperatura superficial del mar y nivel medio del mar a lo largo de la costa peruana

En el mar peruano la TSM durante el mes presentó fluctuaciones alrededor de su normal. Las condiciones ligeramente frías identificadas en el norte durante el mes anterior se disiparon después de la segunda semana de diciembre. Por fuera del mar peruano, la TSM se mantuvo por debajo de su normal, pero con anomalías negativas menores al mes de noviembre (Figura 3.2.4.2).

Para el mes de diciembre de 2017, el Índice Costero El Niño (ICEN) basado en el producto ERSSTv3 y NCEP OI SST v2 (Tabla 3.2.4.1) indicaron una condición climática Fría Fuerte ($-1,62^{\circ}\text{C}$). Los valores temporales este último el ICENOI (ICENOItmp) muestran condiciones Fría Moderadas y Frías Débiles para diciembre de 2017 y enero de 2018 (Figura 3.2.4.1).

Por el lado del litoral, la TSM en el norte continuó con anomalías negativas mayores respecto al mes de noviembre, mientras que, en el centro y sur las anomalías negativas de la TSM disminuyeron después de la segunda semana de diciembre hasta tomar valores cercanos a su normal (Figura 3.2.4.3 a). Respecto al nivel medio del mar, (NMM), en el litoral norte disminuyó ligeramente respecto al mes de noviembre, evidenciándose un avance progresivo de esta disminución, hacia el litoral centro y sur, (Figura 3.2.4.4 a y b), (Tabla 3.2.4.2).

3.2.5. Condiciones oceanográficas sub-superficiales frente al litoral peruano.

En la sección de Paita realizada en diciembre de 2017 (Figura 3.2.5.1), la isoterma de 17°C se acercó a la costa desde 40 mn a fines de noviembre a 15 mn a mediados de diciembre. Se registraron valores de TSM de hasta 19°C, por fuera de las 75 mn frente a la costa (Figura a). Sobre los 100 m de profundidad, las temperaturas variaron de 15°C y 19°C con una débil termoclina. La isoterma de 15°C se presentó entre los 40 y 70 m de profundidad, ascendiendo levemente en dirección a la costa. Sobre los 60 m en toda la sección se registró una capa con anomalías negativas de hasta -2,0°C, siendo más intensa en la zona costera (Figura b). En superficie, la concentración de sales mostró la presencia de aguas costeras frías (ACF) por dentro de las 60 mn y aguas de mezcla entre ACF y aguas superficiales subtropicales (ASS) en resto de la sección, generando anomalías de hasta +0,10 ups. Sobre los 100 m se presentaron las aguas del afloramiento costero mezcladas con ASS; condiciones normales para la temporada (Figura c y d). La profundidad de la oxiclina, asociada a la iso – oxigena de 1 mL/L, ascendió de 40 – 70 m a 30 – 60 m de profundidad hasta las 100 mn frente a la costa, (Figura e).

En el norte del mar peruano, a 90 millas frente de Paita (boya Argo 85°W y 4°S), se evidenció el incremento de la temperatura dentro de los 40 m de profundidad, propio de la climatología. Este incremento generó una capa muy superficial de condiciones normales y otra capa por debajo de éstas con condiciones frías, similar al mes de noviembre. Estas condiciones térmicas asociadas a salinidades de 35 ups evidencian características propias de aguas de mezcla dentro de los primeros 20 m de profundidad y ACF por debajo de éstas, (Figura 3.2.5.4).

La sección Chicama realizada el 16 de diciembre de 2017 (Figura 3.2.5.2), en la superficie, la isoterma de 17°C se presentó a 8 mn frente a la costa, similar al mes de noviembre. Fuera de las 40 mn se determinaron valores de TSM de hasta 20°C (Figura 3.2.5.2 a). Sobre los 100 m se registraron temperaturas entre 15°C y 20°C con una termoclina débil, mientras que la isoterma de 15°C se presentó entre los 10 y 90 m de profundidad, siendo más somera en la zona costera, en modo similar al mes de noviembre. En los primeros 80 m de profundidad, por fuera de las 40 mn se determinaron anomalías térmicas de hasta +2,0°C y en la zona más costera se estimaron anomalías de hasta -2,0°C (Figura 3.2.5.2 b).

En la capa superior a 40 mn, la concentración de sales mostró a las ASS por fuera de las 50 mn, cuyo grosor fue menor a noviembre, mientras que en la zona cerca a la costa se presentaron las ACF. Como consecuencia se observó anomalías halinas positivas de hasta +0,05 ups sobre los 100 m y por fuera de las 40 mn, asociadas a las ASS y anomalías negativas de hasta -0,05 ups cerca a la costa, asociadas a la presencia de las ASS y a la influencia del afloramiento costero, respectivamente, (Figura 3.2.5.2 c y d). La distribución del oxígeno disuelto mostró el ascenso de las iso – oxigenas cerca de la costa debido al afloramiento (Figura 3.2.5.2 e).

El monitoreo quincenal de la columna de agua (≤ 100 m) que se realiza en las estaciones fijas mostró que en el último mes para Paita y Callao la temperatura varió entre 14°C y 16°C, en Chicama entre 14°C y 17°C, en Atico entre 13°C y 15°C e Ilo entre 13°C y 17°C (Figura 3.2.5.3).

En Paita se detectó anomalías en toda la columna de agua con valores de hasta $-3,0^{\circ}\text{C}$ en los primeros 40 m de profundidad, en Chicama anomalías de hasta -2°C en la capa superficial y en Callao anomalías de hasta $-1,0^{\circ}\text{C}$ en toda la columna de agua, (Figura 3.2.5.5). Las condiciones de salinidad y temperatura evidenciaron la presencia de ACF en todas las estaciones fijas (Figura 3.2.5.6).

En cuanto al OD, también se determinó una distribución superficial de las iso-oxígenas en las estaciones fijas de Chicama, Callao y Atico, apareciendo la iso-oxigena de 0,5 mL/L a unos 20 – 40 m de profundidad. En Paita e Ilo se registró una profundización de la iso-oxigena de 0,5 mL/L a finales del mes (Figura 3.2.5.7).

3.2.6. Nutrientes y Productividad en la costa peruana

3.2.6.1. Silicatos

Los silicatos tendieron a un incremento en sus concentraciones en la capa superficial respecto a fines de noviembre en Chicama, Callao, Atico e Ilo mientras que en Paita se observó una disminución. Las menores concentraciones en la columna de agua se observaron en Paita ($\sim 16 \mu\text{mol.L}^{-1}$). En Chicama, la isolínea de $20 \mu\text{mol.L}^{-1}$ se superficializó ligeramente de 50 a 40 m entre inicios y fin del mes, no así, la isolínea de $30 \mu\text{mol.L}^{-1}$ se profundizó (80 a 100 m). En Callao la isolínea de $30 \mu\text{mol.L}^{-1}$ se superficializó de 60 a 40 m en el transcurso del mes, mientras que en Ilo, la isolínea de $20 \mu\text{mol.L}^{-1}$ se superficializó de 40 a 20 m. Atico, presentó las mayores concentraciones de silicatos con un máximo de $45 \mu\text{mol.L}^{-1}$ entre los 20 y 100 m durante el mes, (Figura 3.2.5.8).

3.2.6.2. Clorofila – a

La concentración de clorofila -a satelital presentó un valor en promedio a lo largo de la costa de $\sim 2 \text{ mg.m}^{-3}$ con núcleos que presentaron máximos de hasta 5 mg.m^{-3} a las $\sim 200 \text{ mn}$ de Paita, Chimbote, Chicama y San Juan, y dentro de las $\sim 250 \text{ mn}$ frente a Callao. Sus anomalías en promedio fluctuaron entre -1 mg.m^{-3} a -3 mg.m^{-3} entre los 6°S y 11°S dentro de los 200 mn de la costa. Frente a Callao y Pisco (12° – 14°S) se observaron las mayores anomalías negativas dentro de los 200 mn de la costa ($\sim -4,0 \text{ mg.m}^{-3}$). Frente a San Juan (15° – 16°S) dentro de los $\sim 40 \text{ mn}$ de la costa se registraron anomalías negativas de -1 mg.m^{-3} , mientras que en la zona más oceánica ($\sim 250 \text{ mn}$) se observaron anomalías positivas de $\sim +1,5 \text{ mg.m}^{-3}$.

La mayor y menor presencia de nubes se dio frente a Callao (28 días) y Paita (15 días) respectivamente; en cambio entre Chicama y Chimbote y frente a Pisco dentro de los 200 mn de la costa presentaron en promedio 24 días cubiertos (Figura 3.2.6.1 y 3.2.6.2).

3.2.7. Recursos Pesqueros e indicadores biológicos

La anchoveta entre el 27 al 30 diciembre de 2017, en la región norte – centro, la información de la flota artesanal y menor escala dentro de las 10 mn de distancia a la costa, se registró en tres zonas. En la zona norte, entre Paita y Punta La Negra (5°S) y Chimbote (9°S), conformado principalmente por ejemplares adultos; en la zona centro, se observó un núcleo frente a Pisco (13°S), este último con mayor incidencia de juveniles. En la región sur, no se registró desembarques (Figura 3.2.7.2).

4. PRONÓSTICO

4.1 A corto plazo (semanas)

Según los modelos lineales (Figura 3.1.1.10 c y d), así como las proyecciones teóricas de ondas largas ecuatoriales y la proyección quincenal de pronóstico de los modelos GFS y CFS, se espera que en las siguientes semanas se produzcan anomalías de viento del este, entre 160°E y 160°W en la franja del Pacífico Ecuatorial. Si esto se diera, entonces estos vientos podrían proyectarse en ondas Kelvin frías que contribuiría en mantener (e incluso disminuir más) la anomalía negativa de la profundidad de la termoclina, principalmente en el Pacífico Oriental, en los siguientes meses. Por otro lado, la onda Kelvin cálida observada en la zona occidental del Pacífico, podría contribuir a aminorar las anomalías negativas de la profundidad de la termoclina en el Pacífico central y oriental, y de no existir vientos del este en su trayectoria, llegaría en el mes de febrero 2018.

Para el Pacífico Central (región Niño 3.4), los valores estimados del ONI (ONI_{tmp}), combinando observaciones y pronósticos, indican condiciones frías débiles para los meses de diciembre de 2017 y enero de 2018, considerando los datos hasta noviembre de la fuente ERSSTv4, así como las salidas de ensamble de modelos NMME para noviembre – enero 2018 (Tablas 3.1.4.1 y 4.2.1). Para el Pacífico oriental (región Niño 1+2), el valor estimado del ICEN (ICEN_{tmp}), basado en los datos hasta noviembre de la fuente OISST.v2, así como las salidas del ensamble de modelos NMME, para diciembre y enero es de -1,37°C y -1,16°C, indicando condiciones frías moderadas y débiles, respectivamente (Tablas 3.1.4.2 y 4.2.2).

4.2. A mediano plazo (hasta 3 meses)

La proyección de las ondas Kelvin según la simulación del modelo de ondas (Illig et al., 2004; Dewitte et al., 2002) para inicios de enero 2018 se espera que continúe la influencia de las ondas Kelvin frías generadas en noviembre 2017. Por otro lado, se aprecia que continúa la propagación de las ondas Kelvin cálidas (modo 1 y modo 2) generadas debido a pulsos de vientos de oeste en el Pacífico Ecuatorial Occidental entre noviembre y diciembre. Dichas ondas han profundizado la termoclina ecuatorial en esa región y se espera su arribo al extremo del Pacífico Ecuatorial Oriental entre enero y febrero de 2018.

Asimismo, se detectó una intensificación de los vientos alisios en el Pacífico Ecuatorial Occidental a fines de diciembre, que podría generar una nueva onda Kelvin fría (modo 1), (Figura 4.2.2).

Para el Pacífico Central (región Niño 3.4), según las agencias internacionales (IRI, noviembre 2017), la mayoría de los modelos dinámicos y estadísticos de predicción de ENOS (Niño 3.4) continúan pronosticando que las anomalías de la TSM para el verano 2018 indican una condición La Niña débil (Figura 4.2.3). Por otro lado, para el Pacífico Ecuatorial Oriental (región Niño 1+2), con condiciones iniciales en enero, indican en promedio condiciones neutras de febrero a julio de 2018, sin embargo, estos índices son negativos (Figura 4.2.4).

4.3. A largo plazo (más de 3 meses)

En general, los pronósticos de los modelos han incrementado sustancialmente la probabilidad de condiciones La Niña en el Pacífico Central de 98% (condiciones iniciales de diciembre 2017) a 97% (condiciones Iniciales de enero de 2018).

El patrón espacial proyectado de TSM (Figura 4.2.5) y de precipitación (Figura 4.2.6) pronosticado es típico de La Niña, con ausencia de calentamiento en el Pacífico sudeste (frente a norte de Chile) y en la costa de Perú como en el 2016. Asimismo, no se prevé mayor lluvia en la banda sur de la ZCIT en el verano/otoño de 2018 tal como se mostró en los pronósticos del año 2016 para este mes. Esto indica pocas probabilidades de que se pueda repetir un evento similar a El Niño Costero del año 2017, aunque no se puede descartar la posibilidad de ocurrencia de lluvias en la sierra y región amazónica del Perú.

5. CONCLUSIONES

Durante el mes de diciembre, en el Pacífico oriental (región Niño 1+2) y frente a la costa del Perú, los valores de anomalías negativas de TSM mantuvieron condiciones ligeramente frías con valores menores al mes anterior, en el litoral peruano, las anomalías de TSM superficiales observadas continuaron frías respecto a noviembre consistente con el arribo de la onda Kelvin fría y el afloramiento costero con presencia de ACF y ASS en todas las estaciones fijas. Asimismo, durante el mes, los vientos costeros se mantuvieron dentro de patrón climatológico mensual, con una pobre influencia del APS, el cual se mostró anómalamente al sur de la costa chilena, manteniéndose persistente en su paso al sur de Chile. La influencia del APS con las anomalías frías de las temperaturas del mar y aire frente al litoral es mínima, observándose menor cantidad de pulsos de vientos del sur.

En la región del Pacífico Central (región Niño 3.4), la anomalía negativa de la TSM disminuyó ligeramente. El ONI de noviembre (OND) correspondió a condiciones Frías Débiles, y el estimado para diciembre (NDE) sería de condiciones Frías Débiles. La ATSM de esta región alcanzó, en promedio, $-0,8^{\circ}\text{C}$. Por otro lado, en el Pacífico Oriental (región Niño 1+2), el valor del ICEN para noviembre de 2017 fue de $-1,62$ (Fría Fuerte) y el ICENTmp para diciembre de 2017 y enero de 2018 es $-1,37$ (Fría Moderada) y $-1,16$ (Fría Débil). Por tanto, considerando que en el mes de setiembre el ICEN tomó valores de condiciones frías moderadas y que el valor estimado del ICEN para enero de 2018 correspondería a condición fría débil, y que mantiene la persistencia del desarrollo de la “La Niña Costera” inicios del verano 2018.

La Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT) se mantuvo ligeramente más intensa y al norte de su posición climática para la región Oriental del Pacífico. El inicio del periodo lluvioso trajo consigo precipitaciones ligeras en la sierra y la selva nororiental, así como, la sierra suroccidental; las regiones costeras mantuvieron su patrón estacional de lluvias. Los caudales de los ríos de la costa norte del país se mantuvieron debajo de sus rangos normales, excepto el río Chira y Chancay – Lambayeque que presentaron valores por encima de su normal. En promedio, a nivel nacional, las reservas se encuentran al 46% de la capacidad hidráulica de los principales embalses.

Los indicadores reproductivos del stock norte–centro de la anchoveta, continuaron mostrando la declinación del desove principal de invierno – primavera y un incremento del contenido graso de la especie, propio de la estación. En vista que los principales impactos de El Niño y La Niña suelen darse en la temporada de lluvias, es decir durante el verano, el ENFEN proporciona una estimación de las probabilidades de ocurrencia de los mismos para dicho periodo.

Con estas consideraciones, la Comisión Multisectorial ENFEN estima que para el próximo verano (diciembre 2017 - marzo 2018) en el Pacífico Central es más probable condiciones La Niña (76%), seguidas de condiciones neutras (23%); mientras que condiciones para un evento El Niño sólo alcanzan al (1%). Para el Pacífico Oriental (región Niño 1+2) frente a la costa norte del Perú, es más probable la condición neutra (70%) seguida por la condición La Niña (23%). Condiciones para un evento El Niño en esta región alcanza el 7% (Tablas 4.3.1 y 4.3.2).

6. REFERENCIAS

Bentamy, Abderrahim and Croize-Fillon, Denis (2012). Gridded surface wind fields from Metop/ASCAT measurements. *International Journal of Remote Sensing*, 33(6), 1729-1754. doi:10.1080/01431161.2011.600348.

Boulanger, J.-P., and C. Menkes, 1995: Propagation and reflection of long equatorial waves in the Pacific Ocean during the 1992–1993 El Niño, *J. Geophys. Res.*, 100(C12), 25,041–25,059.

Dewitte B., D. Gushchina, Y. duPenhoat and S. Lakeev, 2002: *Geoph. Res. Lett.*, vol. 29, no. 14, 1666, 10.1029/2001GL014452.

ENFEN, 2012: Definición operacional de los eventos El Niño y La Niña y sus magnitudes en la costa del Perú. Nota Técnica ENFEN. 2p.

Illig S., B. Dewitte, N. Ayoub, Y. du Penhoat, G. Reverdin, P. De Mey, F. Bonjean and G.S. E. Lagerloef, 2004:

J. Geophys. Research, 109, C02022, doi: 10.1029/2003jc001771.

Kalnay, E., M. Kanamitsu, R. Kistler, W. Collins, D. Deaven, L. Gandin, M. Iredell, S. Saha, G. White, J. Woollen, Y. Zhu, A. Leetmaa, B. Reynolds, M. Chelliah, W. Ebisuzaki, W. Higgins, J. Janowiak, K. Mo, C. Ropelewski, J. Wang, R. Jenne, and D. Joseph, 1996: The NCEP/NCAR 40-Year Reanalysis Project. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 77, 437–471.

Kirtman BP, Min D, Infanti JM, Kinter JL, Paolino DA, Zhang Q, van den Dool H, Saha S, Peña M, Becker E, Peng P, Tripp P, Huang J, DeWitt DG, Tippet MK, Barnston AG, Li S, Rosati A, Schubert SD, Rienecker M, Suarez M, Li ZE, Marshak J, Lim YK, Tribbia J, Pegion K, Merryfield WJ, Denis B, Wood EF, 2014: The North American Multimodel Ensemble: Phase-1 Seasonal-to-Interannual Prediction; Phase-2 toward Developing Intraseasonal Prediction. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 95, 585–601. doi: 10.1175/BAMS-D-12-00050.1

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.

Takahashi, K., K. Mosquera y J. Reupo, 2014: El Índice Costero El Niño (ICEN): historia y actualización, Boletín Técnico "Generación de modelos climáticos para el pronóstico de la ocurrencia del Fenómeno El Niño", Instituto Geofísico del Perú, Febrero, 1, 2, 8-9.

7. FIGURAS

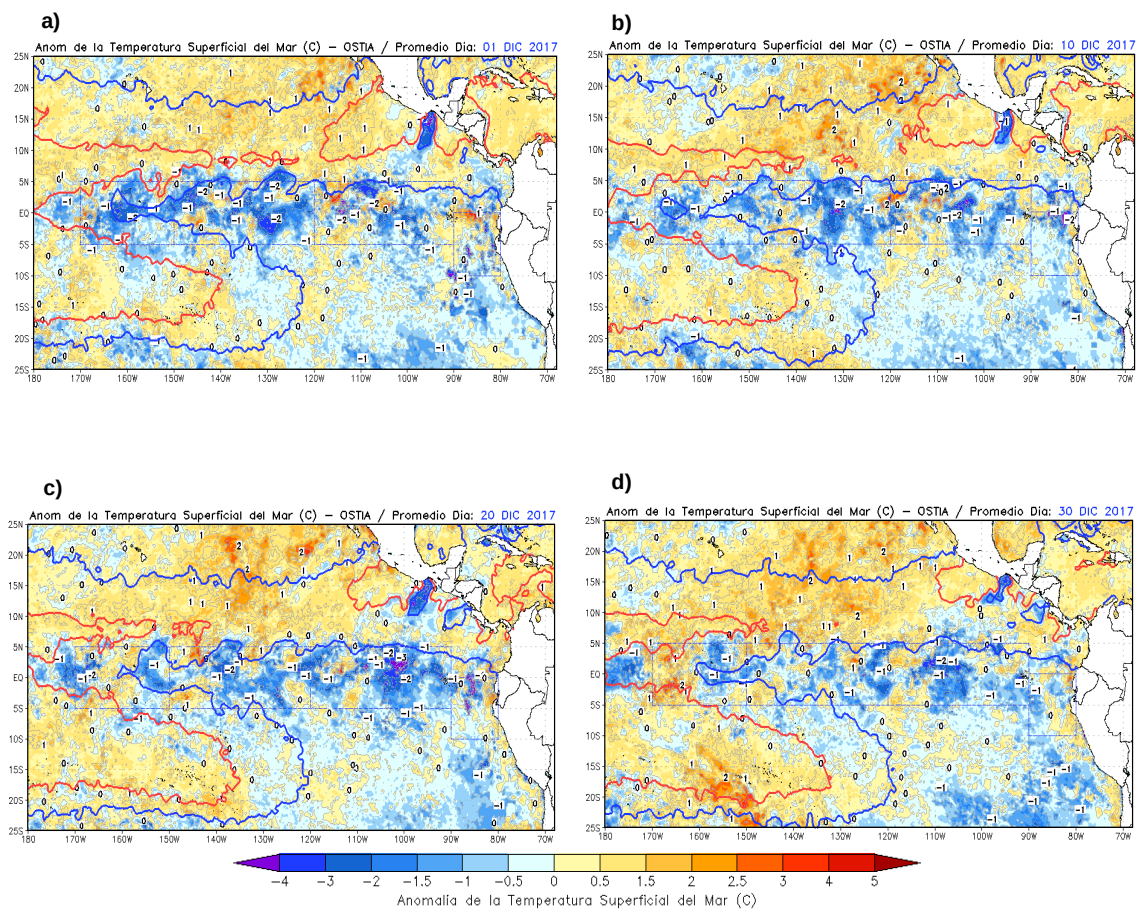


Figura 3.1.1.1. Anomalías de la temperatura superficial del mar (°C) en el océano Pacífico oriental para los días a) 01 de diciembre, b) 10 de diciembre, c) 20 de diciembre, y d) 30 de diciembre de 2017. La línea sólida en color azul indica el límite externo de las regiones Niño. Datos: NCDC/NCEP/NOAA. Procesamiento: DHN.

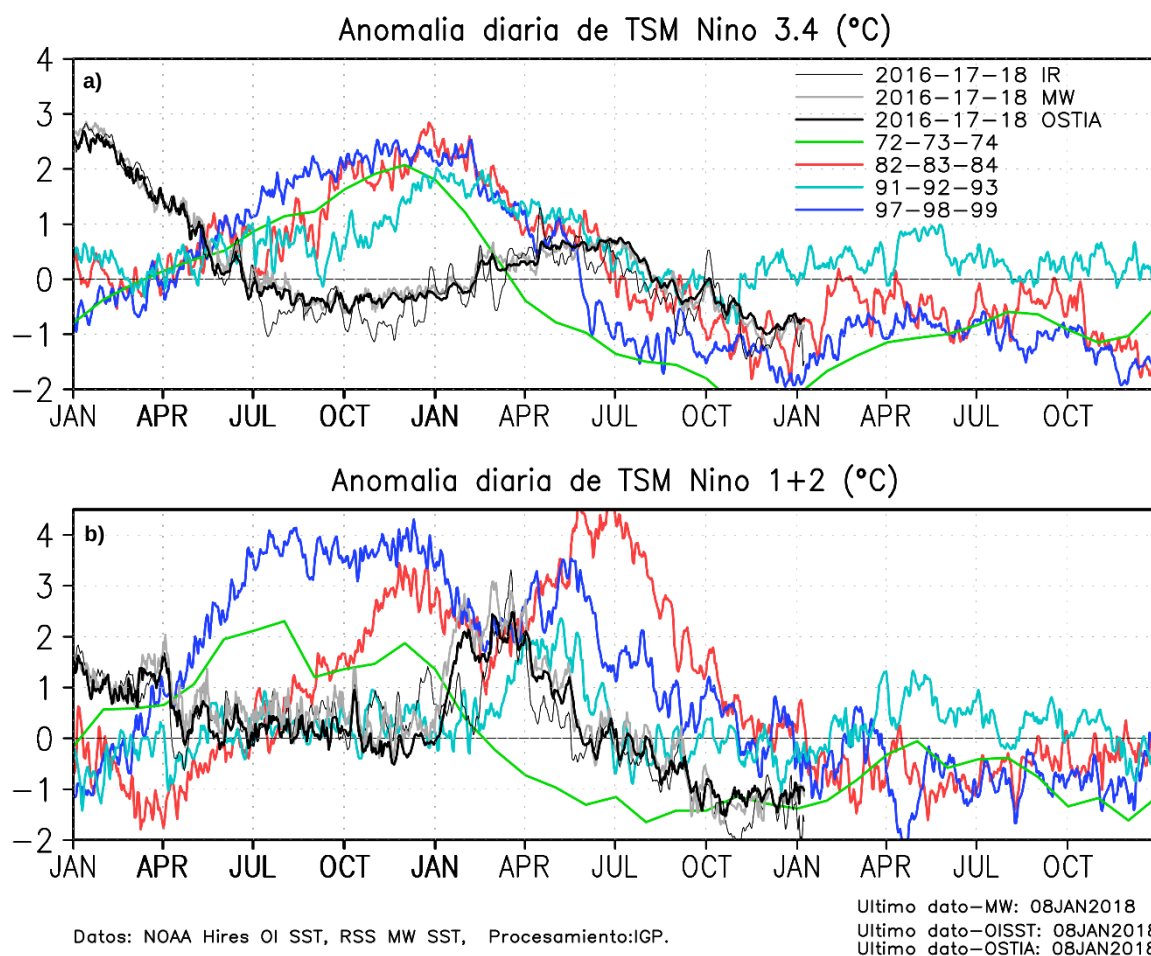


Figura 3.1.1.2. Series de tiempo de la anomalía diaria de la TSM en la región Niño 3.4 (a) y en la región Niño 1+2 (b). Las líneas en color negro (gruesa), gris y negro (fina) indican la evolución de la anomalía de la TSM en el presente año usando información infrarroja (IR), microondas (MW) y del producto OSTIA, respectivamente. Las líneas de color rojo, azul, celeste y verde, indican la evolución de la anomalía de la TSM para los años de Niña costera 1985, 2007, 2010 y 1988. Elaboración: IGP.

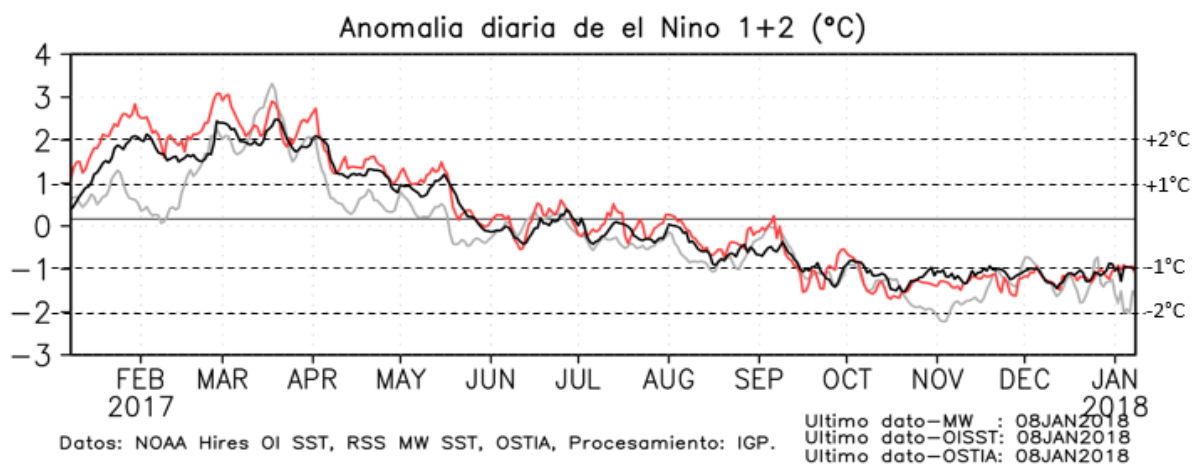


Figura 3.1.1.3. TSM (°C) durante diciembre 2016 al 08 de enero de 2017 según los datos infrarrojos (NOAA Daily OI SST v2 AVHRR) y de Microondas en la región 1+2. La línea punteada indica la variación climatológica. Procesamiento: IGP.

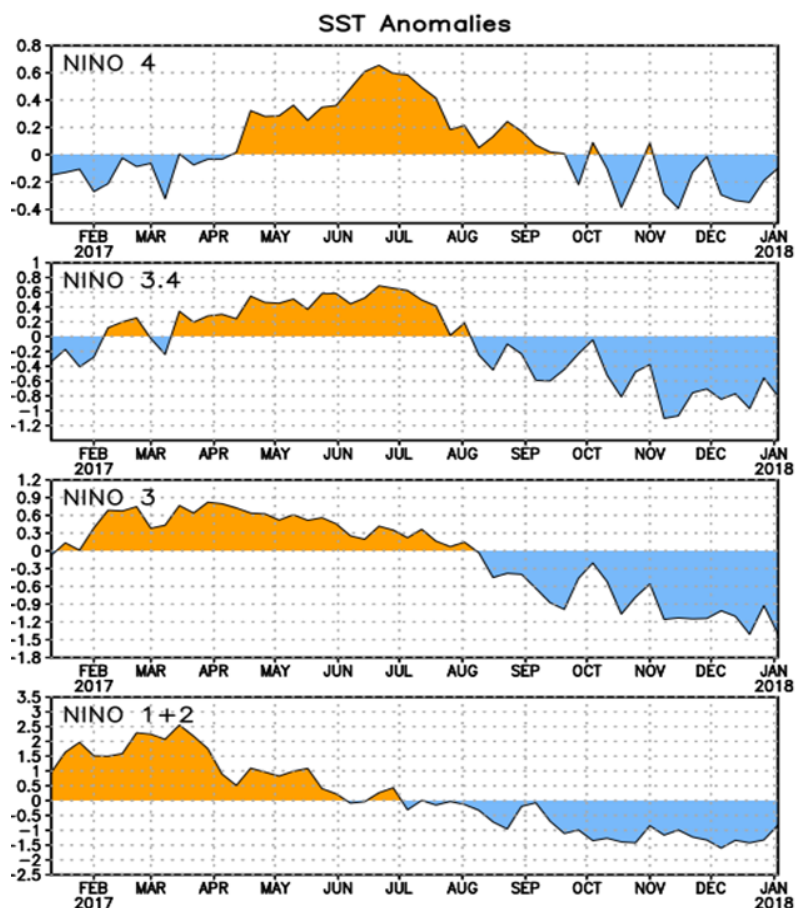


Figura 3.1.1.4. Anomalías semanales de la temperatura superficial del mar (°C) en las regiones Niño de enero de 2017 a enero de 2017. Fuente: NCEP/NOAA.

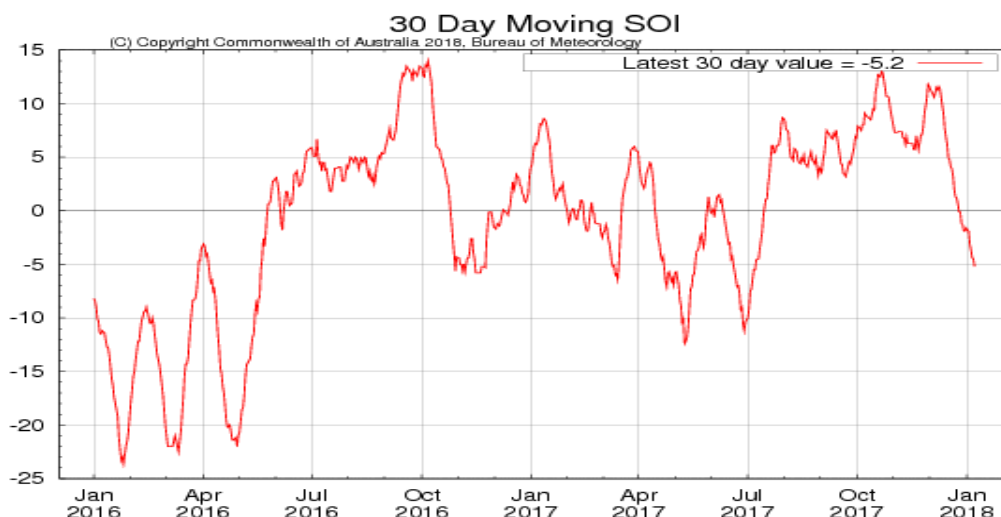


Figura 3.1.1.5. Evolución del Índice de Oscilación Sur (IOS), desde enero de 2016 a enero de 2018, considerando la media móvil de 30 días. Fuente: Bureau of Meteorology, Australia.

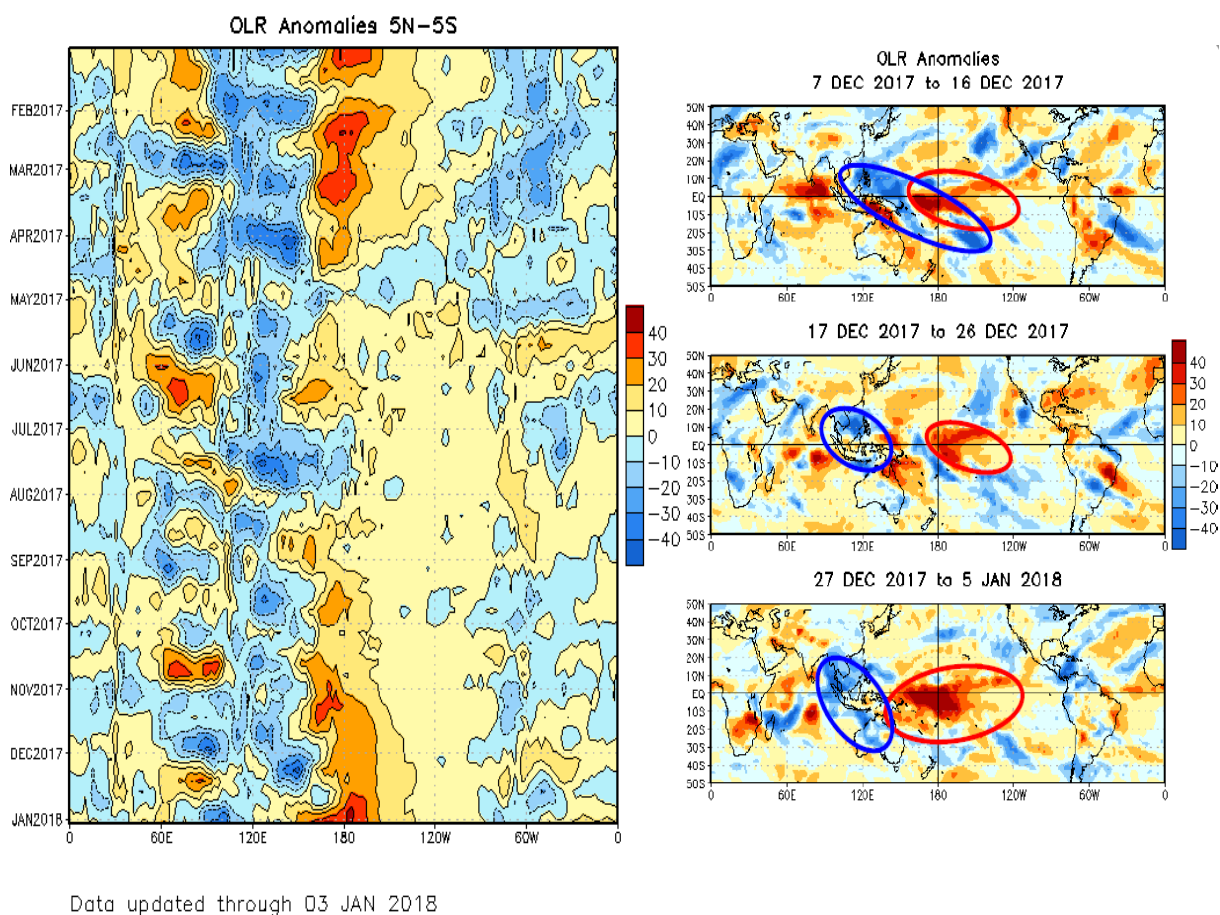


Figura 3.1.1.6. a) Anomalia mensual de Radiación de Onda Larga - OLR (W/m^2) y b) Anomalías pentadales de OLR para el mes de noviembre de 2017. Datos: NCEP. Procesamiento: NOAA/SENAMHI.

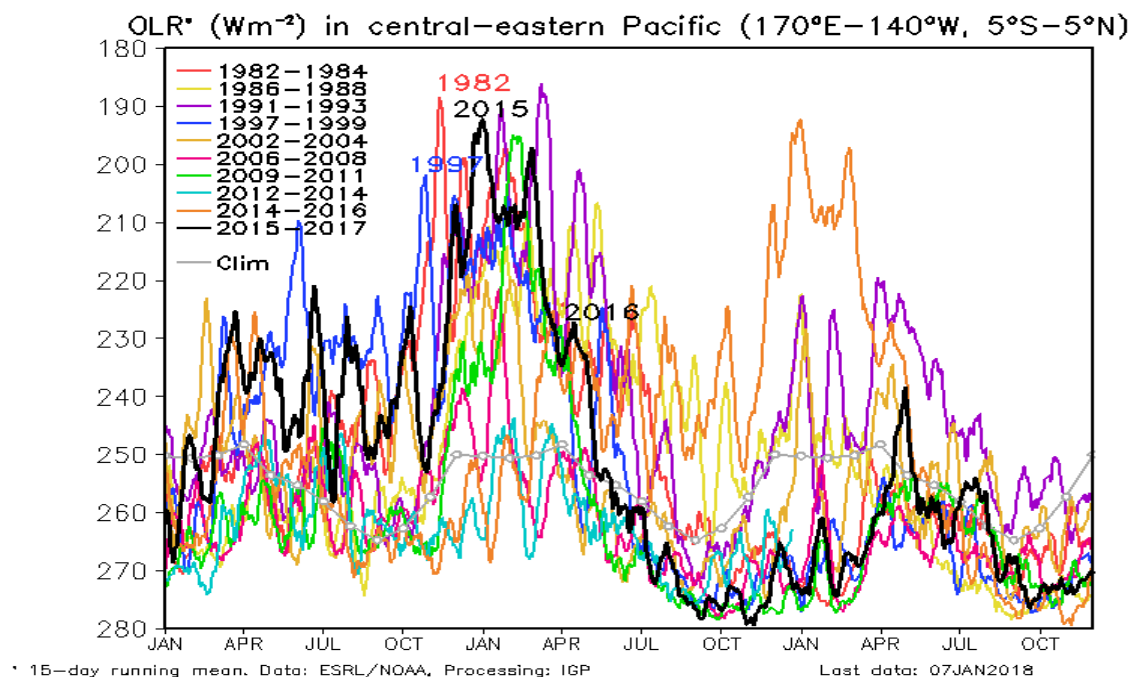


Figura 3.1.1.7. Radiación de Onda Larga - OLR (W/m^2) en el Pacífico central-oriental ($170^{\circ}\text{W}-100^{\circ}\text{W}$, $5^{\circ}\text{S}-5^{\circ}\text{N}$) desde el mes de enero de 2015 hasta al mes de diciembre de 2017. Datos: ESRL/NOAA, Procesamiento: IGP.

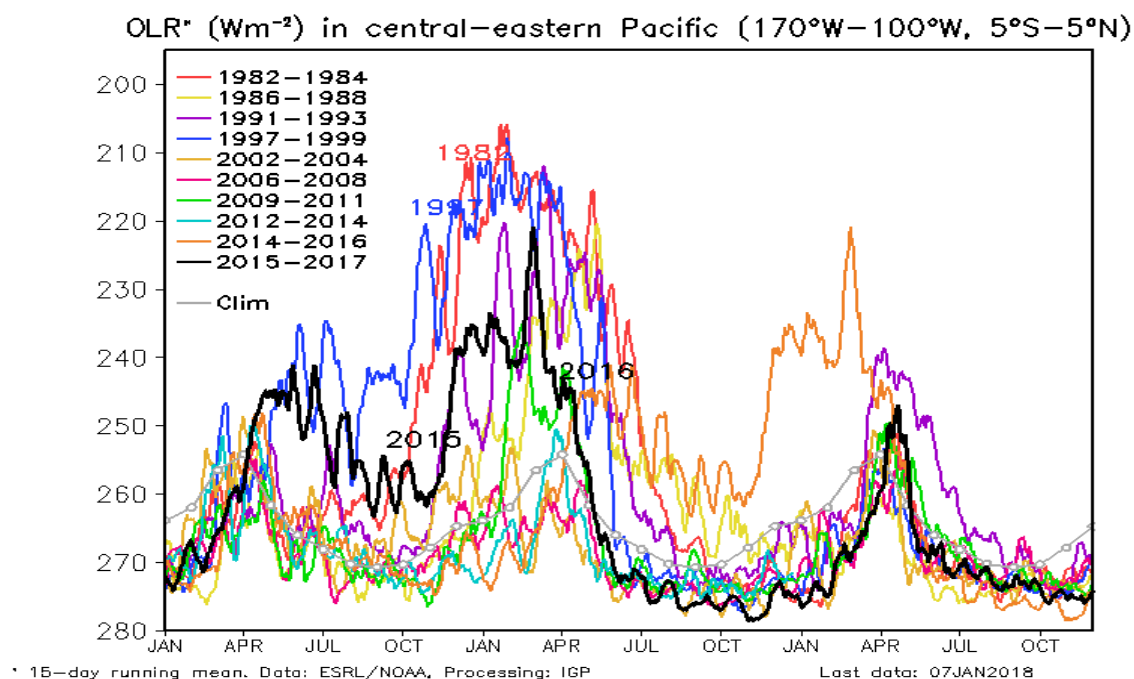


Figura 3.1.1.8. Radiación de Onda Larga - OLR (W/m^2) en el Pacífico central-oriental ($170^{\circ}\text{W}-140^{\circ}\text{W}$, $5^{\circ}\text{S}-5^{\circ}\text{N}$) desde el mes de enero de 2015 hasta el mes de diciembre de 2017. Datos: ESRL/NOAA, Procesamiento: IGP.

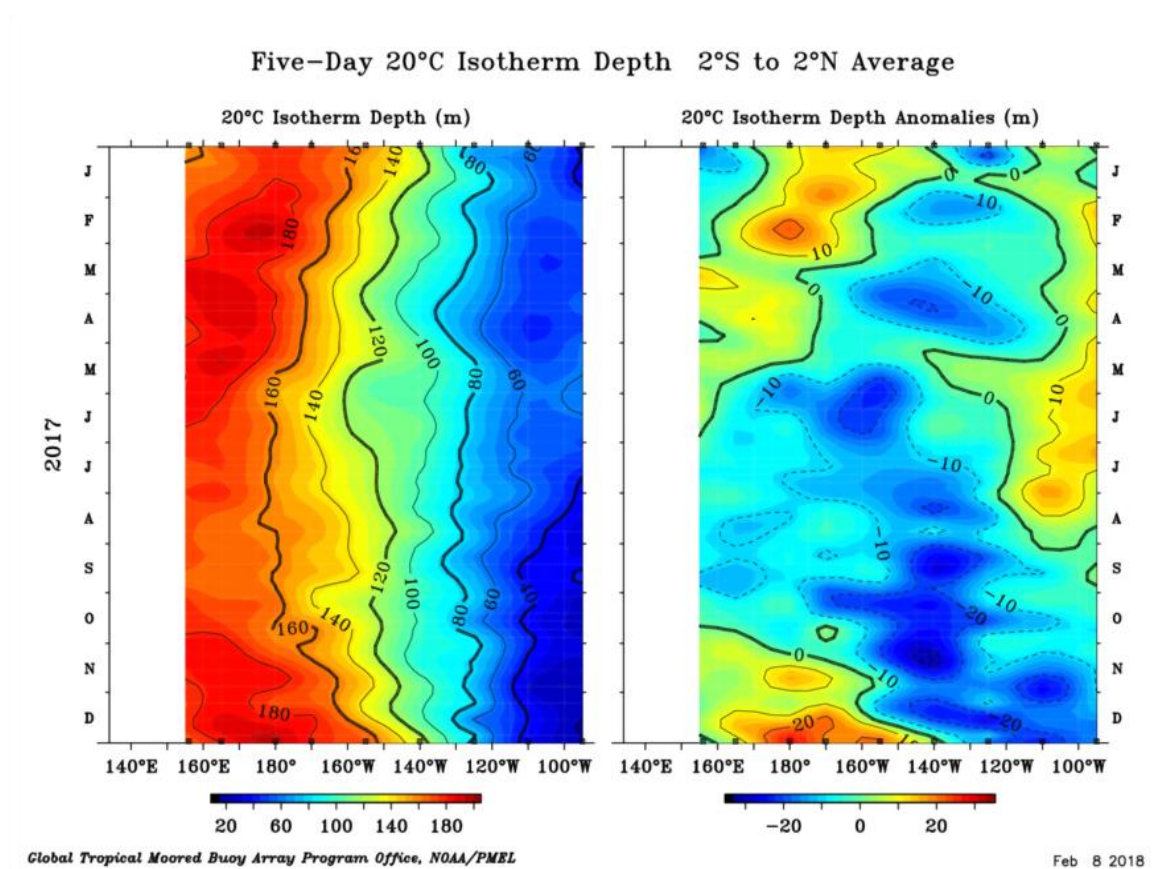


Figura 3.1.1.9. Diagrama longitud-tiempo de (a), profundidad de la isoterma de 20°C y (b) anomalía de la profundidad de la isoterma de 20°C. Promedio entre 2°N – 2°S, desde enero de 2016 a diciembre de 2017 con datos de TAO/TRITON.

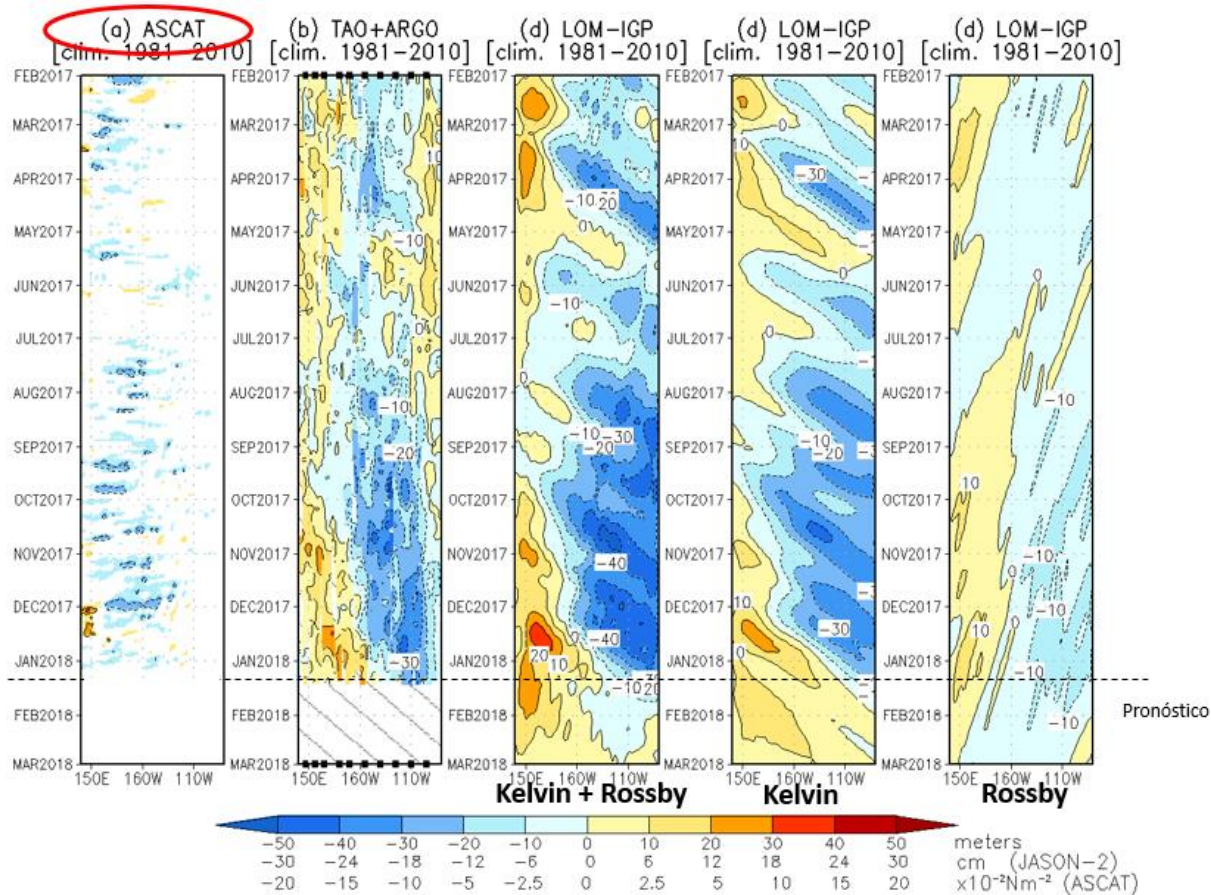


Figura 3.1.1.10. Diagrama longitud-tiempo de las anomalías de esfuerzo de viento zonal ecuatorial basado en datos del escaterómetro ASCAT (a), anomalía de la profundidad de la isoterma de 20°C datos de TAO y los derivados de ARGO (b), diagrama de la onda Kelvin y Rossby (c), diagrama de la onda Kelvin (d) y finalmente diagrama de la onda Rossby, calculada con el modelo LOM-IGP (forzado por ASCAT, y $\tau=0$ para el pronóstico). Las líneas diagonales representan la trayectoria de una onda Kelvin si tuviera una velocidad de 2.6 m/s. (Elaboración: IGP).

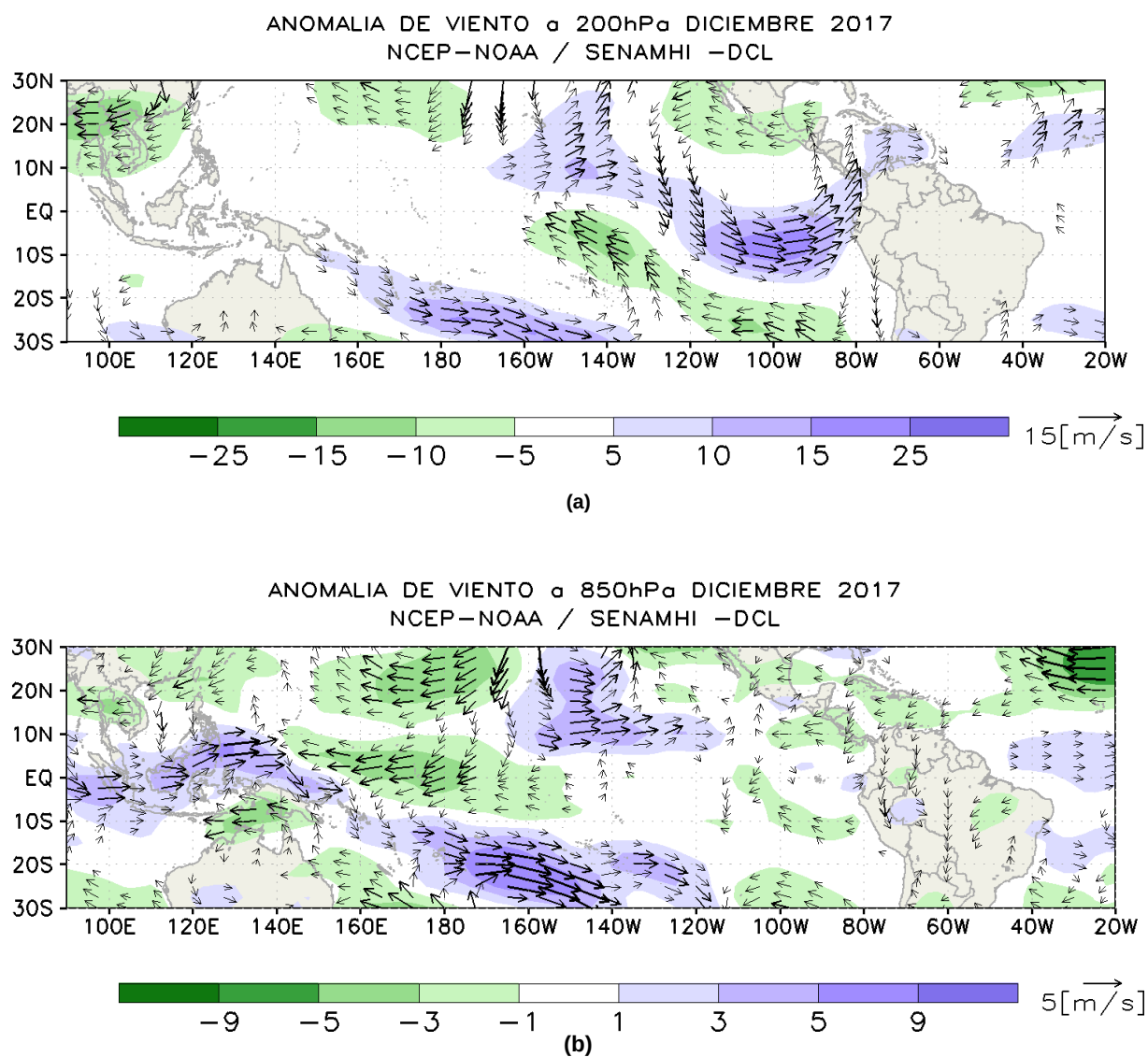


Figura 3.1.1.11. Análisis de anomalías del viento (m/s) en a) 200 hPa y b) 850 hPa para el mes de diciembre del 2017. Datos: NCEP/NOAA. Procesamiento: SENAMHI – SPC.

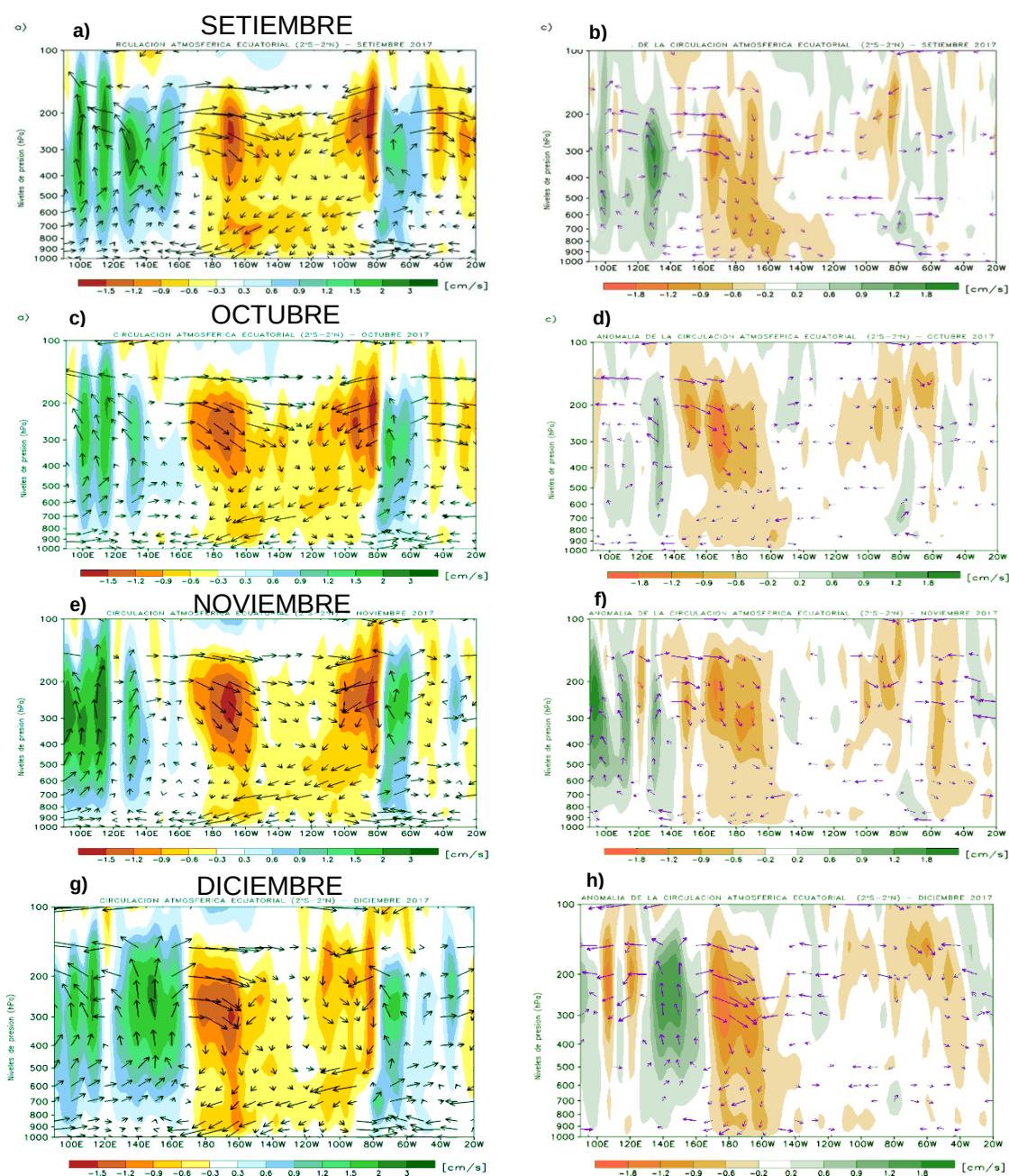


Figura 3.1.1.12. Circulación atmosférica ecuatorial promedio mensual (derecha) y su anomalía (izquierda) para el mes de setiembre (a y b); octubre (c y d), noviembre (e y f), y diciembre (g y h) del 2017, respectivamente. Fuente: SENAMHI con datos de la NCEP-NOAA.

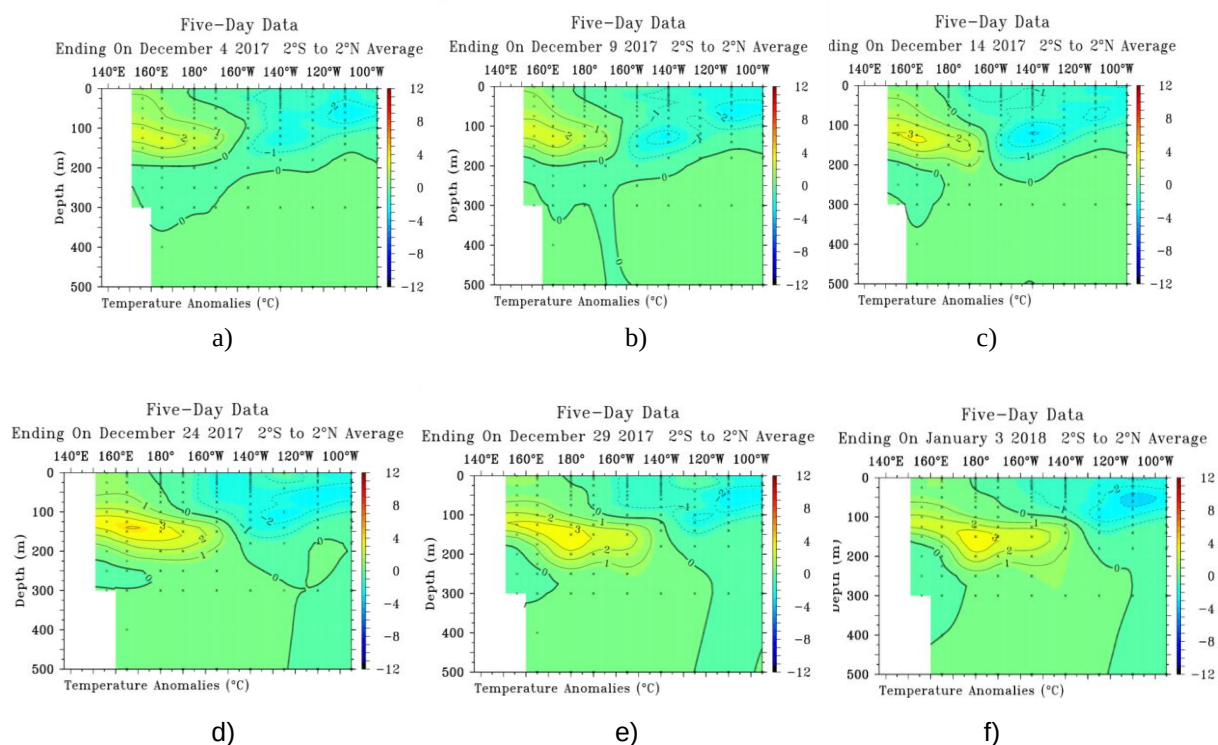


Figura 3.1.2.1. Anomalías de la temperatura sub-superficial del mar (°C) en el océano Pacífico ecuatorial entre los 2°N y 2°S promediadas cada cinco días, finalizando los días: a) 4 de diciembre, b) 09 de diciembre, c) 14 de diciembre, d) 24 de diciembre, e) 29 de diciembre de 2017 y f) 03 de diciembre de 2018. Fuente: TAO/TRITON, PMEL/NOAA.

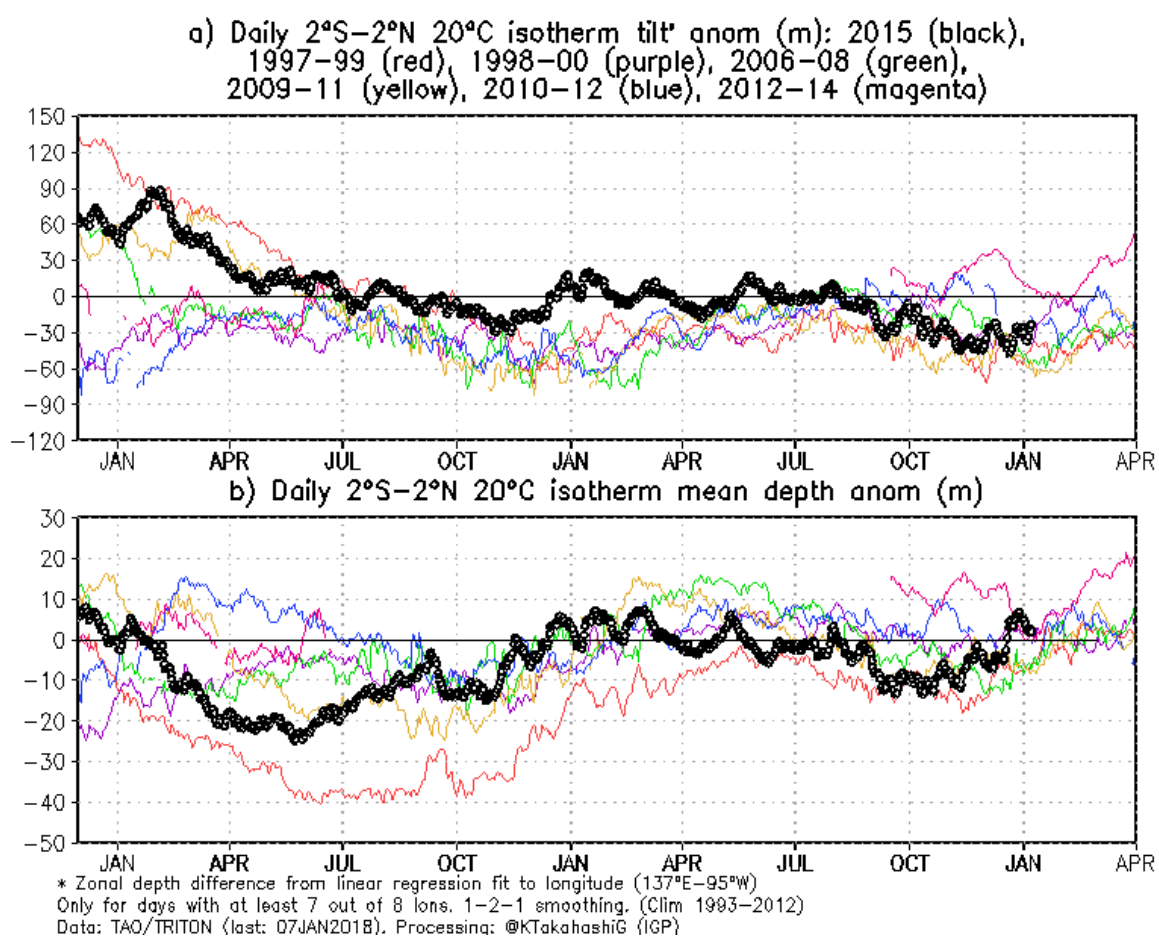


Figura 3.1.2.2. a) Inclinación de la termoclina en el Pacífico ecuatorial basado en los datos de las boyas TAO entre 2°N y 2°S. **b)** Contenido de calor en la región ecuatorial basado en los datos de las boyas TAO entre 2°N y 2°S. Elaboración: IGP.

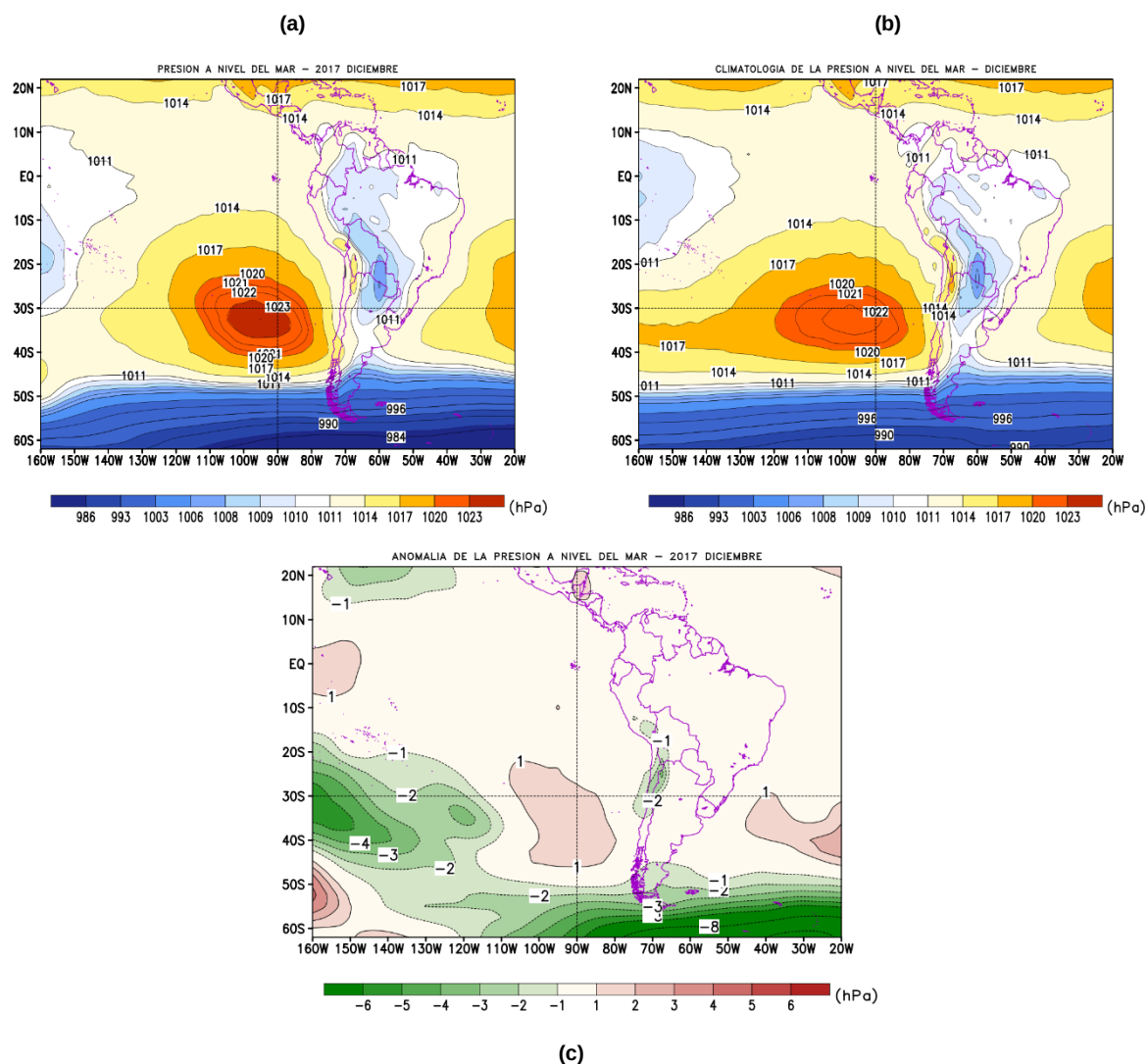


Figura 3.2.1.1. Análisis de la Presión atmosférica a nivel medio del mar para el mes de diciembre. **Superior Izquierda:** Promedio mensual de la Presión a nivel del mar; **Superior Derecha:** Distribución climatológica de la presión a nivel medio del mar durante el mes de diciembre; **Inferior:** Anomalía estandarizada de la Presión a nivel del mar en el mes de diciembre. Procesamiento: SENAMHI-SPC.

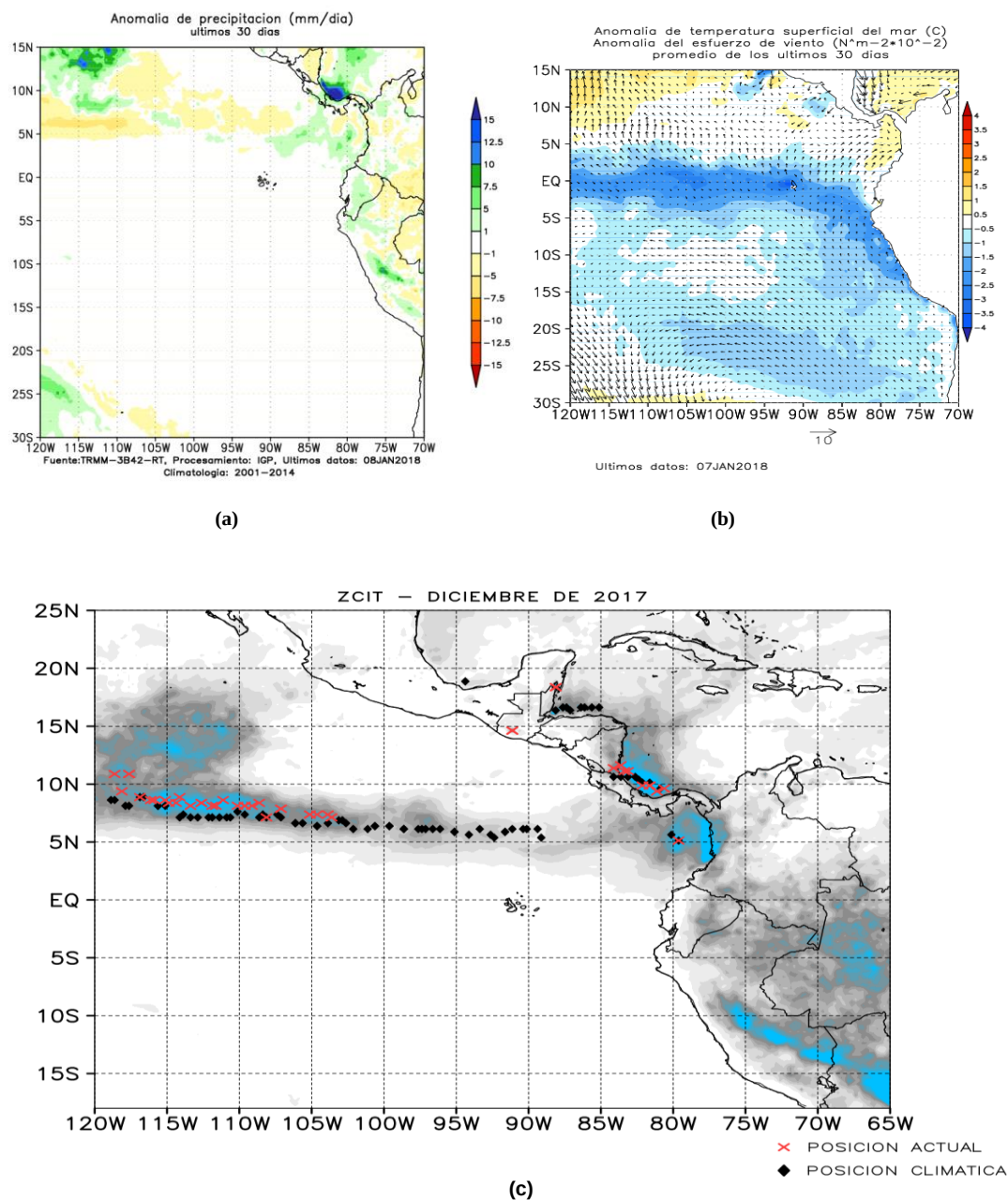


Figura 3.2.1.2. Condiciones promedio de precipitación, temperatura superficial del mar (TSM) y esfuerzo de viento, correspondiente al mes de diciembre, a) anomalía de precipitación, b) anomalías de TSM, asociados al esfuerzo de vientos, y c) Ubicación espacial de la ZCIT durante diciembre basado en la precipitación acumulada (mm/mes) estimada por satélite. Fuente TRMM, AVHRR-NCDC-NOAA, ASCAT-Ifrermer, GFS – NOAA / Procesamiento IGP/SENAMHI-SPC.

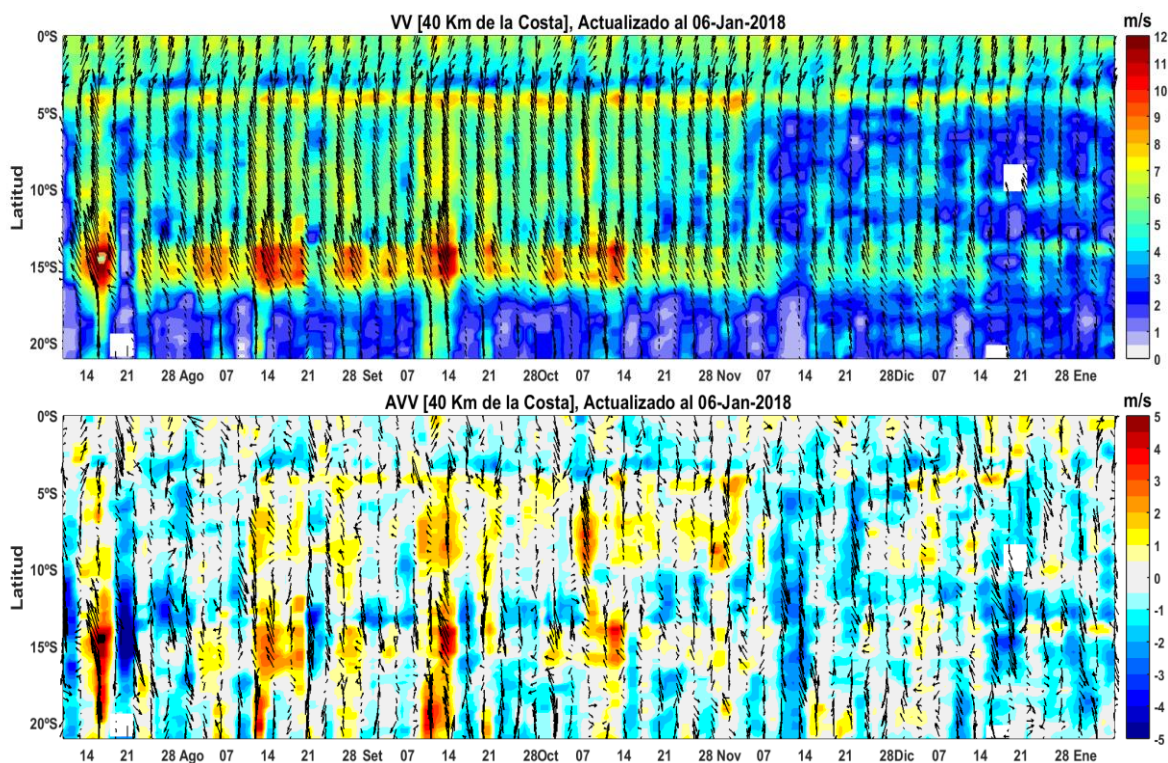


Figura 3.2.1.3. (Arriba) Velocidad del viento (m/s) y (Abajo) Anomalia del viento (m/s) desde agosto del 2017 hasta enero del 2018. Los vectores representan la dirección del viento y anomalía de la dirección del viento, respectivamente. Datos: ASCAT, procesamiento: IMARPE.

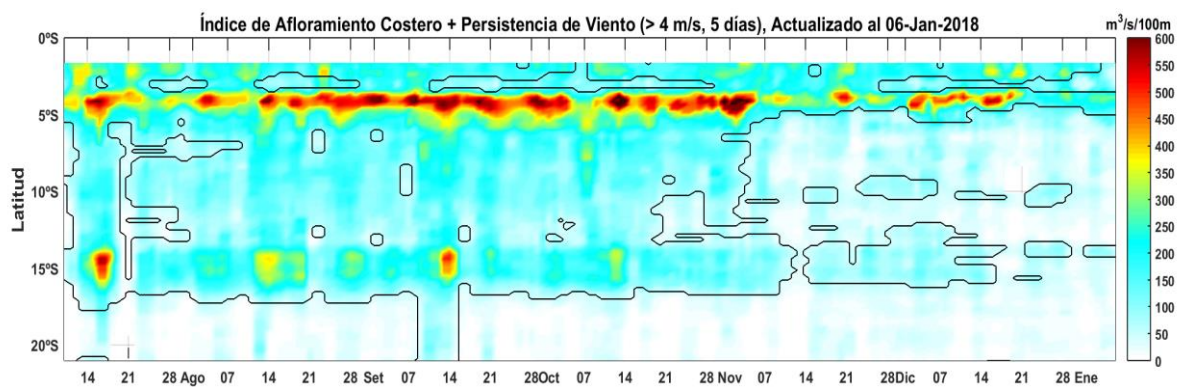


Figura 3.2.1.4. Índice de Afloramiento Costero (a partir del viento diario satelital a 40 Km frente a la costa del Perú). Las líneas encierran los períodos en los cuales persistió viento con componente sur ($vv > 4$ m/s) al menos 05 días consecutivos. Datos: ASCAT, Procesamiento: IMARPE.

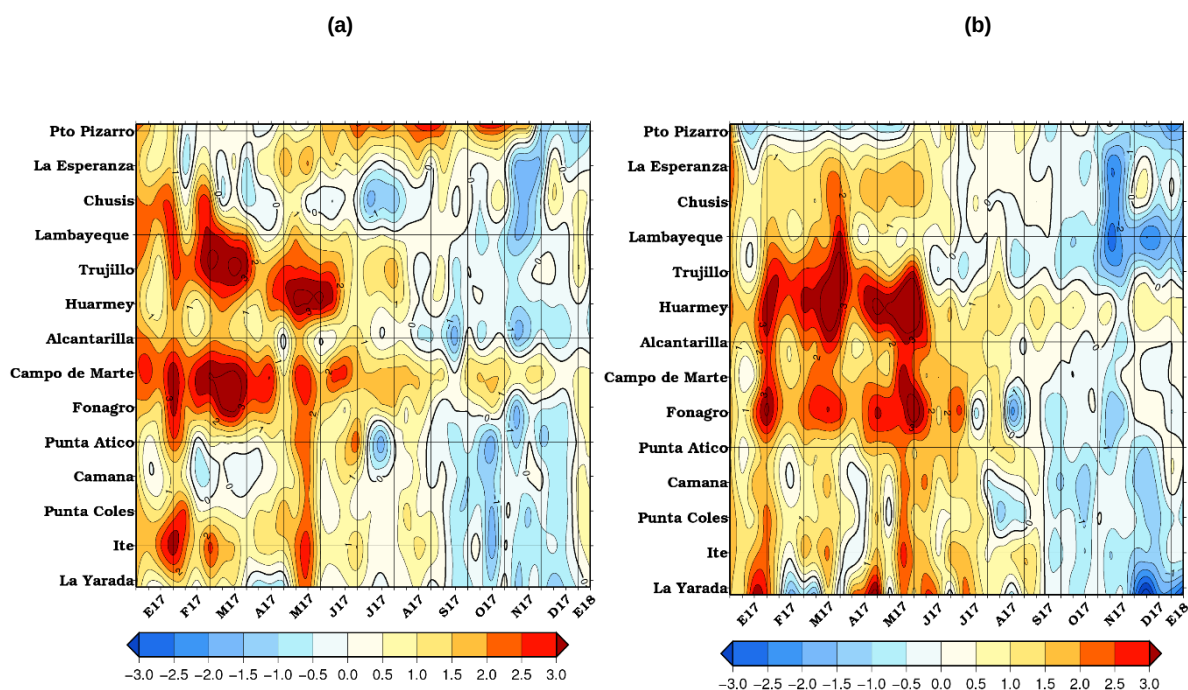


Figura 3.2.2.1. Anomalías de las temperaturas extremas del aire (°C) en la costa peruana desde enero 2017 a enero del 2018. a) Temperatura máxima y b) Temperatura mínima. Fuente: SENAMHI.

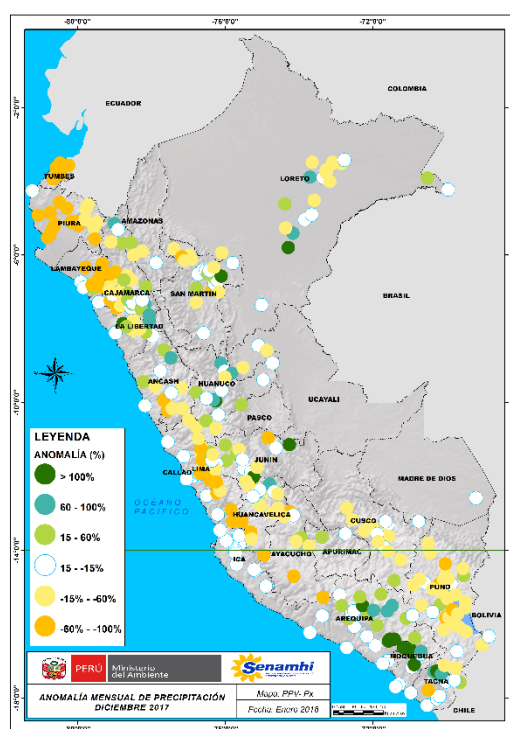


Figura 3.2.3.1. Mapas de anomalías de precipitación acumulada mensual (%) para diciembre 2017, registradas en estaciones meteorológicas. Fuente: SENAMHI.

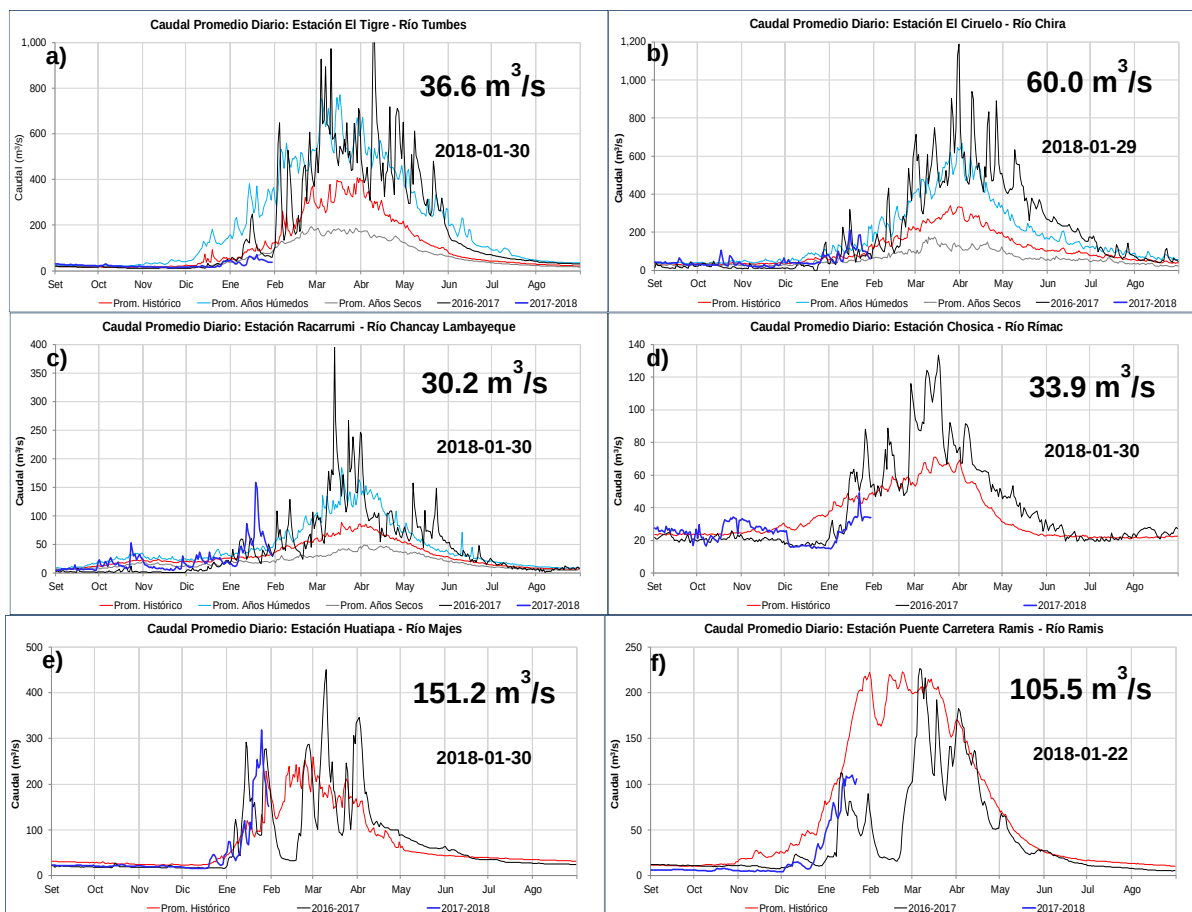


Figura 3.2.3.2. Series de tiempo actualizados a fines de enero del 2018, de los caudales diarios (m³/s) de los principales ríos del Perú, entre los meses de setiembre a Setiembre: a) Tumbes, b) Chira, c) Lambayeque, d) Rimac, e) Majes de la vertiente del Pacífico; y f) Ramis, de la cuenca del Titicaca. Líneas azules: caudales de años 2015 2016, rojas: Promedio histórico; celestes: promedio de años húmedos y líneas grises: promedio de años secos. Fuente datos: SENAMHI/ Procesamiento: ANA.

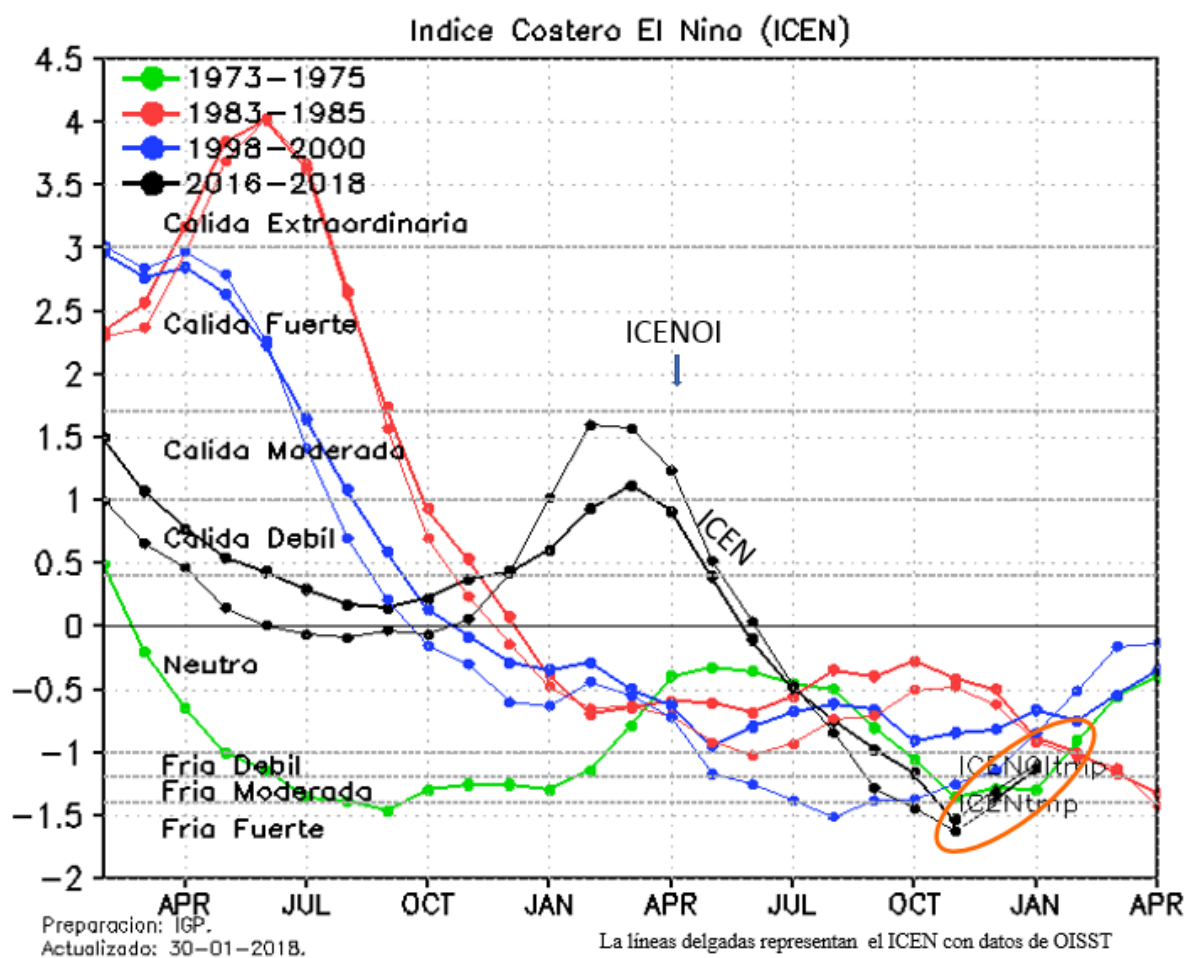
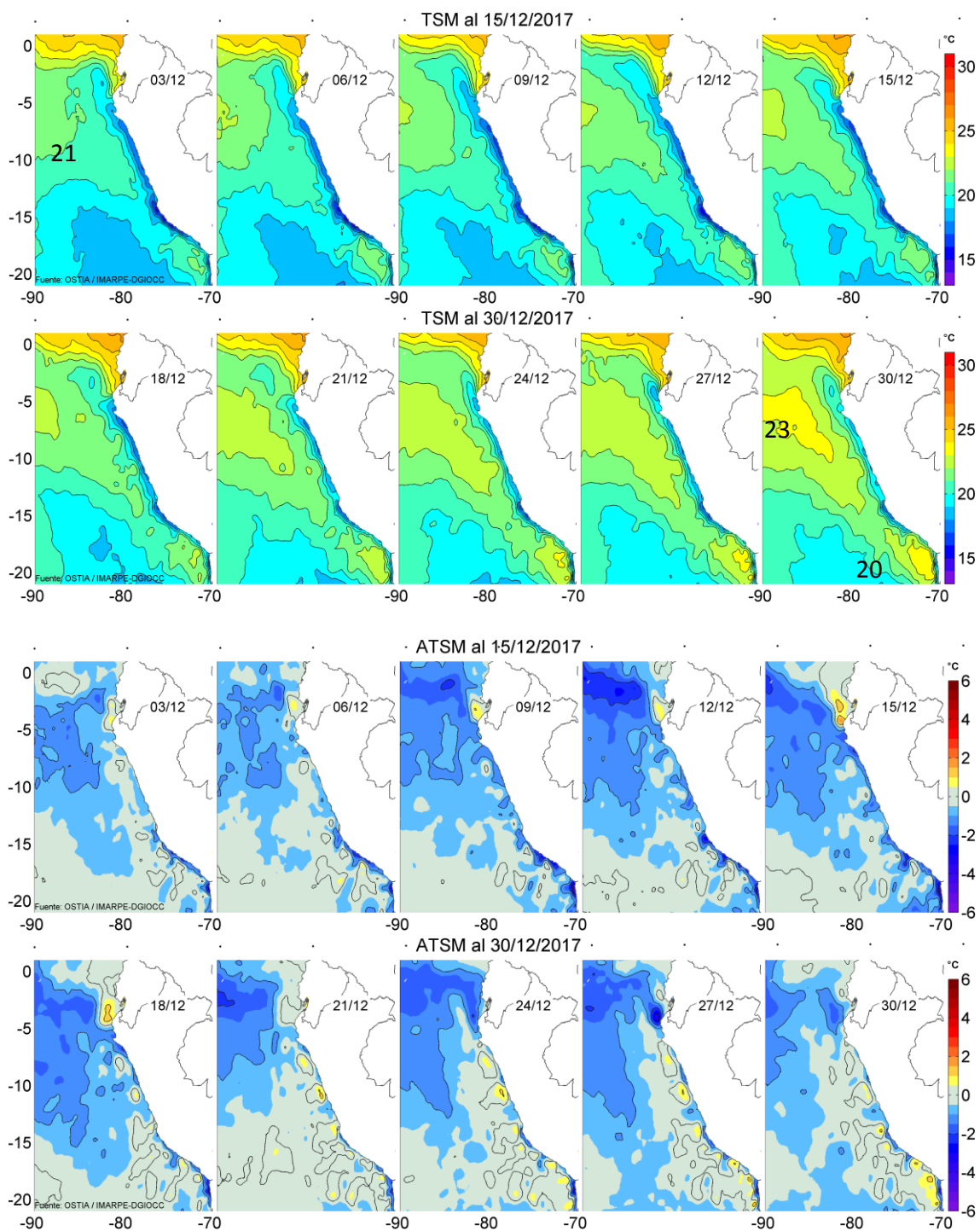


Figura 3.2.4.1. Variabilidad temporal ICEN para los años 1972-1973 (verde), 1982-1983 (rojo), 1997-1998 (azul) y 2015-2016-2017 (negro). Fuente IGP.



Anomalías de la temperatura superficial del agua (°C) en el mar peruano, cada tres días para diciembre de 2017. Datos: UKMO/OSTIA. Procesamiento: IMARPE.

Figura 3.2.4.2. Temperatura superficial del mar y anomalías en (°C) cada tres días durante diciembre del 2017. Fuente: OSTIA. Procesamiento IMARPE.

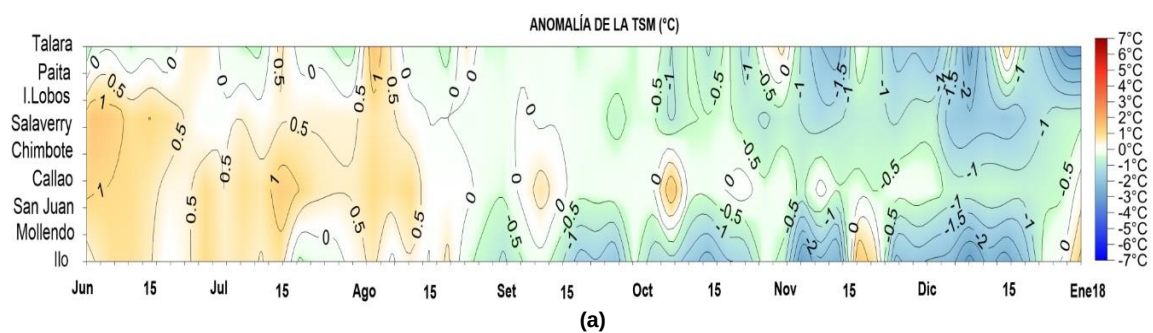
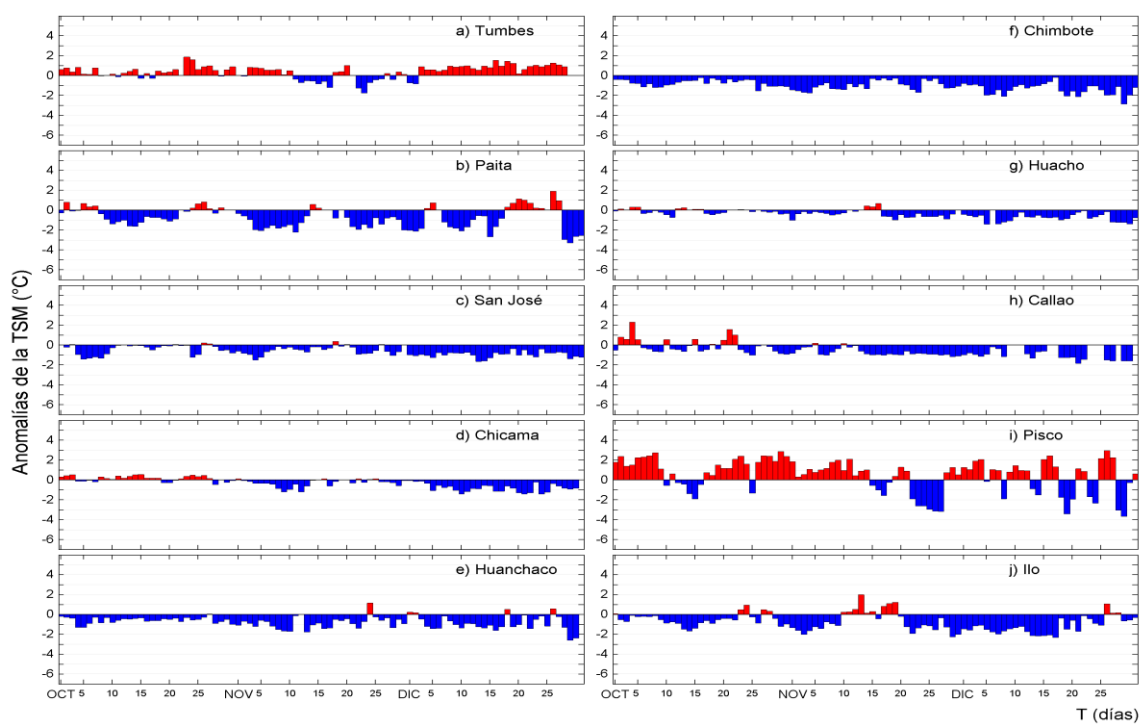
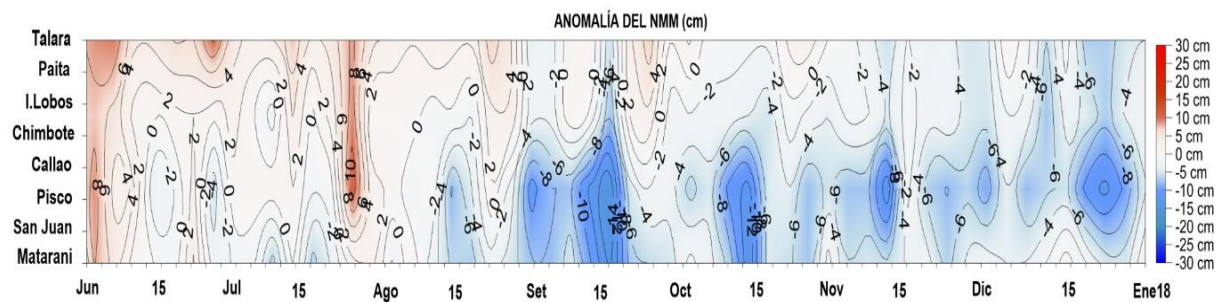
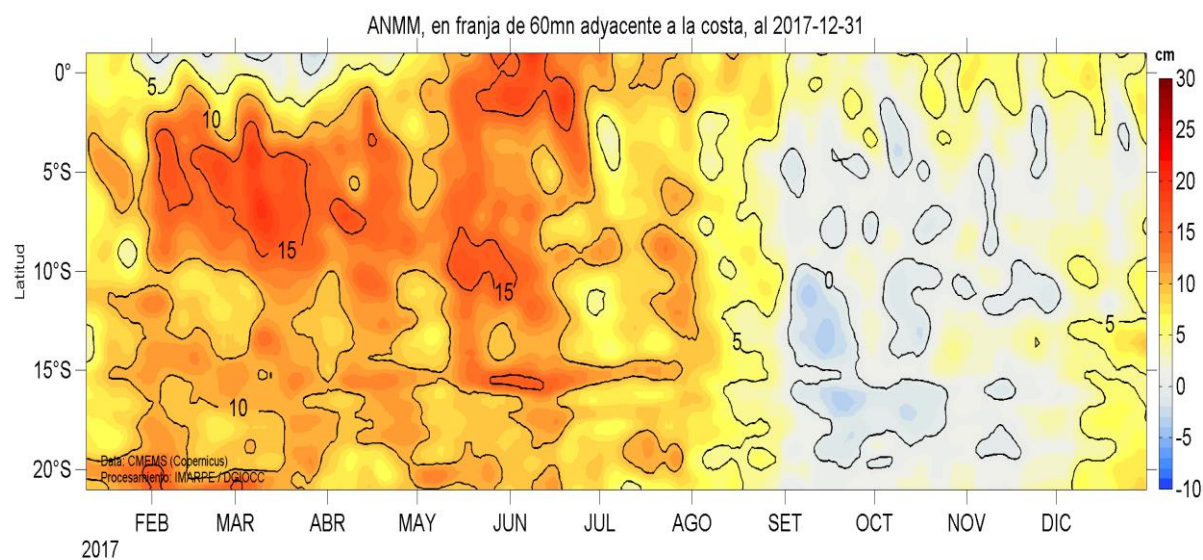


Figura 3.2.4.3. Anomalías de Temperatura Superficial del Mar (ATSM), registradas en estaciones del litoral costero de Perú, hasta diciembre del 2017; a) Diagrama Hovmöller durante el último bimestre, en estaciones de la DHN, b) Series diarias durante el último trimestre, en estaciones del IMARPE.



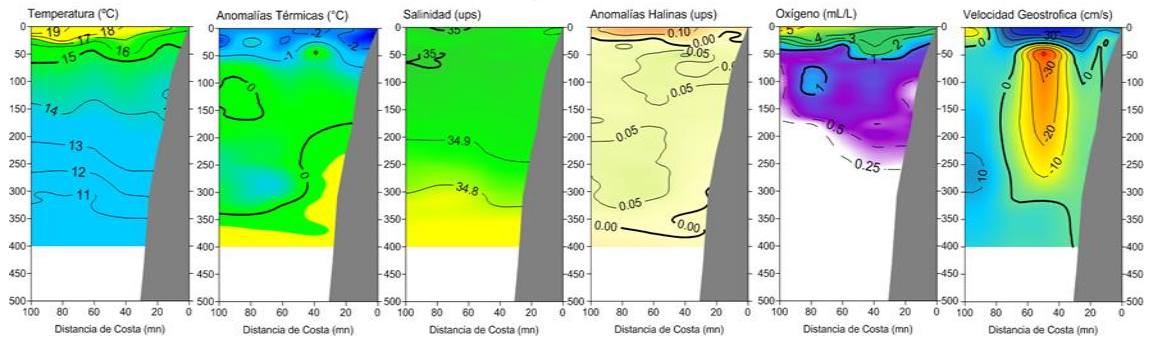
(a)



(b)

Figura 3.2.4.4. Anomalías del Nivel Medio del Mar, actualizados a diciembre del 2017, a) Hovmöller durante el último bimestre en estaciones costeras de la DHN y b) Hovmöller en franja costera de 0-100 km, entre 2015-2017; Fuente AVISO – IMARPE.

SECCIÓN PAITA (15 de diciembre del 2017)



SECCIÓN PAITA (27-28 noviembre del 2017)

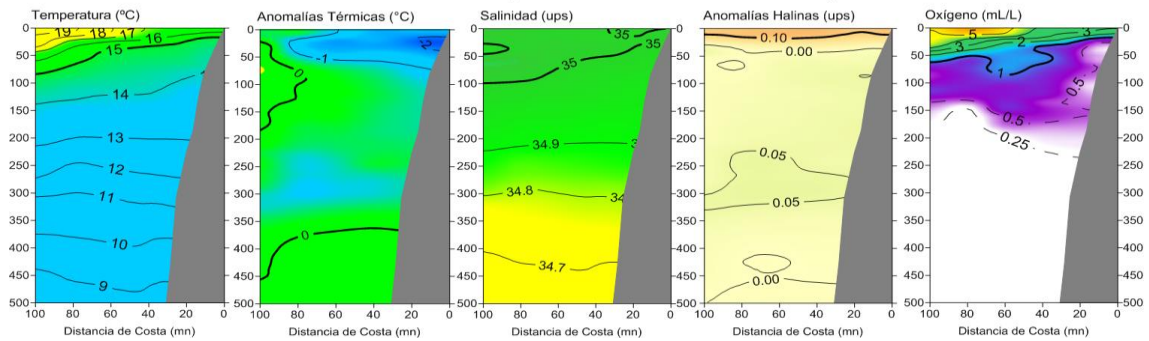
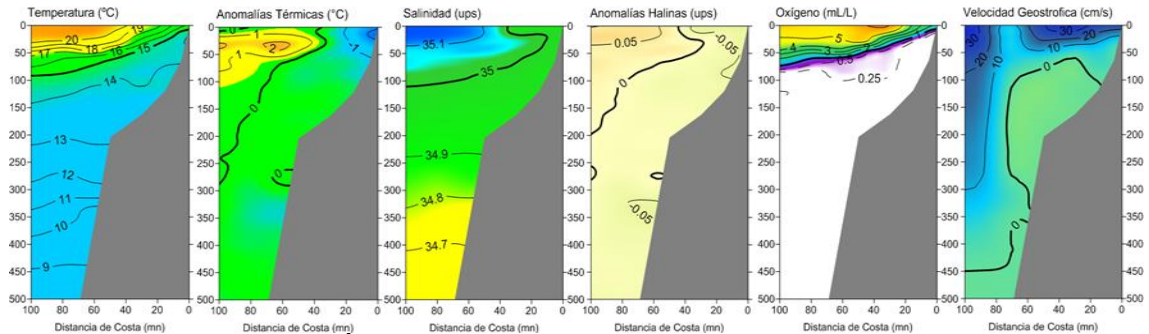


Figura 3.2.5.1 Distribución vertical de: a) temperatura (°C), b) anomalía de temperatura (°C), c) salinidad (ups), d) anomalía de salinidad (ups); e) oxígeno (mL/L), frente a Paita, realizada durante el 27 – 28 de noviembre y 15 de diciembre del 2017. Fuente: IMARPE.

SECCIÓN CHICAMA (16 diciembre del 2017)



SECCIÓN CHICAMA (25-26 de noviembre del 2017)

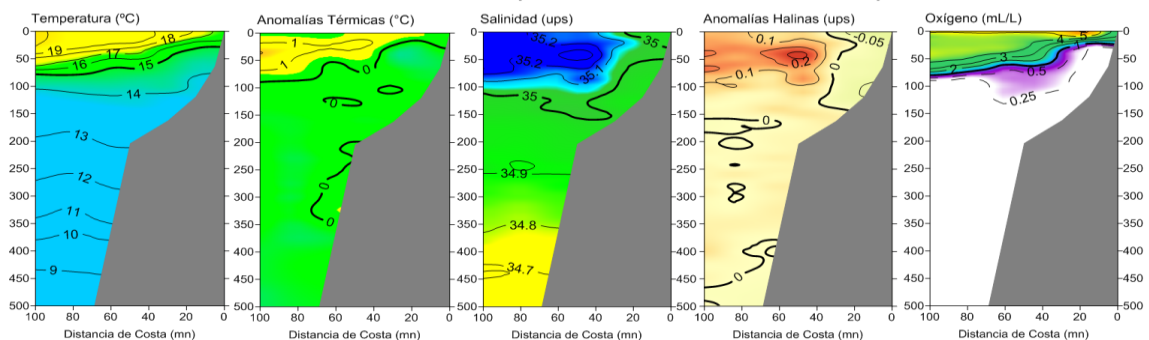


Figura 3.2.5.2 Distribución vertical de: a) temperatura (°C), b) anomalía de temperatura (°C), c) salinidad (ups) y d) anomalía de salinidad (ups) e) oxígeno (mL/L), frente a Chicama, realizada durante el 25 – 26 noviembre del 2017 y 16 de diciembre del 2017. Fuente: IMARPE.

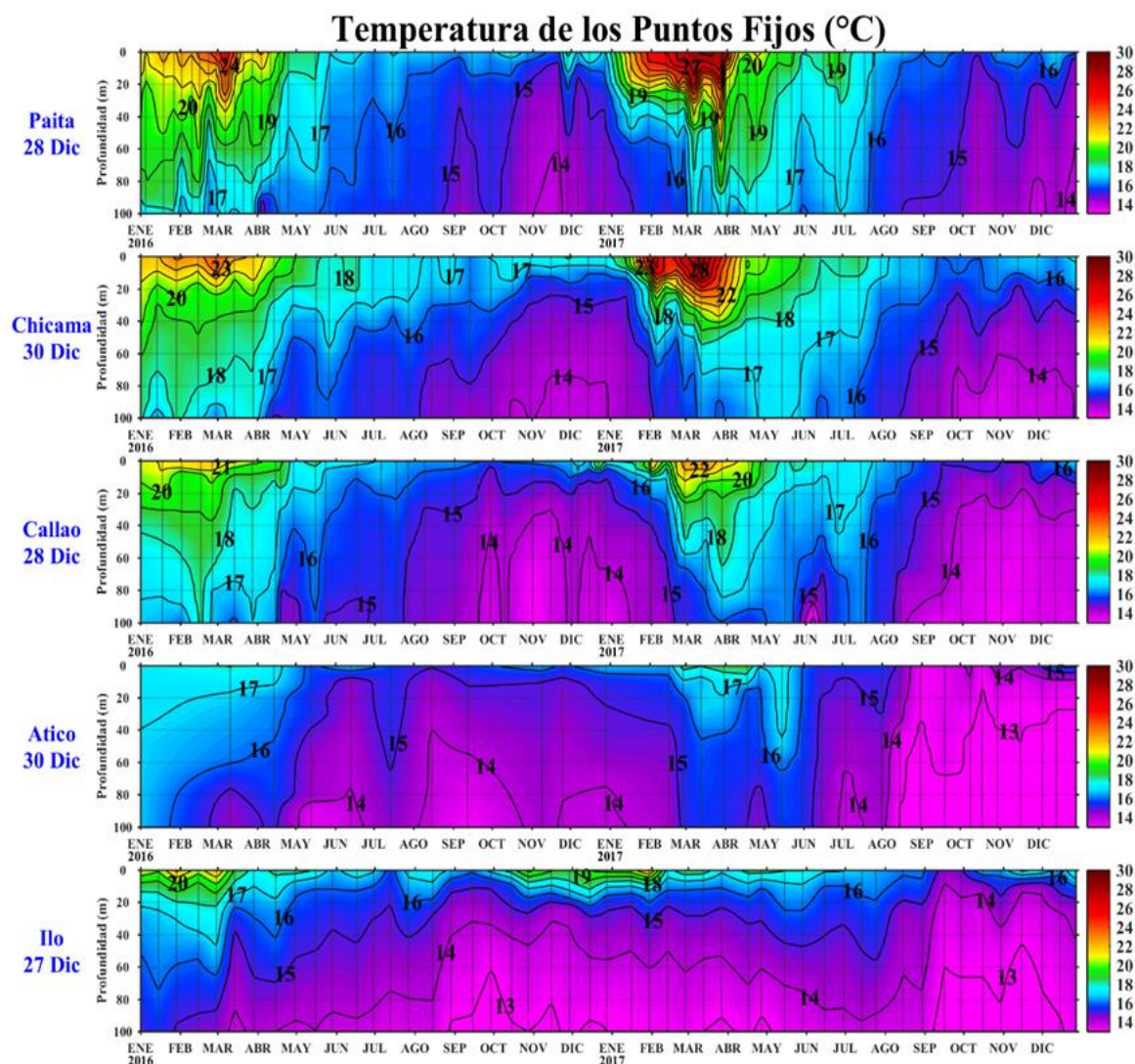


Figura 3.2.5.3. Series de tiempo de la estructura térmica en las estaciones fijas de: Paita, Chicama, Callao, Atico, e Ilo desde enero de 2016 a diciembre de 2017. Climatología: 1994 – 2010. Fuente: LHFM/DGIOCC/IMARPE.

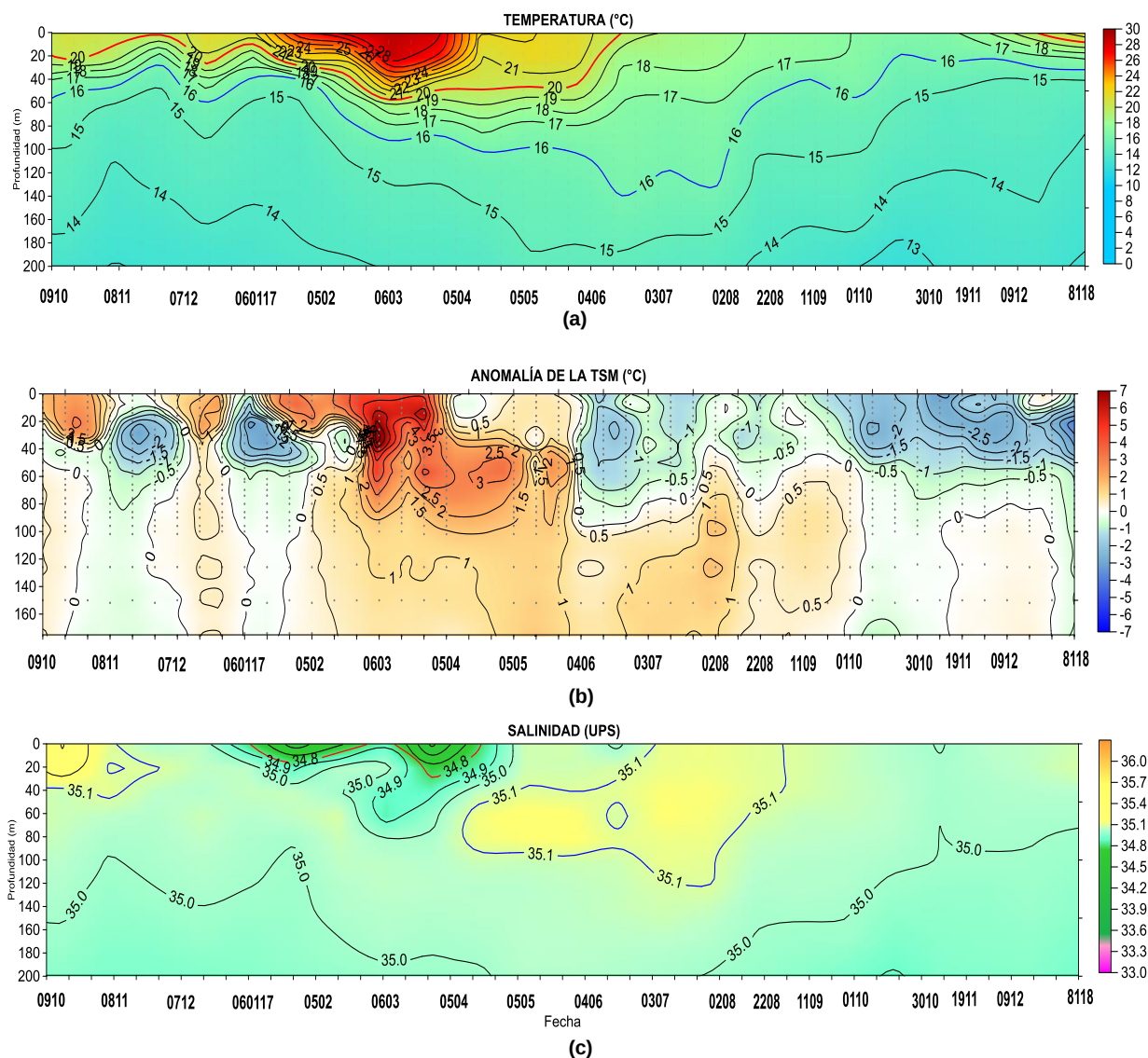


Figura 3.2.5.4. Diagrama de Hovmöller de la estructura térmica en los puntos fijos: a) 85°W y 2°S y b) 90millas de Paita hasta los 200 m de profundidad, desde octubre de 2016 hasta diciembre de 2017. El gráfico inferior de la izquierda indica el punto de monitoreo. Fuente: Datos: ARGO, Grafico: DHN.

Anomalia Térmica de los Puntos Fijos (°C)

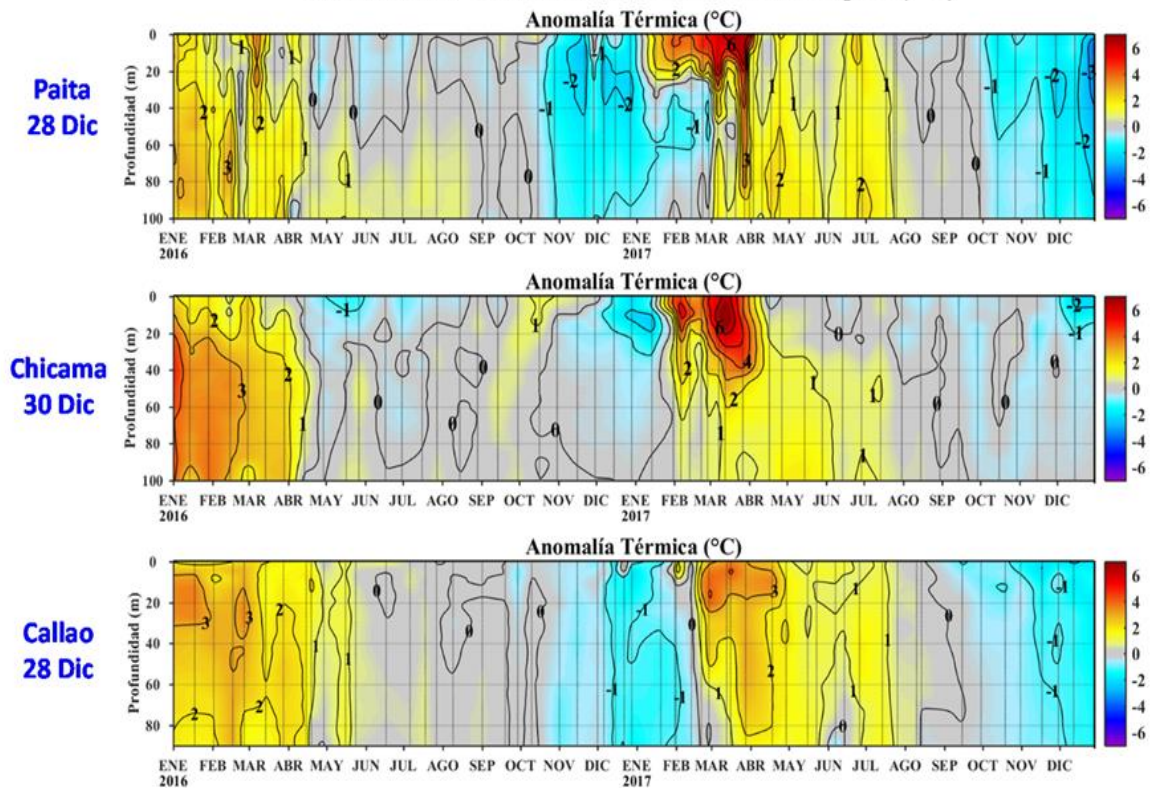


Figura 3.2.5.5. Series de tiempo serie de anomalía térmica usando datos Argo y climatología GODAS (1993-2015) en la zona ecuatorial (a – c) y anomalía térmica de la estación fija de Paita entre enero de 2016 y diciembre de 2017. Fuente: IMARPE.

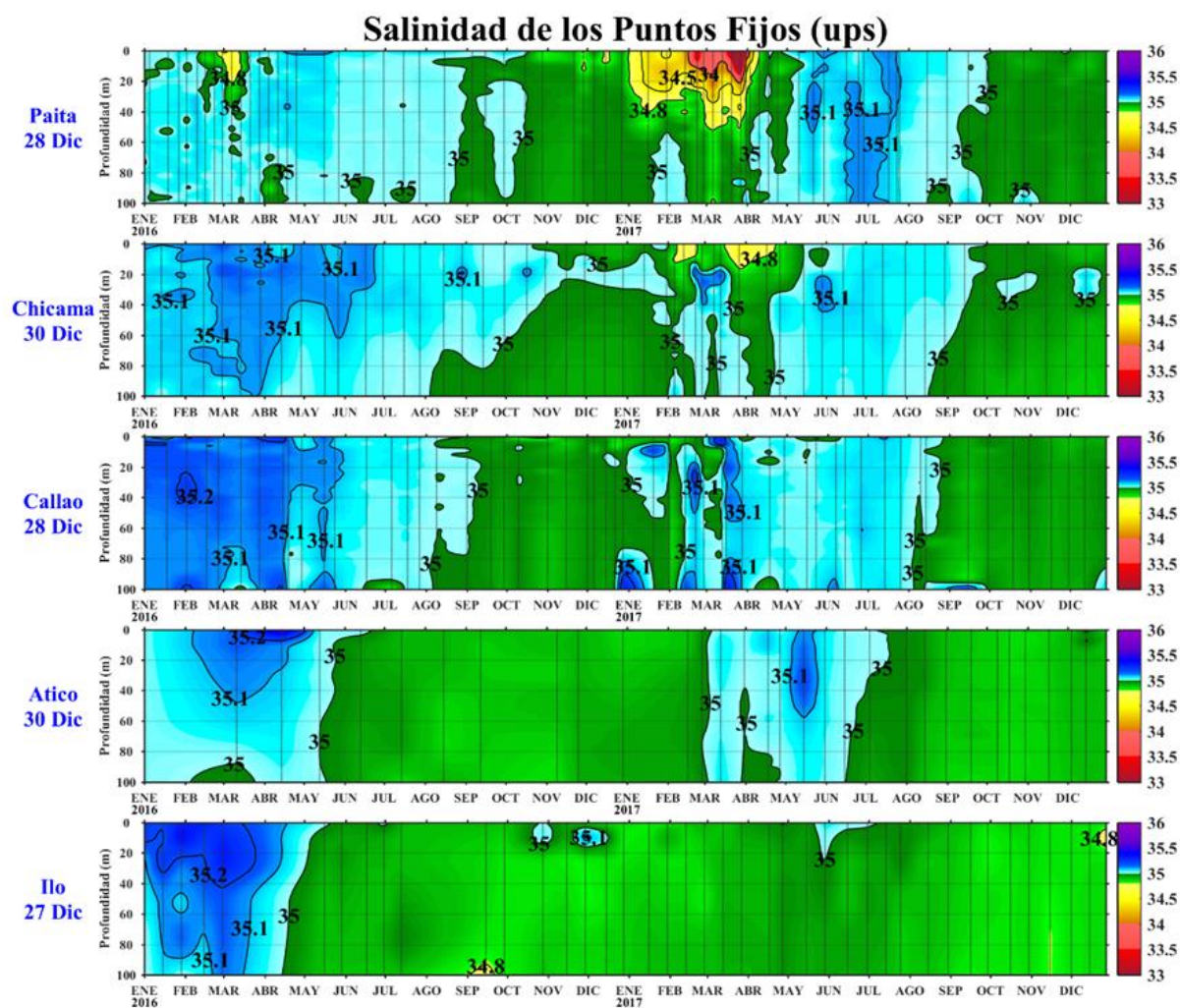


Figura 3.2.5.6. Series de tiempo de la Salinidad del agua de mar (UPS) en las estaciones fijas Paita, Chicama, Callao, Atico e Ilo entre enero del 2016 y diciembre del 2017. Fuente: IMARPE.

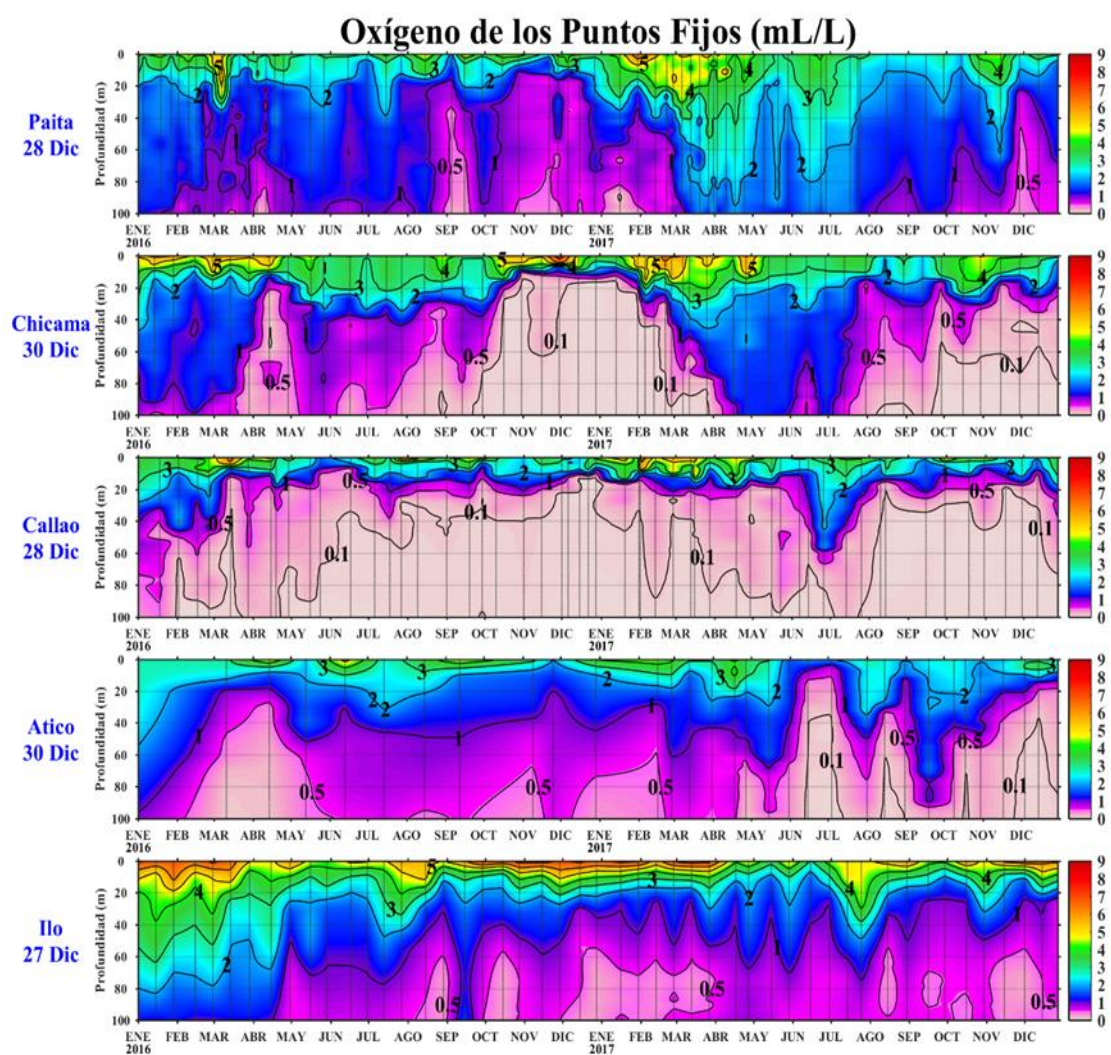


Figura 3.2.5.7. Series de tiempo del Oxígeno disuelto en el agua de mar (mL/L) en las estaciones fijas Paita, Chicama, Callao, Atico e Ilo desde enero del 2016 a diciembre del 2017. Fuente: IMARPE.

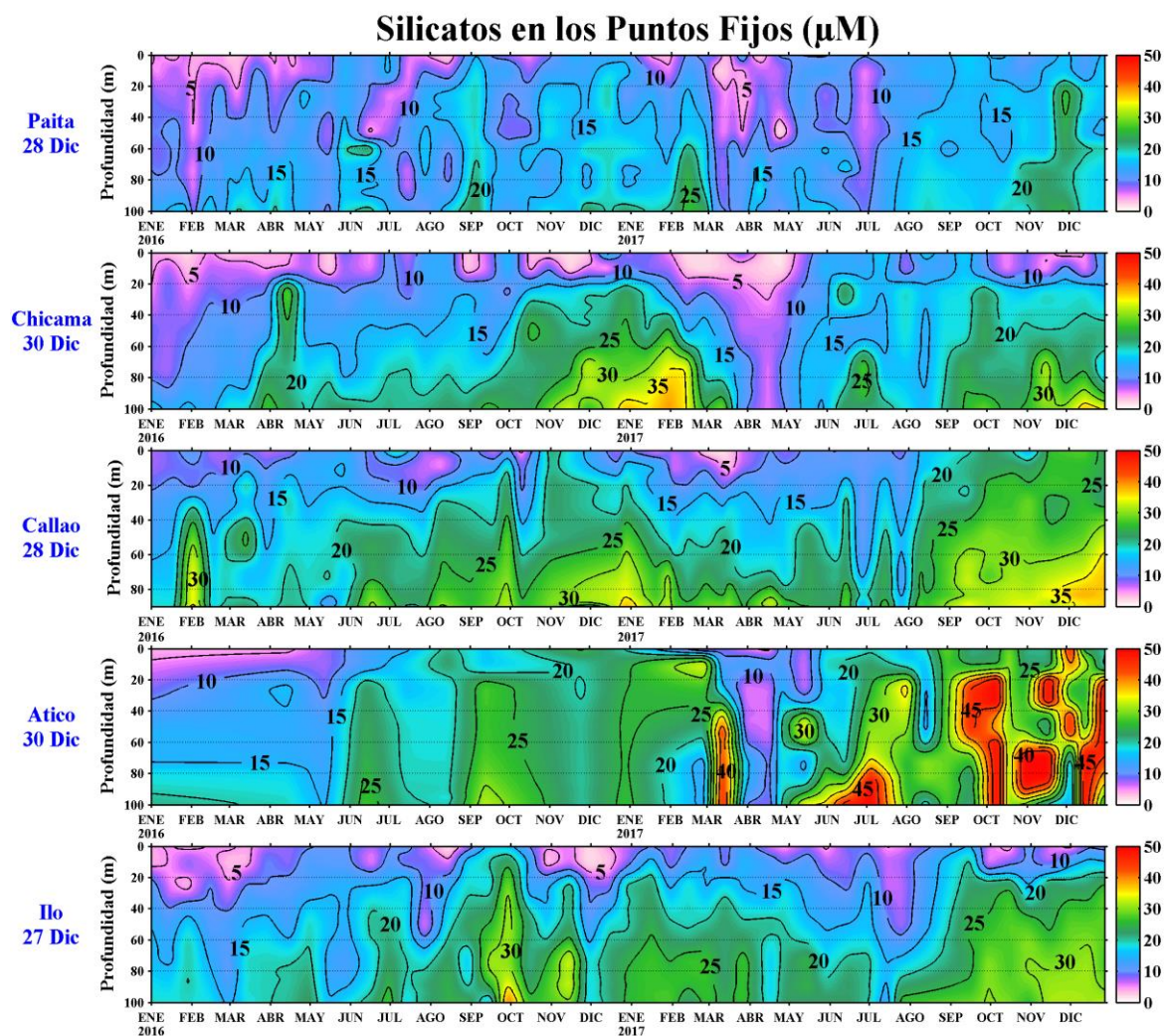


Figura 3.2.5.8. Series de tiempo de silicatos (μM) estaciones fijas Paíta, Chicama, Callao, Atico e Ilo desde enero del 2016 a diciembre del 2017. Fuente: IMARPE.

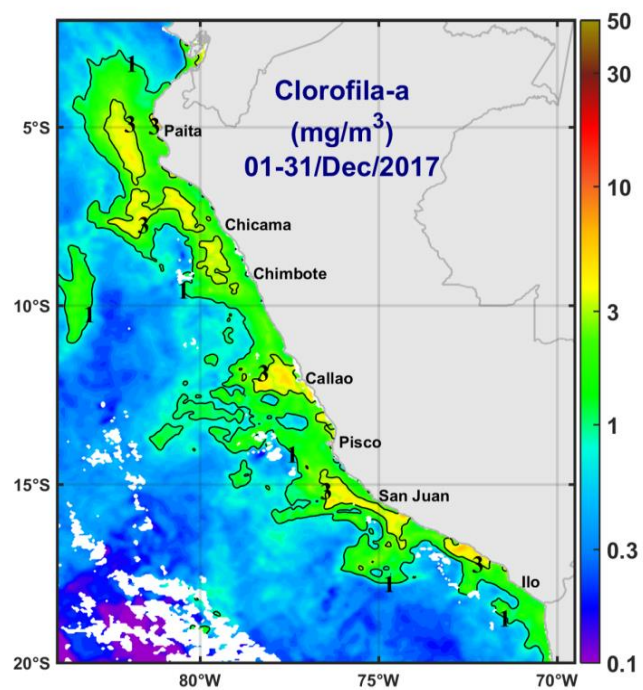
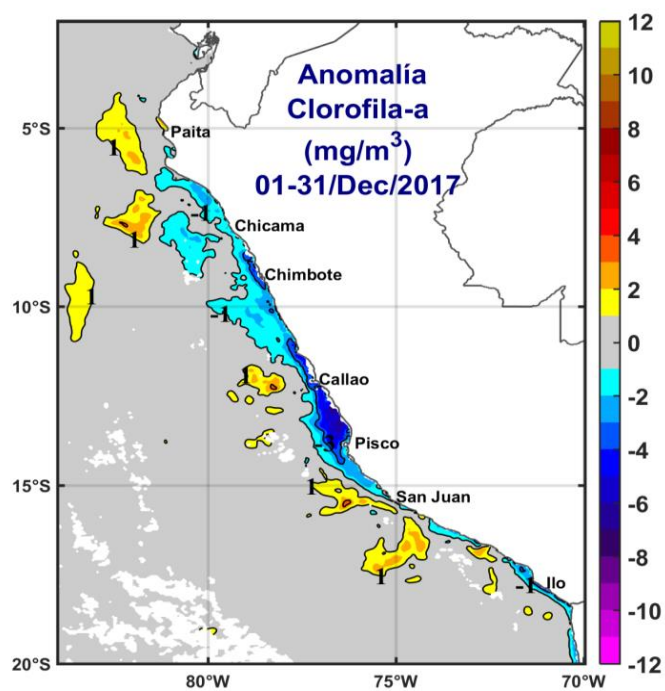


Figura 3.2.6.1. Distribución espacial de la anomalía de la clorofila “a” frente a la costa peruana durante el mes de diciembre del 2017. Fuente: MODIS, Procesamiento: IMARPE.

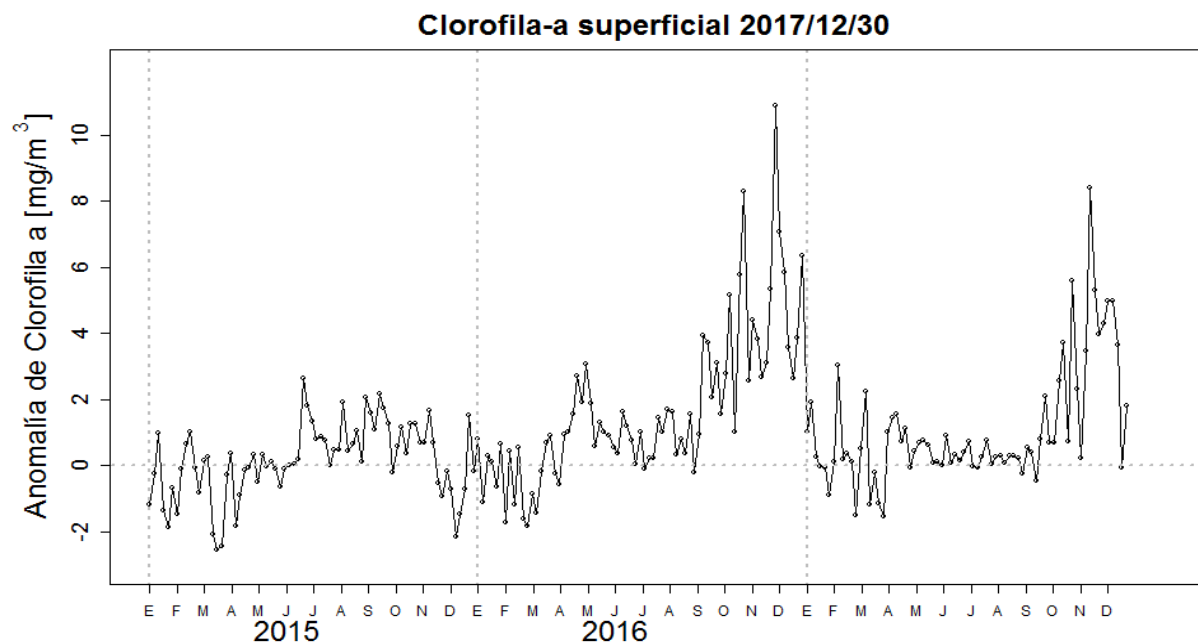


Figura 3.2.6.2. Diagrama Hovmöller de las anomalías pentadales de clorofila-a superficial entre los 04°S y 16°S (0-100km). Fuente: MODIS, Procesamiento: IMARPE.

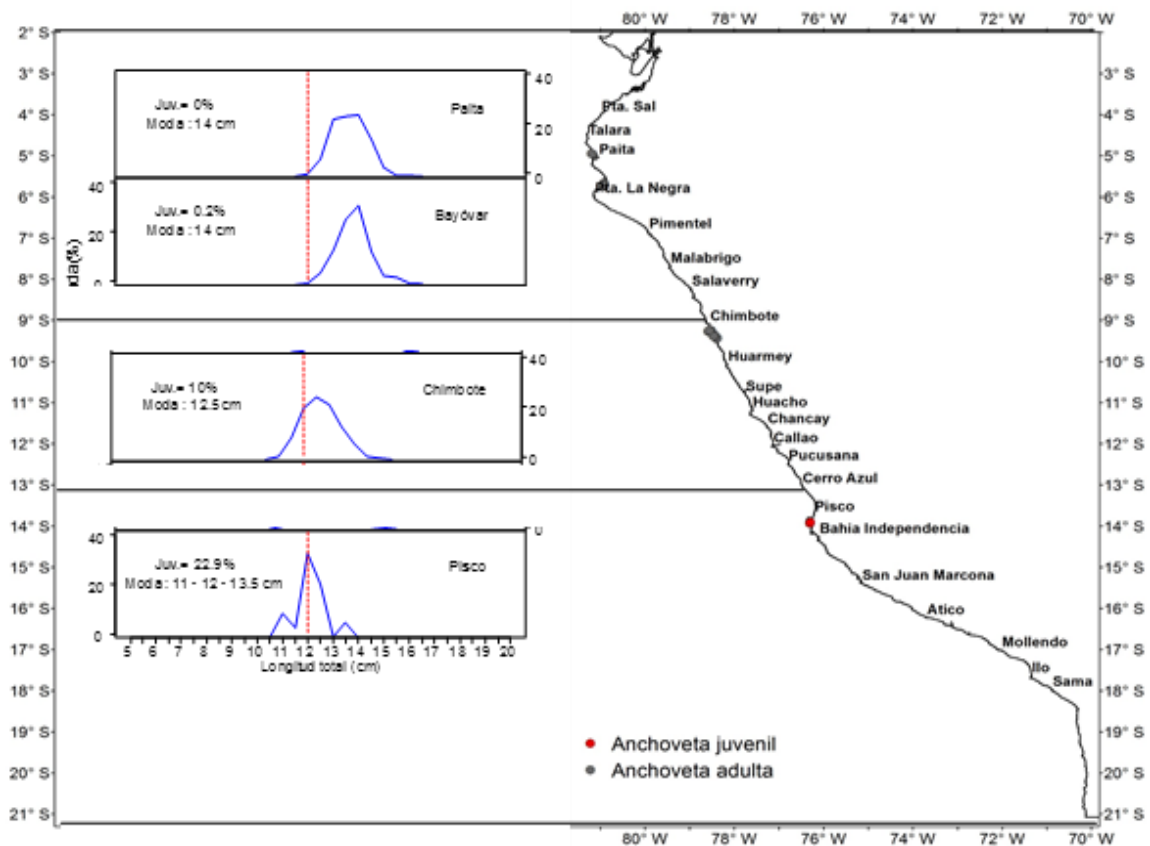


Figura 3.2.7.1. Captura, estructura de tallas y distribución de anchoveta por la flota de menor escala y artesanal en la región norte – centro durante noviembre. Fuente: AFIRNP/DGIRP/IMARPE.

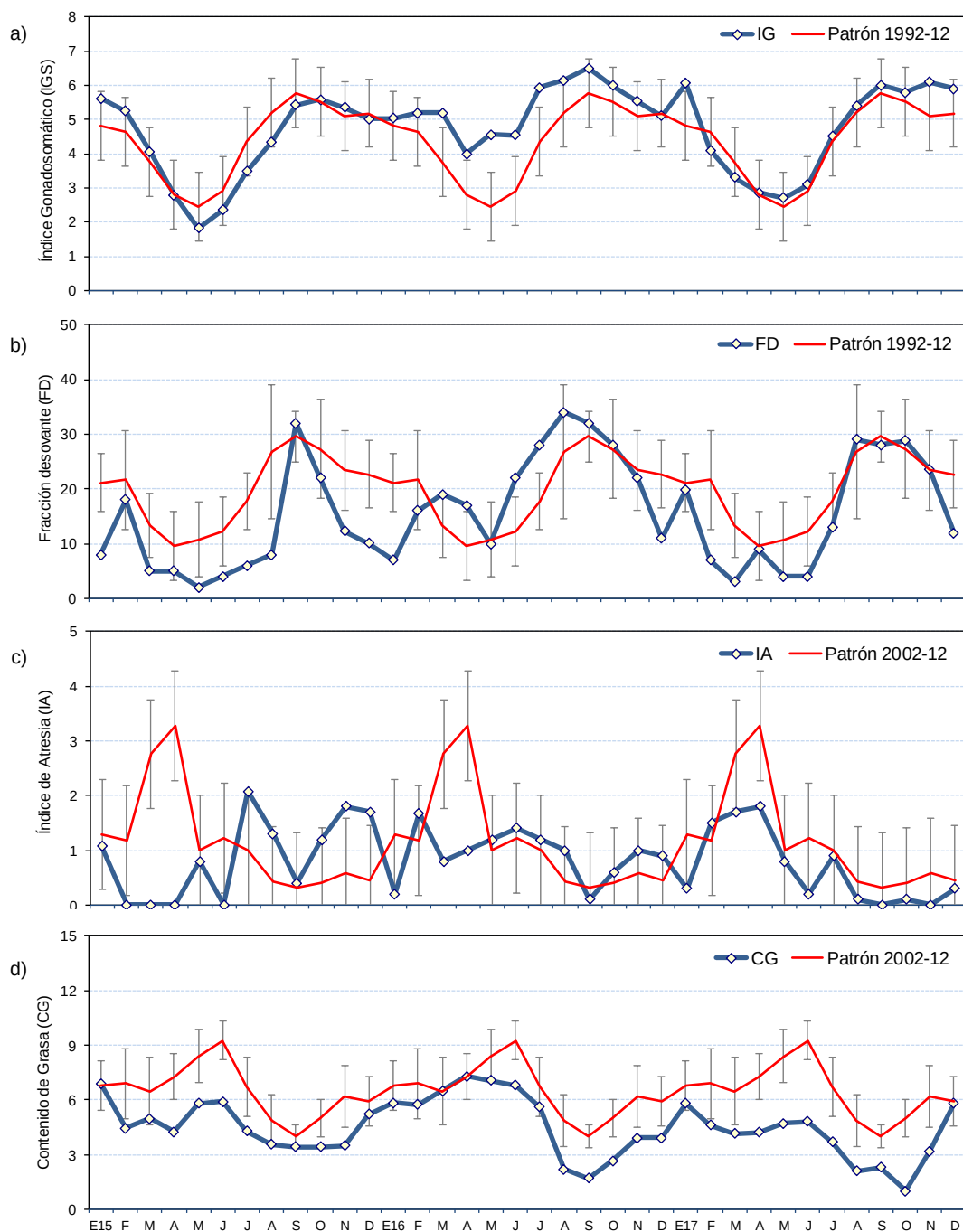


Figura 3.2.7.2. Indicadores reproductivos, a) Índice Gonadosomático (IGS), b) Fracción Desovante (FD), c) Índice de atresia y d) Contenido Graso del stock norte – centro de anchoveta. Serie mensual: enero 2012 – diciembre de 2017. Fuente: LBR/AFIRNP/DGIRP/IMARPE.

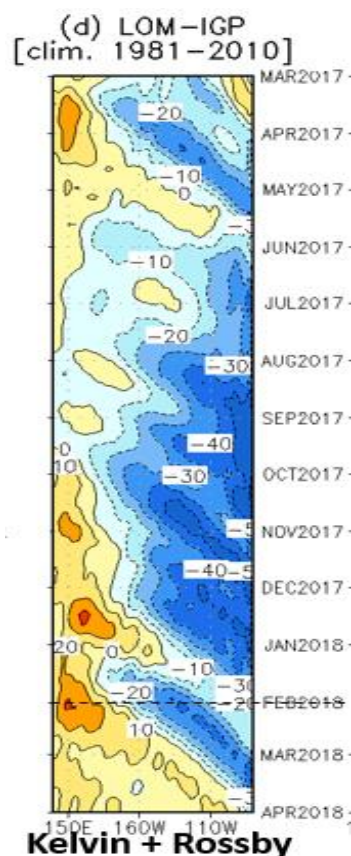


Figura 4.2.1 Diagrama Hovmöller longitud-tiempo mostrando las simulaciones de las ondas Kelvin en el Océano Pacífico ecuatorial. Modelo oceánico lineal (LOM-IGP, suma de componentes Kelvin y Rossby).

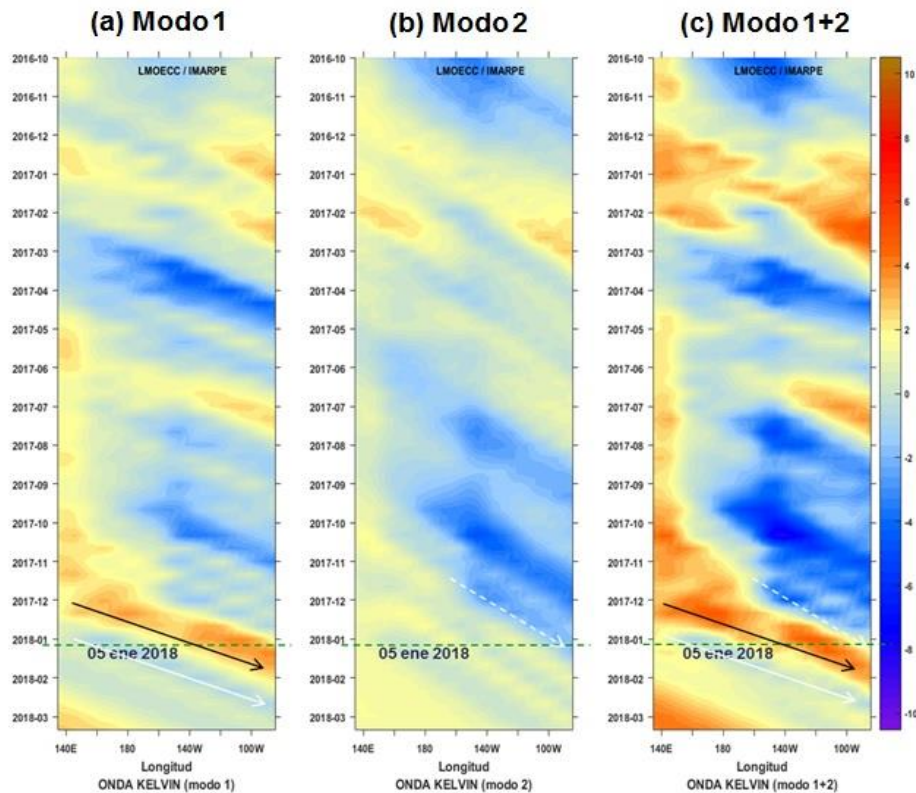


Figura 4.2.2. Diagrama Hovmöller longitud-tiempo de las ondas Kelvin en el océano Pacífico ecuatorial (0°N): (a) Modo 1, (b) Modo 2, (c) Modos 1+2. La línea discontinua horizontal, en verde, indica el inicio del pronóstico sin el forzante de vientos. Fuente: IMARPE, forzado con vientos de NCEP (Figuras a-c).

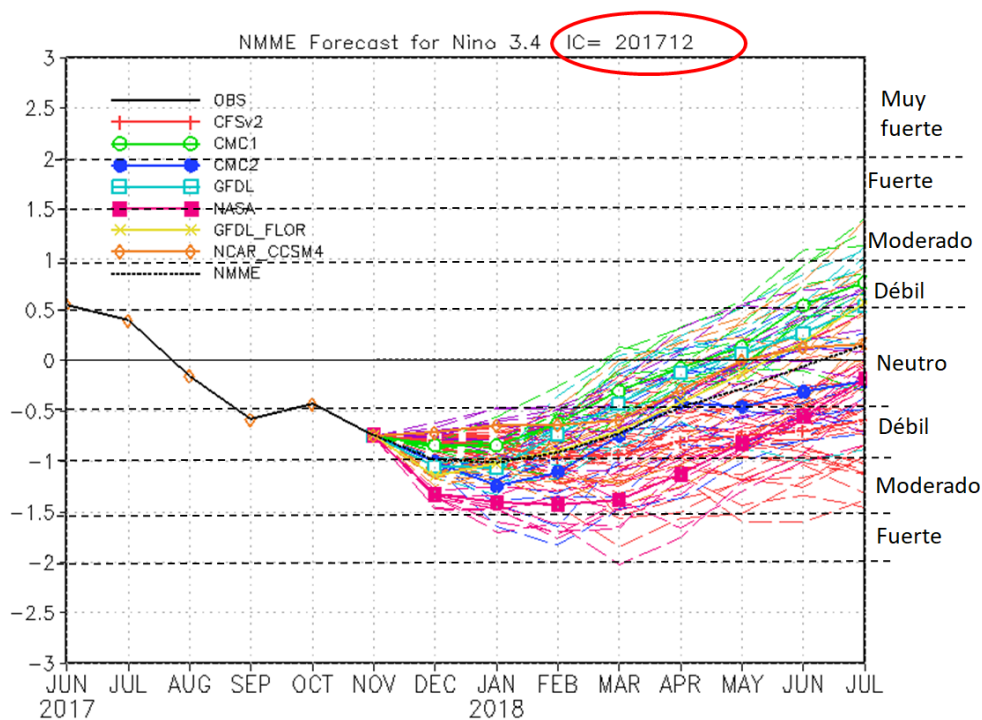


Figura 4.2.3. Índice Niño 3.4 mensual observado y pronosticado por los modelos de NMME. Fuente: CPC/NCEP/NOAA.

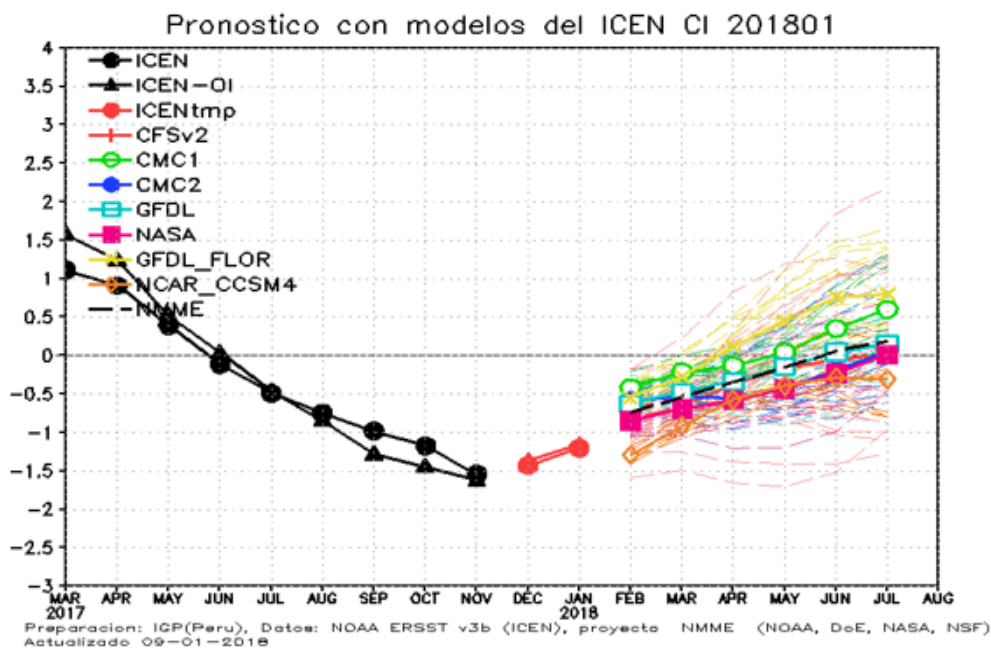


Figura 4.2.4. Índice Costero El Niño (ICEN, negro con círculos llenos) y su valor temporal (ICENtmp, rojo con círculo lleno). Además, pronósticos numéricos del ICEN (media móvil de 3 meses de las anomalías pronosticadas de TSM en Niño 1+2) por diferentes modelos climáticos. Los pronósticos de los modelos CFSv2, CMC1, CMC2, GFDL, NASA, GFDL_FLOR y NCAR_CCSM4 tienen como condición inicial el mes de diciembre de 2017. (Fuente: IGP, NOAA, proyecto NMME).

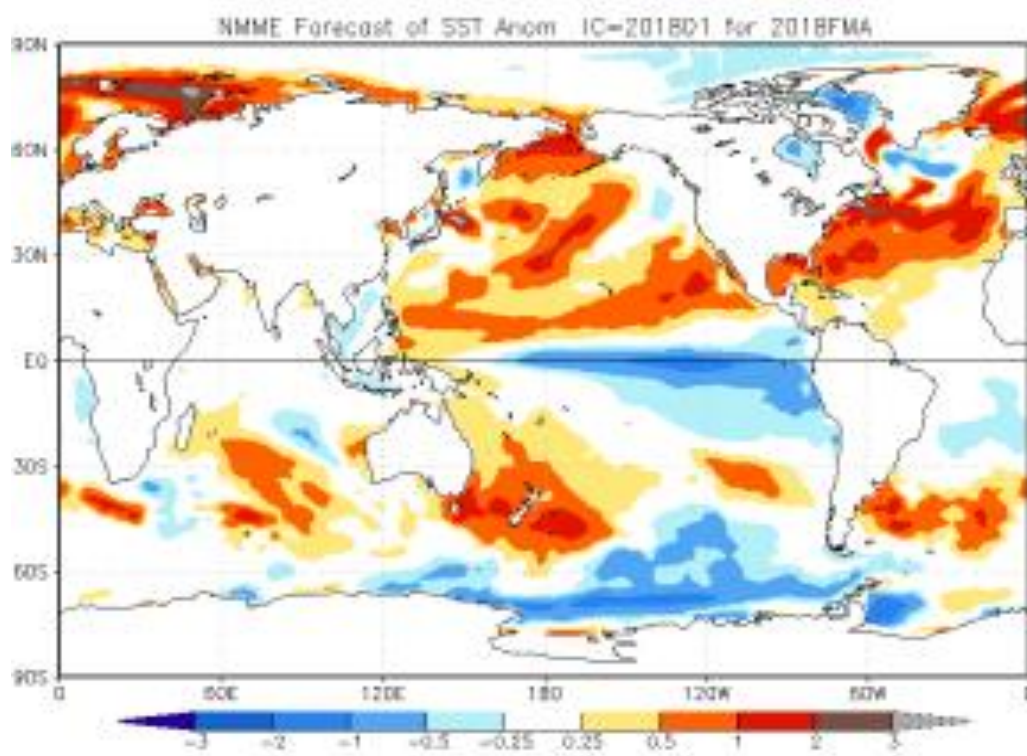


Figura 4.2.5. Pronóstico estacional de temperatura superficial del mar (calibrados) para marzo del 2018 por modelos de NMME inicializados en enero de 2018 (Fuente: NOAA).

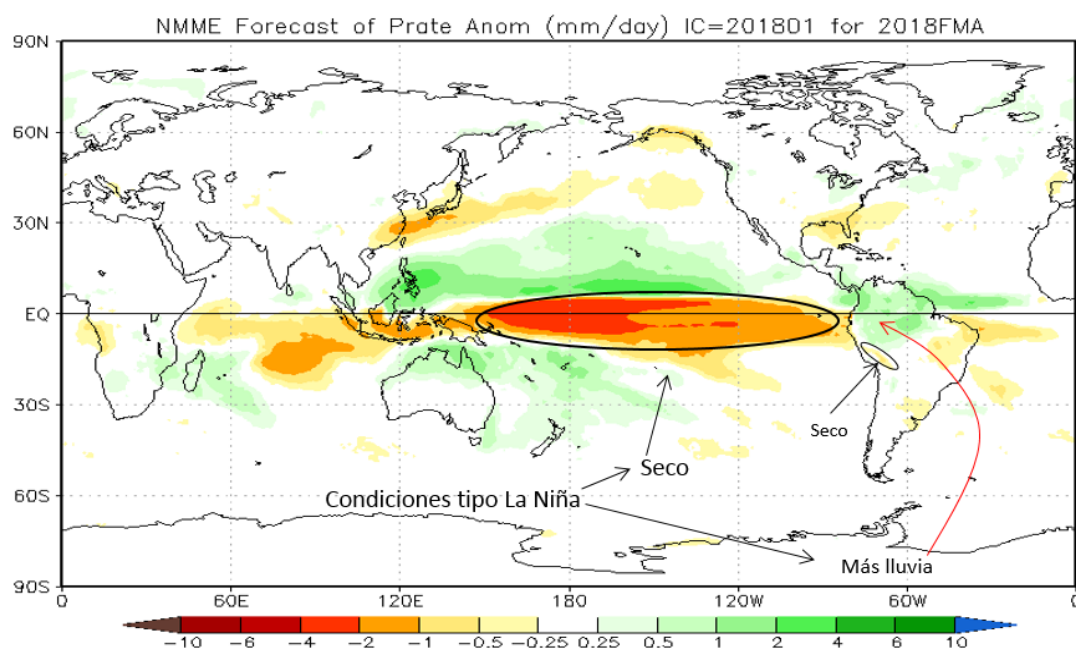


Figura 4.2.6. Pronósticos probabilísticos de precipitación (calibrados) para el trimestre febrero – abril 2018 por modelos de NMME inicializados en enero 2018 (Fuente: NOAA).

8. TABLAS

Tabla 3.1.4.1. Valores del Oceanic Niño Index (ONI) de marzo a noviembre del 2017. Además el ONItmp para diciembre del 2017 y enero del 2018. Fuente IGP.

Valores del Oceanic Niño Index (ONI)

Mes	ONI	Categoría
03/2017	0.15	Neutra
04/2017	0.39	Neutra
05/2017	0.48	Neutra
06/2017	0.27	Neutra
07/2017	-0.10	Neutra
08/2017	-0.15	Neutra
09/2017	-0.42	Neutra
10/2017	-0.71	Fría Débil
11/2017	-0.88	Fría Débil

<http://www.cpc.ncep.noaa.gov/data/indices/oni.ascii.txt>

Nota: NOAA al publicar el ONI, actualiza el valor del mes anterior

Mes	ONItmp	Categoría
12/2017	-0.92*	Fría Débil
01/2018	-0.92**	Fría Débil

* Se usaron los datos Nov. Y Dic 2017 (ERSSTv5) y Ene. 2018 (NMME).

** Se usaron los datos de Dic. 2018 (ERSSTv5), Ene. Y Feb 2018 (NMME)
NMME CI 2017 12

Tabla 3.1.4.2. Valores del Índice Costero El Niño (ICEN) de marzo a noviembre del 2017. Además el ICENTmp para los meses de diciembre de 2017 y enero de 2018. Fuente IGP.

Valores del ICENOI

Mes	ICENOI	Categoría
03/2017	1.57	Cálida Moderada
04/2017	1.24	Cálida Moderada
05/2017	0.52	Cálida Débil
06/2017	0.04	Neutro
07/2017	-0.47	Neutro
08/2017	-0.84	Neutro
09/2017	-1.28	Fría Moderada
10/2017	-1.44	Fría Fuerte
11/2017	-1.62	Fría Fuerte

Mes	ICENOItmp	Categoría
12/2017	-1.37	Fría Fuerte
01/2018	-1.16	Fría Débil

* Se usaron los datos de Nov. y Dic (SST-OI) y Ene 2018. (NMME)

** Se usaron los datos de Dic. 2017 (SST-OI), Ene y Feb 2018 (NMME)
NMME CI 2018 01

Tabla 3.2.4.2. Anomalías mensuales de la temperatura superficial del mar (°C) y nivel medio del mar (cm) en el semestre marzo – noviembre de 2017. Fuente: Estaciones costeras – DHN.

Estación	2017																							
	ATSM(°C)												ANMM(°C)											
	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.
Talara	1.0	3.0	4.3	0.0	-0.1	-0.1	-0.4	0.0	-0.3	-0.7	-1.6	-1.7	4	8	14	10	7	7	4	3	1	1	-3	-3
Paita	2.4	4.6	5.7	2.3	1.4	1.3	0.6	0.0	0.1	0.5	-0.5	-0.7	6	11	15	10	8	7	5	2	1	1	-2	-2
Isla Lobos de Afuera	0.7	4.2	5.8	2.1	0.0	1.0	-0.1	-0.2	-0.5	-0.9	-0.7	-0.9	3	7	11	8	4	3	2	3	-3	-3	-3	-5
Salaverry	0.0	4.5	5.5	1.7	1.0	0.6	0.8	0.2	-0.1	-0.5	-1.1	-1.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Chimbote	-0.2	2.6	4.4	1.4	0.7	1.0	0.8	0.4	-0.2	-0.7	-0.8	-1.6	1	7	11	9	4	2	3	0	-2	-2	-2	-3
Callao	0.2	1.9	2.9	1.8	1.1	0.7	0.8	0.4	0.2	0.3	-0.4	-0.6	-1	1	4	3	1	0	1	-3	-6	-6	-6	-6
San Juan	0.5	0.6	0.9	0.6	1.4	0.7	0.8	0.0	-0.4	-0.5	-0.4	-0.7	5	3	7	6	6	5	3	-3	-3	-3	0	0
Mollendo	-0.2	-1.3	-0.1	0.3	1.7	1.8	0.3	0.3	-0.3	-0.4	-0.5	-0.7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ilo	0.1	-0.6	0	0.3	0.7	0.5	0.2	-0.2	-1	-1.5	-1.4	-1.6	1	-1	0	1	-1	1	-2	-1	-7	-7	-4	-3
ONItmp	-0.80																							

Tabla 4.2.2 Pronósticos de ICEN por modelos de NMME (promedios trimestrales de los pronósticos de las anomalías en Niño 1+2).

CI 2018 01

Modelo	NDE	DEF	EFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA
CFS2		-1.50	-1.34	-0.66	-0.37	-0.16	-0.05	-0.02
CMC1		-0.96	-0.42	-0.22	-0.13	0.05	0.35	0.60
CMC2		-1.04	-0.59	-0.52	-0.55	-0.43	-0.19	0.06
GFDL		-1.13	-0.63	-0.47	-0.33	-0.15	0.05	0.15
NASA		-1.21	-0.85	-0.69	-0.57	-0.43	-0.23	0.01
GFDL_FLOR		-1.09	-0.54	-0.28	0.11	0.45	0.76	0.79
NCAR_CCSM4		-1.65	-1.29	-0.91	-0.57	-0.39	-0.28	-0.31
NMME		-1.23	-0.81	-0.54	-0.34	-0.15	0.06	0.18
ICENtmp	-1.43							

Tabla 4.3.1. Probabilidades estimadas de las magnitudes de El Niño costero – La Niña costera en el verano Diciembre 2017 – Marzo 2018.

Magnitud del evento durante diciembre 2017 – marzo 2018	Probabilidad de ocurrencia
La Niña moderada – fuerte	0%
La Niña débil	23%
Neutro	70%
El Niño débil	7%
El Niño moderado, fuerte y extraordinario	0%

Tabla 4.3.2 Probabilidades estimadas de las magnitudes de El Niño – La Niña en el Pacífico Central en el verano Diciembre 2017 – Marzo 2018.

Magnitud del evento durante diciembre 2017 – marzo 2018	Probabilidad de ocurrencia
La Niña moderada – fuerte	1%
La Niña débil	75%
Neutro	23%
El Niño débil	1%
El Niño moderado, fuerte y muy fuerte	0%

ENFEN
Callao, diciembre de 2017.
Lima-Perú