

“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/2021-03**

**20/04/2021**

**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 febrero ( $-0.83\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) representa una condición climática neutra para dicho mes. Esta misma condición climática, basada en los valores del ICEN temporal (ICETmp), se tendría para los meses de marzo y abril. Por otro lado, para el Pacífico central, el valor del Índice Oceánico Niño (ONI, por sus siglas en inglés) para el mes de febrero de 2021 ( $-0.94\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) representa una condición fría débil, la cual se extendería, según los valores temporales del ONI, hasta abril.

En la región del Pacífico ecuatorial oriental, según la información, se observa la presencia, tanto de ondas de Kelvin cálidas como frías las que, de manera simultánea, afectaron la costa americana durante marzo e inicios de abril. Asimismo, se observa la presencia de otra onda de Kelvin cálida en  $100^{\circ}\text{W}$  acercándose a la costa americana, seguida de otra onda de Kelvin fría, que se localiza actualmente entre  $180^{\circ}$  y  $160^{\circ}\text{W}$ . Estas ondas deben arribar a la costa americana entre abril y mayo.

Las predicciones numéricas de los seis modelos climáticos de NMME (North American Multi-Model Ensemble), inicializados con la información oceánica y atmosférica del mes de abril de 2021, continúan indicando frente a la costa peruana, en promedio y hasta octubre de 2021, valores por debajo de su normal, pero sin llegar al rango de las condiciones frías débiles. En el Pacífico central, la mayoría de los resultados de los modelos de NMME indican que las condiciones frías débiles solo se mantendrían hasta el mes de abril de 2021 para luego pasar, en promedio, a condiciones neutras que se extenderían, al menos, hasta agosto de 2021. Estos resultados indicarían el fin del evento La Niña 2020-2021 en el mes de abril de 2021. Luego de este periodo, según los mismos modelos, se estaría pasando nuevamente a un periodo de condiciones frías débiles. Cabe señalar que los pronósticos de estos modelos más allá de abril o mayo son menos precisos debido a la barrera de predictibilidad.

“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 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 encargado de la presidencia de la comisión multisectorial del ENFEN, para ser utilizado como insumo en la evaluación periódica que dicha comisión realiza. El informe técnico generado posteriormente por la comisión multisectorial del ENFEN será la información oficial sobre el monitoreo y pronóstico del fenómeno El Niño y asociados en el Perú.

## Índice Costero El Niño (ICEN)

Utilizando la versión 5 de la información reconstruida y extendida de la temperatura superficial del mar (TSM), que se denomina ERSSTv5, se calculó el ICEN (región Niño 1+2) para el mes de febrero de 2021, el cual indica una condición neutra (ver Tabla 1).

Para calcular el ICEN se utilizan los datos que son denominados 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 (columnas 3 y 4).

Año	Mes	ICEN	Categoría
2020	Noviembre	-0.83	Neutra
2020	Diciembre	-0.88	Neutra
2021	Enero	-0.86	Neutra
2021	Febrero	-0.83	Neutra

Para los siguientes dos meses se generan versiones preliminares y temporales del ICEN (ICENtmp), las cuales se calculan del promedio de los pronósticos de la anomalía de la TSM de NMME (North American Multi-Model Ensemble) 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 marzo y abril de 2021.

Año	Mes	ICENtmp	Categoría
2021	Marzo	-0.78	Neutra
2021	Abril	-0.63	Neutra

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

Según los valores del ICENtmp, para el mes de marzo y abril de 2021, se esperarían condiciones neutras. Estos resultados se confirmarán en los siguientes meses.

### Índice Oceánico Niño (ONI)

Para el Pacífico central (región Niño 3.4), el ONI (*Ocean Niño Index* en inglés; <http://www.cpc.ncep.noaa.gov/data/indices/oni.ascii.txt>) del mes de febrero de 2021, actualizado por la NOAA, es de  $-0.94$  °C, lo cual corresponde a una condición fría débil<sup>1</sup>.

**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 (°C)	Categoría
2020	Noviembre	-1.32	Fría moderada
2020	Diciembre	-1.19	Fría moderada
2021	Enero	-1.06	Fría moderada
2021	Febrero	-0.94	Fría débil

Los valores estimados del ONI (ONItmp) de marzo y abril de 2021, combinando datos observados y pronósticos de NMME, indican condiciones frías débiles (ver Tabla 4).

**Tabla 4.** Estimados preliminares del ONI (ONItmp)

Índice Oceánico Niño temporales			
Año	Mes	ONItmp (°C)	Categoría
2021	Marzo	-0.77	Fría débil
2021	Abril	-0.56	Fría débil

### Diagnóstico del Pacífico ecuatorial

En el mes de marzo de 2021, en la región Niño 3.4 las anomalías diarias de la TSM fueron negativas y oscilaron entre  $-0.7$  °C y  $-0.3$  °C (Figura 1a). En lo que respecta a la región Niño 1+2, las anomalías alcanzaron un máximo de  $0.9$  °C y un mínimo de  $-1.1$  °C (Figura 1b). Conforme a la información mensual obtenida de las boyas del proyecto TAO (Tropical Atmosphere Ocean Project, <https://www.pmel.noaa.gov/gtmba/pmel-theme/pacific-ocean-tao>) a lo largo del Pacífico ecuatorial, se siguen observando anomalías positivas (negativas) del viento al este (oeste) de  $160^{\circ}\text{W}$  (Figura 2a). Con respecto a la anomalía de la TSM, se observaron anomalías negativas en la mayor parte de la región, aunque con una tendencia a la normalización (Figura 2b). Finalmente, en cuanto a la profundidad de la isoterma de  $20^{\circ}\text{C}$ , esta mantiene anomalías negativas (positivas) al este (oeste) de  $150^{\circ}\text{W}$  (Figura 2c).

<sup>1</sup> Los umbrales para establecer la categoría de condiciones cálidas o frías débiles, moderadas, fuertes y muy fuertes usando el ONI son  $\pm 0.50$ ,  $\pm 1.00$ ,  $\pm 1.50$ , y  $\pm 2.00$ , respectivamente (Nota Técnica ENFEN No. 02-2015).

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

Según la información diaria del esfuerzo de viento zonal ecuatorial del producto ASCAT (Advanced SCATterometer), se observaron pulsos débiles de viento del este en los primeros días del mes, entre 165°E-165°W, y en tercera semana del mes, entre 160°E-165°W. Por otro lado, en la zona occidental y alrededor de la primera semana del mes de abril, entre 130 y 160°E, se desarrolló un pulso de viento del oeste (ver Figura 3). Según la información de los datos de TAO, la termoclina se encuentra, en promedio, ligeramente más inclinada de lo normal y con una tendencia a su estado normal (Figura 5a), mientras que el contenido de calor muestra valores positivos (Figura 5b). En la región oriental, la anomalía de la profundidad de la termoclina, deducida de la información de la boya de TAO en 95°W, mostró en promedio una anomalía cercana a su climatología pero con una tendencia positiva (Figura 6).

La información de OLR (Outgoing Longwave Radiation) en la región occidental (170°E-140°W, 5°S-5°N) y oriental (170°W-100°W, 5°S-5°N) continúa indicando valores superiores a su climatología, lo cual está relacionado a una deficiencia de precipitación, sin embargo, en los últimos días de marzo los valores de OLR estuvieron próximos a su climatología. Esta información se puede apreciar en la Figura 7 (región occidental) y Figura 8 (región oriental).

Basado en la información del producto DUACS (Data Unification and Altimeter Combination System), la Figura 4 muestra que las ondas de Kelvin cálidas estuvieron presentes en el Pacífico ecuatorial oriental durante el mes de marzo e inicios de abril. Por otro lado, según la anomalía de la profundidad de la isoterma de 20 °C que se obtuvo de la información de los flotadores ARGO, el paquete de ondas de Kelvin frías, el cual se habría debilitado al acercarse a la costa americana, también estuvo presente en la región oriental del Pacífico en los meses de marzo e inicios de abril (Figura 9b y 10b).

Adicionalmente, se observa la presencia de una nueva onda de Kelvin cálida en 100°W. Esta onda se habría formado como consecuencia de la reflexión de una onda de Rossby cálida en el zona del Pacífico occidental (ver Figura 9 y 10). Finalmente, el pulso de viento del este, que se presentó en la quincena del mes de marzo, habría generado una nueva onda de Kelvin fría que, según la información *in situ* (Figura 4) y de los modelos numéricos (Figura 13), se localiza entre 180° y 160°W.

### Ondas de Kelvin a lo largo de la costa peruana

La información procesada de DUACS a lo largo de la costa peruana (Figura 11) durante marzo muestra anomalías positivas del nivel del mar que serían el resultado del paso de ondas de Kelvin cálidas. Sin embargo, se logra apreciar una disminución de estas anomalías a mediados de marzo, lo que estaría relacionado al paso de las ondas de Kelvin frías durante el mismo periodo. Esta hipótesis se basa en la información obtenida del flotador ARGO (No. 3901231); el cual se localizó durante marzo a 45 millas náuticas frente a Piura. Este instrumento midió, en promedio, anomalías negativas dentro de los 120 m de profundidad en la mayor parte del mes de marzo (ver Figura 12 a y b).

### Pronóstico a corto plazo con modelo de ondas y observaciones

Según el resultado del modelo de ondas forzado con el producto *blended*, se espera que la onda de Kelvin cálida incremente el nivel del mar durante el mes de abril e inicios de mayo. Luego, esta misma variable podría disminuir hasta fines de mayo como consecuencia del paso de una onda de Kelvin fría. Es posible que el pulso de viento del oeste de inicios de abril amplifique la señal de una onda de Kelvin cálida, producida por la reflexión de una onda de Rossby cálida, y esta logre cruzar el Pacífico ecuatorial y arribe a la costa peruana a partir de junio (Figura 13).

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

### Pronóstico estacional con modelos climáticos

Para la región Niño 1+2, según los resultados de los seis modelos climáticos de NMME (CFSv2, CanCM4i, GEM\_NEMO, NASA, GFDL\_SPEAR<sup>2</sup> y NCAR\_CCSM4), con condiciones iniciales del mes de abril de 2021 y con una proyección hasta octubre, se espera que se mantengan los valores negativos aunque dentro del rango normal y con una lenta tendencia positiva hasta el mes de julio. Luego de julio, se aprecia una tendencia negativa. Sin el resultado del modelo de la NASA, el cual siempre muestra un sesgo negativo, el promedio se mantiene en condiciones neutras, pero con anomalías positivas entre junio y setiembre (ver Tabla 5 y Figura 14).

Para el Pacífico central (región Niño 3.4), según los mismos modelos mencionados en el párrafo anterior, se espera, en promedio, que las condiciones frías débiles estén presentes solo hasta el mes de abril, lo cual indicaría el fin del evento La Niña. Entre los meses de mayo y agosto se esperan condiciones neutras, pero luego condiciones frías débiles al menos hasta octubre. Los valores del modelo de la NASA continúan siendo los más fríos del grupo NMME (ver Tabla 6 y Figura 15).

Hay que señalar que los pronósticos a partir de abril y mayo de cada año son menos precisos debido a la “barrera de predictibilidad”.

**Tabla 5.** Pronósticos del ICEN con diferentes modelos climáticos utilizando condiciones iniciales de abril de 2021.

Modelo	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON
CFS2		-0.45	-0.12	0.17	0.23	0.14	-0.05	-0.25
CanCM4i		-0.39	0.00	0.34	0.65	0.65	0.45	0.16
GEM_NEMO		-0.10	0.40	0.59	0.50	0.30	0.15	0.02
NASA		-1.46	-2.01	-2.20	-2.13	-1.85	-1.55	-1.43
GFDL_SPEARE		-0.77	-0.33	0.34	0.56	0.49	0.35	0.20
NCAR_CCSM4		-0.64	-0.32	0.02	0.05	-0.14	-0.33	-0.47
NMME		-0.63	-0.40	-0.12	-0.02	-0.07	-0.16	-0.30
ICENtmp	-0.83							

<sup>2</sup> 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 6.** Pronósticos del ONI con diferentes modelos climáticos utilizando condiciones iniciales de abril de 2021.

	<i>EFM</i>	<i>FMA</i>	<i>MAM</i>	<i>AMJ</i>	<i>MJJ</i>	<i>JJA</i>	<i>JAS</i>	<i>ASO</i>
<i>CFS2</i>		-0.42	-0.18	-0.19	-0.35	-0.51	-0.63	-0.66
<i>CanCM4i</i>		-0.51	-0.19	0.09	0.25	0.24	0.08	-0.13
<i>GEM_NEMO</i>		-0.70	-0.64	-0.60	-0.53	-0.49	-0.48	-0.48
<i>GFDL_SPEARE</i>		-0.95	-1.27	-1.53	-1.55	-1.49	-1.65	-1.85
<i>NASA</i>		-0.42	-0.08	0.14	0.21	0.14	-0.02	-0.21
<i>NCAR_CCSM4</i>		-0.34	-0.07	-0.06	-0.21	-0.40	-0.61	-0.78
<i>NMME</i>		-0.56	-0.41	-0.36	-0.36	-0.42	-0.55	-0.69
<i>ONItmp</i>	-0.77							

## Conclusiones

1. El ICEN para el mes de febrero de 2021 (-0.83) y los valores temporales para marzo (-0.78) y abril (-0.63) de 2021 se encuentran dentro de las condiciones neutras.
2. En el Pacífico central, el ONI de febrero de 2021 (-0.94) y los valores temporales para los meses de marzo (-0.77) y abril (-0.56) corresponden a condiciones frías débiles.
3. La información de OLR (relacionada con la actividad convectiva) en las regiones del Pacífico occidental (170°E-140°W, 5°-5°N) y oriental (170°-100°W 5°S-5°N) continúa mostrando valores superiores a su climatología, es decir, menos precipitación de lo normal, sin embargo para finales de mes muestra una tendencia hacia sus valores climatológicos.
4. Hasta la fecha, en la región del Pacífico ecuatorial, se siguen observando anomalías positivas (negativas) del viento al este (oeste) de 160°W. La ATSM aún se mantiene con valores negativos en la mayor parte de esta región, aunque con una tendencia a la normalización. La profundidad de la isoterma de 20°C mantiene anomalías negativas (positivas) al este (oeste) de 150°W.
5. Según los datos de TAO, en marzo, en promedio, se desarrollaron anomalías de viento del este (oeste), localizados al este (oeste) de 160°W. La información diaria de ASCAT muestra dos pulsos de viento débiles del este al inicio y fin de marzo en el Pacífico central; mientras que en la primera semana del mismo mes se observó un pulso de viento del oeste en la región oriental.
6. Basado en los datos de TAO a lo largo de la franja ecuatorial, la termoclina se mantiene ligeramente más inclinada de lo normal, aunque con una tendencia a su estado normal. Por otro lado, el contenido de calor muestra valores positivos.



PERÚ

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”

7. En la zona ecuatorial oriental del Pacífico, según la información de la altimetría satelital, se continuó observando la presencia de ondas de Kelvin cálidas entre marzo e inicios de abril.
8. Asimismo, según la anomalía de la profundidad de la termoclina que se calcula con la información de ARGO, la onda de Kelvin fría también ha estado presente durante el mes de mayo e inicios de abril.
9. Se ha desarrollado otra onda de Kelvin cálida, que se habría formado como parte de la reflexión de una onda de Rossby cálida en la zona del Pacífico occidental, la cual continúa desplazándose hacia la costa americana. En la actualidad se localiza en 100°W.
10. A lo largo de la costa, durante el mes de marzo, el nivel del mar, según información satelital, muestra valores positivos durante el mes de marzo. Parte de esto podría deberse al paso de la onda de Kelvin cálida indicada en los párrafos anteriores.
11. La información del flotador ARGO frente a Piura, indica anomalías negativas en los primeros 120 metros de profundidad durante la mayor parte del mes de marzo. Esto estaría relacionado al paso de la onda de Kelvin fría.
12. Según el resultado del modelo de ondas forzado con el producto *blended*, se espera que la onda de Kelvin cálida incremente el nivel del mar durante el mes de abril e inicios de mayo. Luego, esta misma variable podría disminuir hasta fines de mayo como consecuencia del paso de una onda de Kelvin fría.
13. Es posible que el pulso de viento de inicios de abril amplifique la señal de una onda de Kelvin cálida, producto de la reflexión de una onda de Rossby cálida, y esta logre cruzar el Pacífico ecuatorial y arribar a la costa peruana a partir de junio.
14. Para el Pacífico oriental (región Niño 1+2), los resultados de los seis modelos de NMME con condiciones iniciales de abril 2021 indican, en promedio, condiciones neutras entre los meses de abril y octubre de 2021, sin embargo, sus anomalías se mantendrían negativas.
15. Para el Pacífico central (región Niño 3.4), los modelos de NMME indican condiciones frías débiles para el mes de abril, condiciones neutras entre los meses de mayo y agosto, y, nuevamente, condiciones frías débiles para los meses de setiembre y octubre.
16. Hay que tener en cuenta que los pronósticos más allá de los meses de abril o mayo están influenciados por la “barrera de predictibilidad”, la cual provoca que los pronósticos sean menos precisos.



PERÚ

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”

## 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, 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, 8-9.





PERÚ

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”

- **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 se pueden encontrar en:

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

### Equipo

Kobi Mosquera, Dr. (responsable)

Jorge Reupo, Lic.

Gerardo Rivera, Bach.

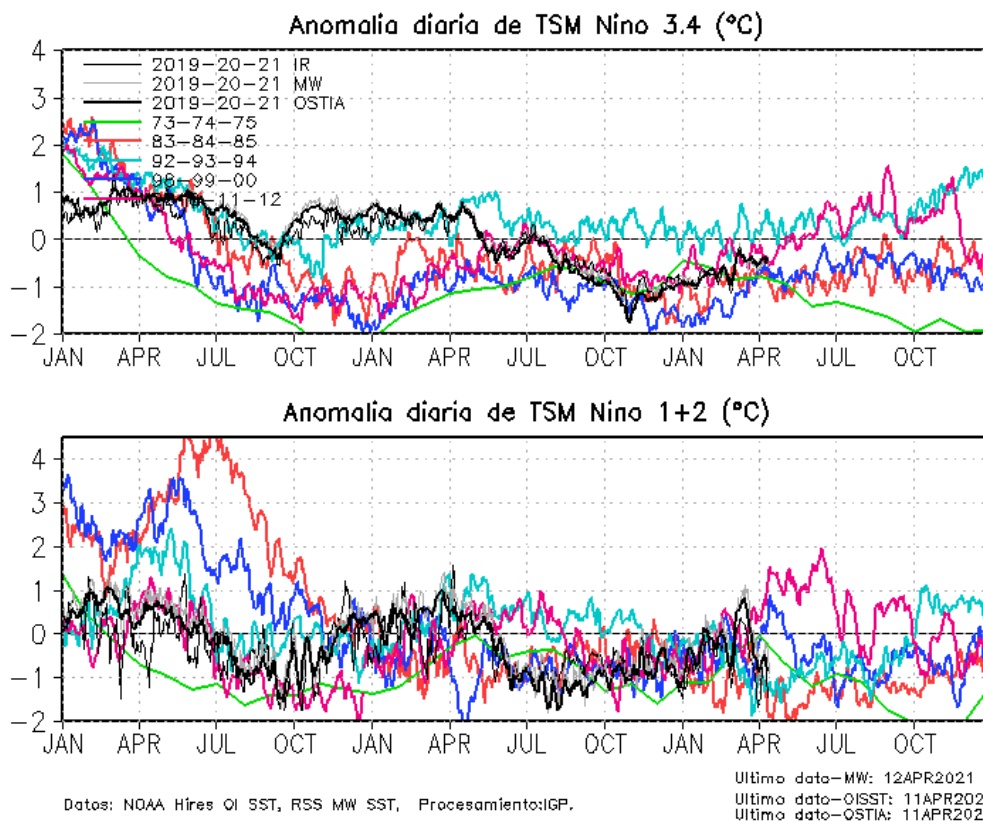
Brayan Urbina, Bach.

### Agradecimientos

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

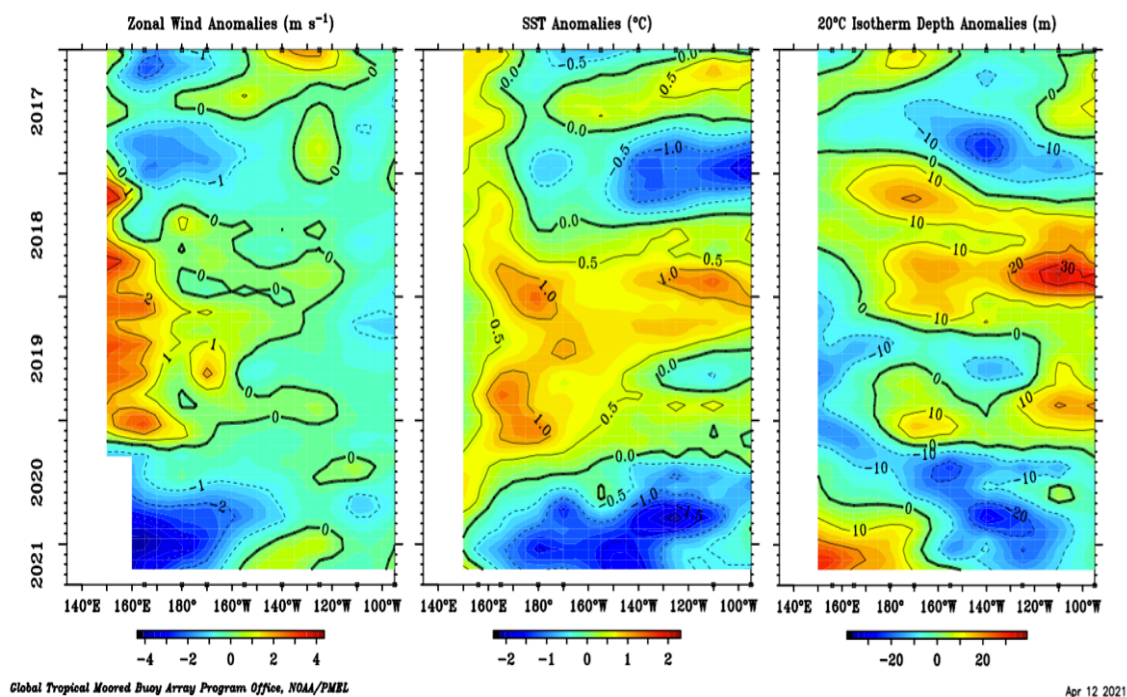
“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres”  
“Año del Bicentenario del Perú: 200 años de independencia”

## 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.

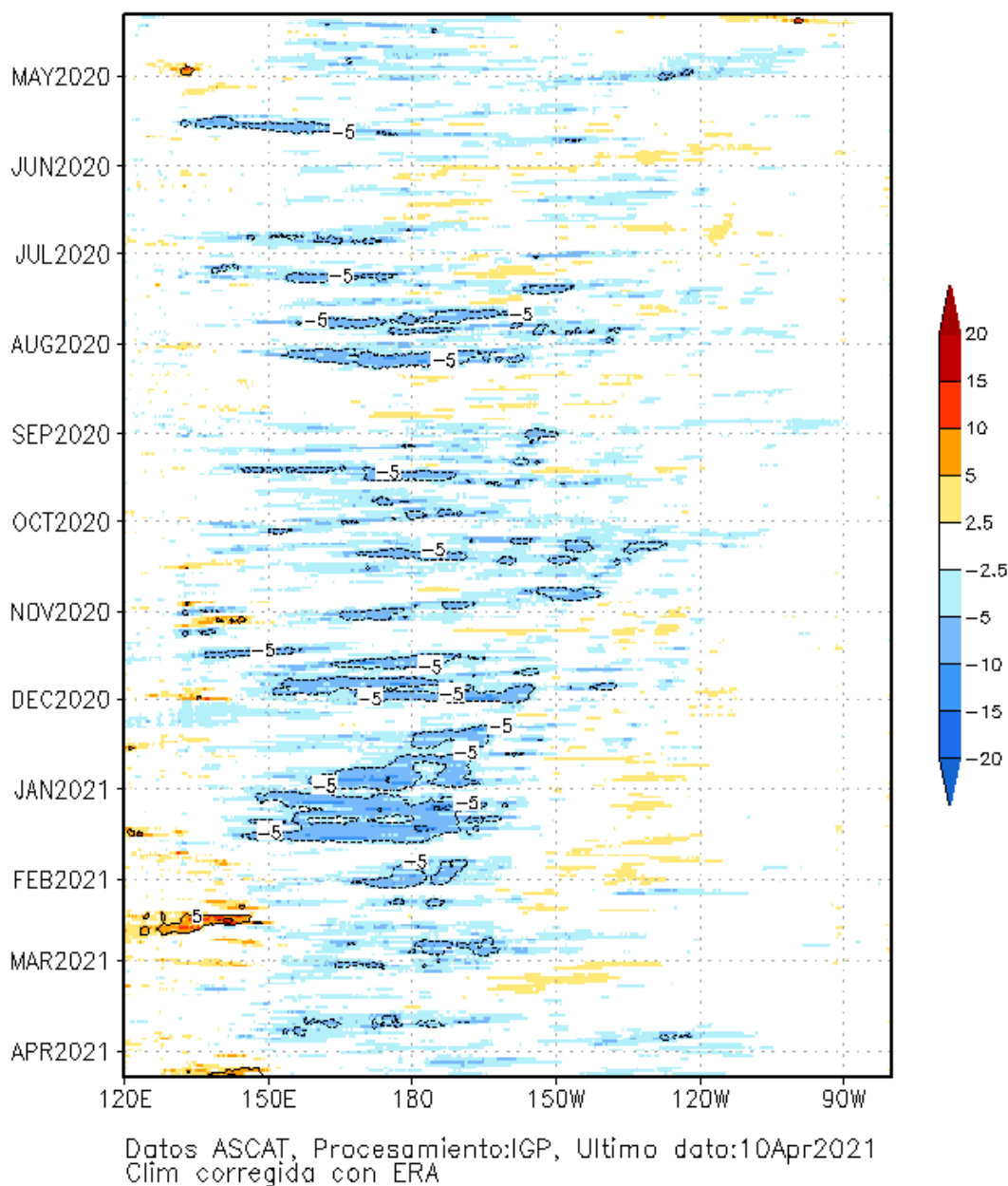
“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres”  
“Año del Bicentenario del Perú: 200 años de independencia”



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

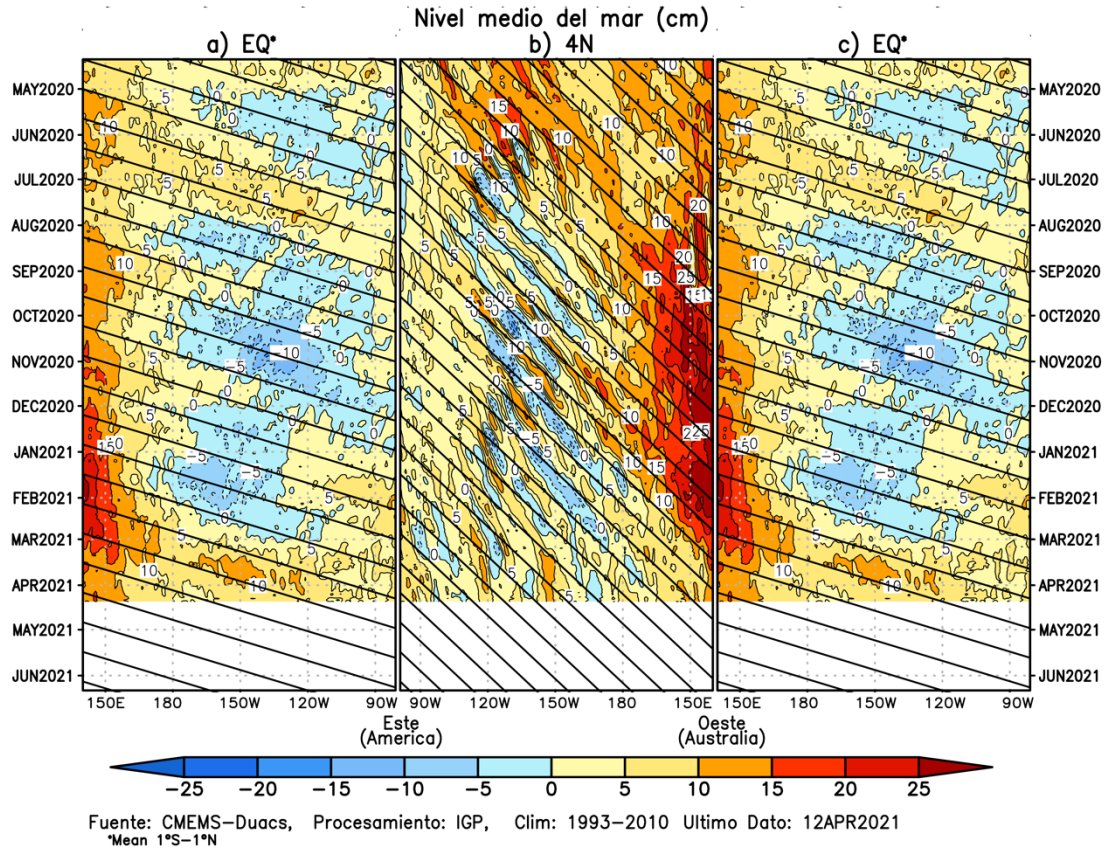
“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres”  
“Año del Bicentenario del Perú: 200 años de independencia”

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



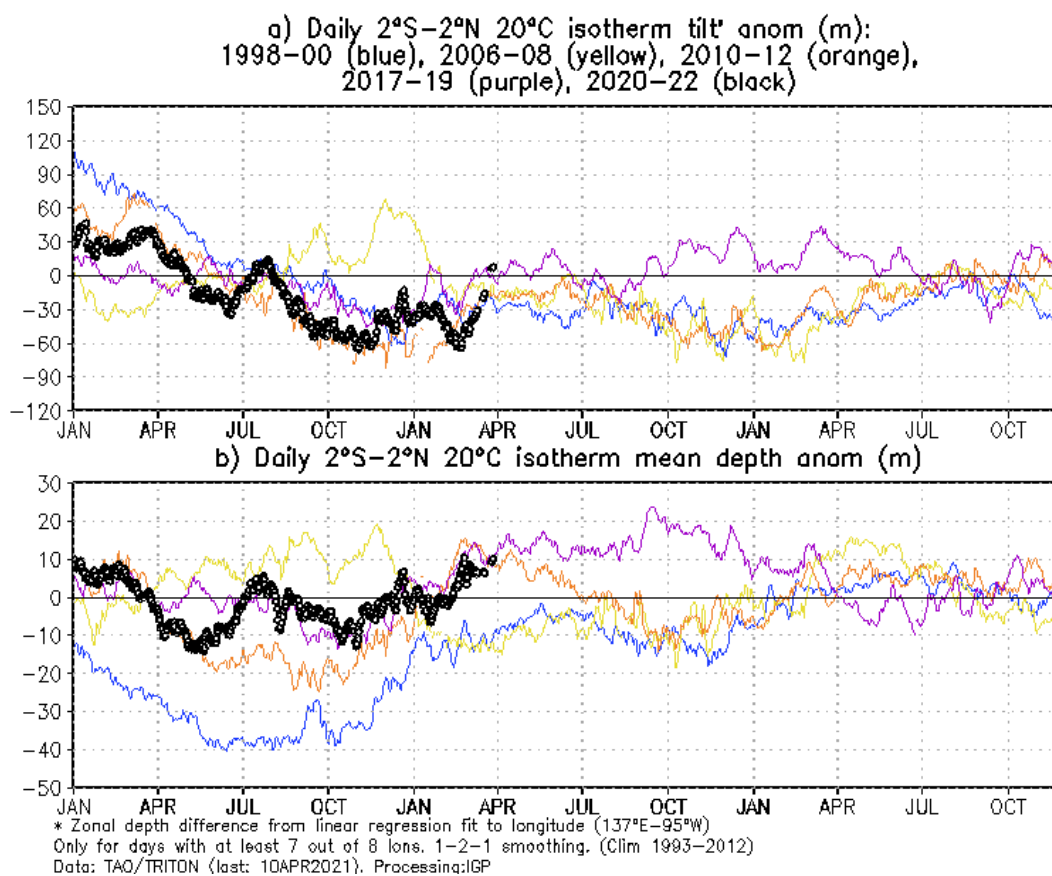
**Figura 3.** Diagrama longitud-tiempo de las anomalías del esfuerzo de viento zonal ecuatorial que se obtiene de los datos del producto ASCAT hasta el 10 de abril de 2021. Elaborado por el IGP.

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



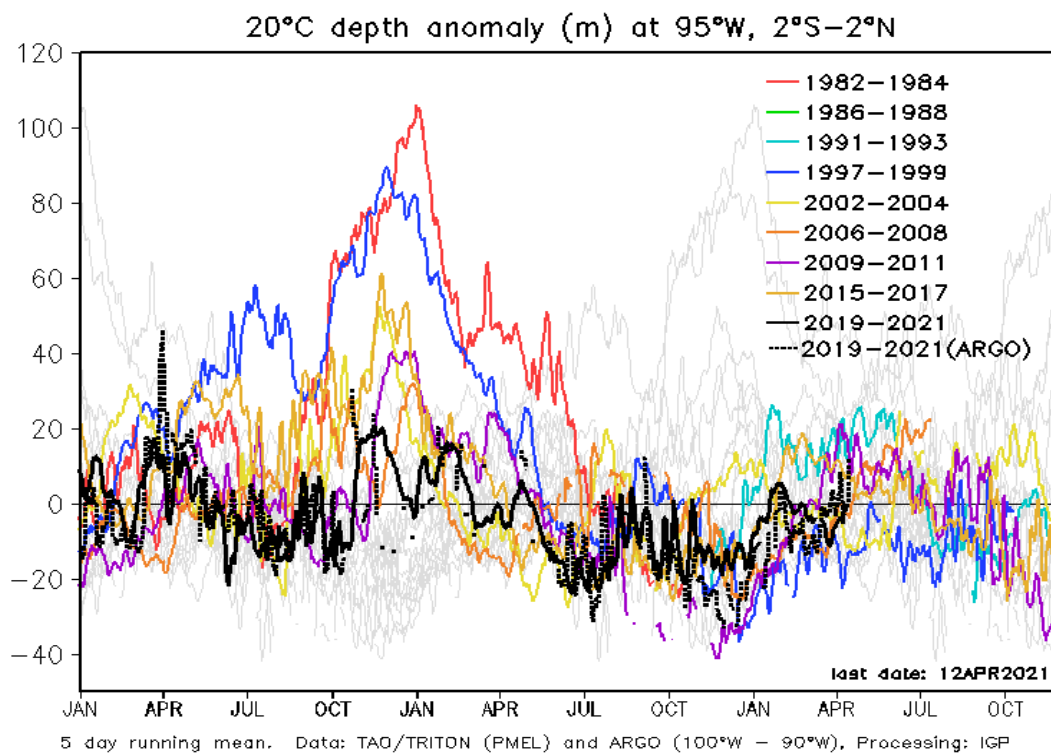
**Figura 4.** Diagramas longitud-tiempo de la anomalía del nivel medio del mar en el Pacífico ecuatorial usando el producto DUACS. Los paneles (a) y (c) son los mismos y representan la información a lo largo de la línea ecuatorial; mientras que (b), a lo largo de 4°N, pero con el eje zonal de este a 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”



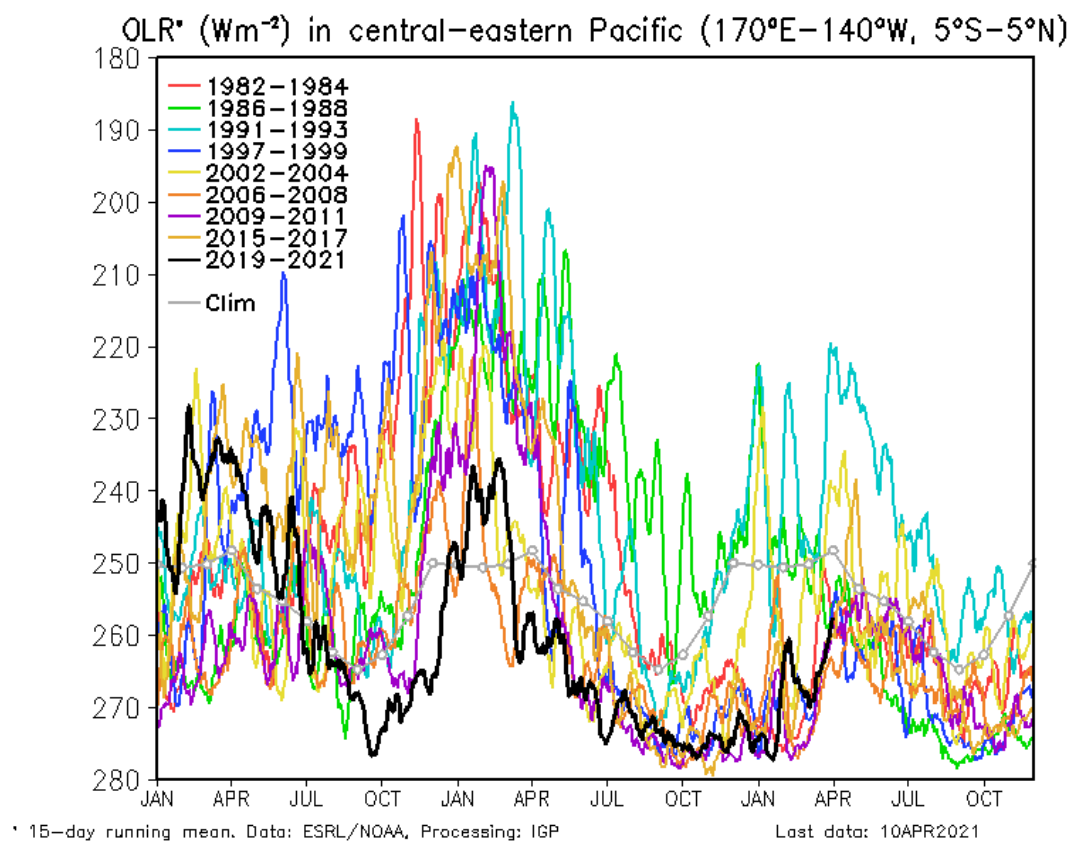
**Figura 5. a)** Inclinación de la termoclina y **b)** contenido de calor en el Pacífico ecuatorial (2°N y 2°S). La data usada para este cálculo proviene de las boyas TAO. Elaborado por el IGP.

“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”

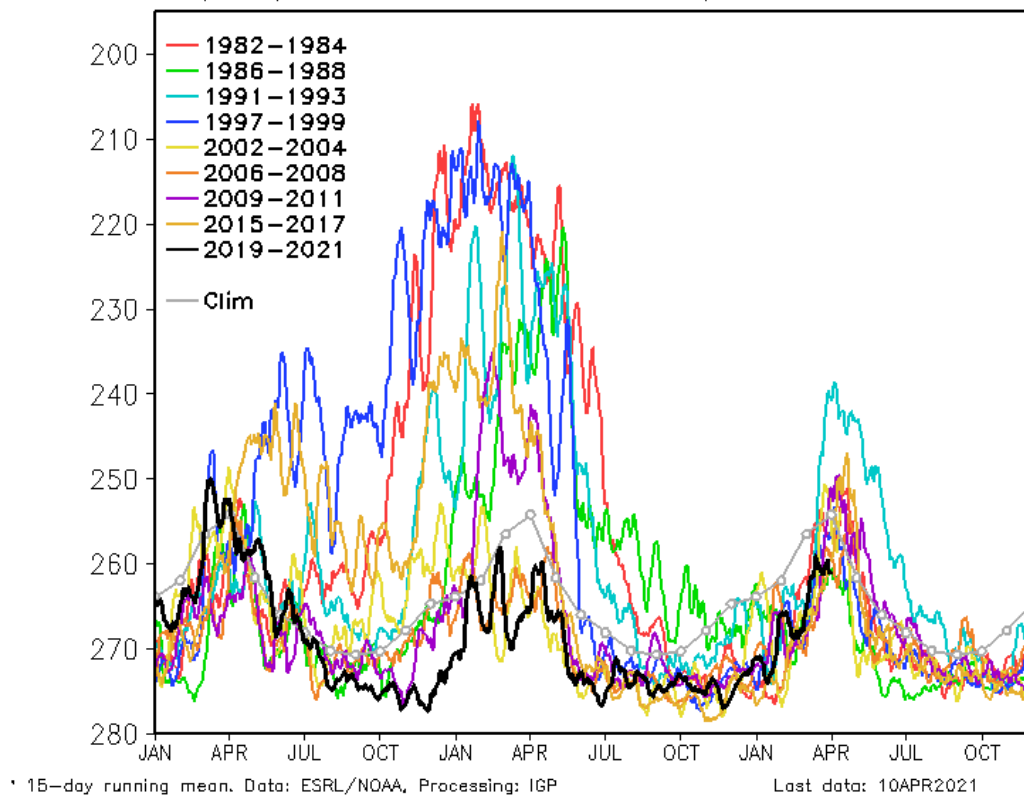


**Figura 7.** Actividad convectiva en el Pacífico central oriental ( $170^{\circ}\text{E}-140^{\circ}\text{W}$  y  $5^{\circ}\text{S}-5^{\circ}\text{N}$ ) en base a la información de OLR (Outgoing Longwave Radiation). Elaborado por el IGP.



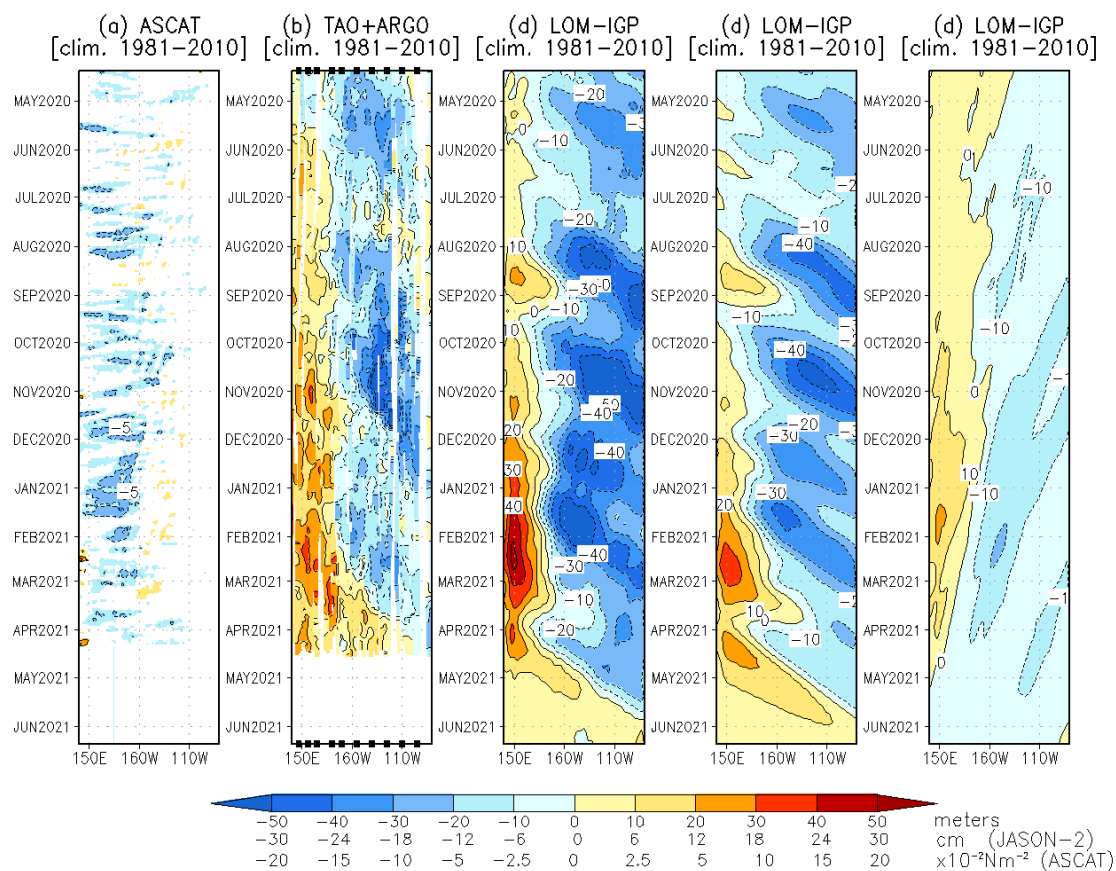
“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres”  
“Año del Bicentenario del Perú: 200 años de independencia”

### OLR\* ( $\text{Wm}^{-2}$ ) in central-eastern Pacific ( $170^\circ\text{W}$ – $100^\circ\text{W}$ , $5^\circ\text{S}$ – $5^\circ\text{N}$ )



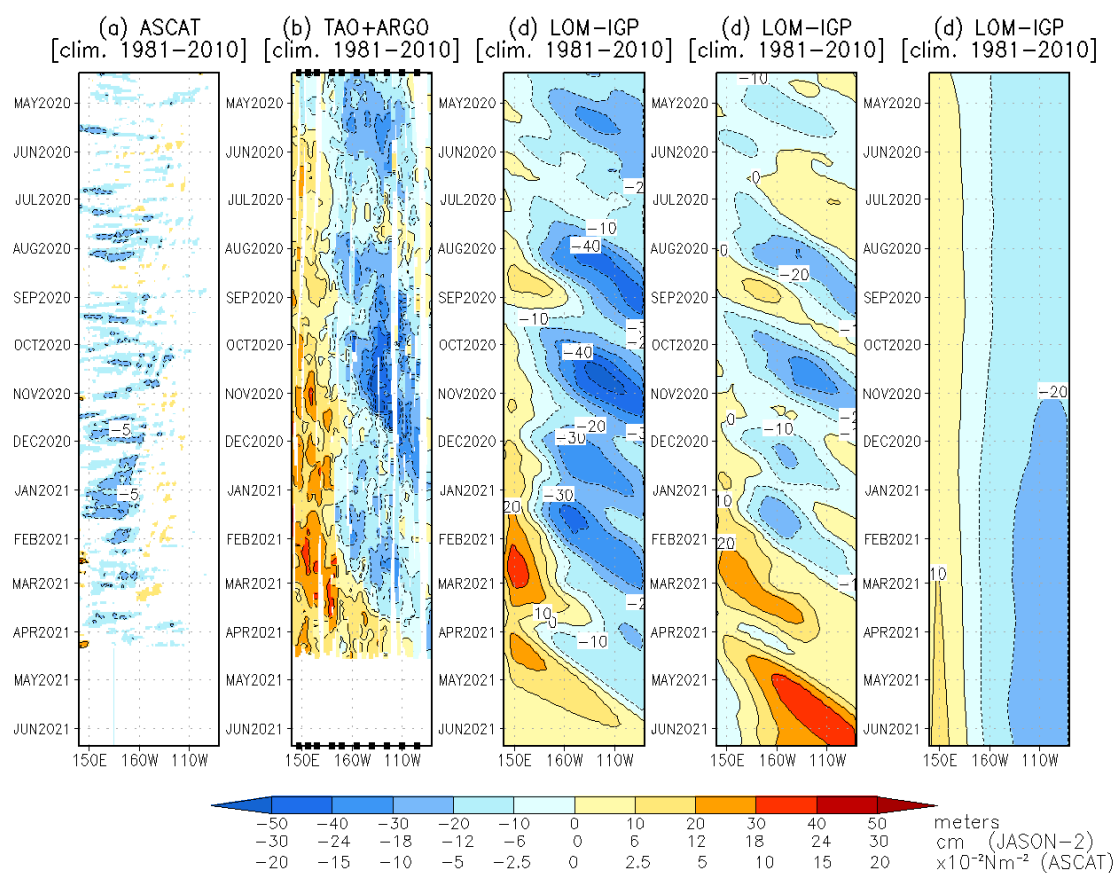
**Figura 8.** Actividad convectiva en el Pacífico central oriental ( $170^\circ\text{W}$ – $100^\circ\text{W}$  y  $5^\circ\text{S}$ – $5^\circ\text{N}$ ) en base a la información de OLR (Outgoing Longwave Radiation). Elaborado por el IGP.

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



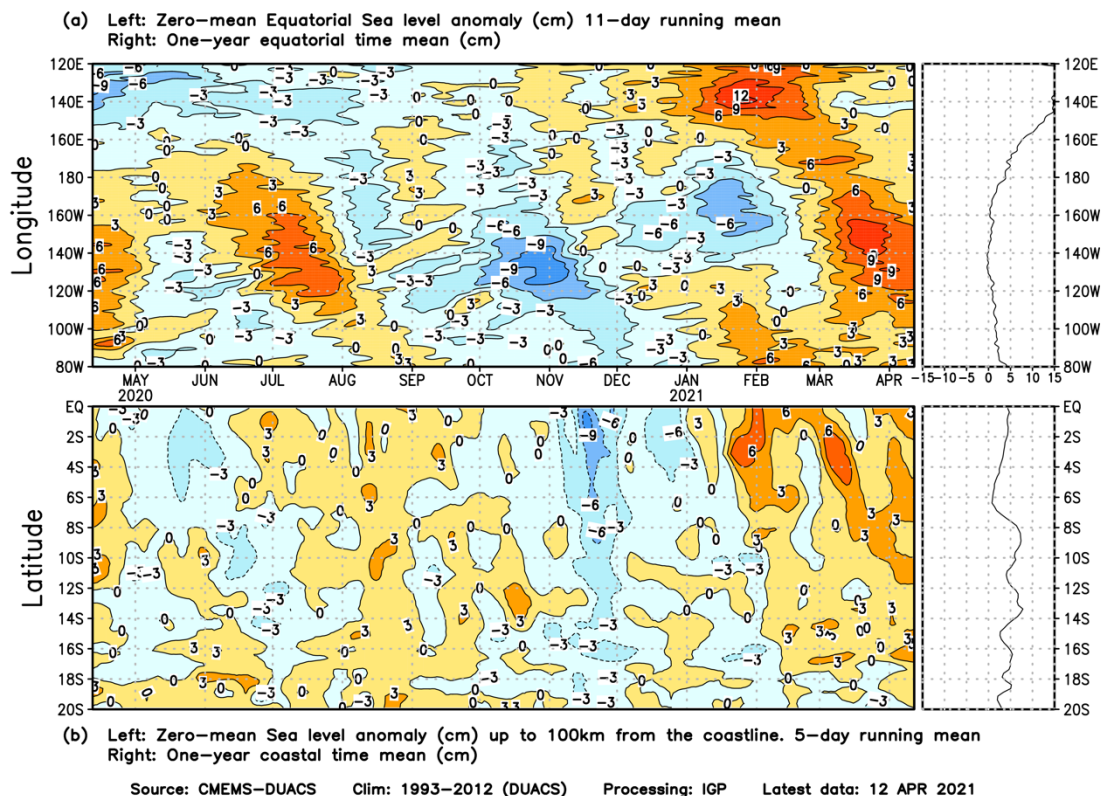
**Figura 9.** Diagrama longitud-tiempo de las anomalías de esfuerzo de viento zonal ecuatorial basado en datos de ASCAT (primer panel), anomalía de la profundidad de la isoterma de 20°C obtenido de los datos de las boyas de TAO y de los flotadores de ARG0 (segundo panel), diagrama de la onda de Kelvin 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”



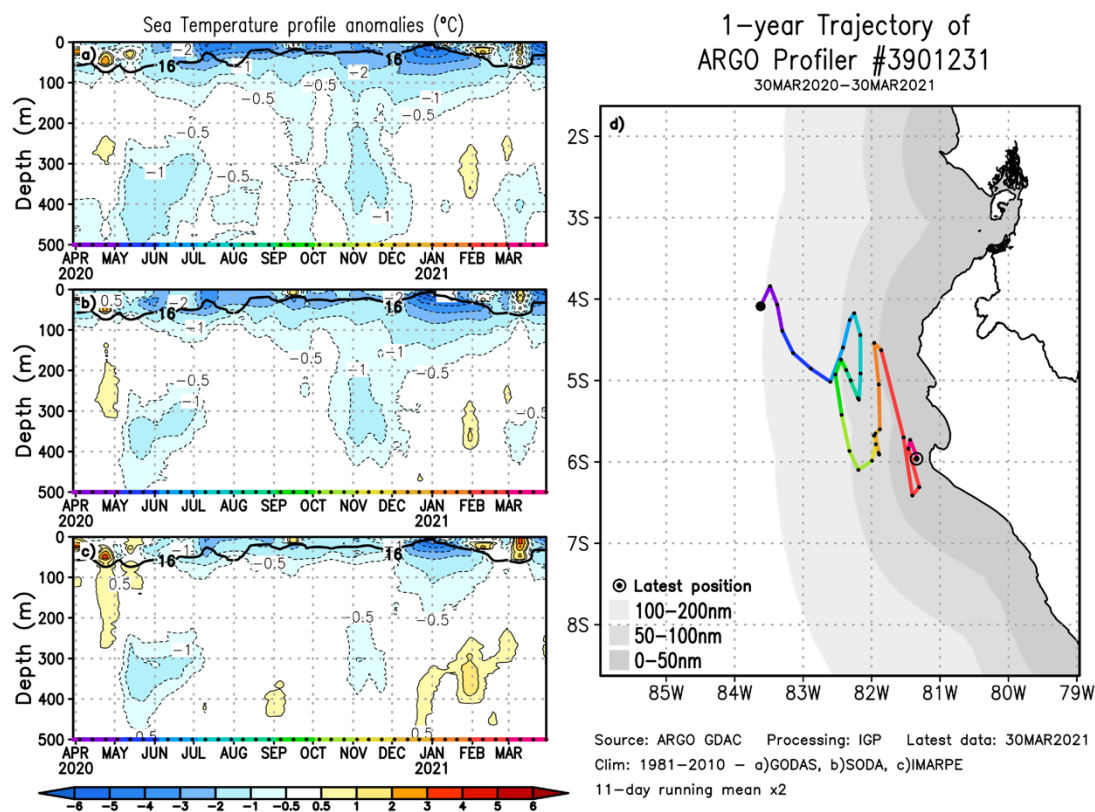
**Figura 10.** De izquierda a derecha: diagrama longitud-tiempo de las anomalías de esfuerzo de viento zonal ecuatorial basado en datos de ASCAT (primer panel); anomalía de la profundidad de la isoterma de 20°C obtenido de los datos de las boyas de TAO y de los flotadores de ARGO (segundo panel); onda 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 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”



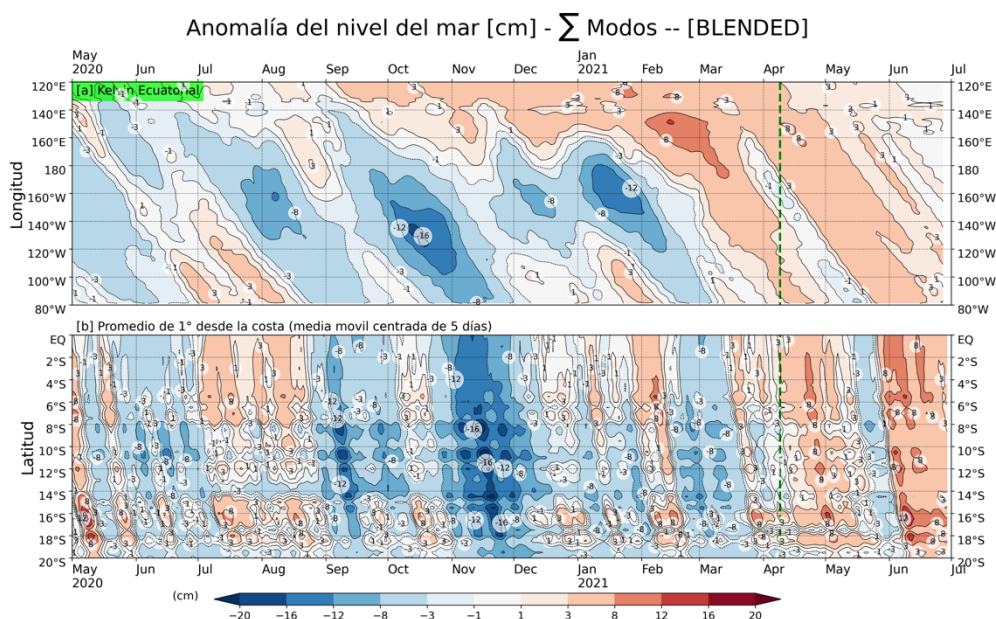
**Figura 11.** Anomalía centrada del nivel del mar a lo largo de la franja ecuatorial (Figura superior-izquierda) y a lo largo de la costa peruana (Figura inferior-izquierda). A la derecha se muestra el promedio de los últimos 365 días en la franja ecuatorial (superior) y a lo largo de la costa (inferior), 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”



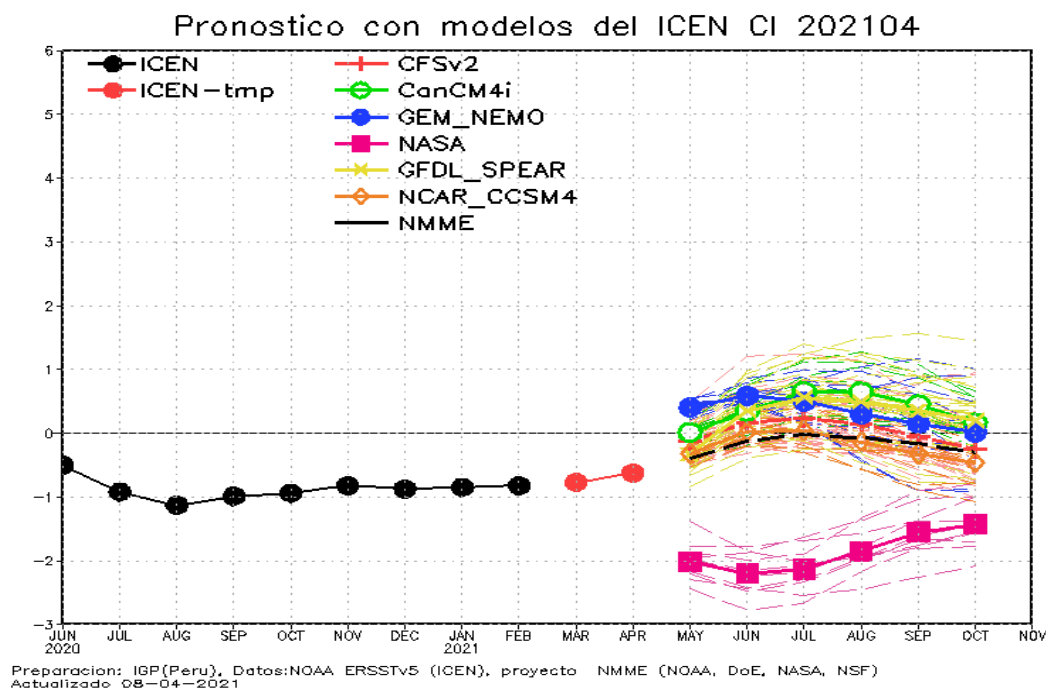
**Figura 12.** A la izquierda se aprecia la anomalía de la temperatura del mar hasta los 500 metros de profundidad, calculada de los datos del flotador ARGO No. 3901231. Esta anomalía se calcula en base a la climatología (1981-2010) de: (a) GODAS, (b) SODA e (c) IMARPE. A la derecha se aprecia la trayectoria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

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



**Figura 13.** 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.

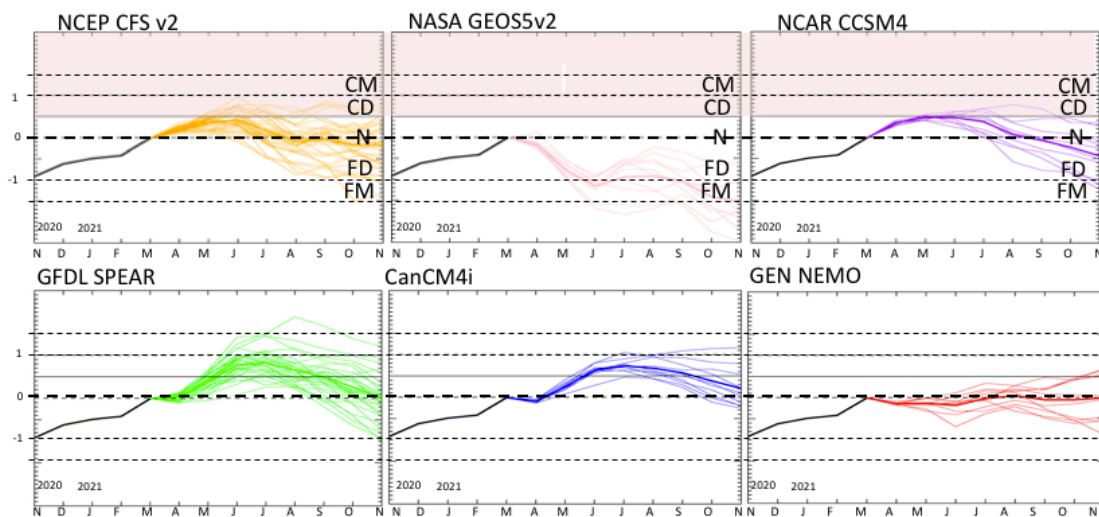
“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres”  
“Año del Bicentenario del Perú: 200 años de independencia”



**Figura 14.** 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 el mes de abril 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 Abril 2021



**Figura 15.** Índice Niño 3.4 mensual observado (líneas de color plomo) y pronosticado por los modelos de NMME (líneas de distintos colores). Fuente: NMME.