

**PP 068 "Reducción de la Vulnerabilidad y Atención de Emergencia por Desastres" Producto:
"Estudios para la estimación de los riesgos de desastres"**

Actividad: "Generación de información y monitoreo del Fenómeno El Niño"

Instituto Geofísico del Perú

**INFORME TÉCNICO N° PpR/EI Niño-IGP/2020-02
12/03/2020**

Advertencia: El presente informe sirve como insumo para la Comisión Multisectorial para el Estudio Nacional del Fenómeno El Niño (ENFEN). El pronunciamiento colegiado del ENFEN es la información oficial definitiva. La presente información podrá ser utilizada bajo su propia responsabilidad.

Resumen

El valor del Índice Costero El Niño (ICEN), basado en los datos de ERSSTv3b (ICENV3), OISSTv2 (ICENOI) y ERSSTv5 (ICENV5), para el mes de enero de 2020, continúan indicando la condición climática Neutra frente a la costa peruana con valores de -0.58, 0.10 y -0.16, respectivamente. Los valores temporales del ICEN (ICENTmp), de ERSSTv3, ERSSTv5 y OISSTv2 para los meses de febrero y marzo de 2020, también coinciden en mostrar condiciones Neutras. Con respecto al Pacífico Central, el valor del Índice Oceánico Niño (ONI, por sus siglas en inglés) muestran condiciones Cálidas Débiles para el mes de enero (0.53°C) y, según la información de los valores temporales, se esperarían condiciones Neutras para los meses de febrero y marzo.

Con respecto a los datos de altimetría satelital (producto DUACS), la onda Kelvin cálida, continuó impactando la costa peruana. Se sigue observando la presencia de otra onda Kelvin cálida que se habría formado en enero, la cual arribaría a la costa americana a finales de marzo, aunque según la información in situ y remota, esta se estaría debilitado, pero, de igual forma, se espera que pueda impactar la temperatura del mar.

Según el promedio de los resultados de los siete modelos numéricos climáticos de NMME, inicializados con información oceánica y atmosférica del mes de marzo de 2020, se mantendrían las condiciones Neutras para el periodo que va de marzo a julio de 2020, tanto para el Pacífico central como oriental. Es importante recordar que, debido a la barrera de predictibilidad, los pronósticos para el otoño en adelante no son muy confiables.

Introducción

Empezando el año 2016, en el marco del programa presupuestal 068 "Reducción de la Vulnerabilidad y Atención de Emergencia por Desastres", algunas instituciones que conforman la Comisión Multisectorial para el Estudio del Fenómeno El Niño (ENFEN), bajo la coordinación del IMARPE, participan en el producto "Estudios para la estimación de los riesgos de desastres", en el cual el IGP contribuye con la actividad denominada "Generación de información y monitoreo del Fenómeno El Niño". El presente informe técnico es generado en el marco de esta actividad, el cual es entregado al IMARPE, como coordinador de la actividad y presidencia del ENFEN, para ser utilizado como insumo en la evaluación periódica que realiza el ENFEN. El informe técnico generado posteriormente por el ENFEN será la información oficial sobre el monitoreo y pronóstico del Fenómeno El Niño y asociados en el

Perú.

Índice Costero El Niño

Utilizando los datos de Temperatura Superficial del Mar (TSM), promediados sobre la región Niño 1+2 y actualizados hasta el mes de febrero de 2020 del producto ERSST v3b, generados por el *Climate Prediction Center* (CPC) de la *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA, EEUU); se ha calculado el Índice Costero El Niño (ICEN; ENFEN 2012) hasta el mes de enero de 2020 y cuyos valores se muestran en la Tabla 1 (columnas 3 y 4), en donde el valor para el mes de enero corresponde a una condición Neutra. Los valores del ICEN, usando ERSST v3b, se pueden obtener del siguiente link: <http://www.met.igp.gob.pe/datos/icen.txt>.

Los valores del ICENOI, calculado de la misma forma que el ICEN pero usando los datos mensuales de OISST v2 y las climatologías de ERSST v3b, las cuales se pueden obtener del siguiente link: <http://www.met.igp.gob.pe/datos/climNino12.txt>, los que se muestran en la columna 5 y 6 de la Tabla 1, también indican condiciones Neutras.

Otra fuente de datos para calcular el ICEN es la de ERSSTv5 (ICENV5), la cual es generada por el *Climate Prediction Center* (CPC) de la *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA, EEUU, <https://www.cpc.ncep.noaa.gov/data/indices/ersst5.nino.mth.81-10.ascii>). Los valores de este ICEN se muestran en la columna 7 y 8 de la Tabla 1. El ICENV5, al igual que el ICENV3 e ICENOI coinciden en mantener las condiciones Neutras para el mes de enero.

Hay que señalar que para calcular el ICEN actual; tanto para ICENV3, ICENOI e ICENV5; se utilizan los datos que son denominados, en cada una de estas bases de datos, como “datos en tiempo real”, los cuales se caracterizan por cambiar ligeramente su valor en el transcurso de los siguientes meses. Es por esta razón que pueden existir pequeñas discrepancias en el cálculo del ICEN para los meses anteriores cuando se use la data actualizada.

Tabla 1. Valores recientes del ICEN obtenidos de ERSST v3b (columna 3 y 4), OISST.v2 (columnas 5 y 6) y ERSST v5 (columnas 7 y 8).

Valores del Índice Costero El Niño							
Año	Mes	ICENV3	Categoría	ICENOI	Categoría	ICENV5	Categoría
2019	Octubre	-0.87	Neutra	-1.07	Fría Débil	-0.60	Neutra
2019	Noviembre	-0.78	Neutra	-0.56	Neutra	-0.40	Neutra
2019	Diciembre	-0.58	Neutra	-0.23	Neutra	-0.25	Neutra
2020	Enero	-0.58	Neutra	0.10	Neutra	-0.16	Neutra

Para los siguientes dos meses se generan versiones preliminares y temporales del ICEN (ICENTmp), estos se calculan utilizando el promedio de los pronósticos de la ATSM de NMME de un mes y dos meses para el primer y segundo ICENTmp, respectivamente. Los resultados se aprecian en la Tabla 2.

Tabla 2. ICEN temporales (ICENtmp) para febrero y marzo son obtenidos de ERSST v3b (columna 3 y 4), OISST.v2 (columnas 5 y 6) y ERSST v5 (columnas 7 y 8). El ICENtmp para febrero (marzo) se calcula usando la información del promedio de los valores pronosticados de ATSM de febrero (marzo y abril) de NMME.

Valores del Índice Costero El Niño temporales (ICENtmp)							
Año	Mes	ICENV3	Categoría	ICENOI	Categoría	ICENV5	Categoría
2020	Febrero	-0.35	Neutra	0.09	Neutra	-0.10	Neutra
2020	Marzo	-0.11	Neutra	0.12	Neutra	0.00	Neutra

Según los valores del ICENtmp para los meses de enero y febrero se estima que las tres fuentes de datos indican condiciones Neutras. Esto se confirmarán en los siguientes meses.

Índice Oceánico Niño (ONI)

Por otro lado, para el Pacífico Central (Niño 3.4), el ONI (*Ocean Niño Index* en inglés; <http://www.cpc.ncep.noaa.gov/data/indices/oni.ascii.txt>), actualizado por la NOAA al mes de enero de 2020, es de 0.53 °C, correspondiente a una condición Cálida Débil¹.

Tabla 3. Valores recientes del ONI.(Descarga: <http://www.cpc.ncep.noaa.gov/data/indices/oni.ascii.txt>, (se trabaja solo con los últimos datos en tiempo real, por lo que puede haber discrepancias para los meses anteriores)

Índice Oceánico Niño			
Año	Mes	ONI (°C)	Categoría
2019	Octubre	0.30	Neutro
2019	Noviembre	0.46	Neutro
2019	Diciembre	0.56	Cálida Débil
2020	Enero	0.53	Cálida Débil

Los valores estimados (ONItmp), combinando observaciones y pronósticos de NMME, de febrero y marzo de 2020, indican condiciones Neutras.(ver Tabla 4).

Tabla 4. Estimados preliminares del ONI (ONItmp)

Índice Oceánico Niño temporales			
Año	Mes	ONItmp (°C)	Categoría
2020	Febrero	0.44	Neutro
2020	Marzo	0.35	Neutro

¹ Los umbrales para establecer la categoría de condiciones cálidas o frías débiles, moderadas, fuertes, y muy fuertes usando el ONI son ± 0.50 , ± 1.00 , ± 1.50 , y ± 2.00 , respectivamente (Nota Técnica ENFEN, 02-2015).

Diagnóstico del Pacífico Ecuatorial

Durante el mes de febrero las anomalías de la TSM diaria observada, según los datos de (IR, MW, OSTIA) en la región Niño 3.4, se mantienen con valores positivos con anomalías máximas de, 0.7° y 0.5°C, observadas en la primera y tercera semana del mes, respectivamente (ver Figura 1a), indicando en promedio condiciones neutras. Para la región Niño 1+2, la anomalía de la TSM mostró valores entre positivos y negativos, cuyo valor máximo de anomalía fue de 0.8°C en la primera semana del mes. En promedio, las anomalías de la TSM en esta región se mantuvieron dentro de las condiciones neutras (Figura 1b).

Según la información de las boyas instaladas a lo largo del Pacífico Ecuatorial del proyecto TAO, en el mes de febrero, mostraron vientos anómalos del oeste al oeste de 160°W (Figura 2a). La profundidad de la termoclina en promedio se mantiene positiva al este de la línea de cambio de fecha (Figura 2b). En lo que respecta a la anomalía de la TSM, se observan valores positivos en toda la franja ecuatorial, continuando con un máximo al oeste de 170°W (Figura 2c).

En la información del esfuerzo de viento zonal ecuatorial, del producto WindSat se observó en la segunda semana del mes un pulso de viento del oeste, entre 165°E y 178°W; por otro lado se observaron pequeños pulsos dispersos de viento del este, entre la línea de cambio de fecha y 90°W (ver Figura 3).

Según la información de los datos de TAO, la inclinación de la termoclina ecuatorial se mantuvo menos inclinada de lo normal. El contenido de calor se mantuvo positivo en todo el mes, posiblemente relacionado con la presencia de la onda Kelvin cálida (ver Figura 5). La boya ubicada en la región oriental (95°W) indica anomalías positivas de la profundidad de la isoterma de 20°C en el mes de febrero, sin embargo, a inicios de marzo la anomalía es negativa pero cercana a su climatología. (Figura 6).

La información de OLR (relacionada con la actividad convectiva) en el mes de febrero en la región occidental (170°E – 140°W, 5°S-5°N) indicó valores inferiores a su climatología, mientras que en la región oriental (170°W – 100°W, 5°S-5°N) se observaron valores superiores y próximos a su climatología. Esta información se puede apreciar en las Figura 7 y 8, respectivamente.

Se continúa observando la presencia de la onda Kelvin cálida formada en enero, aunque según la información in situ y remota, está se estaría debilitando (Figura 4a). El desarrollo de un pulso de viento del oeste en la región occidental se habría proyectado en una onda Kelvin cálida que se localiza en la región occidental (Figuras 9 y 10).

Ondas Kelvin a lo largo de la costa peruana

A lo largo de la costa peruana, según la información de DUACS (basada en altimetría satelital), la onda Kelvin cálida, continuó impactando la costa peruana, sin embargo, en los primeros días de marzo, se observa una disminución del nivel del mar, posiblemente como consecuencia de la presencia de una onda Kelvin fría. (Figura 11b). Según la información del flotador ARGO (No. 3901231), el cual se localizó durante febrero entre 83.5°–82.2°W y 4.8°–5.2°S (entre las 100 y 200 millas náuticas frente a la costa norte del Perú), las anomalías que se observaron fueron superiores a su climatología en los primeros 80 metros de profundidad, alcanzando anomalías entre 2°C y 3°C. (ver Figura 12c).

Pronóstico a corto plazo con modelo de ondas y observaciones

La onda Kelvin cálida formada por el pulso de viento del oeste en la segunda quincena de enero, se encuentra en 110°W, la onda mencionada arribaría a la costa americana a fines de marzo. Si bien se ve debilitada, es posible que esto sea producto de una interferencia destructiva por la presencia de una onda Kelvin fría. No se descarta que la onda cálida contribuya al incremento de la temperatura del mar a lo largo de la costa (ver figura 9 y 10).

Pronóstico estacional con modelos climáticos

Para el Pacífico oriental (región Niño 1+2), según siete modelos climáticos integrantes de NMME (CFSv2, CanCM4i, GEM_NEMO, GFDL, NASA, GFDL_FLOR y NCAR_CCSM4), con condiciones iniciales del mes de marzo de 2020, se esperan en promedio condiciones Neutras entre los meses de marzo a setiembre de 2020. El modelo de NASA indica que se desarrollaría un evento La Niña de magnitud fuerte entre mayo y setiembre (ver Tabla 5 y Fig. 13).

Para el Pacífico central (región Niño 3.4), según los mismos modelos climáticos descritos en el párrafo anterior, se predicen condiciones Neutras entre los meses de marzo y julio y condiciones Frías débiles en los meses de agosto y setiembre (ver Tabla 6 y Fig. 14). Los modelos CFSv2 y NASA indican un evento La Niña de magnitud Débil (julio-setiembre) y magnitud Moderada (mayo-setiembre), respectivamente (ver Tabla 6).

Tabla 5. Pronósticos del ICEN con diferentes modelos climáticos utilizando condiciones iniciales de marzo de 2020.

Modelo	EFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO
CFS2		0.18	0.13	-0.34	-0.79	-0.99	-0.99	-0.96
CanCM4i		-0.09	-0.07	-0.17	-0.17	-0.13	-0.13	-0.15
GEM_NEMO		0.13	0.27	-0.04	-0.52	-0.81	-0.86	-0.74
GFDL		-0.26	-0.58	-1.10	-1.26	-0.92	-0.46	-0.13
NASA		-0.47	-0.93	-1.58	-1.82	-1.76	-1.52	-1.30
GFDL_FLOR		-0.28	-0.59	-0.98	-1.03	-0.67	-0.28	-0.13
NCAR_CCSM4		0.05	0.26	0.14	-0.19	-0.59	-0.85	-1.01
NMME		-0.11	-0.22	-0.58	-0.83	-0.84	-0.73	-0.63
ICENtmp	-0.35							

Tabla 6. Pronósticos del ONI con diferentes modelos climáticos utilizando condiciones iniciales de marzo de 2020.

	EFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO
CFS2		0.45	0.41	0.18	-0.18	-0.55	-0.80	-0.94
CanCM4i		0.27	0.25	0.25	0.20	0.07	-0.06	-0.19
GEM_NEMO		0.10	-0.10	-0.20	-0.33	-0.50	-0.67	-0.74
GFDL		0.45	0.31	-0.02	-0.39	-0.53	-0.46	-0.32
NASA		0.21	-0.09	-0.52	-0.96	-1.24	-1.40	-1.54
GFDL_FLOR		0.46	0.45	0.31	0.09	-0.12	-0.25	-0.32
NCAR_CCSM4		0.53	0.55	0.35	-0.11	-0.58	-0.93	-1.14
NMME		0.35	0.25	0.05	-0.24	-0.49	-0.65	-0.74
ONItmp	0.44							

Conclusiones:

1. El ICEN (SSTOI) para enero de 2020 fue de 0.10 (Neutro), los ICENtmp para febrero y marzo, corresponde a condiciones neutras: 0.09 y 0.12, respectivamente. Usando ERSSTv3 mensual para el cálculo del ICEN, los valores correspondientes para diciembre es -0.58 (Neutro), y los temporales para febrero y marzo también son Neutros: -0.35 y -0.11, respectivamente. El ICEN calculado con la versión 5 de ERSST para enero es -0.16 (Neutro) y los temporales también se encuentran en el rango neutral para los meses de febrero y marzo, -0.10 y 0, respectivamente.
2. En el Pacífico central, el ONI de enero (DEF) es 0.53 y corresponde a condiciones Cálida Débiles, los valores estimados para febrero y marzo, corresponden a condiciones Neutras.
3. La información de OLR (relacionada con la actividad convectiva) en las regiones (170°E – 140°W, 5°S-5°N) y (170°W – 100°W, 5°S-5°N) indica valores inferiores y superiores respecto a su climatología, en el orden mencionado.
4. Durante el mes de febrero la información del producto de viento de WINSAT, indica que a mediados del mes se desarrolló un pulso de viento del oeste al oeste de la línea de cambio de fecha. Por otro lado, la fuente de datos de WINSAT muestra un pulso de viento del este alrededor de 140°W en la primera semana.
5. Basado en los datos de TAO, la termoclina desde enero muestra una tendencia a estar menos inclinada en relación a su normal. Por otro lado, la termoclina se mantiene, en promedio, ligeramente más profundidad de lo normal.
6. Según la última información de los flotadores ARGO en la zona oriental de la franja ecuatorial (100°W), la anomalía positiva observada en enero disminuyó hasta llegar en la primera semana de marzo a una anomalía negativa. Frente a Paita (entre las 100 y 200 millas náuticas) durante el mes de febrero se incrementó la temperatura por encima de sus valores normales dentro de los primeros 80 metros de profundidad.
7. Durante el mes de febrero la señal de la onda Kelvin, según la información satelital, continuó impactando la costa peruana. En esta misma región, en los primeros días de mes de marzo, se observa una disminución del nivel del mar, posiblemente como consecuencia de la presencia de una onda Kelvin fría.
8. Se sigue observando la presencia de la onda Kelvin cálida formada en enero, aunque según la información in situ y remota, esta se estaría debilitando. El desarrollo de un pulso de viento del oeste en la región occidental se habría proyectado en una onda Kelvin cálida y que se localiza en la región occidental-central.
9. Se espera que la onda Kelvin cálida formada en enero arribe a fines de marzo a la costa americanan. Si bien se ve debilitada, es posible que esto sea producto de una interferencia destructiva por la presencia de ondas Kelvin frías. No se descarta que la onda Kelvin calida contribuya al incremento de la temperatura del mar a lo largo de la costa.
10. Para el Pacífico Oriental (región Niño 1+2), los modelos de NMME con condiciones iniciales de marzo 2020, indican en promedio condiciones NEUTRAS entre los meses de marzo a setiembre de 2020, el modelo NASA indica un evento Niña de magnitud Fuerte entre los meses de mayo y setiembre, el modelo GFDL indica condicones Frias en los meses de mayo y junio.

11. Para el Pacífico central (Región Niño 3.4), el promedio de los modelos de NMME indica condiciones Neutras entre los meses de marzo y julio, y condiciones Frías Débiles para los meses de agosto y setiembre. Los modelos de CFSv2 y NASA indica un evento La Niña de magnitud Débil (julio-setiembre) y magnitud Moderada (mayo-setiembre), respectivamente.

Bibliografía

- **Aparco J., K. Mosquera y K. Takahashi**, 2014: Flotadores Argo para el cálculo de la anomalía de la profundidad de la termoclina ecuatorial (Aplicación Operacional), Boletín Técnico "Generación de modelos climáticos para el pronóstico de la ocurrencia del Fenómeno El Niño", Instituto Geofísico del Perú, Mayo, 1, 5.
- Cravatte, S., W. S. Kessler, N. Smith, S. E. Wijffels, Ando, K., Cronin, M., Farrar, T., Guilyardi, E., Kumar, A., Lee, T., Roemmich, D., Serra, Y., Sprintall, J., Strutton, P., Sutton, A., **Takahashi, K.** y Wittenberg, A., 2016: First Report of TPOS 2020. GOOS-215, 200 pp. [<http://tpos2020.org/first-report>]
- DiNezio, P., 2016: Desafíos en la predicción de La Niña, Boletín Técnico "Generación de modelos climáticos para el pronóstico de la ocurrencia del Fenómeno El Niño", Instituto Geofísico del Perú, 3 (9), 4-8.
- **ENFEN 2012**: Definición operacional de los eventos “El Niño” y “La Niña” y sus magnitudes en la costa del Perú. *Nota Técnica ENFEN*.
- **ENFEN 2015**: Pronóstico probabilístico de la magnitud de El Niño costero en el verano 2015-2016. *Nota Técnica ENFEN 02-2015*.
- Huang, B., Thorne, P.W, Banzon, V. F., Boyer, T., Chepurin, G., Lawrimore, J. H., Menne, M. J., Smith, T. M., Vose, R. S., Zhang, H.-M., 2017: Extended Reconstructed Sea Surface Temperature version 5 (ERSSTv5): Upgrades, validations, and intercomparisons, *J. Climate*, doi: [10.1175/JCLI-D-16-0836.1](https://doi.org/10.1175/JCLI-D-16-0836.1)
- Kug, J.-S., Jin, F.-F., An, S.-I., 2009: Two types of El Niño events: Cold tongue El Niño and warm pool El Niño. *J. Climate* 22, 6, 1499–1515, doi:10.1175/2008JCLI2624.1.
- Lavado-Casimiro, W., **Espinoza, J. C.**, 2014: Impactos de El Niño y La Niña en las lluvias del Perú (1965-2007), *Revista Brasileira de Meteorologia*, 29 (2), 171-182.
- Meehl G, Hu A, Teng H, 2016: Initialized decadal prediction for transition to positive phase of the Interdecadal Pacific Oscillation. *Nature Communications*, doi: 10.1038/ncomms11718
- **Morera, S. B.**, Condom, T., Crave, A., Steer, P., and Guyot, J. L., 2017: The impact of extreme El Niño events on modern sediment transport along the western Peruvian Andes (1968-2012). *Scientific Reports*, v. 7, No. 1, p. 11947 DOI:10.1038/s41598-017-12220-x.
- **Mosquera, K.**, 2009: Variabilidad Intra-estacional de la Onda de Kelvin Ecuatorial en el Pacífico (2000-2007): Simulación Numérica y datos observados. Tesis para obtener el grado de Magíster en Física - Mención Geofísica en la Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- **Mosquera, K., B. Dewitte y P. Lagos**, 2010: 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.**, 2014: Validación de pronósticos con modelos globales: Correlaciones de TSM (1982-2010). Boletín Técnico "Generación de modelos

climáticos para el pronóstico de la ocurrencia del Fenómeno El Niño", Instituto Geofísico del Perú, Enero, 1, 1, 8-9.

- **Sulca, J., Takahashi, K., Espinoza, J.C.,** Vuille, M. and Lavado-Casimiro, W., 2017: Impacts of different ENSO flavors and tropical Pacific convection variability (ITCZ, SPCZ) on austral summer rainfall in South America, with a focus on Peru. Int. J. Climatol. Doi:10.1002/joc.5185
- **Takahashi, K.,** 2017: Verificación de los pronósticos probabilísticos de El Niño y La Niña costeros. Boletín Técnico "Generación de modelos climáticos para el pronóstico de la ocurrencia del Fenómeno El Niño", Instituto Geofísico del Perú, 4 (8), 8-9.
- **Takahashi, K., Martínez, A. G.,** 2016: The very strong El Niño in 1925 in the far-eastern Pacific. Climate Dynamics, doi: 10.1007/s00382-017-3702-1.
- Thoma M, Greatbatch R, Kadow C, Gerdes R, 2015: Decadal hindcasts initialized using observed surface wind stress: Evaluation and prediction out to 2024. Geophys. Res. Lett. doi:10.1002/2015GL064833

Nota: Los Boletines Técnicos del IGP citados se pueden encontrar en:

<http://intranet.igp.gob.pe/productonino/>

Equipo

Kobi Mosquera, Dr. (responsable)

Jorge Reupo, Lic.

Gerardo Rivera, Bach.

Agradecimientos

A la Dra. Emily Becker (NOAA) y al Dr. Ben Kirtman (RSMAS) por su apoyo con los datos del proyecto NMME, a la Dra. Michelle L'Heureux (NOAA CPC) por su apoyo con los datos de Niño 1+2 para el cálculo del ICEN.

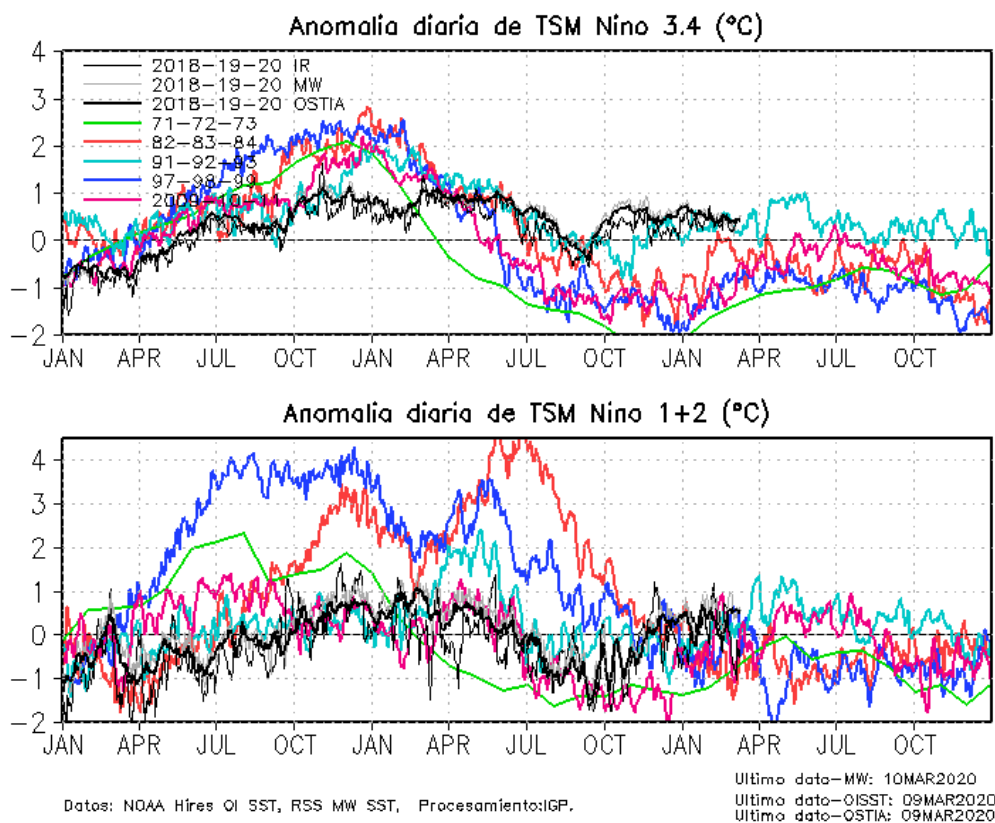


Figura 1. Series de tiempo de la anomalía diaria de la TSM en la región Niño 3.4 (arriba) y en la región Niño 1+2 (abajo). Las líneas en color negro (gruesa), gris y negro (fina) indican la evolución de la anomalía de la TSM en el presente año usando información infrarroja (IR), microondas (MW) y del producto OSTIA, respectivamente. Las líneas de color rojo, azul, celeste y verde indican la evolución de la anomalía de la TSM para los años El Niño 1982-1984, 1997-1999, 1991-1993 y 1971-1973. Elaboración: IGP.

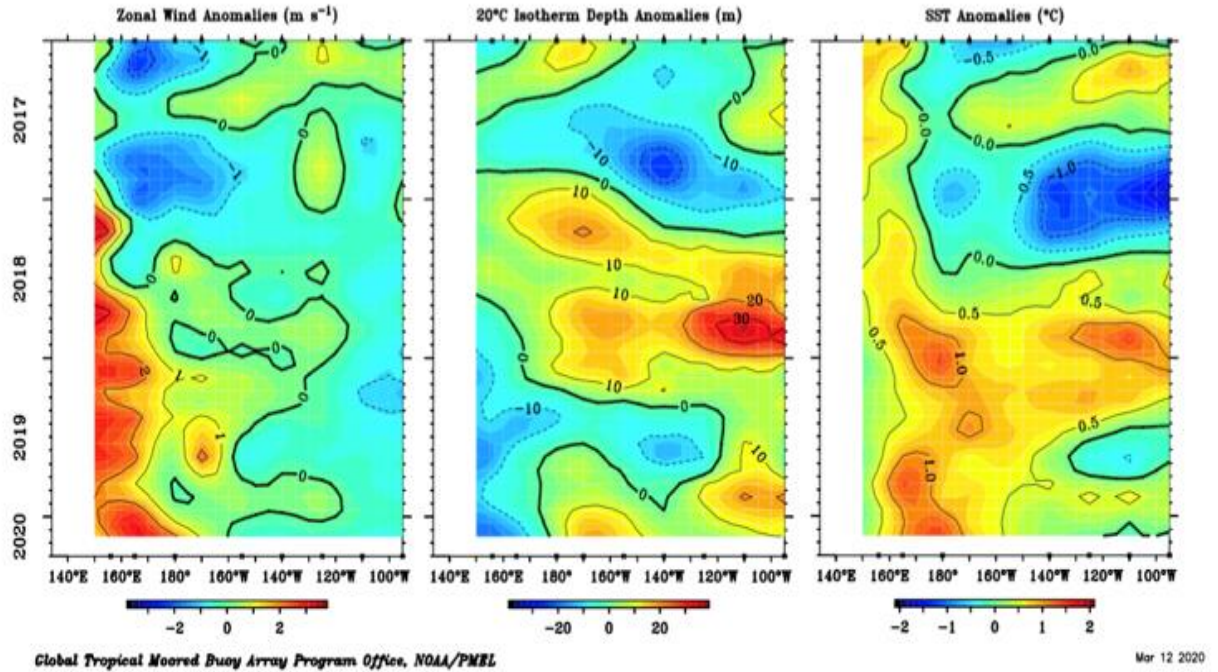


Figura 2. Promedio mensual de la anomalía de: (a) el viento zonal, (b) la profundidad de la isoterma de 20°C (termoclina) y (c) la temperatura superficial del mar; a lo largo de la franja ecuatorial del Pacífico (2°S-1°N) . Esta imagen se elaboró de otras que se obtienen del proyecto TAO: www.pmel.noaa.gov/tao.

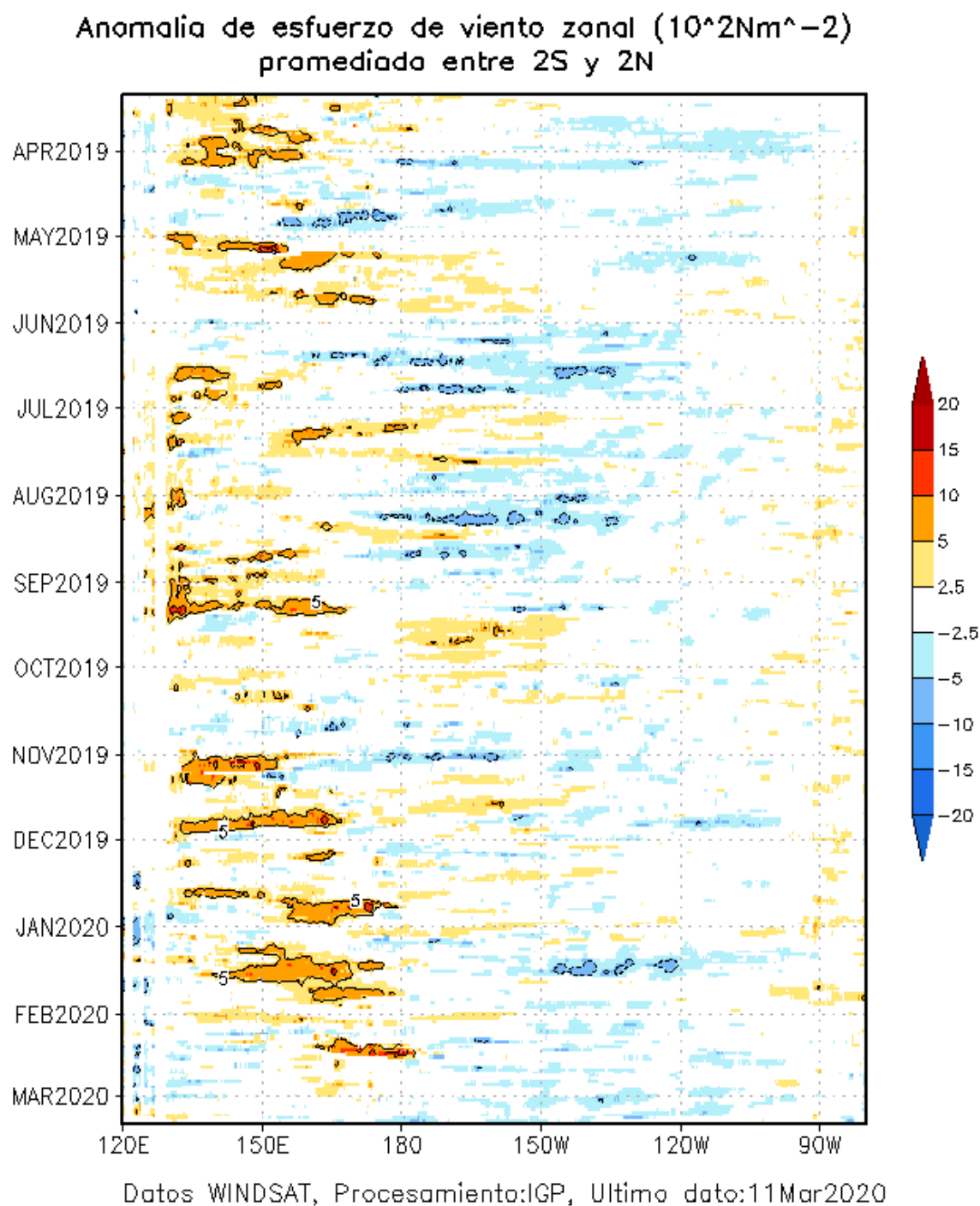


Figura 3. Diagrama longitud-tiempo de las anomalías del esfuerzo de viento zonal ecuatorial basado en datos del producto WINDSAT hasta el 11 de marzo 2020. Elaboración: IGP.

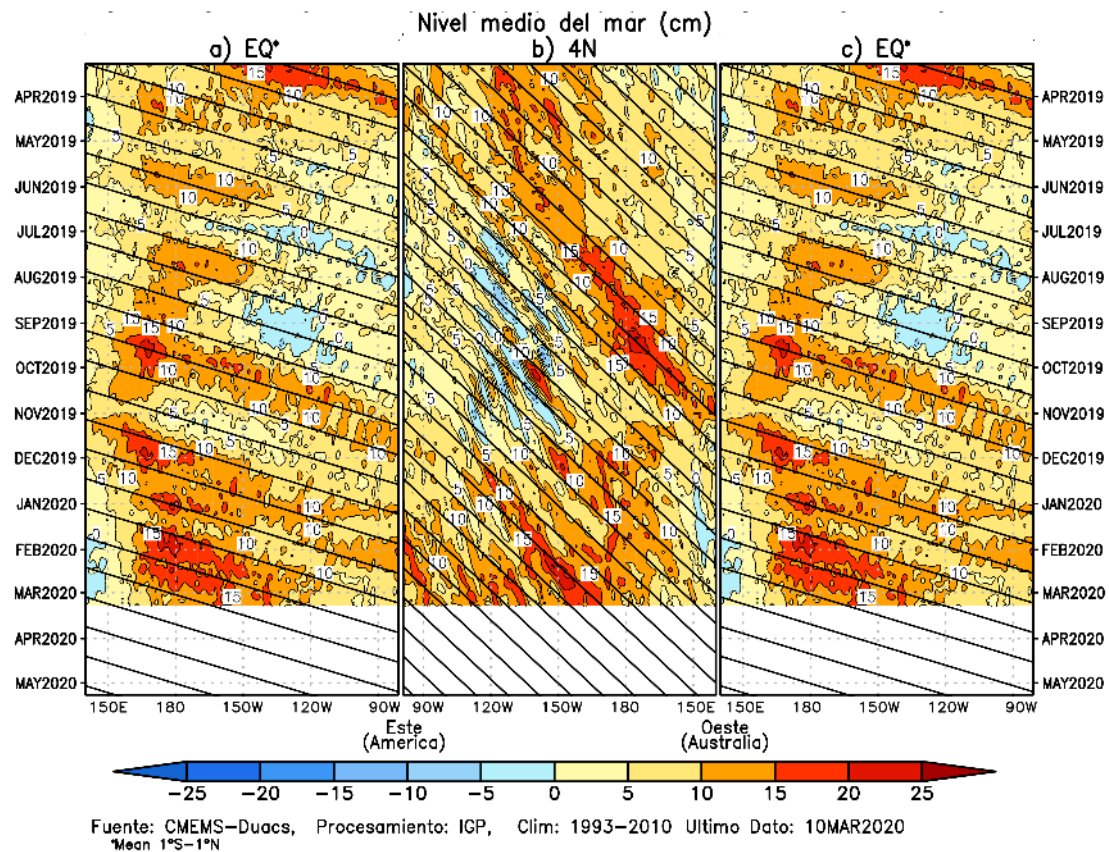


Figura 4. Diagramas longituditud- tiempo de la anomalía del nivel medio del mar en el Pacífico usando el producto DUACS. Las figuras (a) y (c) son las mismas y representan la información a lo largo de la línea ecuatorial, mientras que (b) a lo largo de 4°N pero con el eje zonal de Este a Oeste. Las líneas diagonales indican la trayectoria teórica de la onda Kelvin (a y c) y Rossby (b) si tuvieran una velocidad aproximada de 2.6 m/s y 0.87 m/s, respectivamente. Elaborado por el IGP.

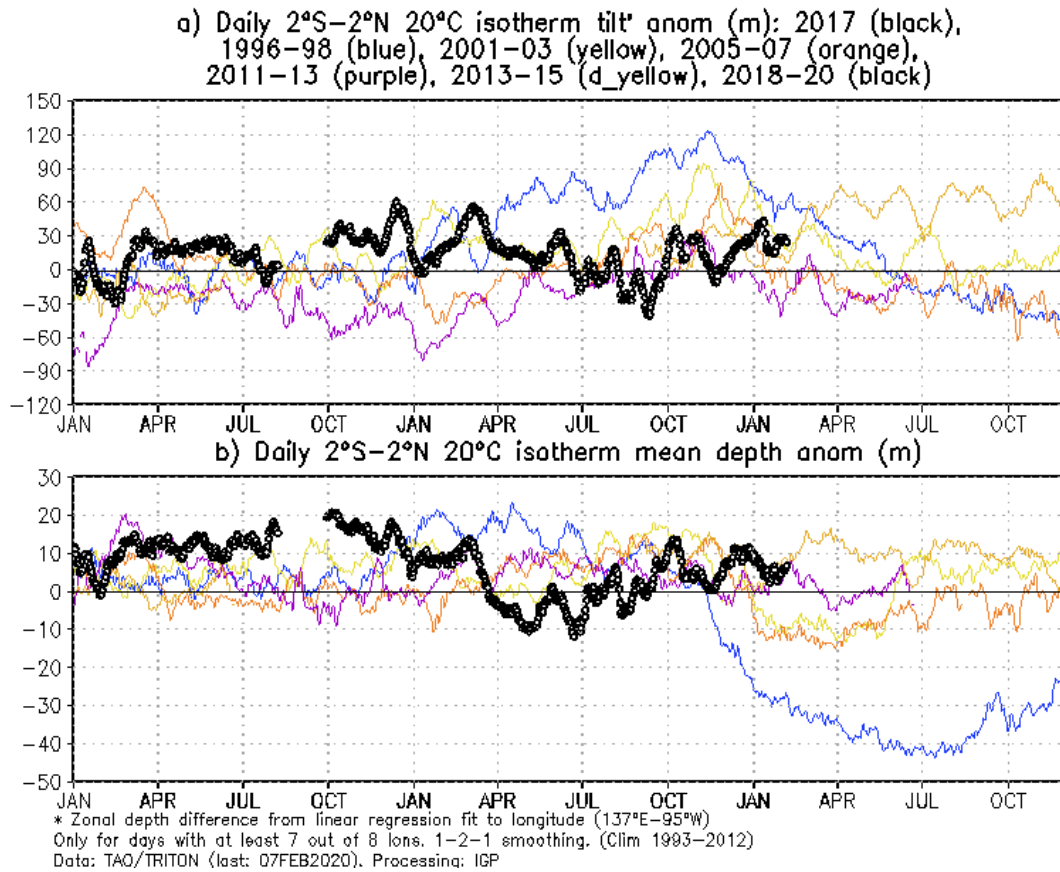


Figura 5 a) Inclínación de la termoclina en el Pacífico ecuatorial basado en los datos de ARGO entre 2°N y 2°S. **b)** Contenido de calor en la región ecuatorial basado en los datos de las boyas TAO entre 2°N y 2°S. A diferencia de informes anteriores. Elaboración: IGP.

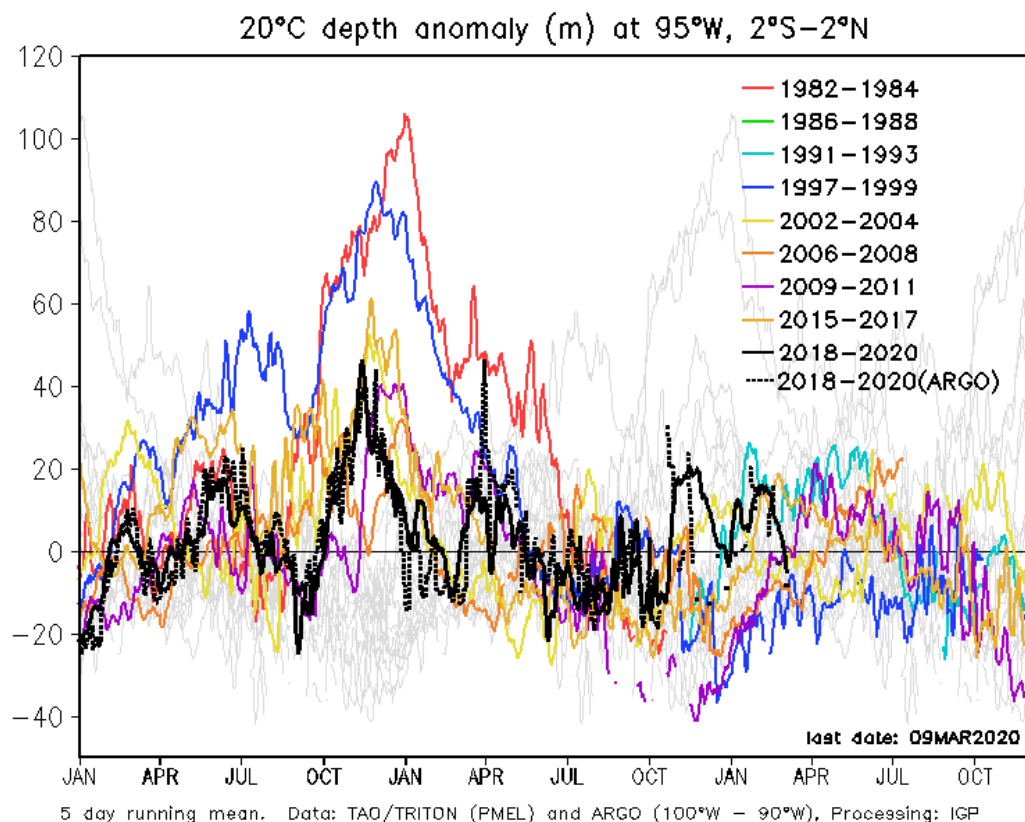


Figura 6. Anomalía de la profundidad de la isoterma de 20 °C (m) en 95° W ,2°S-2°N, con datos de ARGO y TAO. Elaboración: IGP.

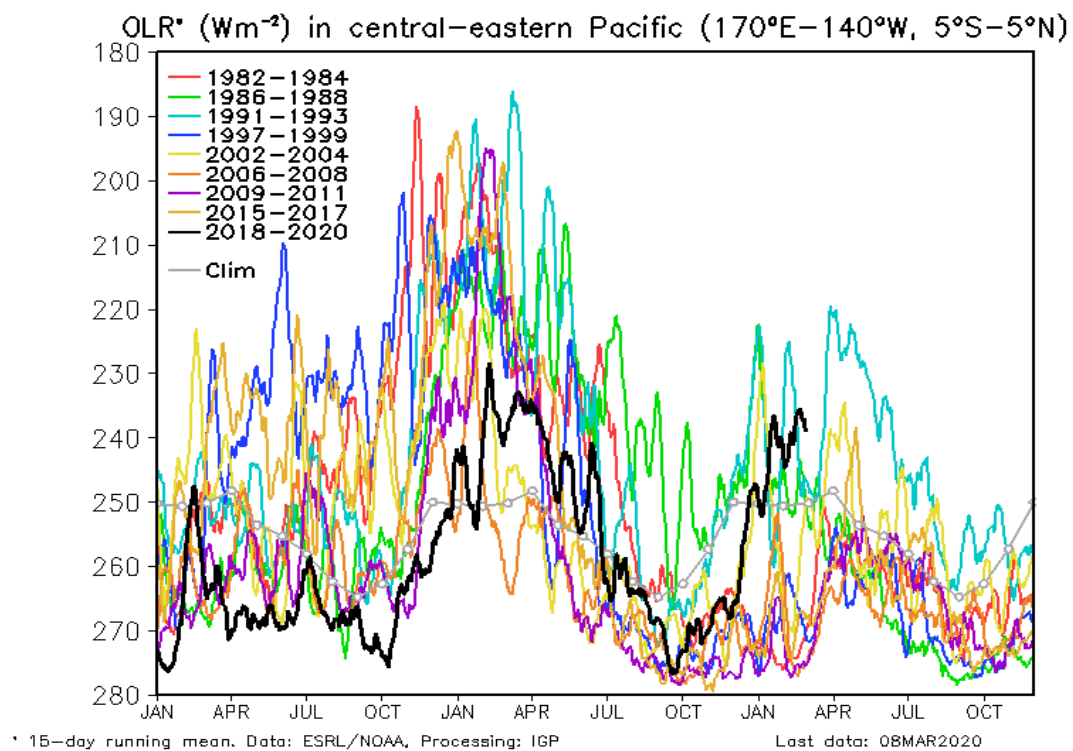


Figura 7. Actividad convectiva en el Pacífico Central Oriental ($170^{\circ}\text{E}-140^{\circ}\text{W}$ y $5^{\circ}\text{S}-5^{\circ}\text{N}$) en base a la información de OLR (Outgoing Longwave Radiation). Elaboración IGP

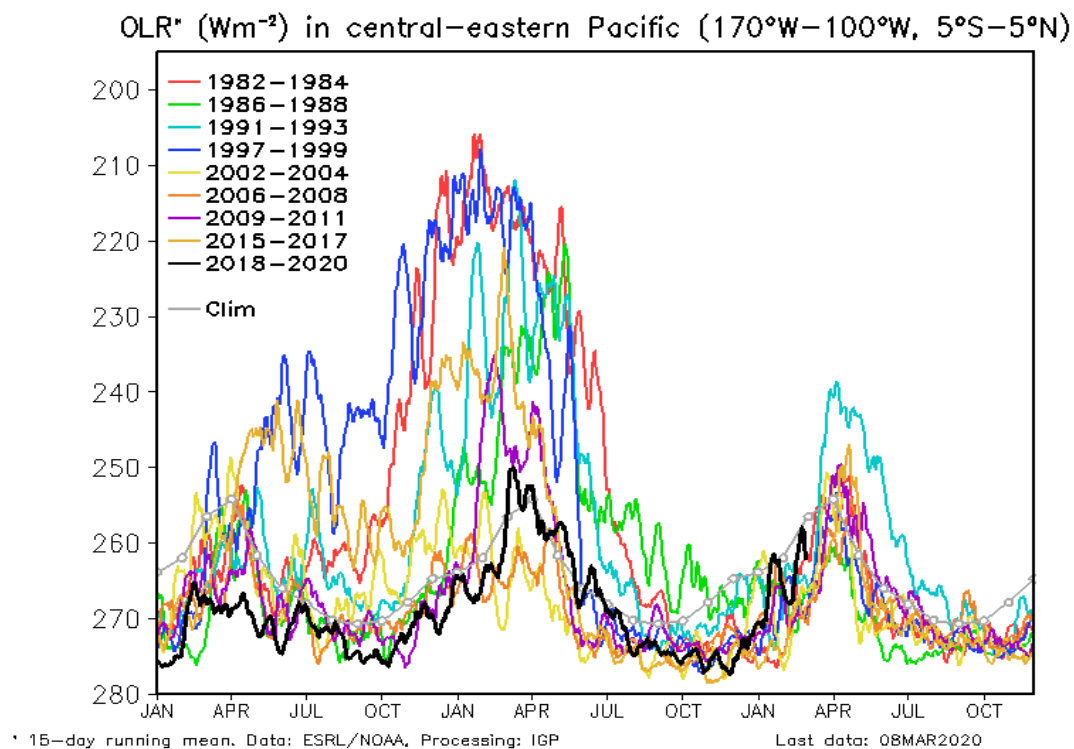


Figura 8. Actividad convectiva en el Pacífico Central Oriental (170°W – 100°W y 5°S – 5°N) en base a la información de OLR (Outgoing Longwave Radiation). Elaboración IGP.

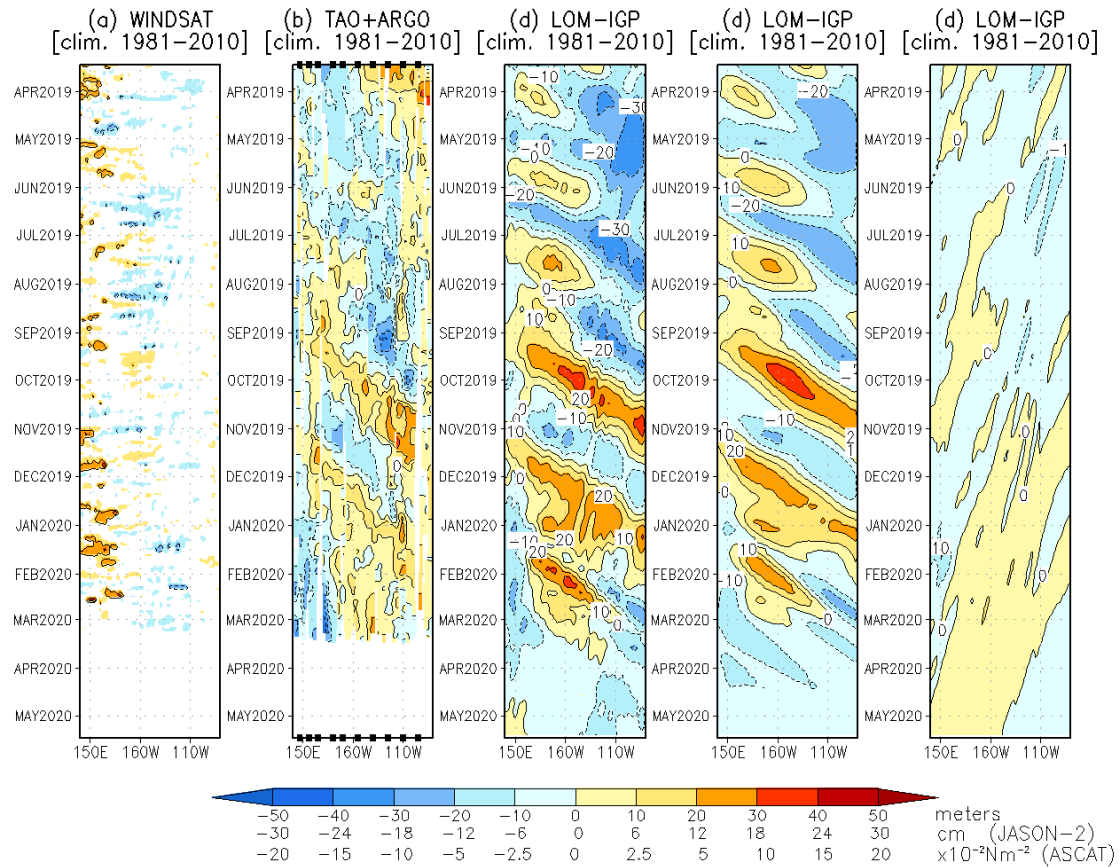


Figura 9. Diagrama longitud-tiempo de las anomalías de esfuerzo de viento zonal ecuatorial basado en datos de WINDSAT (a), anomalía de la profundidad de la isoterma de 20°C datos de TAO y los derivados de ARGO (b), diagrama de la onda Kelvin y Rossby (c), diagrama de la onda Kelvin (d) y finalmente diagrama de la onda Rossby, calculada con el modelo LOM-IGP (forzado por WINDSAT, 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.

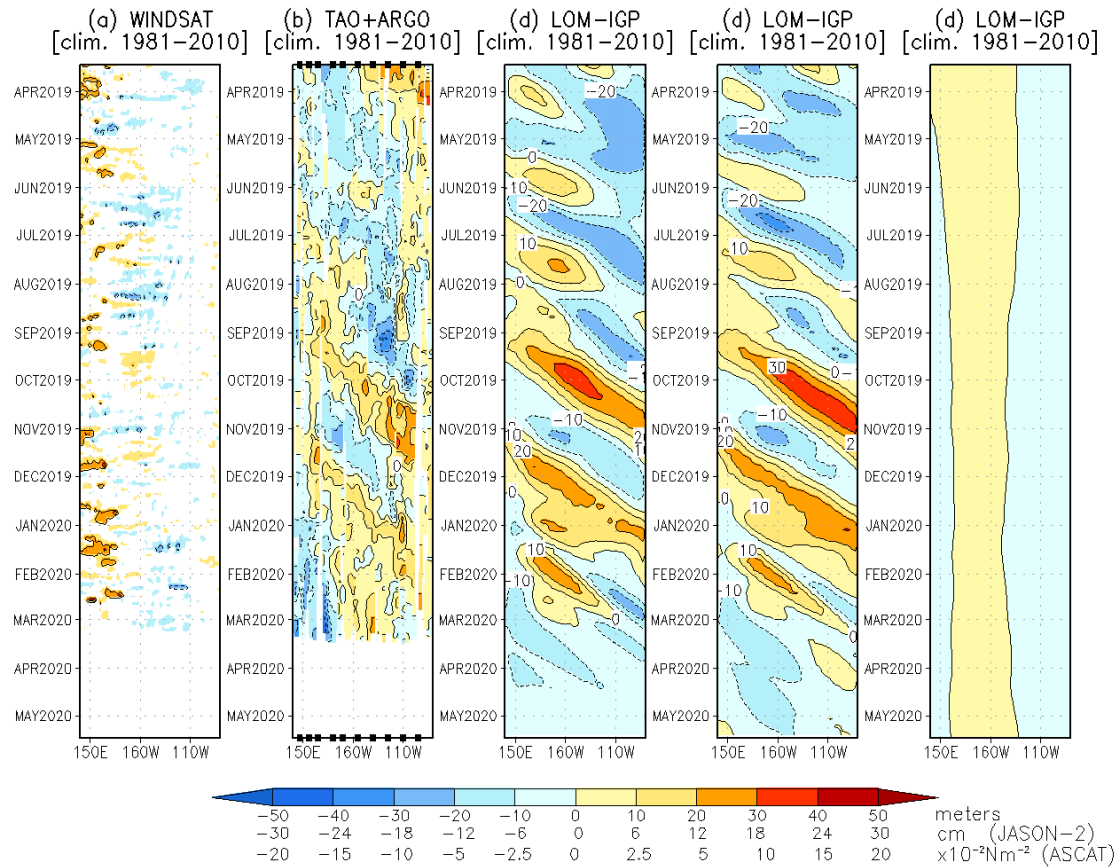


Figura 10. De izquierda a derecha: diagrama longitud-tiempo de las anomalías de esfuerzo de viento zonal ecuatorial basado en datos de WINDSAT (primer panel); anomalía de la profundidad de la isoterma de 20°C de TAO y los derivados de ARGO (segundo panel); onda Kelvin (tercer panel), onda Kelvin intraestacional (cuarto panel), Onda Kelvin interanual multiplicado por un factor de dos (quinto panel). Las tres figuras de la derecha son resultados numéricos de un modelo oceánico lineal, forzado con información de vientos de WINDSAT. Las líneas diagonales representan la trayectoria que tendría la onda Kelvin si tuviera una velocidad de 2.6 m/s. Elaboración: IGP.

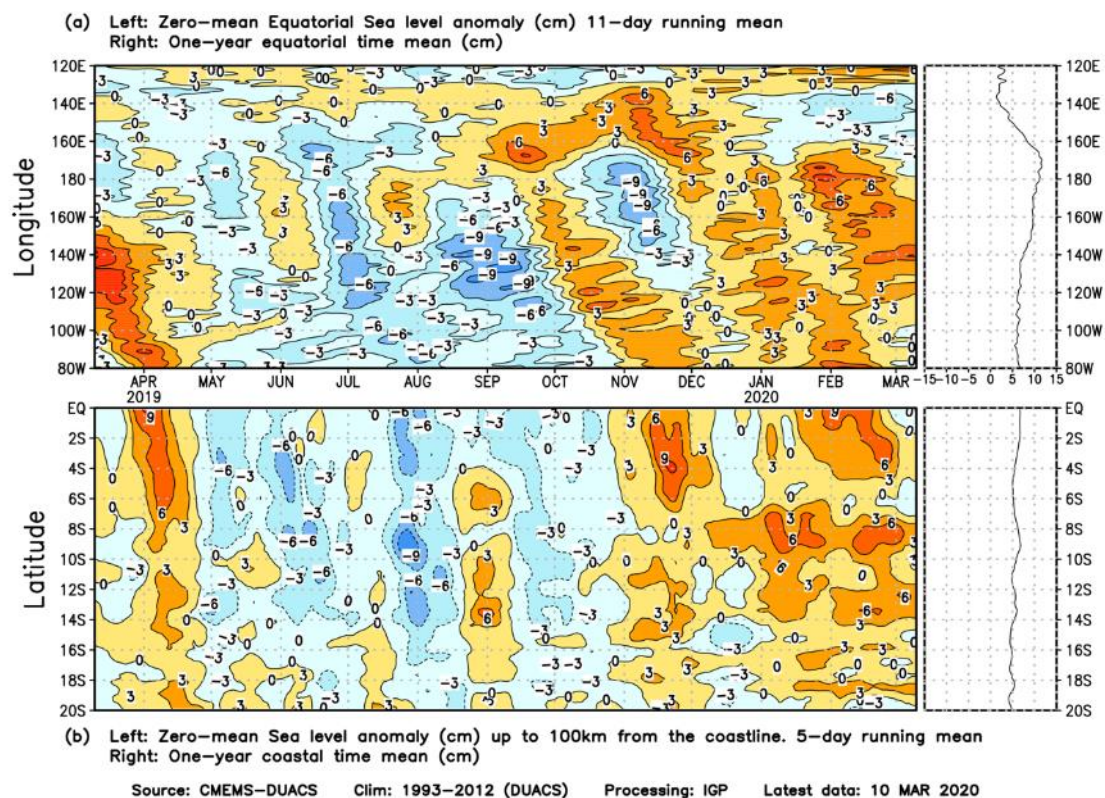


Figura 11. Anomalía centrada del nivel del mar a lo largo de la franja ecuatorial (Figura superior izquierda) y a lo largo de la costa peruana (Figura inferior izquierda). A la derecha se muestra el promedio de los últimos 365 días en la franja ecuatorial (superior) y a lo largo de la costa (inferior), que fueron sustraídos a las figuras de la izquierda, respectivamente. Las unidades están en centímetros.

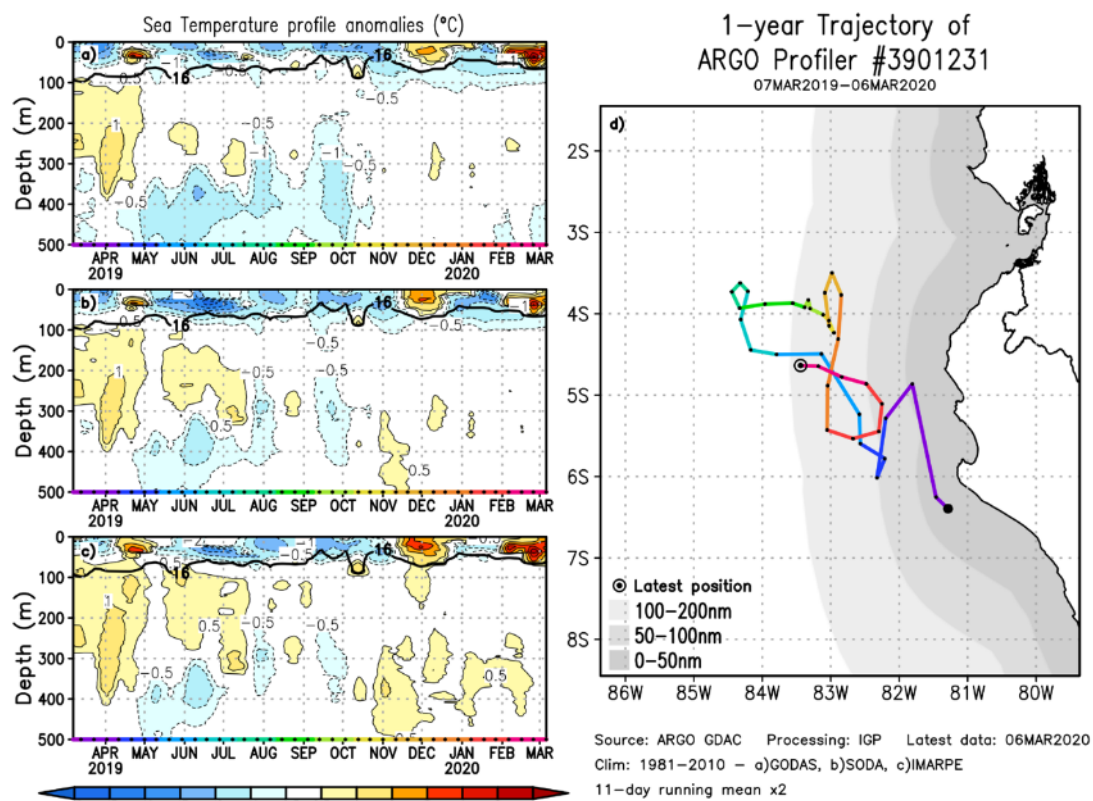


Figura 12. A la izquierda se aprecia la anomalía de la temperatura del mar hasta los 500 metros de profundidad calculada de los datos del flotador ARGO No. 3901231. Esta anomalía se calcula en base a la climatología (1981-2010) de: (a) GODAS, (b) SODA e (c) IMARPE. A la derecha se aprecia la trayectoria del flotador en el último año. Cada color indica un periodo de aproximadamente 30 días, en donde el círculo abierto indica la última posición del flotador.

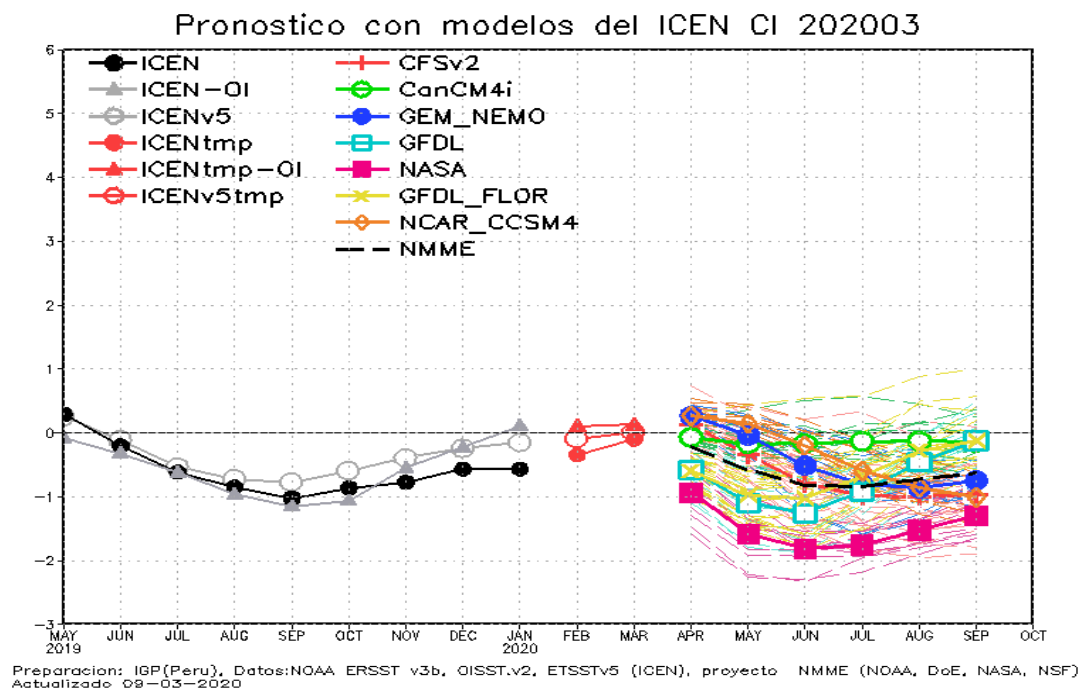


Figura 13. Índice Costero El Niño (ICEN negro con círculos llenos, fuente ERSSTv3; ICEN gris con triángulos, fuente OISSTv2; ICEN gris con círculos, fuente ERSSTv5) y sus valores temporales (ICENtmp, rojo con círculo lleno, ICENtmp-OI, rojo con triángulos llenos, ICENv5tmp, rojo con círculo). Además, 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, CanCM4i, GEM_NEMO, GFDL, NASA, GFDL_FLOR y NCAR_CCSM4 tienen como condición inicial el mes de marzo de 2020. (Fuente: IGP, NOAA, proyecto NMME).

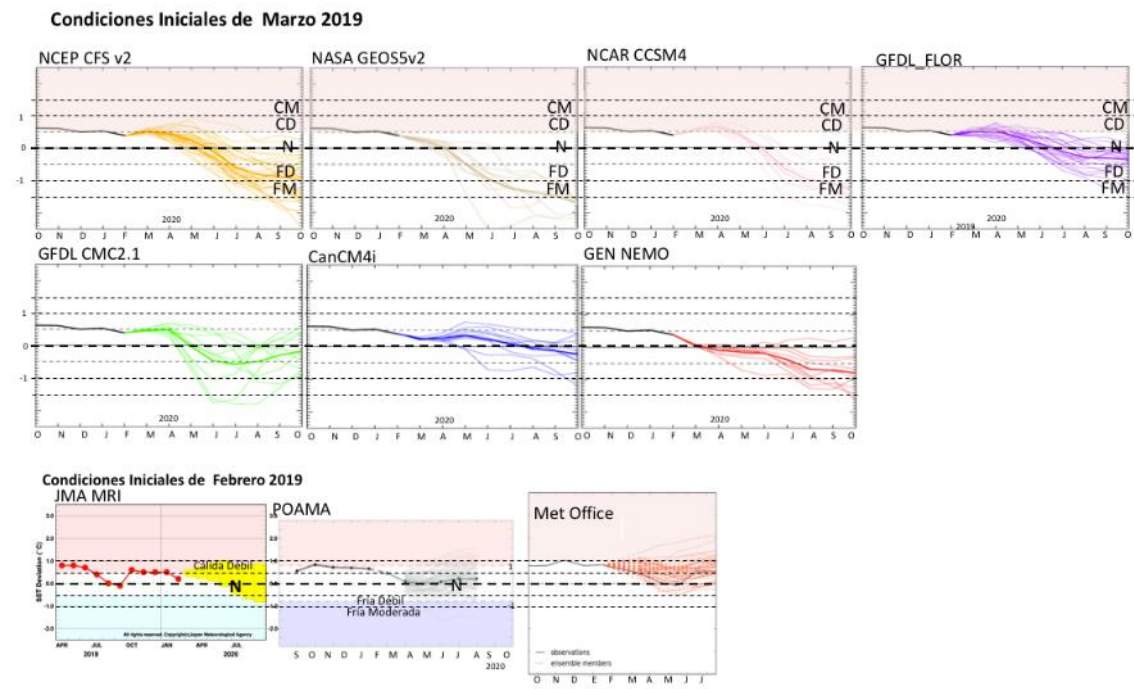


Figura 14. Índice Niño 3.4 mensual observado y pronosticado por los modelos de NMME y otros.