



Ministerio
del Ambiente

Instituto
Geofísico del Perú - IGP



BICENTENARIO
PERÚ 2021

“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres”
“Año del Bicentenario del Perú: 200 años de independencia”

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/El Niño-IGP/2021-10

12/11/2021

Advertencia: El presente informe sirve como insumo para la Comisión Multisectorial encargada del Estudio Nacional del Fenómeno “El Niño” (ENFEN). El pronunciamiento colegiado de la comisión multisectorial 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) para el mes de setiembre (-0.59°C) representa una condición climática neutra en la costa peruana. Esta misma condición climática, basada en los valores del ICEN temporal (ICEN-tmp), se tendría para los meses de octubre y noviembre. Por otro lado, para el Pacífico central, los valores del Índice Oceánico Niño (ONI, por sus siglas en inglés) de setiembre (-0.67°C) y el ONI temporal (ONI-tmp) de octubre (-0.9°C) indican condiciones frías débiles, mientras que el ONI-tmp de noviembre (-1.22°C) indica una condición fría moderada. Se sigue observando la presencia del paquete de ondas de Kelvin frías y, según los modelos de ondas, se esperaría que continúe influyendo en las variables oceánicas frente a la costa peruana durante noviembre y gran parte de diciembre. Por otro lado, según los mismos resultados de los modelos de ondas, se espera que una onda de Kelvin cálida arribe a la costa peruana a fines de diciembre.

El promedio de las predicciones numéricas de los seis modelos climáticos de NMME, inicializados con la información oceánica y atmosférica de noviembre, continúa indicando condiciones dentro del rango neutral hasta el mes de junio de 2022 frente a la costa peruana. Por otro lado, para el Pacífico central, los resultados de estos mismos modelos indican condiciones frías moderadas hasta marzo de 2022, seguida de condiciones frías débiles para abril y mayo de 2022. Según estos resultados, el desarrollo del nuevo evento La Niña en el Pacífico central se extendería, por lo pronto, hasta mayo de 2022. Por lo tanto, es más probable, basado en las evidencias científicas, un escenario de deficiencia de lluvias en los Andes del centro y sur del Perú en el mes noviembre, mientras que para el verano, en la misma región, se esperaría un escenario de lluvias por encima de lo normal.

"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres"
"Año del Bicentenario del Perú: 200 años de independencia"

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 encargada del Estudio Nacional del Fenómeno "El Niño" (ENFEN), bajo la coordinación del Instituto del Mar del Perú (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 se genera en el marco de esta actividad, el cual se entrega al IMARPE, como coordinador de la actividad y encargado de la presidencia de la comisión multisectorial, para contribuir a la evaluación periódica que dicha comisión realiza. El informe técnico, generado posteriormente por la comisión multisectorial, será el documento oficial sobre el monitoreo y pronóstico del fenómeno El Niño/La Niña en el Perú.

Índice Costero El Niño

Utilizando la versión 5 de la información reconstruida y extendida de la temperatura superficial del mar (TSM) —ERSSTv5—, el valor del ICEN (región Niño 1+2) para setiembre indica una condición neutra (ver Tabla 1). Para calcular el ICEN se utilizan los datos que son denominados "datos en tiempo real", los cuales cambian ligeramente en el transcurso de los siguientes meses. Por esto, 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 (columnas 3 y 4).

Año	Mes	ICEN	Categoría
2021	Junio	-0.34	Neutra
2021	Julio	-0.22	Neutra
2021	Agosto	-0.36	Neutra
2021	Setiembre	-0.59	Neutra

Para los siguientes dos meses se generan versiones preliminares y temporales del ICEN (ICENtmp), que se calculan del promedio de los pronósticos de la anomalía de la TSM de NMME de un mes y dos meses para el primer y segundo ICENtmp, respectivamente. Los resultados se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2. ICEN temporales (ICENtmp) y sus categorías para octubre y noviembre de 2021.

Año	Mes	ICENtmp	Categoría
2021	Octubre	-0.80	Neutra
2021	Noviembre	-0.94	Neutra

Según los valores del ICENtmp de octubre y noviembre, se esperarían condiciones neutras. Estos resultados se confirmarán en los siguientes meses (ver Tabla 1).

“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres”
 “Año del Bicentenario del Perú: 200 años de independencia”

Índice Oceánico Niño (ONI)

Para el Pacífico central (región Niño 3.4), el ONI (*Ocean Niño Index* en inglés) de setiembre, actualizado por la NOAA, indica el valor de -0.67°C , el que corresponde a una condición fría débil¹.

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

Índice Oceánico Niño			
Año	Mes	ONI ($^{\circ}\text{C}$)	Categoría
2021	Junio	-0.35	Neutra
2021	Julio	-0.37	Neutra
2021	Agosto	-0.46	Neutra
2021	Setiembre	-0.67	Fría débil

Los valores estimados del ONI (ONItmp) de octubre y noviembre, usando datos observados y de los pronósticos de NMME, indican condiciones fría débil y fría moderada, respectivamente (ver Tabla 4).

Tabla 4. Estimados preliminares del ONI (ONItmp)

Índice Oceánico Niño temporales			
Año	Mes	ONItmp ($^{\circ}\text{C}$)	Categoría
2021	Octubre	-0.90	Fría débil
2021	Noviembre	-1.22	Fría moderada

Diagnóstico del Pacífico ecuatorial

Durante octubre, las anomalías diarias de la TSM en la zona Niño 3.4 estuvieron dentro del rango de frías débiles. Por otro lado, en la región Niño 1+2 se observaron anomalías negativas, aunque dentro del rango normal (Figura 1).

Conforme a la información mensual de las boyas de TAO a lo largo del Pacífico ecuatorial, los vientos alisios continúan más intensos que lo normal, en especial en la zona occidental y central (Figura 2a). Con respecto a la anomalía de la TSM, esta mostró anomalías negativas en gran parte del Pacífico ecuatorial (Figura 2b). Finalmente, en cuanto a la profundidad de la isoterma de 20°C , se han observado anomalías positivas en la zona occidental y oriental, y negativas en la región central (Figura 2c).

Según la información diaria del esfuerzo de viento zonal ecuatorial del producto ASCAT (Figura 3), en octubre se presentaron ligeros pulsos de viento del este en el Pacífico central y occidental (150°E - 160°W). Por otro lado, según la información diaria de los datos de TAO, la termoclina se encuentra más inclinada que lo normal (Figura 5a), mientras que la profundidad promedio (el contenido de calor) se

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).

“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres”
“Año del Bicentenario del Perú: 200 años de independencia”

encuentra dentro de sus rangos normales (Figura 5b). En la región oriental, la anomalía de la profundidad de la termoclina, basada en la información diaria de una de las boyas de TAO (95°W), mostró valores promedio menores a su normal (Figura 6).

En octubre, la data de OLR (Outgoing Longwave Radiation) —que está relacionada con la convección—, tanto en la zona occidental (170°E-140°W, 5°S-5°N) como oriental (170°W-100°W, 5°S-5°N), muestra valores mayores a su climatología. Ver Figura 7 (zona occidental) y 8 (zona oriental).

Según la información observada y la de los modelos numéricos de ondas, durante octubre se continuó observando en la franja ecuatorial la presencia de un paquete de ondas de Kelvin frías que alcanzaron la región oriental a fines de setiembre. Por otro lado, en el Pacífico central se observa una anomalía positiva, tanto del nivel del mar como de la profundidad de la termoclina que, según los modelos de ondas, sería la consecuencia del paso de una onda de Kelvin cálida. (Figura 4).

Ondas de Kelvin a lo largo de la costa peruana

Frente a la costa peruana y dentro de las 200 millas náuticas, en promedio, los vientos alisios estuvieron más intensos de lo normal. La TSM y el nivel del mar mostraron valores por debajo de sus normales; asimismo, bajo la superficie se observaron las mismas características en la temperatura, aunque fueron más intensas dentro de los 100 metros de profundidad, en promedio (ver Figura 12).

Sin el promedio de los últimos 365 días, la información diaria de DUACS a lo largo de la costa peruana mostró anomalías negativas del nivel del mar que serían el resultado del paso del paquete de ondas de Kelvin frías que iniciaron su llegada a finales de setiembre (Figura 11b). Según la información cada cinco días del flotador ARGO (No. 3901808), el cual se localizó entre las longitudes 81.2° y 81°W y entre las latitudes 8.3° y 9°S, y alrededor de las 130 millas náuticas frente a la costa norte del Perú, se observaron anomalías negativas en la parte superficial y anomalías positivas desde los 30 m hasta los 105 m de profundidad, en promedio (Figura 13).

Pronóstico a corto plazo con modelo de ondas y observaciones

Según los modelos de ondas, se espera que el paquete de ondas de Kelvin frías continúe influyendo en las variables oceánicas frente a la costa peruana durante todo noviembre e incluso gran parte de diciembre, esto significa la presencia de anomalías negativas tanto del nivel del mar como de la TSM, aunque dentro de su rango normal. Por otro lado, una onda de Kelvin cálida arribaría a la costa peruana en diciembre (Figura 9, 10 y 14).

Pronóstico estacional con modelos climáticos

Para la región Niño 1+2, los resultados de seis modelos climáticos de NMME (CFSv2, CanCM4i, GEM_NEMO, NASA, GFDL_SPEAR² y NCAR_CCSM4), con condiciones iniciales de noviembre y con una proyección a junio de 2022, muestran que los valores negativos alcanzan su máximo valor a finales de año, aunque dentro del rango normal (ver Tabla 5 y Figura 15).

² Desde febrero de 2021, el modelo GFDL_SPEARS (<https://www.gfdl.noaa.gov/spear/>) reemplazará a los modelos GFDL_CM2.1 y GFDL_FLOR.

“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres”
“Año del Bicentenario del Perú: 200 años de independencia”

Tabla 5. Pronósticos del ICEN con diferentes modelos climáticos usando condiciones iniciales de noviembre.

Modelo	SON	OND	NDE	DEF	EFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ
CFS2		-0.99	-1.03	-0.94	-0.78	-0.67	-0.52	-0.21	0.20
CanCM4i		-0.72	-0.63	-0.54	-0.42	-0.44	-0.48	-0.40	-0.17
GEM_NEMO		-0.87	-0.87	-0.75	-0.57	-0.41	-0.36	-0.25	-0.20
NASA		-1.25	-1.51	-1.56	-1.45	-1.27	-0.88	-0.42	0.04
GFDL_SPEARE		-0.86	-0.86	-0.75	-0.52	-0.37	-0.22	-0.03	0.21
NCAR_CCSM4		-0.93	-0.97	-0.90	-0.68	-0.45	-0.19	0.21	0.55
NMME		-0.94	-0.98	-0.91	-0.74	-0.60	-0.44	-0.18	0.11
ICENtmp	-0.80								

Para el Pacífico central (región Niño 3.4), según los resultados de los mismos modelos mencionados en el párrafo anterior, a partir de noviembre se esperarían condiciones frías hasta, por lo menos, mayo de 2022. Estos resultados indican el normal desarrollo de un evento La Niña en el Pacífico central de magnitud moderada, el que se extendería, por lo pronto, hasta otoño de 2022 (ver Tabla 6 y Figura 16).

Tabla 6. Pronósticos del ONI con diferentes modelos climáticos usando condiciones iniciales de noviembre.

Modelo	SON	OND	NDE	DEF	EFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ
CFS2		-1.40	-1.78	-1.86	-1.66	-1.26	-0.94	-0.73	-0.50
CanCM4i		-1.06	-1.14	-1.10	-0.91	-0.69	-0.55	-0.43	-0.27
GEM_NEMO		-1.06	-1.14	-1.11	-1.00	-0.80	-0.64	-0.50	-0.42
GFDL_SPEARE		-1.75	-2.37	-2.62	-2.33	-1.97	-1.46	-1.17	-0.87
NASA		-0.89	-0.82	-0.68	-0.53	-0.33	-0.14	0.02	0.13
NCAR_CCSM4		-1.15	-1.35	-1.46	-1.41	-1.11	-0.72	-0.44	-0.26
NMME		-1.22	-1.43	-1.47	-1.31	-1.01	-0.74	-0.54	-0.37
ONItmp	-0.90								

“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres”
“Año del Bicentenario del Perú: 200 años de independencia”

Conclusiones:

Según los valores del ICEN de setiembre y sus temporales de octubre y noviembre, las condiciones frente a la costa norte y centro del Perú fueron normales y se espera que continúen así en los siguientes dos meses. Por otro lado, según los valores del ONI de setiembre y los temporales de octubre y noviembre, las condiciones en el Pacífico central estarían evolucionando de un estado de fría débil a fría morada.

En el Pacífico ecuatorial los vientos alisios continúan intensos, principalmente en la zona occidental y central. En el caso de la temperatura superficial del mar (TSM), esta presenta anomalías negativas en la mayor parte del Pacífico ecuatorial. Contrariamente, la anomalía de la profundidad de la termoclina fue positiva tanto en el extremo occidental y oriental, no así en la zona central, donde se observaron valores negativos. La termoclina se encuentra más inclinada respecto a su normal y el contenido de calor se encuentra dentro de sus rangos normales.

Con respecto a la actividad de ondas de Kelvin oceánicas, según la información *in situ* y satelital, se observó la presencia de un paquete de ondas de Kelvin frías, las cuales contribuyeron a disminuir el nivel del mar y la TSM por debajo de sus valores normales frente a la costa peruana. Según los datos observados y resultados de los modelos de ondas, este escenario se mantendrá hasta noviembre e incluso diciembre. En la región central se observa una anomalía positiva, tanto en nivel del mar como en la profundidad de la termoclina que, según los resultados de los modelos de ondas, sería una onda cálida que, de continuar su desarrollo, arribaría a la costa peruana en diciembre. La magnitud de esta onda, por lo pronto, no es tan clara.

Los pronósticos de los modelos numéricos de las agencias internacionales indican que frente a la costa norte y centro del Perú se esperan, en promedio, valores negativos de las anomalías de la TSM, pero dentro del rango normal hasta, por lo pronto, junio de 2022. Estos mismos modelos pronostican que en el Pacífico central se tendrían condiciones frías hasta mayo de 2022. Esto indica, básicamente, la evolución normal del nuevo evento La Niña, la cual tendría una magnitud moderada y que se extendería —por lo pronto— hasta mayo de 2022. Esto, basado en las evidencias científicas, produciría un escenario de deficiencia de lluvias en los Andes del centro y sur del Perú en el mes noviembre, mientras que para el verano se tendría un escenario de lluvias con valores por encima de lo normal en la misma región.

"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres"
"Año del Bicentenario del Perú: 200 años de independencia"

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 Magister 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, 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", Inst. Geofísico del Perú, Enero, 1, 8-9.

"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres"
"Año del Bicentenario del Perú: 200 años de independencia"

- **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
- Urbina, B. y **K. Mosquera,** 2020: Implementación y validación de un modelo oceánico multimodal para la región ecuatorial del océano Pacífico. Boletín científico El Niño, Instituto Geofísico del Perú, Vol. 7 N° 01, pág. 13-20.

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

<https://repositorio.igp.gob.pe/>

Equipo

Kobi Mosquera, Dr. (responsable)

Jorge Reupo, Lic.

Gerardo Rivera, Bach.

Brayan Urbina, Bach.

Agradecimientos

A la Dra. Emily Becker (NOAA) y al Dr. Ben Kirtman (RSMAS) por su apoyo con los datos del proyecto NMME.

“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres”
“Año del Bicentenario del Perú: 200 años de independencia”

Figuras

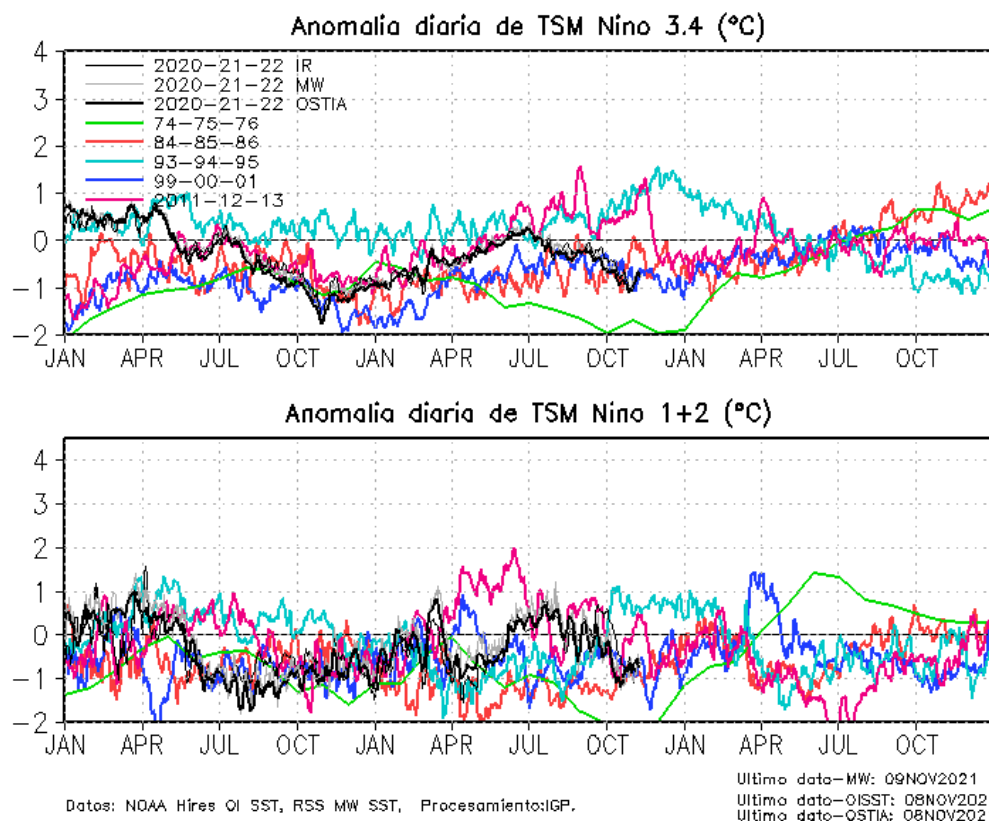
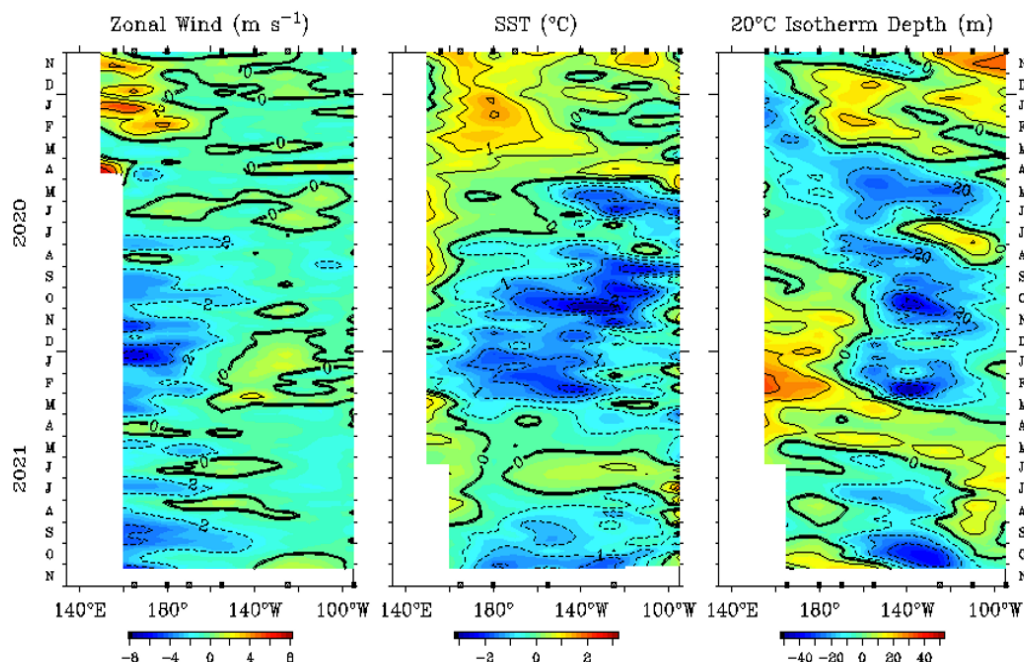


Figura 1. Series de tiempo de la anomalía diaria de la TSM en la región Niño 3.4 (arriba) y en la región Niño 1+2 (abajo). Las líneas en color negro (gruesa), gris y negro (fina) indican la evolución de la anomalía de la TSM en el presente año usando información infrarroja (IR), microondas (MW) y del producto OSTIA, respectivamente. Las líneas de color verde, rojo, celeste, azul y magenta indican la evolución de la anomalía de la TSM para los periodos 1973-1975, 1983-1985, 1992-1994, 1998-2000 y 2010-2012. Elaborado por el IGP.

“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres”

“Año del Bicentenario del Perú: 200 años de independencia”

Five Day Zonal Wind, SST, and 20°C Isotherm Depth Anomalies 2°S to 2°N Average



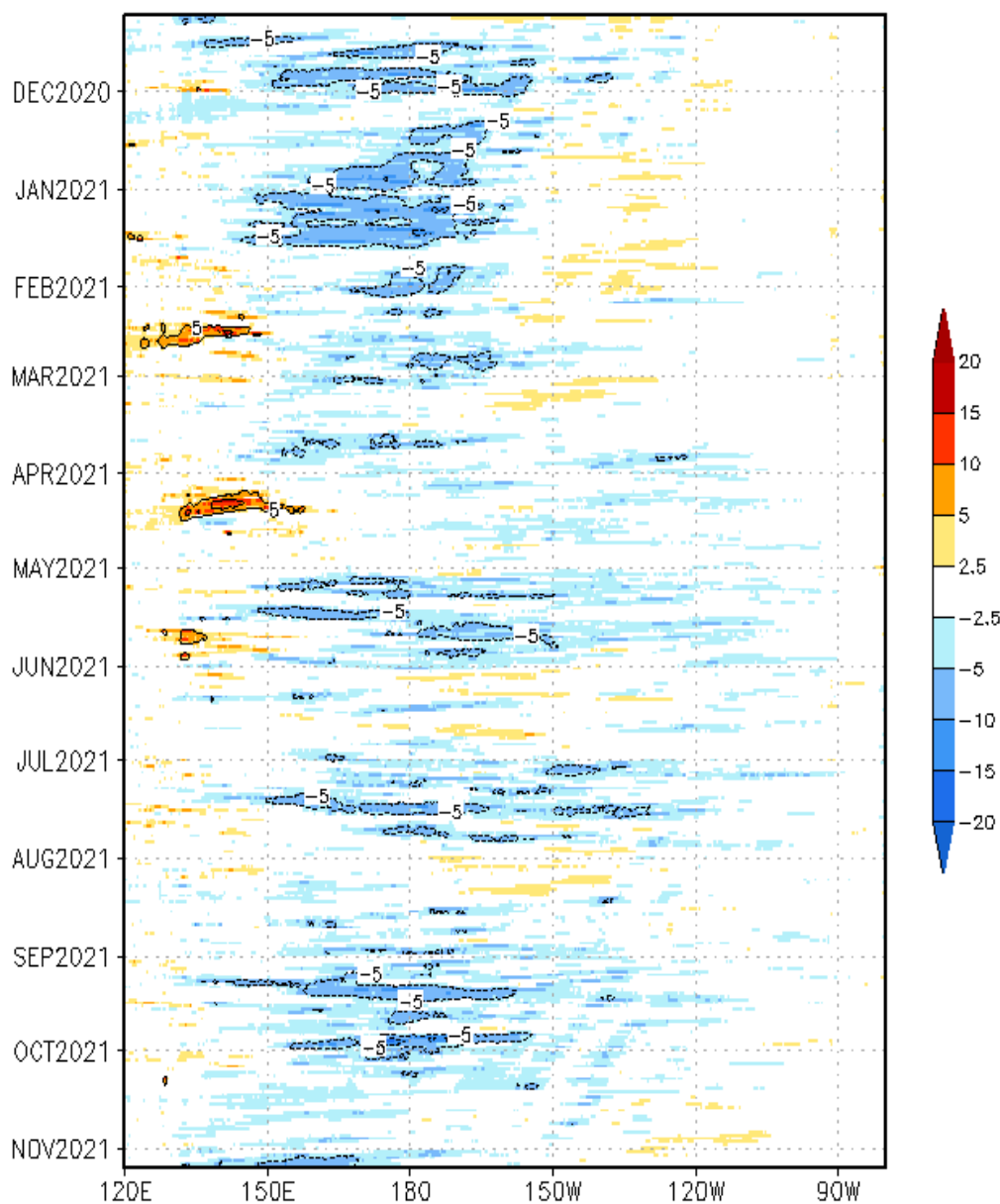
TAO Project Office/PMEL/NOAA

Nov 9 2021

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

"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres"
"Año del Bicentenario del Perú: 200 años de independencia"

Anomalia de esfuerzo de viento zonal (10^2Nm^{-2})
promediada entre 2S y 2N



Datos ASCAT, Procesamiento:IGP, Ultimo dato:07Nov2021
Clim corregida con ERA

Figura 3. Diagrama longitud-tiempo de las anomalías del esfuerzo de viento zonal ecuatorial que se obtiene de los datos del producto ASCAT hasta el 07 de noviembre de 2021. Elaborado por el IGP.

“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres”
“Año del Bicentenario del Perú: 200 años de independencia”

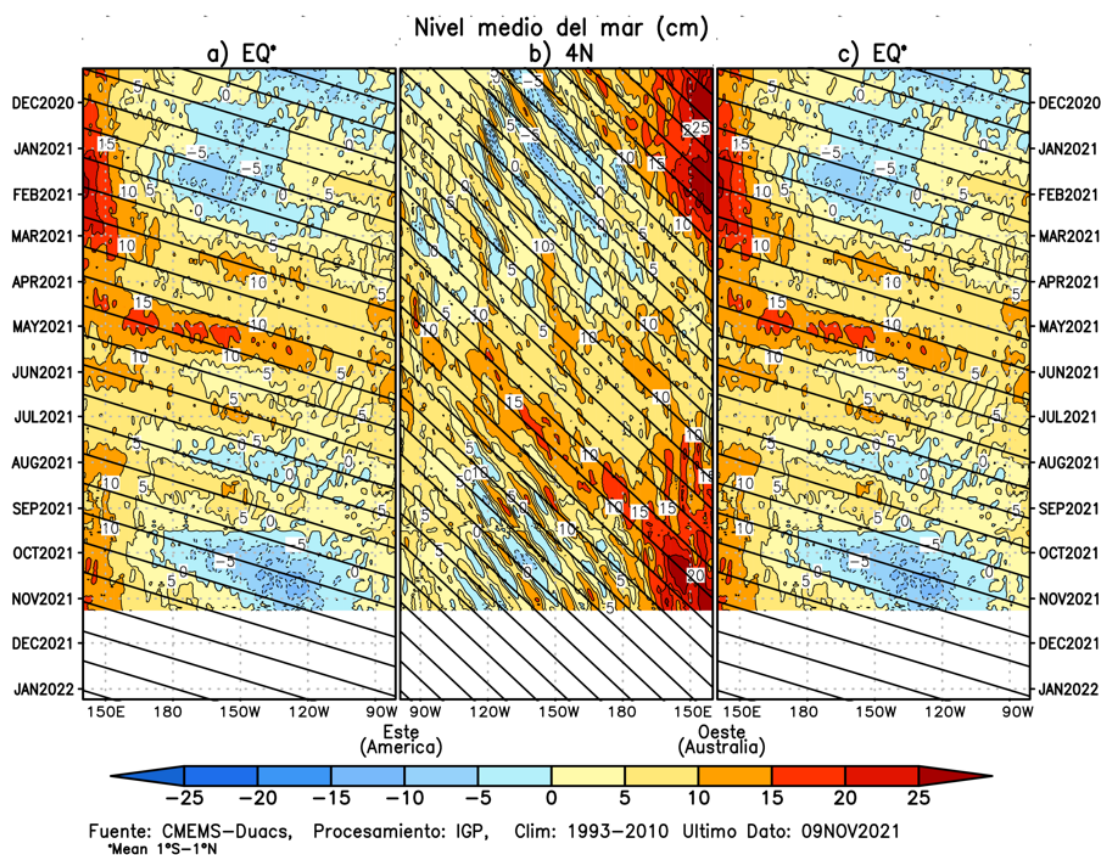


Figura 4. Diagramas longitud-tiempo de la anomalía del nivel medio del mar en el Pacífico ecuatorial usando el producto DUACS. Los paneles (a) y (c) son los mismos y representan la información a lo largo de la línea ecuatorial; mientras que (b), a lo largo de 4°S, pero con el eje zonal de este a oeste. Las líneas diagonales indican la trayectoria teórica de la onda de 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.

"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres"

"Año del Bicentenario del Perú: 200 años de independencia"

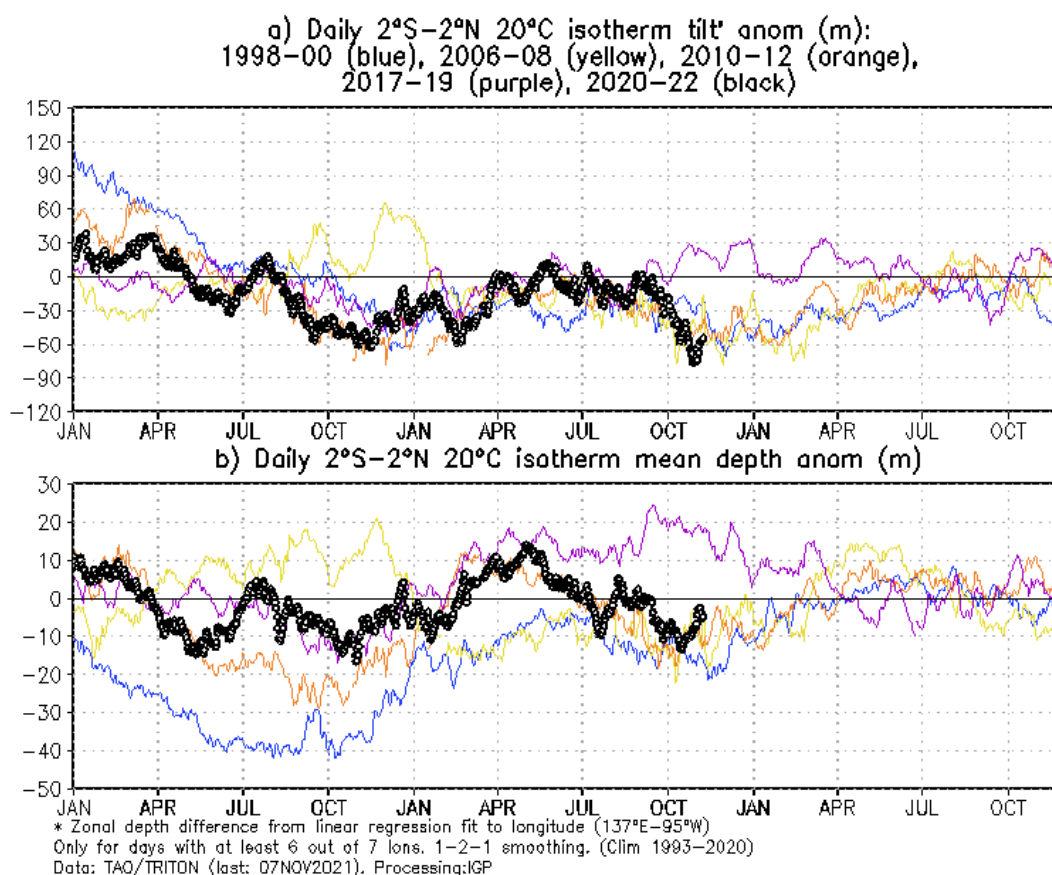


Figura 5. a) Inclinación de la termoclina y **b)** contenido de calor en el Pacífico ecuatorial (2°N y 2°S). La data usada para este cálculo proviene de las boyas TAO. Elaborado por el IGP.

“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres”
“Año del Bicentenario del Perú: 200 años de independencia”

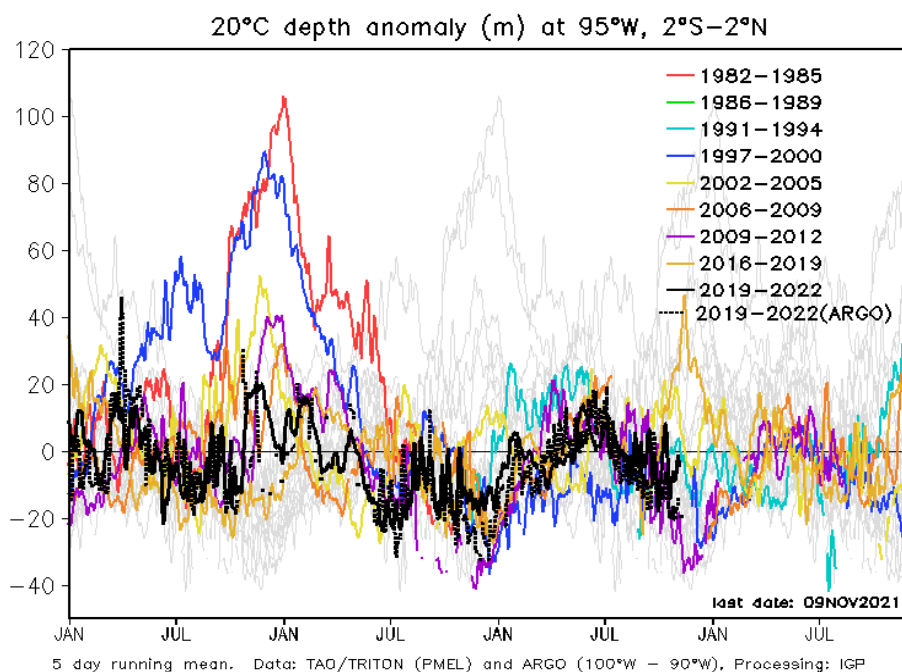


Figura 6. Anomalía de la profundidad de la isoterma de 20 °C (m) en 95°W y promediada entre 2°S y 2°N, con datos de ARGO (línea negra cortada) y TAO (línea negra continua). Elaborado por el IGP.

“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres”

“Año del Bicentenario del Perú: 200 años de independencia”

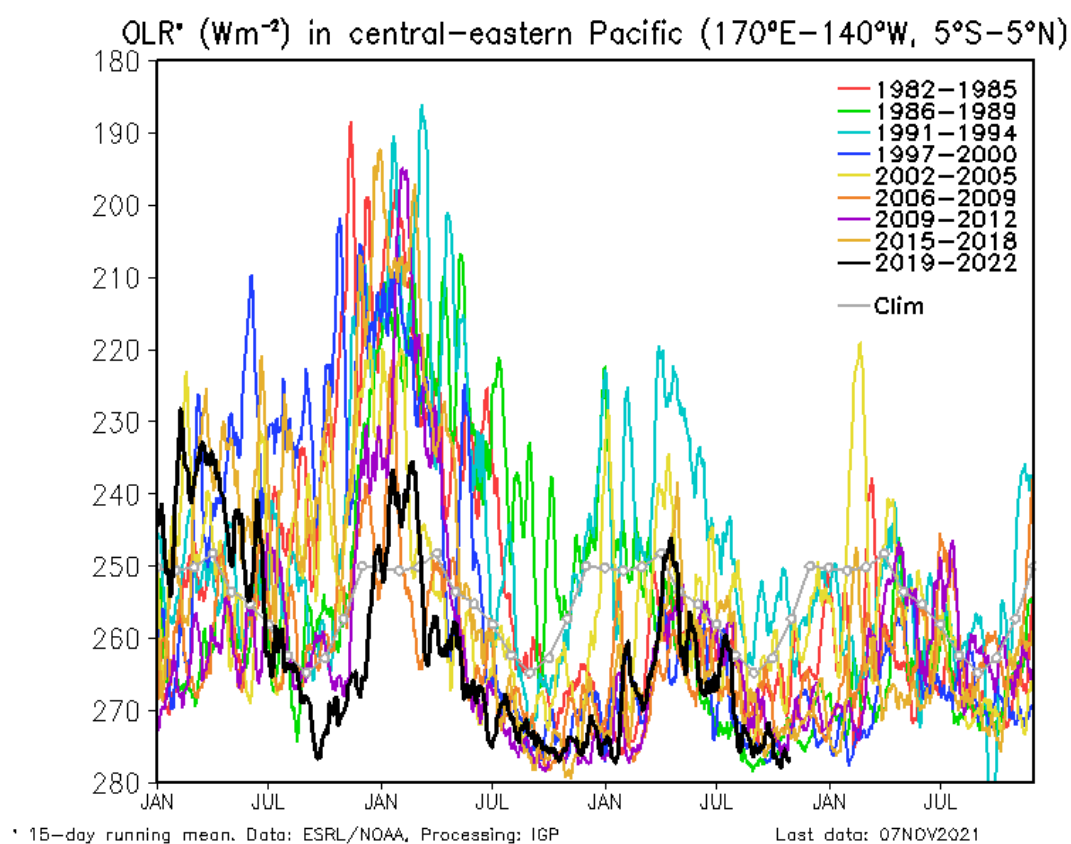


Figura 7. Actividad convectiva en el Pacífico central oriental (170°E – 140°W y 5°S – 5°N) en base a la información de OLR. Elaborado por el IGP.

“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres”

“Año del Bicentenario del Perú: 200 años de independencia”

OLR* (Wm^{-2}) in central-eastern Pacific (170°W – 100°W , 5°S – 5°N)

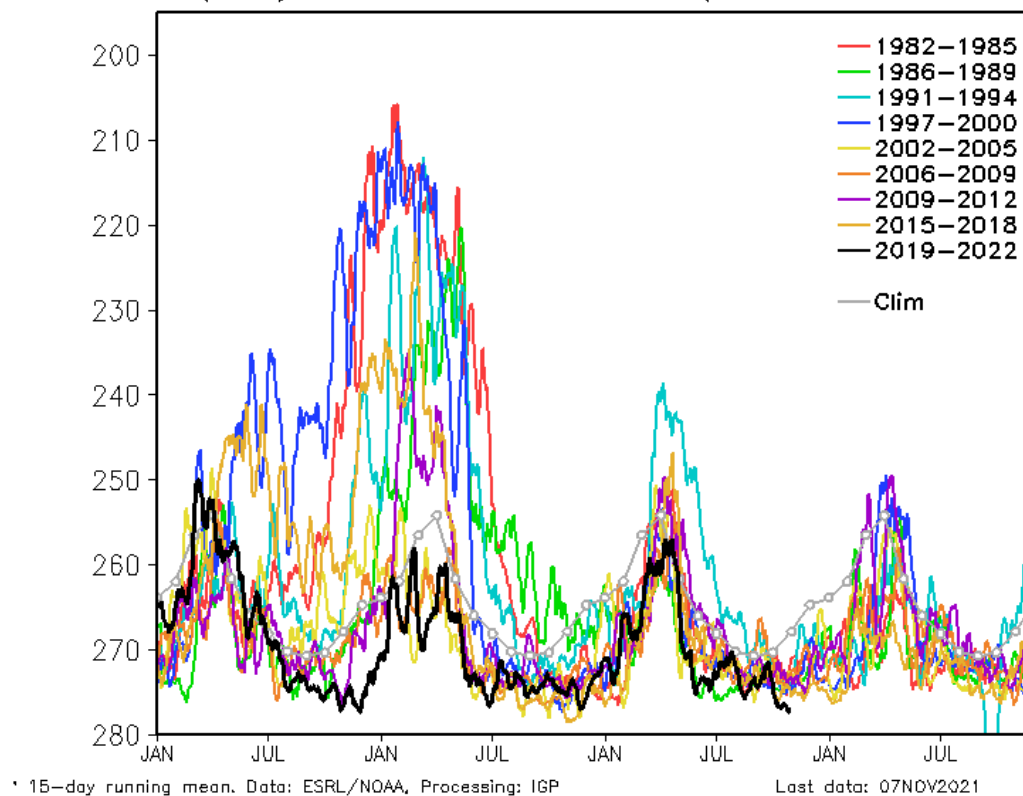


Figura 8. Actividad convectiva en el Pacífico central oriental (170°W – 100°W y 5°S – 5°N) en base a la información de OLR. Elaborado por el IGP.

“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres”
“Año del Bicentenario del Perú: 200 años de independencia”

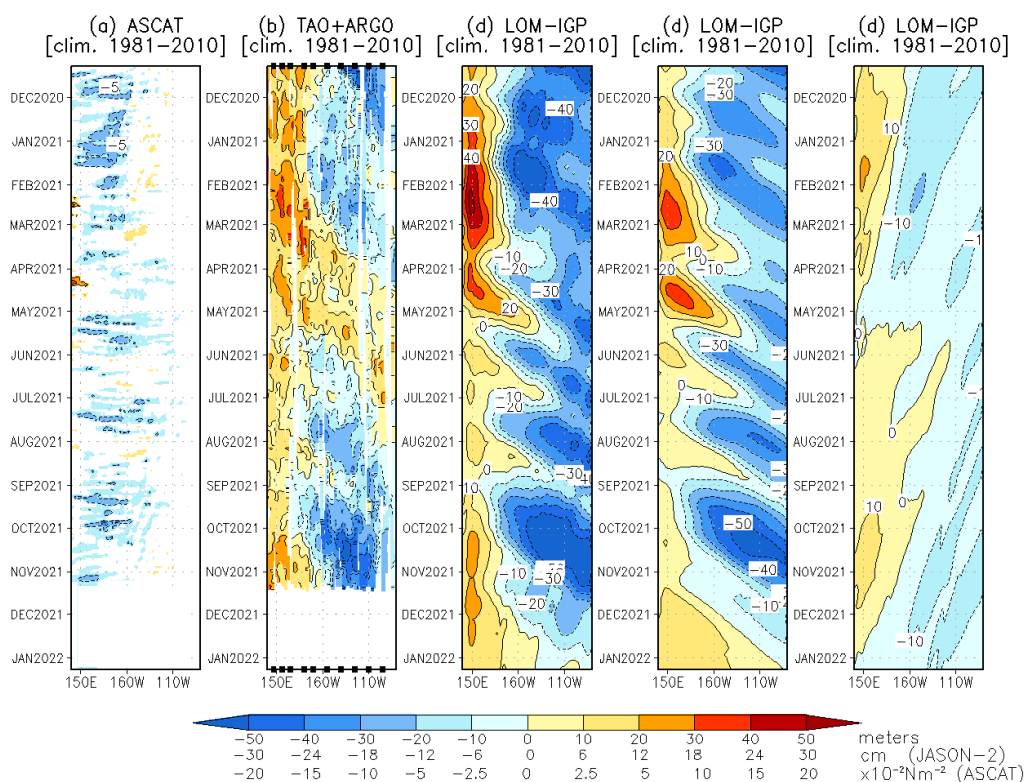


Figura 9. Diagrama longitud-tiempo de las anomalías de esfuerzo de viento zonal ecuatorial basado en datos de ASCAT (primer panel), anomalía de la profundidad de la isoterma de 20°C obtenido de los datos de las boyas de TAO y de los flotadores de ARGO (segundo panel), diagrama de la onda de Kelvin y Rossby (tercer panel), diagrama de la onda de Kelvin (cuarto panel) y finalmente diagrama de la onda de Rossby (quinto panel), las que fueron calculadas con el modelo LOM-IGP (forzado por ASCAT, y $\tau=0$ para el pronóstico). Elaborado por el IGP.

“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres”
“Año del Bicentenario del Perú: 200 años de independencia”

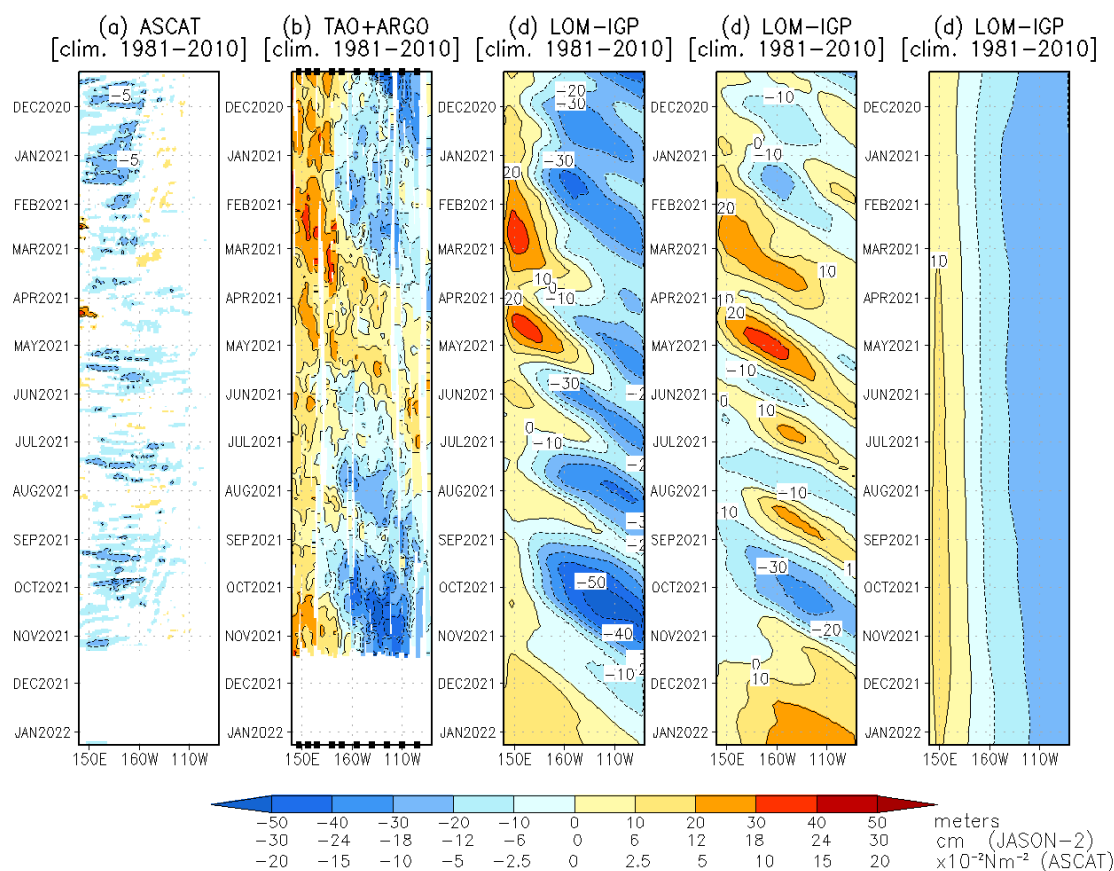


Figura 10. De izquierda a derecha: diagrama longitud-tiempo de las anomalías de esfuerzo de viento zonal ecuatorial basado en datos de ASCAT (primer panel); anomalía de la profundidad de la isoterma de 20°C obtenido de los datos de las boyas de TAO y de los flotadores de ARGO (segundo panel); onda de Kelvin (tercer panel), onda de Kelvin intraestacional (cuarto panel), onda de Kelvin interanual multiplicado por un factor de dos (quinto panel). Las tres imágenes de la derecha son los resultados numéricos de un modelo oceánico lineal, forzado con información de vientos de ASCAT. Elaborado por el IGP.

“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres”
“Año del Bicentenario del Perú: 200 años de independencia”

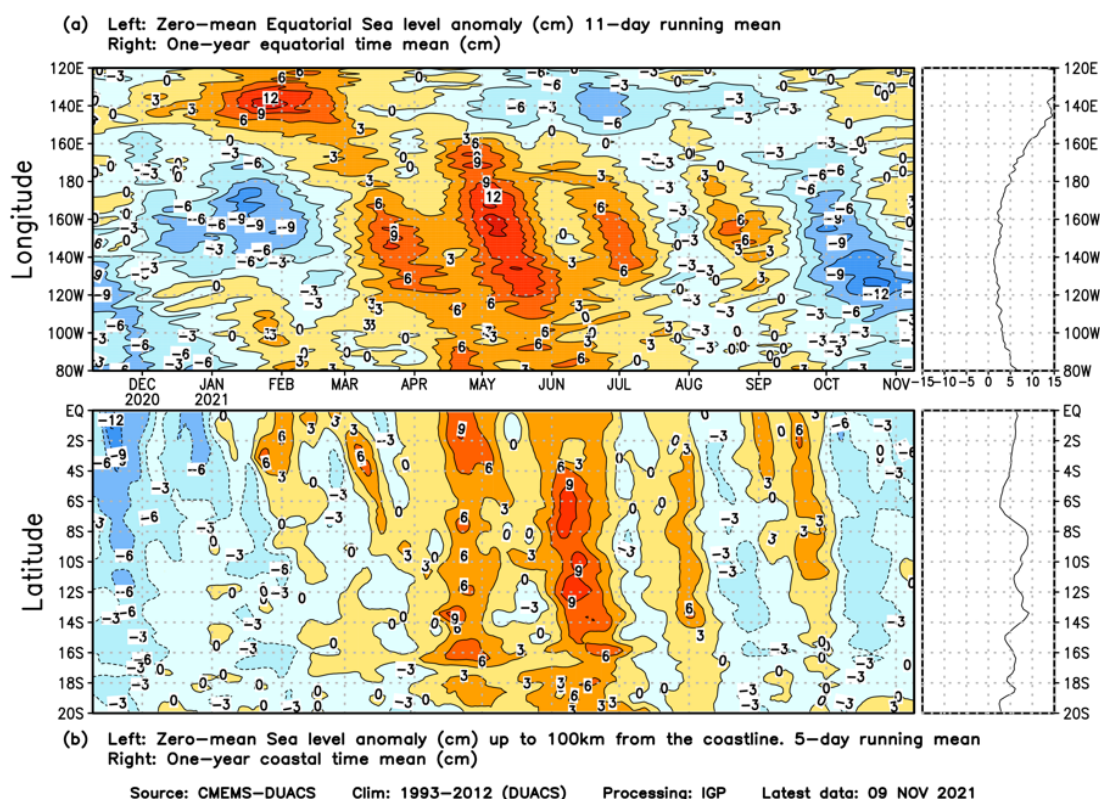


Figura 11. Anomalía centrada del nivel del mar a lo largo de la franja ecuatorial (Figura superior-izquierda) y a lo largo de la costa peruana (Figura inferior-izquierda). A la derecha se muestra el promedio de los últimos 365 días en la franja ecuatorial (superior) y a lo largo de la costa (inferior),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

“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres”
“Año del Bicentenario del Perú: 200 años de independencia”

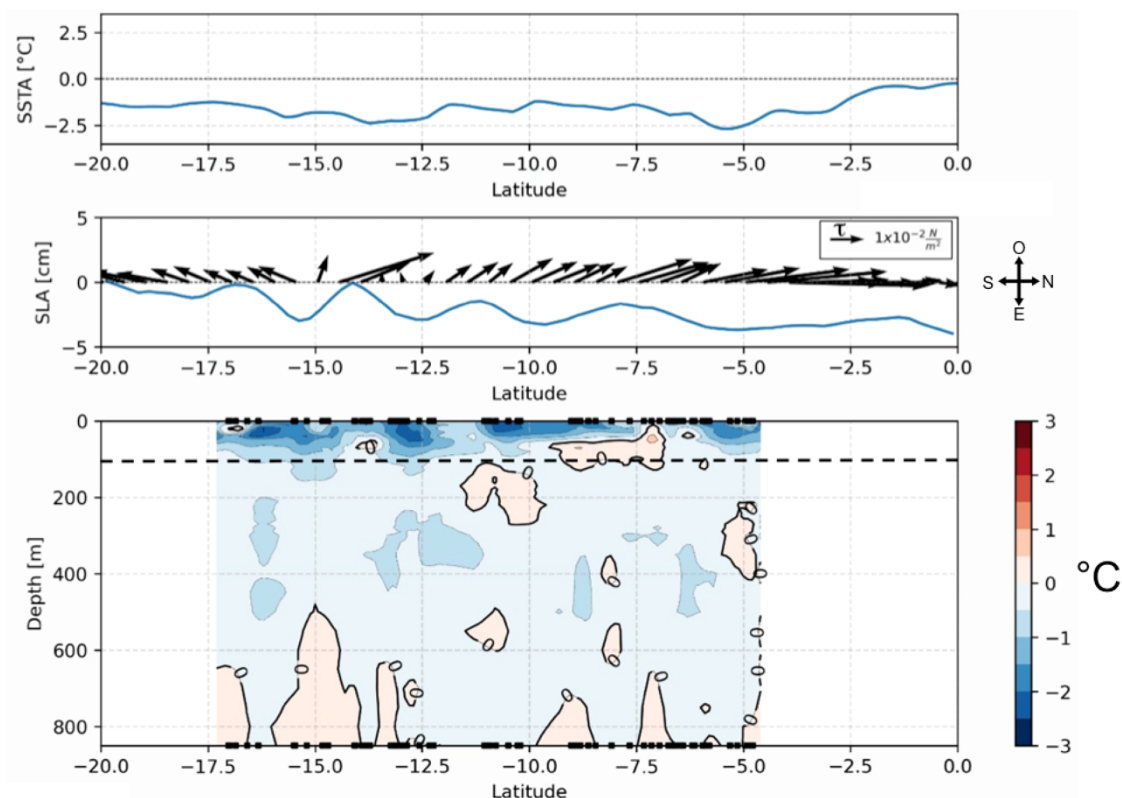


Figura 12. Variables a lo largo de la costa promediadas en los últimos 30 días y dentro de las 200 millas náuticas. De arriba abajo: 1) anomalía de la TSM obtenida del producto OSTIA; 2) anomalías del nivel del mar (línea azul) y esfuerzo de viento (vectores) de los productos DUACS y Blended, respectivamente, y 3) anomalía de la temperatura del mar obtenida de los flotadores ARGO. En el segundo panel, la relación entre el tamaño y la magnitud del vector se indica en el extremo superior izquierdo, mientras que la dirección y sentido se entienden por medio de los puntos cardinales que se localizan a la derecha.

“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres”
“Año del Bicentenario del Perú: 200 años de independencia”

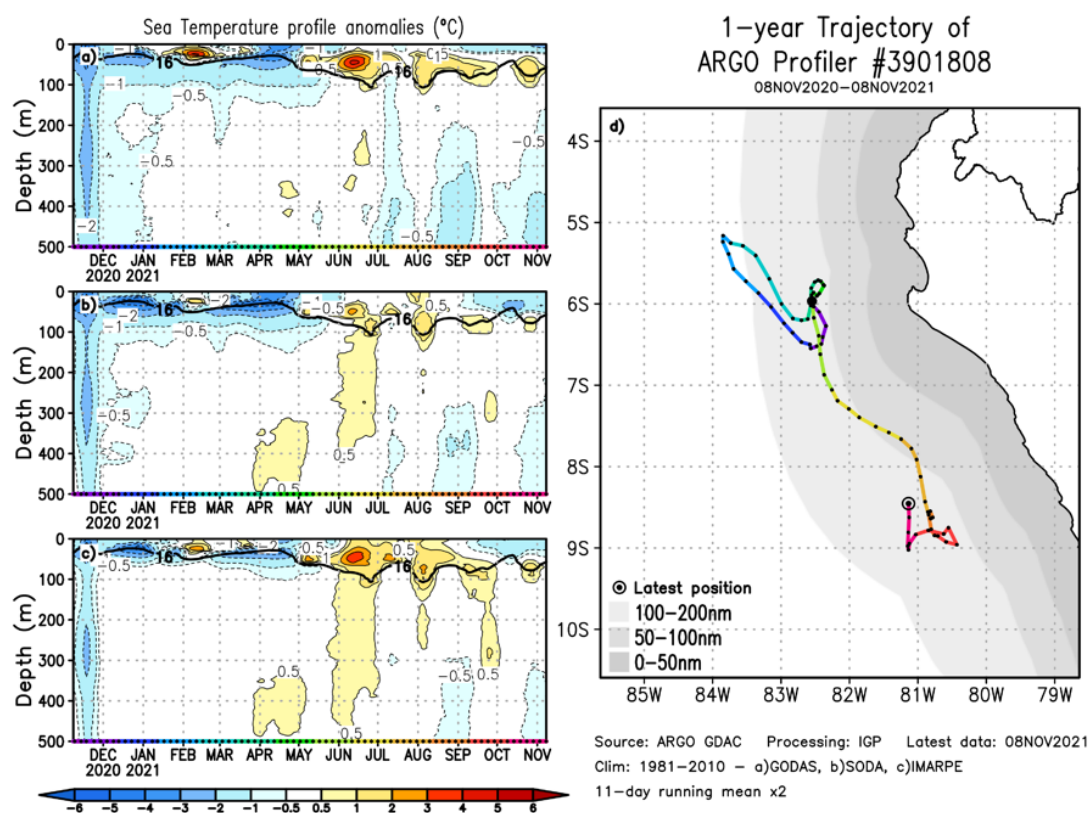


Figura 13. A la izquierda se aprecia la anomalía de la temperatura del mar hasta los 500 metros de profundidad, calculada de los datos del flotador ARGO No. 3901808. Esta anomalía se calcula en base a la climatología (1981-2010) de: (a) GODAS, (b) SODA e (c) IMARPE. A la derecha se aprecia la trayectoria del flotador en el último año. Cada color indica un periodo de aproximadamente 30 días, en donde el círculo abierto representa la última posición del flotador. Elaborado por el GP.

“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres”
“Año del Bicentenario del Perú: 200 años de independencia”

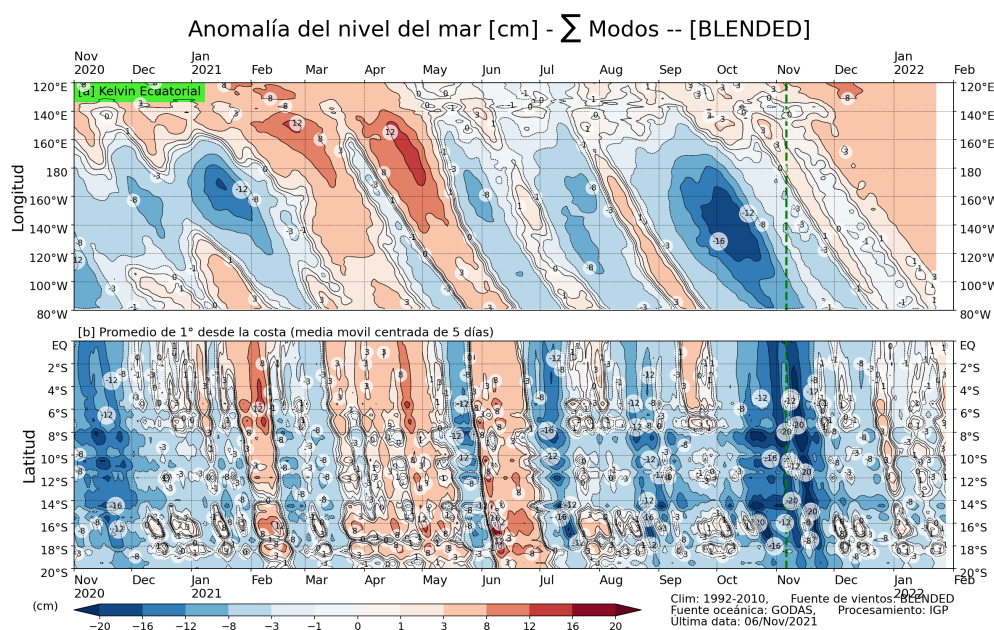


Figura 14. Simulación numérica de la anomalía del nivel del mar a lo largo de la franja ecuatorial del océano Pacífico (panel superior) y a lo largo de la costa peruana (panel inferior). Esta simulación se realizó con el modelo oceánico multimodal forzado con el producto de vientos denominado *Blended*. Elaborado por el IGP.

“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres”
“Año del Bicentenario del Perú: 200 años de independencia”

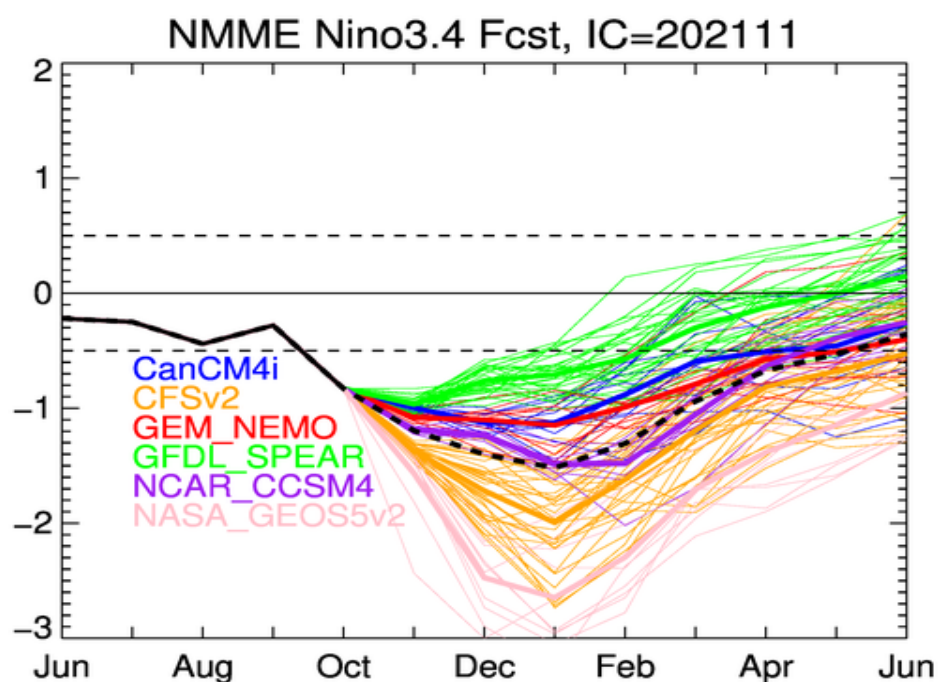


Figura 15. Índice Costero El Niño (ICEN, línea negra con círculos llenos, fuente ERSSTv5) y sus valores temporales (ICENV5tmp, rojo con círculo lleno). Además, pronósticos numéricos del ICEN (media móvil de 3 meses de las anomalías pronosticadas de TSM en Niño 1+2) por diferentes modelos climáticos. Los pronósticos de los modelos CFSv2, CanCM4i, GEM_NEMO, NASA, GFDL_SPEAR y NCAR_CCSM4 tienen como condición inicial de noviembre de 2021. Fuente: IGP, NOAA, NMME.

“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres”
“Año del Bicentenario del Perú: 200 años de independencia”

Condiciones Iniciales de Noviembre 2021

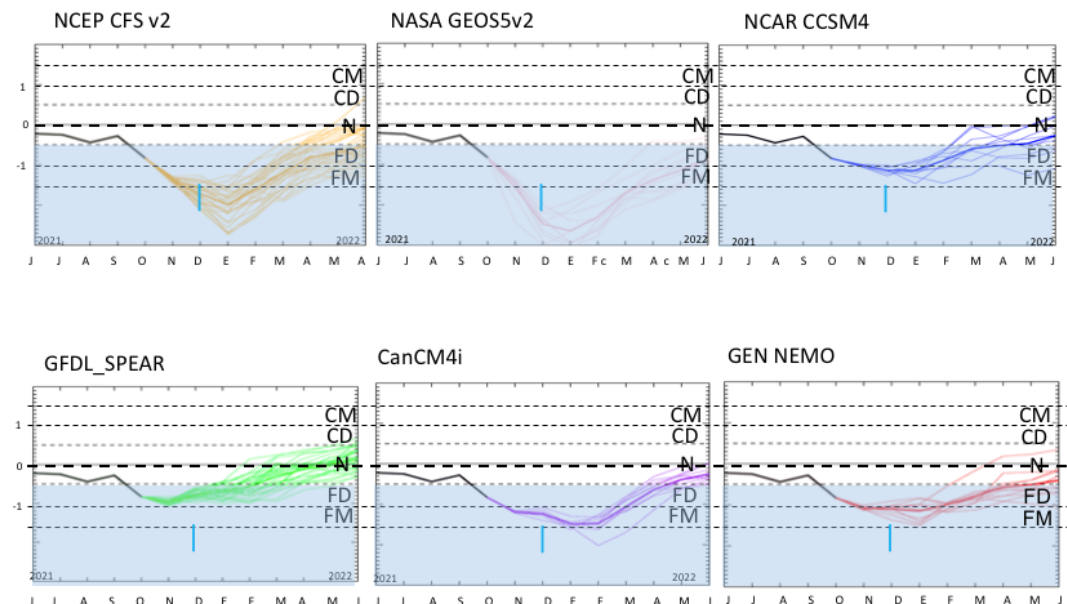


Figura 16. Índice Niño 3.4 mensual observado (líneas de color plomo) y pronosticado por los modelos de NMME (líneas de distintos colores). Fuente: NMME.