

**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/2019-04  
13/05/2019**

**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**

Para el mes de marzo de 2019, los valores del Índice Costero El Niño (ICEN), basado tanto en los datos de ERSSTv3b (ICENV3) y de OISSTv2 (ICENOI), indicaron una condición climática Neutra con valores de 0.25°C y 0.26°C, respectivamente. Por el contrario, el ICEN calculado con los datos de ERSSTv5 (ICENV5) indica condiciones Cálidas Débiles (0.41°C). En promedio, el ICEN de marzo sería de condición Neutra. Los valores temporales del ICEN (ICENTmp), de las tres fuentes de datos, para los meses de abril y mayo, coinciden en señalar condiciones Neutras. En lo que respecta al Pacífico Central, el valor del Índice Oceánico Niño (ONI) de la NOAA indica que en marzo de 2019 se mantuvo la condición Cálida Débil (0.82 °C); asimismo, según los estimados temporales para el mes de abril, se esperaría una condición Cálida Débil.

En base al análisis de los datos y resultados de los modelos numéricos, se espera el arribo de dos ondas Kelvin frías a partir de las siguientes semanas. Es posible que esto influya en la disminución de la anomalía positiva de la Temperatura Superficial del Mar en la costa peruana en los siguientes dos meses.

Según el promedio de los siete modelos numéricos climáticos de NMME, inicializados con condiciones del mes de mayo de 2019, para el Pacífico oriental se esperan condiciones Neutras entre los meses de junio a octubre. En la región del Pacífico central ecuatorial, el promedio de los modelos de NMME indican condiciones Cálidas Débiles de junio a octubre de 2019. En relación a los pronósticos de los modelos numéricos, hay que tener en cuenta que la barrera de predictibilidad da menos confianza a los resultados de los modelos para otoño e invierno aunque esta debe ir disminuyendo en los siguientes meses.

**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 Niño1+2 y actualizados hasta el mes de abril de 2019 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 marzo de 2019 y cuyos valores se muestran en la Tabla 1 (columnas 3 y 4), en donde el valor para el mes de marzo 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>, se muestran en la columna 5 y 6 de la Tabla 1. Estos indican, como el ICENV3, condiciones Neutras para el mes de marzo.

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. A diferencia del ICENV3 e ICENOI, el ICENV5 indica condiciones Cálidas Débiles para el mes de marzo.

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 esto que pueden existir pequeñas discrepancias en el cálculo del ICEN para los meses anteriores cuando se use la data actualizada.

| Valores del Índice Costero El Niño |           |             |              |             |              |             |              |
|------------------------------------|-----------|-------------|--------------|-------------|--------------|-------------|--------------|
| Año                                | Mes       | ICENV3      | Categoría    | ICENOI      | Categoría    | ICENV5      | Categoría    |
| 2018                               | Diciembre | <b>0.81</b> | Cálida Débil | <b>0.46</b> | Cálida Débil | <b>0.89</b> | Cálida Débil |
| 2019                               | Enero     | <b>0.65</b> | Cálida Débil | <b>0.43</b> | Cálida Débil | <b>0.87</b> | Cálida Débil |
| 2019                               | Febrero   | <b>0.34</b> | Neutra       | <b>0.36</b> | Neutra       | <b>0.54</b> | Cálida Débil |
| 2019                               | Marzo     | <b>0.25</b> | Neutra       | <b>0.26</b> | Neutra       | <b>0.41</b> | Cálida Débil |

**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).

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.

| Valores del Índice Costero El Niño temporales (ICENTmp) |       |             |           |             |           |        |           |
|---------------------------------------------------------|-------|-------------|-----------|-------------|-----------|--------|-----------|
| Año                                                     | Mes   | ICENV3      | Categoría | ICENOI      | Categoría | ICENV5 | Categoría |
| 2019                                                    | Abril | <b>0.35</b> | Neutra    | <b>0.28</b> | Neutra    | 0.32   | Neutra    |
| 2019                                                    | Mayo  | <b>0.55</b> | Neutra    | <b>0.20</b> | Neutra    | 0.32   | Neutra    |

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

Según los valores del primer y segundo ICENTmp se estima que en los meses de abril y mayo de 2019, para las tres fuentes de datos, las condiciones serían del tipo Neutral. 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 marzo de 2019, es de 0.82 °C, correspondiente a una condición Cálida Débil<sup>1</sup>.

| Índice Oceánico Niño |           |             |              |
|----------------------|-----------|-------------|--------------|
| Año                  | Mes       | ONI (°C)    | Categoría    |
| 2018                 | Diciembre | <b>0.83</b> | Cálida Débil |
| 2019                 | Enero     | <b>0.79</b> | Cálida Débil |
| 2019                 | Febrero   | <b>0.84</b> | Cálida Débil |
| 2019                 | Marzo     | <b>0.82</b> | Cálida Débil |

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)

Los valores estimados (ONItmp), combinando observaciones y pronósticos de NMME de mayo y junio, indican condición Cálida Débil para los meses de abril y mayo de 2019 (ver Tabla 4).

| Índice Oceánico Niño temporales |       |             |              |
|---------------------------------|-------|-------------|--------------|
| Año                             | Mes   | ONItmp (°C) | Categoría    |
| 2019                            | Abril | <b>0.85</b> | Cálida Débil |
| 2019                            | Mayo  | <b>0.92</b> | Cálida Débil |

Tabla 4. Estimados preliminares del ONI (ONItmp)

### Diagnóstico del Pacífico Ecuatorial

Durante el mes de abril, según los datos observados (IR, MW, OSTIA), la ATSM diaria en la región Niño 3.4 continuó dentro de las condiciones cálidas débiles, manteniéndose en el orden de 0.9° a 0.8 °C (ver Figura 1a). Para la región Niño 1+2, la ATSM indicó valores entre -1.0° a - 0.9 °C, manteniéndose en anomalías positivas en los primeros días de mayo. (Figura 1b).

<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, 02-2015).

El promedio mensual de las anomalías del esfuerzo de viento zonal en el Pacífico central ( $160^{\circ}\text{E}$ - $160^{\circ}\text{W}$ ;  $5^{\circ}\text{S}$ - $5^{\circ}\text{N}$ ), para el mes de abril, continuó mostrando anomalías del este, siendo mayores a las del mes anterior, según los datos de NCEP-NCAR (Figura 2). En la primera semana de abril se observaron anomalías positivas en el Pacífico oeste ( $125^{\circ}$ - $160^{\circ}\text{E}$ ), las cuales se proyectaron en una onda Kelvin cálida que, en la actualidad, ya no se observa en la franja ecuatorial. Por otro lado, se observaron ligeras anomalías negativas intensas entre  $155^{\circ}\text{E}$ - $180^{\circ}$  en la última semana de abril, según WINDSAT se observa anomalías positivas en los primeros días de mayo ( $130^{\circ}$ - $155^{\circ}\text{E}$ ) (Figura 3, 9a, 10a).

Basado en los datos de TAO, la inclinación de la termoclina ecuatorial se encuentra dentro de sus valores normales, mientras que el contenido de calor indica valores por debajo de su normal (ver Figura 5). En los últimos días de abril e inicio de mayo se observa la isoterma de  $20^{\circ}\text{C}$  cerca de su posición climatológica ( $95^{\circ}\text{W}$ ,  $2^{\circ}\text{S}$ - $2^{\circ}\text{N}$ ) (Figura 6). La información de OLR (relacionada con la actividad convectiva) en la zona ( $170^{\circ}\text{E}$  –  $140^{\circ}\text{W}$ ,  $5^{\circ}\text{S}$ - $5^{\circ}\text{N}$ ) y en la región ( $170^{\circ}\text{W}$  –  $100^{\circ}\text{W}$ ,  $5^{\circ}\text{S}$ - $5^{\circ}\text{N}$ ) se mostraron próximo a su normal (Figura 7 y 8).

La información de altimetría del producto DUACS (Figura 4) y los resultados de los modelos numéricos (Figura 9 y 10) indican que la señal de la onda Kelvin cálida aún está presente en el extremo oriental afectando la termoclina y el nivel del mar. Asimismo, en la profundidad de la termoclina se observa la presencia de una onda Kelvin fría que se formó con el pulso del viento del este del mes de abril y se localizaría al oeste de  $150^{\circ}\text{W}$ .

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

A lo largo de la costa peruana, según la información satelital, se observó el paso de la onda Kelvin cálida durante el mes de abril. La cual, aparentemente, incrementó los niveles del nivel del mar desde 3 hasta 9 cm, este último alcanzado en la costa norte.

Según la información hasta el primero de mayo del flotador ARGO No.3901231 (ver Figura 12), ubicado frente a la región de Piura y Tumbes, se puede observar que se mantiene una anomalía positiva en los primeros 50 metros de profundidad, mientras que por debajo de este nivel se observa la disminución del núcleo cálido entre  $1^{\circ}$  y  $2^{\circ}\text{C}$  que se existió hace un mes.

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

Las proyecciones teóricas sobre los datos observados sugieren que se espera el arribo de dos ondas Kelvin frías a la costa americana entre mayo y junio, lo cual influiría en la disminución de la ATSM. El desarrollo de un pulso de viento en el extremo occidental podría proyectarse en una onda Kelvin cálida que, teóricamente, arribaría a fines de junio, aunque, si se formase, habría que esperar si se disipa o no.(ver Figura 9 y 10).

### **Pronóstico estacional con modelos climáticos**

Para el Pacífico oriental (región Niño 1+2), según los 7 modelos climáticos de NMME (CFSv2, GFDL\_CMC2.1, GFDL\_FLOR, NASA\_GEOSv2, NCAR\_CCM4, CMC1 y CMC2) con condiciones iniciales del mes de mayo de 2019, se indica en promedio condiciones Neutras entre los meses de junio y octubre, mientras que para el mes de noviembre se esperarían condiciones Cálida Débiles (ver Tabla 5 y Fig. 12).

Para el Pacífico central (región Niño 3.4), según los modelos de NMME inicializados con

información del mes de mayo, el promedio de los 7 modelos indica condiciones Cálidas Débiles de junio a noviembre del año en curso (ver Tabla 6 y Fig. 13).

**Tabla 5.** Pronósticos del ICEN con diferentes modelos climáticos utilizando condiciones iniciales de mayo de 2019.

| Modelo     | MAM  | AMJ   | MJJ   | JJA   | JAS   | ASO   | SON   | OND   |
|------------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| CFS2       |      | 0.22  | 0.09  | 0.07  | 0.17  | 0.28  | 0.47  | 0.57  |
| CMC1       |      | 0.72  | 0.67  | 0.44  | 0.25  | 0.17  | 0.15  | 0.21  |
| CMC2       |      | 0.77  | 0.87  | 0.76  | 0.64  | 0.53  | 0.55  | 0.62  |
| GFDL       |      | 0.66  | 0.54  | 0.32  | 0.19  | 0.29  | 0.47  | 0.54  |
| NASA       |      | -0.35 | -0.91 | -1.05 | -0.84 | -0.61 | -0.41 | -0.40 |
| GFDL_FLOR  |      | 0.25  | -0.03 | -0.22 | -0.09 | 0.15  | 0.52  | 0.86  |
| NCAR_CCSM4 |      | 0.17  | 0.08  | 0.21  | 0.42  | 0.57  | 0.62  | 0.59  |
| NMME       |      | 0.35  | 0.19  | 0.08  | 0.11  | 0.20  | 0.34  | 0.43  |
| ICENtmp    | 0.35 |       |       |       |       |       |       |       |

**Tabla 6.** Pronósticos del ONI con diferentes modelos climáticos usando condiciones iniciales de mayo de 2019.

| Modelo     | MAM  | AMJ  | MJJ  | JJA  | JAS  | ASO   | SON   | OND   |
|------------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|
| CFS2       |      | 1.09 | 1.27 | 1.27 | 1.14 | 1.07  | 1.04  | 0.97  |
| CMC1       |      | 0.86 | 0.86 | 0.74 | 0.61 | 0.51  | 0.40  | 0.33  |
| CMC2       |      | 0.91 | 1.07 | 1.03 | 1.03 | 1.02  | 1.07  | 1.18  |
| GFDL       |      | 0.94 | 0.99 | 0.83 | 0.57 | 0.39  | 0.41  | 0.56  |
| NASA       |      | 0.57 | 0.37 | 0.20 | 0.07 | -0.01 | -0.04 | -0.07 |
| GFDL_FLOR  |      | 0.82 | 0.79 | 0.69 | 0.66 | 0.68  | 0.77  | 0.89  |
| NCAR_CCSM4 |      | 0.97 | 1.02 | 0.95 | 0.84 | 0.81  | 0.82  | 0.87  |
| NMME       |      | 0.88 | 0.91 | 0.82 | 0.70 | 0.64  | 0.64  | 0.68  |
| ONItmp     | 0.85 |      |      |      |      |       |       |       |

## Conclusiones:

1. El ICEN (SSTOI) para marzo de 2019 fue de 0.26 (Neutro), los ICENtmp para abril y mayo son 0.28 y 0.20, respectivamente, siendo condiciones Neutras. Usando la información mensual de ERSSTv3 para el cálculo (ICEN), los valores correspondientes son 0.25 (Neutro), y los temporales para abril y mayo son también Neutros y coinciden en el valor de 0.35. El ICEN calculado con la versión 5 de ERSST para marzo es 0.41 (Cálida Débil) y los temporales están dentro del rango de Neutro (coinciden con el valor de 0.32).
2. En el Pacífico central, el ONI de marzo (FMA) es 0.82, así como los estimados para abril y mayo, indica una condición Cálida Débil.
3. La información de OLR (relacionada con la actividad convectiva) en la zona 170°E – 140°W, 5°S-5°N, mostró una tendencia a condiciones neutras mientras que en 170°W – 100°W, 5°S-5°N los valores se mantienen dentro de su rango normal.
4. Según la información de TAO, en el mes de marzo, en promedio, se mantienen los vientos del este más intensos de lo normal en el extremo oriental. Por otro lado, desde 130°W hacia el oeste, se mantienen los vientos del oeste. Estas últimas se deberían a un pulso de viento del oeste en el extremo occidental que se dio a fines de marzo hasta

mediados de abril. El área de máxima TSM en la región ecuatorial sigue disminuyendo.

5. Según los datos de WINSAT, a fines de abril, entre 150°E y la línea de cambio de fecha (180), se desarrolló un pulso de viento del este. Asimismo, se viene observando en la primera semana de mayo, el desarrollo de un pulso de viento del oeste y que se localiza al oeste de 150°E
6. Basado en los datos de TAO, la inclinación de la termoclina ecuatorial se encuentra dentro de sus valores normales, mientras que el contenido de calor indica valores por debajo de lo normal.
7. Según la información de los flotadores ARGO en el último mes, aún se observaron valores positivos de la anomalía de la temperatura del mar dentro de los 50 m de profundidad. Si bien se observan otras anomalías por debajo de la superficie (hasta los 140m) hay que tener en cuenta que aunque se podría deber a la poca información que existe en dicha región y , además, la ubicación hacia el norte de los flotadores. Alrededor de la región Niño 1+2, los flotadores ARGO, en la última semana, muestran una disminución de la temperatura cerca de la superficie. Tomando la información de un flotador ubicado frente a la región de Piura y Tumbres, se puede observar que se mantiene una anomalía positiva en los primeros 50 metros de profundidad, mientras que por debajo de este nivel se observa la disminución del núcleo cálido entre 1° y 2°C que se observó hace un mes. La información observacional indica que la señal de la onda Kelvin cálida aún está presente en el extremo oriental afectando la termoclina y el nivel del mar. Es posible que esto también se deba a una reflexión de la onda Kelvin como onda Rossby en la frontera americana. Asimismo, en la profundidad de la termoclina se aprecia la presencia de una onda Kelvin fría cerca a los 120°W. Según los modelos existe otra onda Kelvin fría que se formó con el pulso de viento del este de abril y se localizaría al oeste de 150°W.
8. El pulso de viento de inicios abril en el extremo occidental se proyectó en una onda Kelvin cálida que en la actualidad ya no se observa en la franja ecuatorial.
9. Se espera que las ondas Kelvin frías arriben a partir de las siguientes semanas. Es posible que esto influya en la disminución de la anomalía positiva de la TSM en la costa peruana en el siguientes dos meses.
10. El desarrollo de un pulso de viento en el extremo occidental podría proyectarse en una onda Kelvin cálida que, teóricamente, arribaría a fines de junio, aunque habría que esperar si se disipa o no
11. Para el Pacífico Oriental (región Niño 1+2), los modelos de NMME con condiciones iniciales de mayo en promedio indican condiciones NEUTRAS entre los meses de junio y octubre .
12. Para el Pacífico central ( Región Niño 3.4), el promedio de los modelos de NMME indican condiciones Cálidas Débiles de junio a octubre. Esto es consecuencia del desarrollo de El Niño en el Pacífico Central.

## 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
- **Moreira, 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**

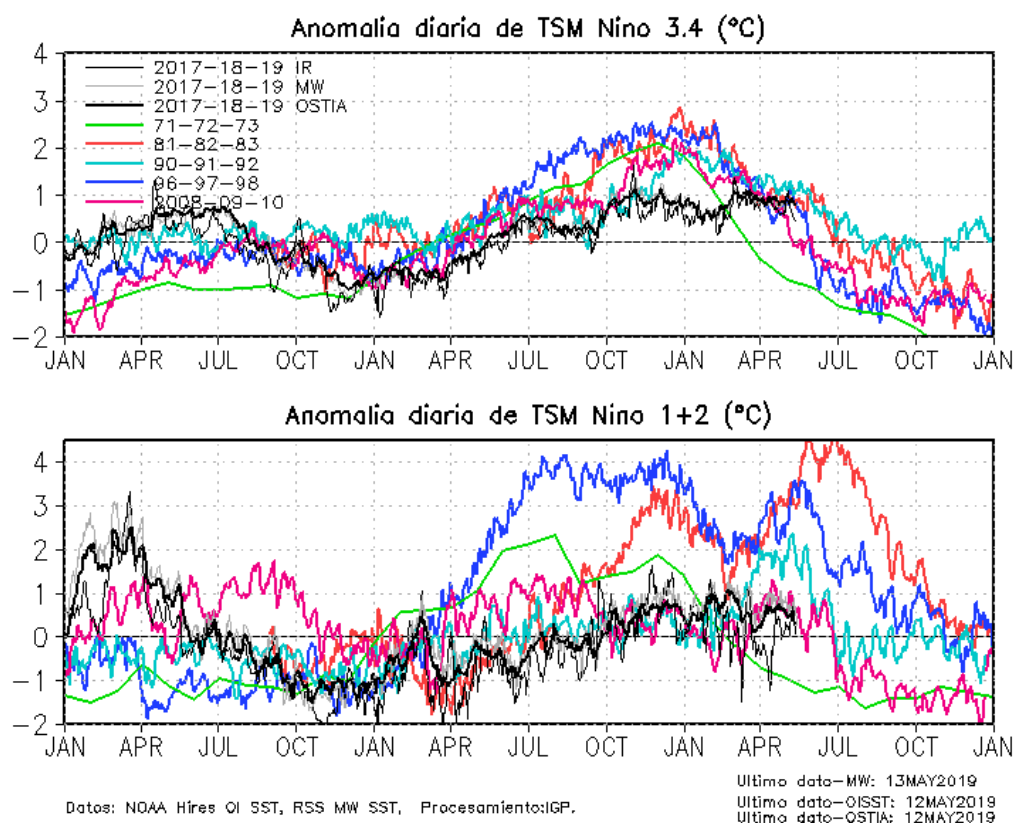
Kobi Mosquera, Dr. (responsable)

Jorge Reupo, Lic.

### **Agradecimientos**

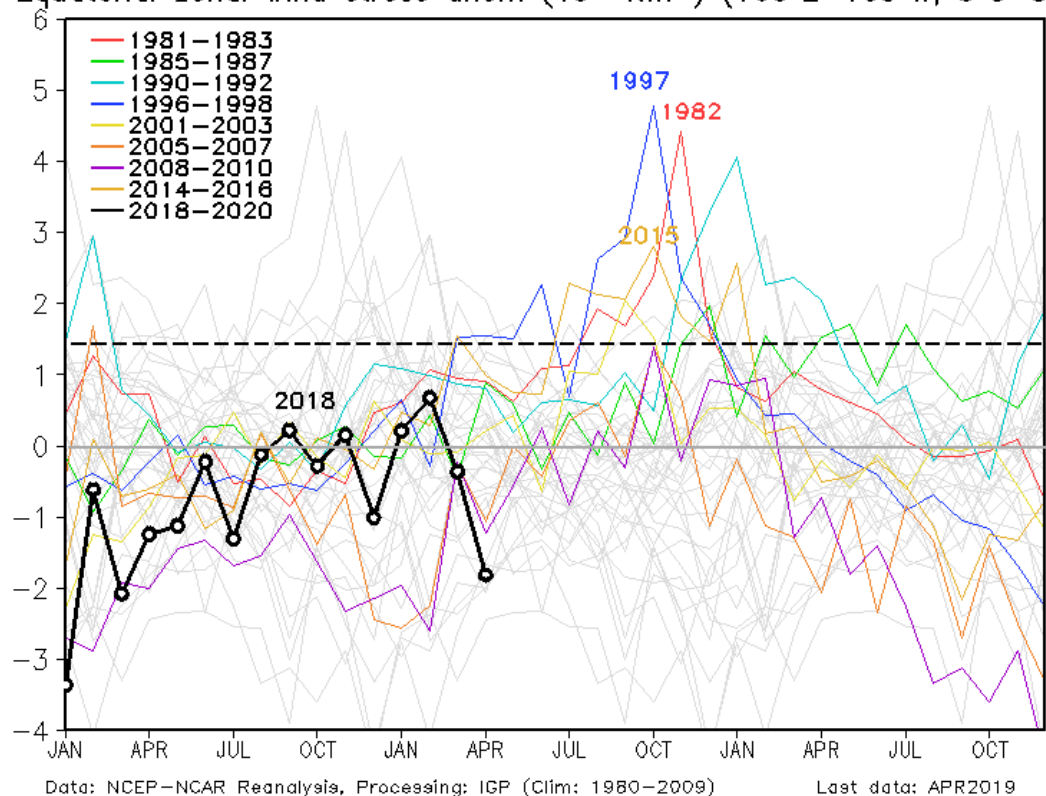
A la Dra. Emily Becker (NOAA) y al Dr. Ben Kirtman (RSMAS) por su apoyo con los datos del proyecto NMME, a la Dra. Michelle L'Heureux (NOAA CPC) por su apoyo con los datos de Niño 1+2 para el cálculo del ICEN.



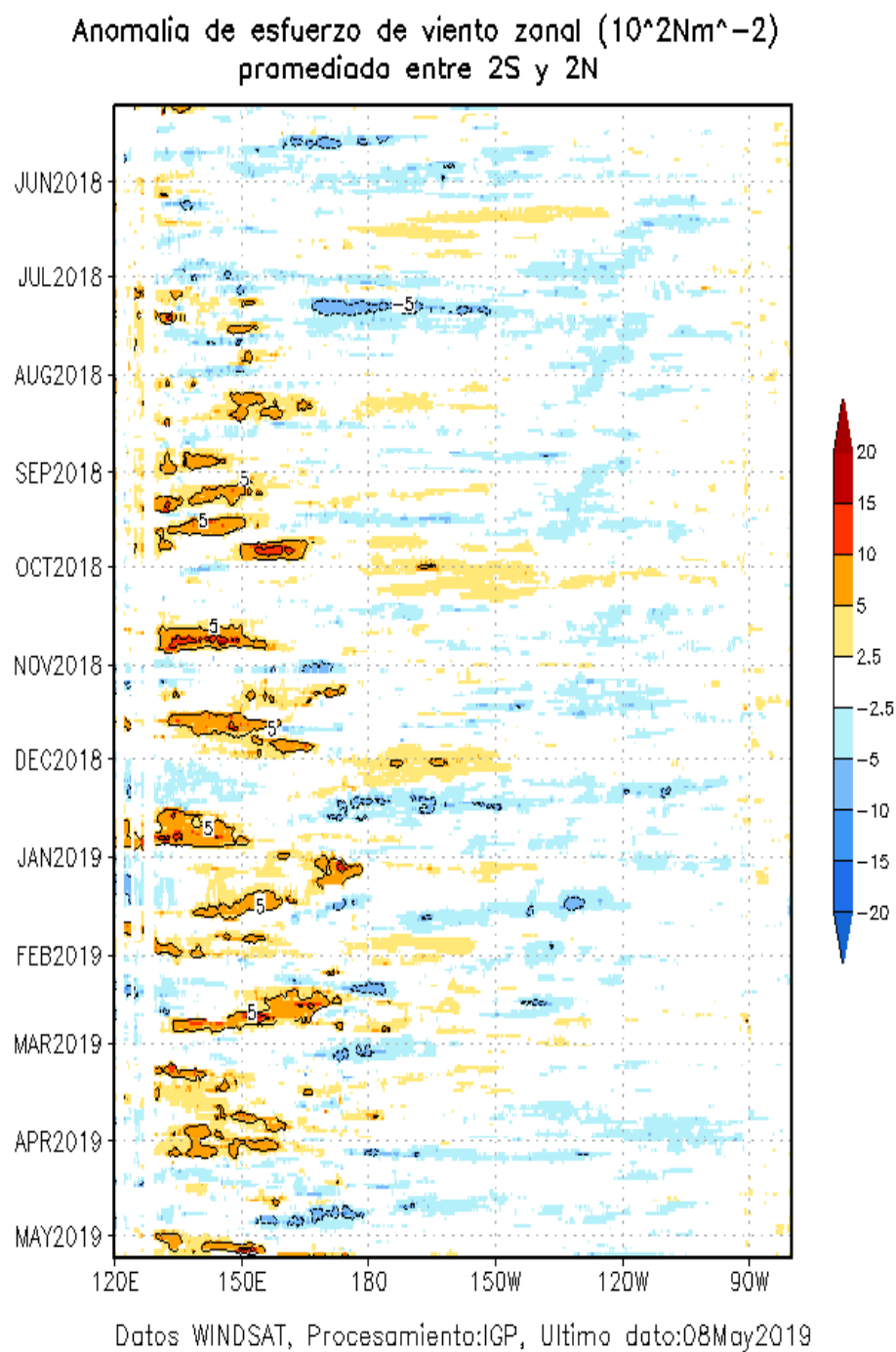


**Figura 1.** Series de tiempo de la anomalía diaria de la TSM en la región Niño 3.4 (arriba) y en la región Niño 1+2 (abajo). Las líneas en color negro (gruesa), gris y negro (fina) indican la evolución de la anomalía de la TSM en el presente año usando información infrarroja (IR), microondas (MW) y 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 de Niña costera 1985, 2007, 2010 y 1988. Elaboración: IGP.

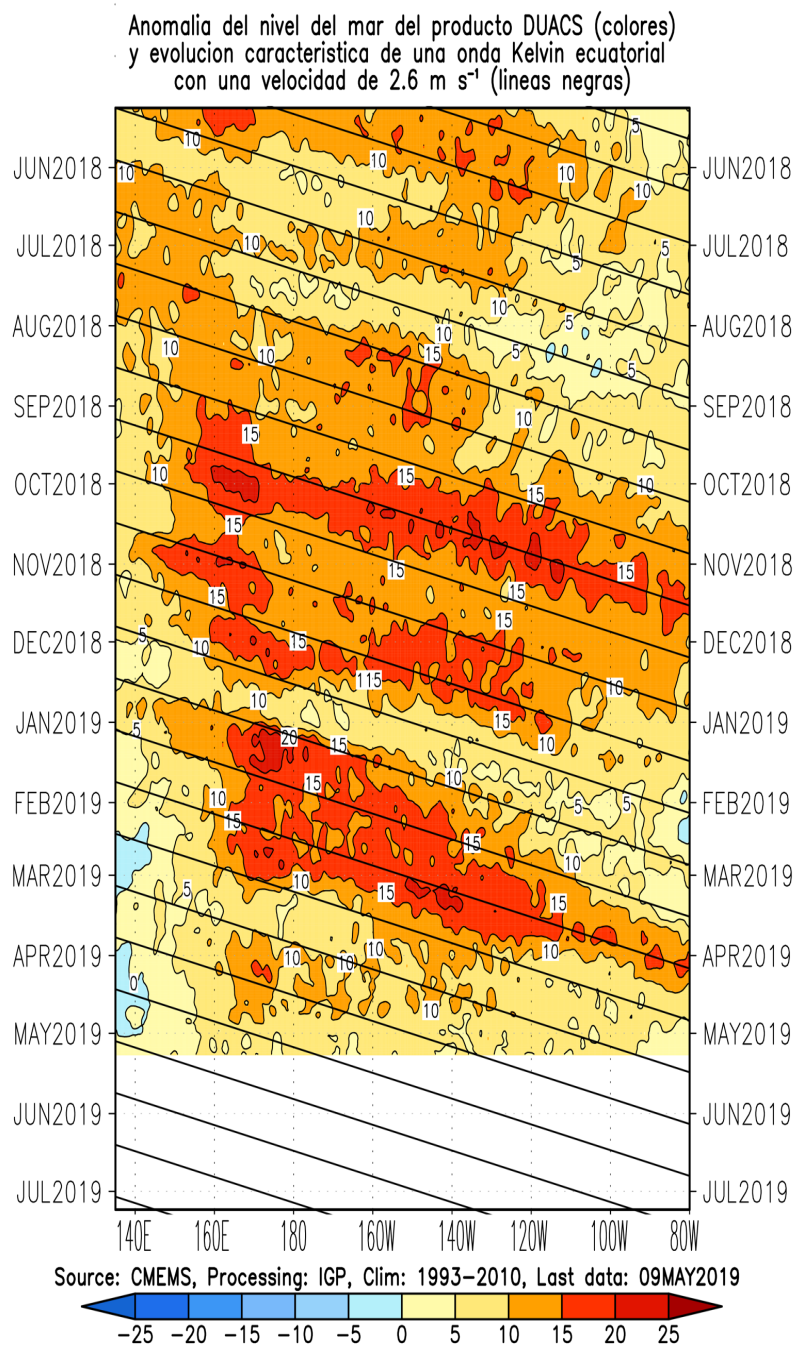
Equatorial zonal wind stress anom ( $10^{-2} \text{ Nm}^{-2}$ ) ( $160^{\circ}\text{E}-160^{\circ}\text{W}$ ,  $5^{\circ}\text{S}-5^{\circ}\text{N}$ )



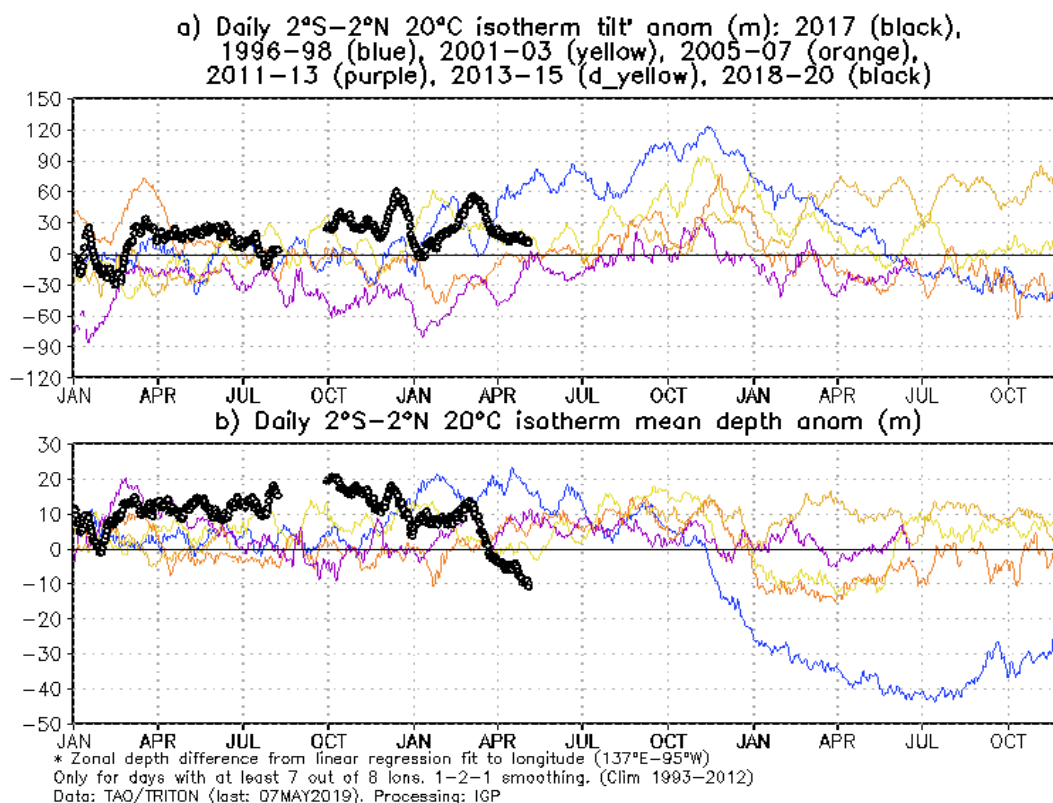
**Figura 2.** Promedio de la anomalía del esfuerzo de viento zonal en el Pacífico Ecuatorial ( $160^{\circ}\text{E}-160^{\circ}\text{W}$  y  $5^{\circ}\text{S}-5^{\circ}\text{N}$ ) obtenido de los datos de NCEP-NCAR. Elaboración: IGP.



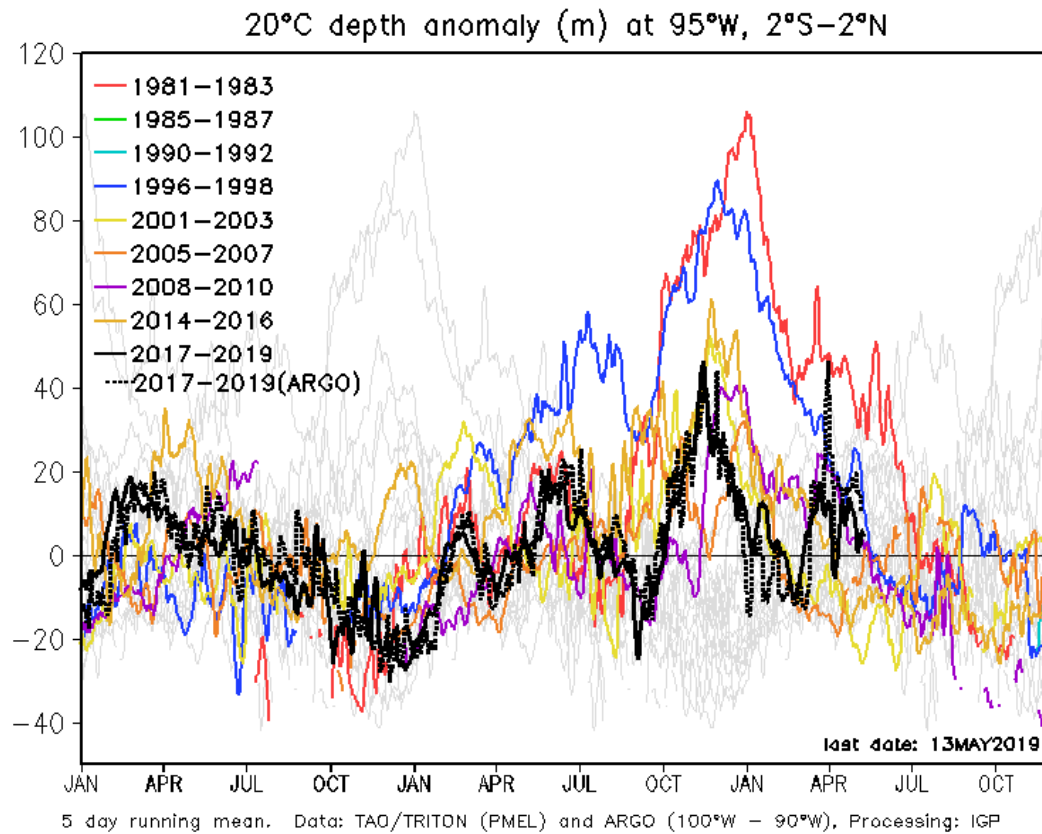
**Figura 3.** Diagrama longitud-tiempo de las anomalías del esfuerzo de viento zonal ecuatorial basado en datos del producto WINDSAT hasta el 08 de mayo de 2019. Elaboración: IGP.



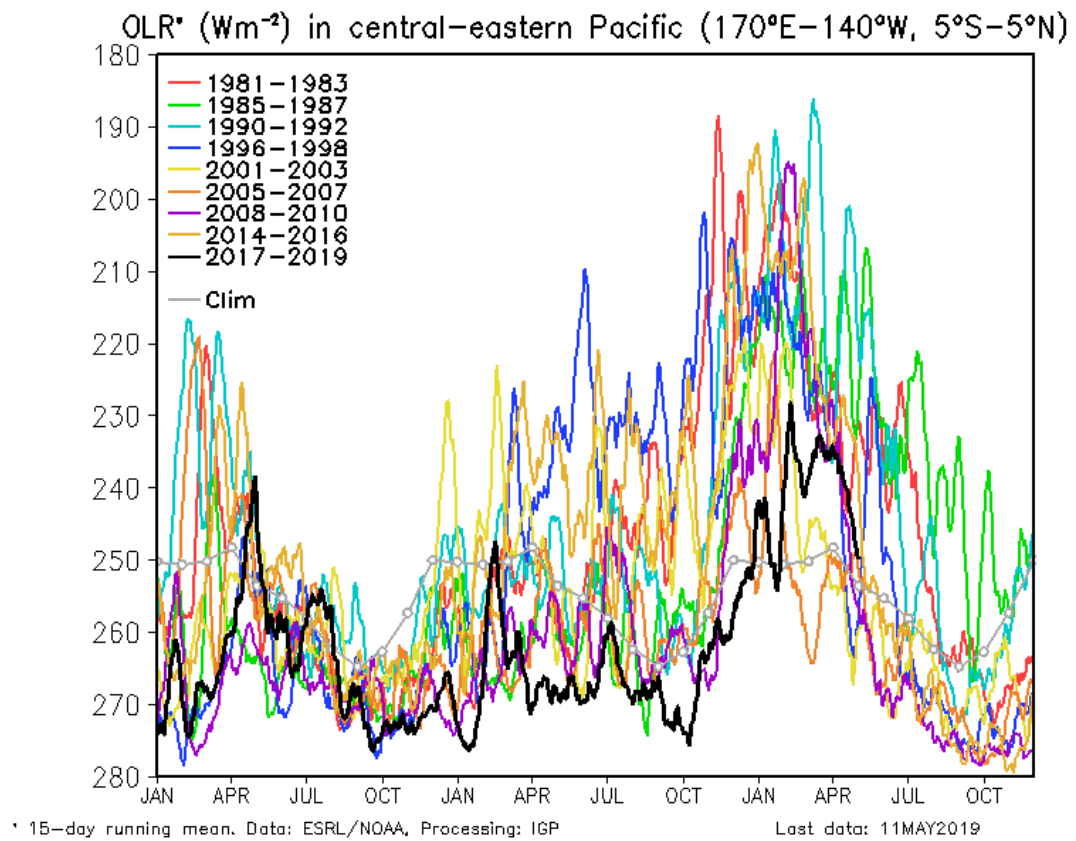
**Figura 4.** Anomalia del Nivel medio del mar en el Pacifico ecuatorial usando el producto DUACS. Las líneas diagonales indican la trayectoria teórica de la onda Kelvin si tuviera una velocidad aproximada de 2.6 m/s. Elaboración IGP.



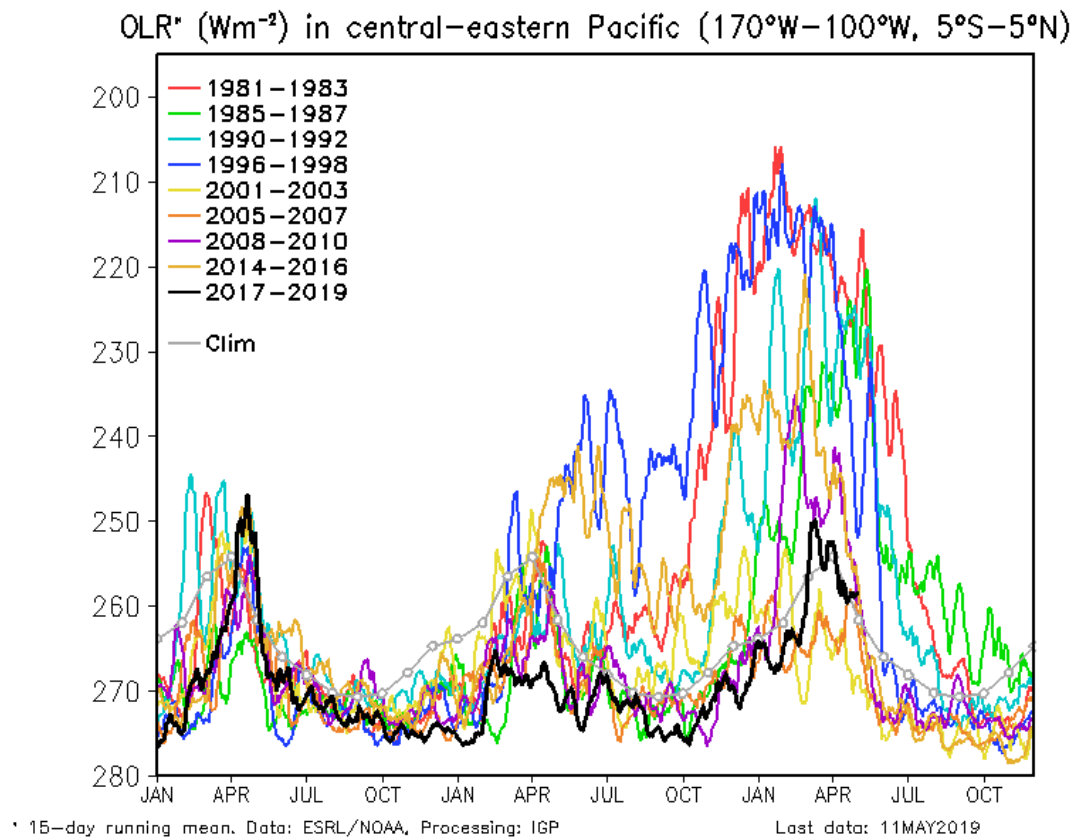
**Figura 5 a)** Inclinación de la termoclina en el Pacífico ecuatorial basado en los datos de ARGO entre 2°N y 2°S. **b)** Contenido de calor en la región ecuatorial basado en los datos de las boyas TAO entre 2°N y 2°S. A diferencia de informes anteriores. Elaboración: IGP.



**Figura 6.** Anomalia 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.

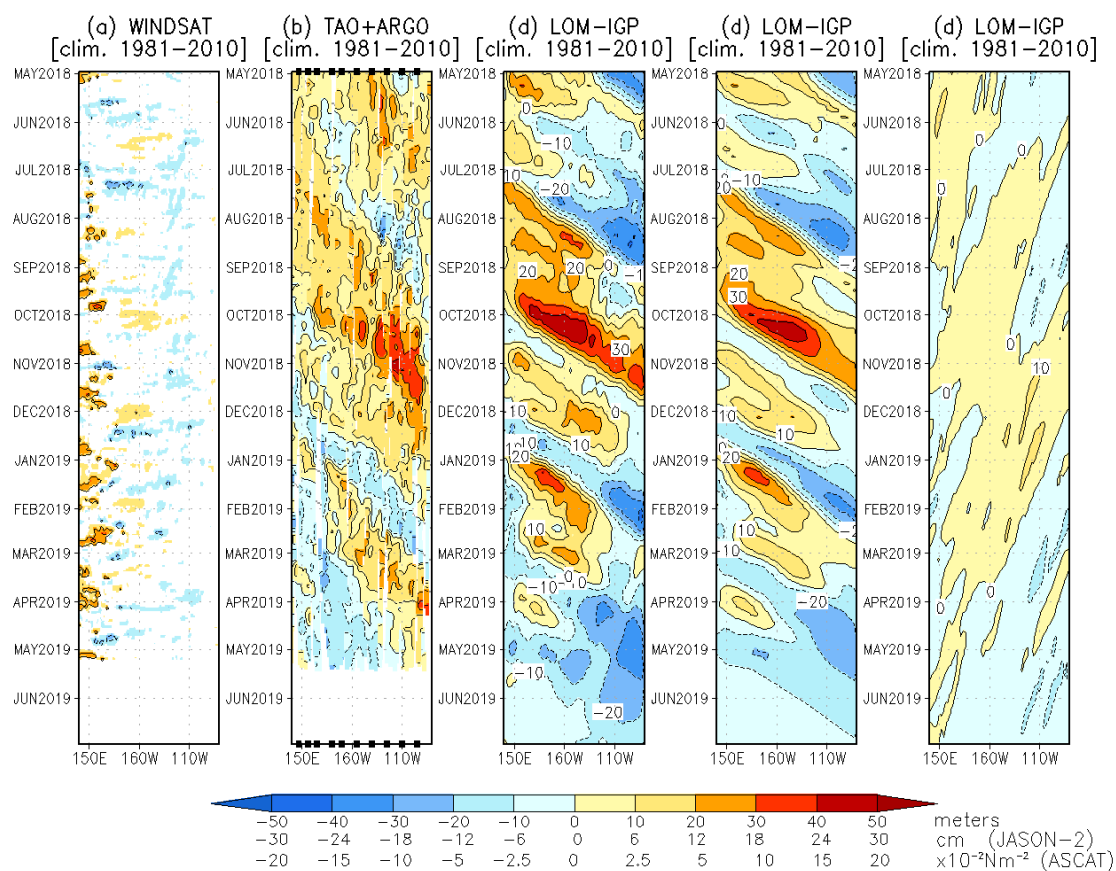


**Figura 7.** Actividad convectiva en el Pacífico Central Oriental ( $170^{\circ}$ - $140^{\circ}\text{W}$  y  $5^{\circ}\text{S}$ - $5^{\circ}\text{N}$ ) en base a la información de OLR (Outgoing Longwave Radiation). Elaboración IGP

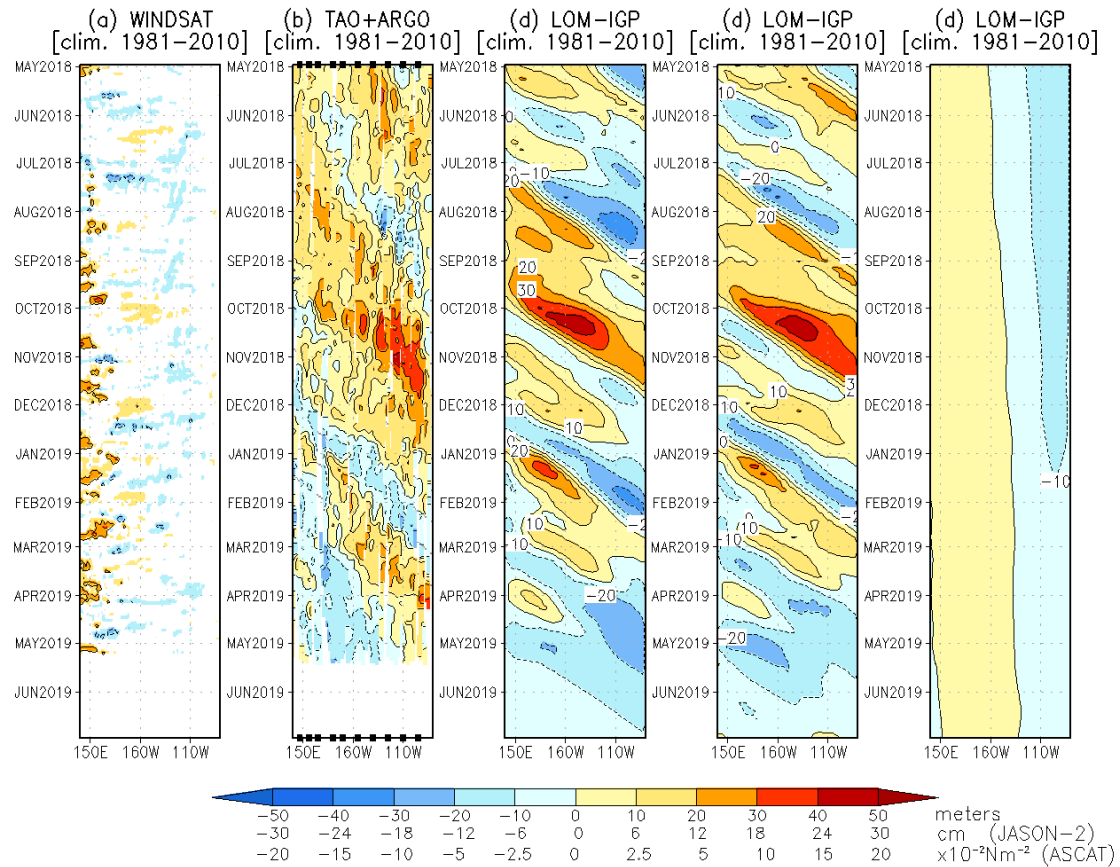


**Figura 8.** Actividad convectiva en el Pacífico Central Oriental ( $170^{\circ}\text{W}$ – $100^{\circ}\text{W}$  y  $5^{\circ}\text{S}$ – $5^{\circ}\text{N}$ ) en base a la información de OLR (Outgoing Longwave Radiation). Elaboración IGP.

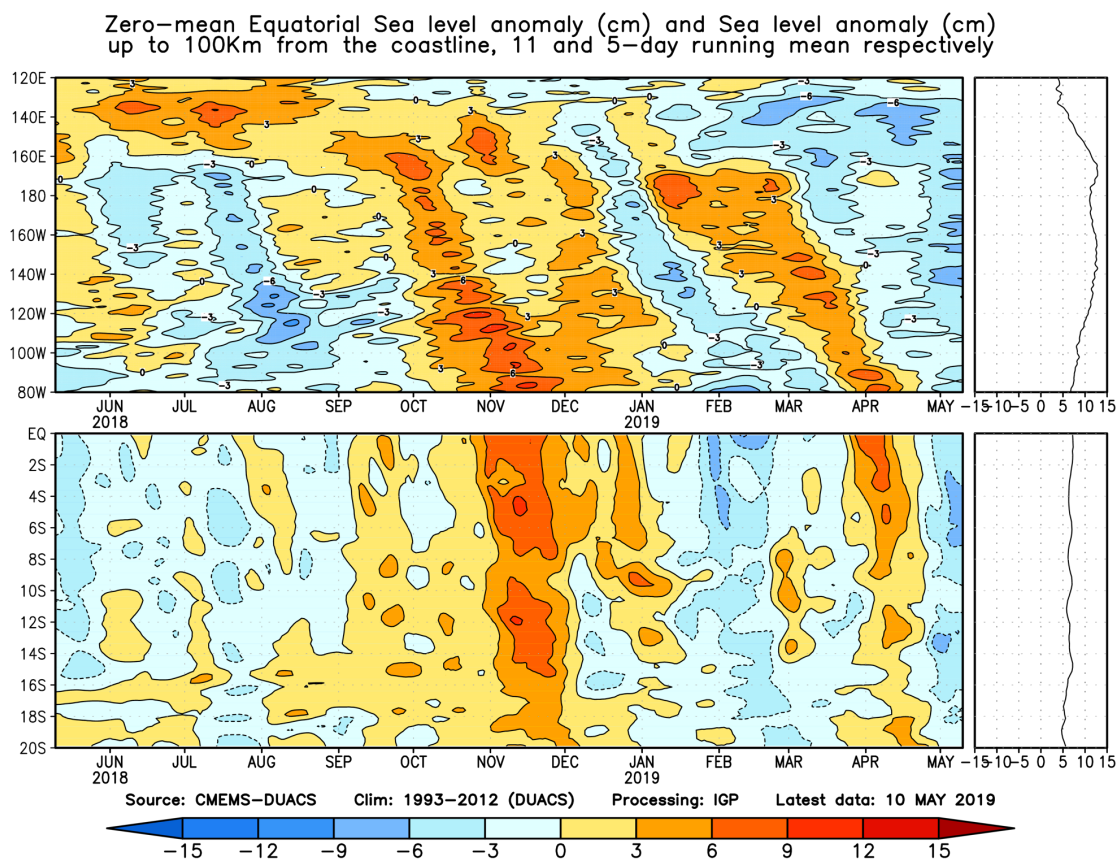




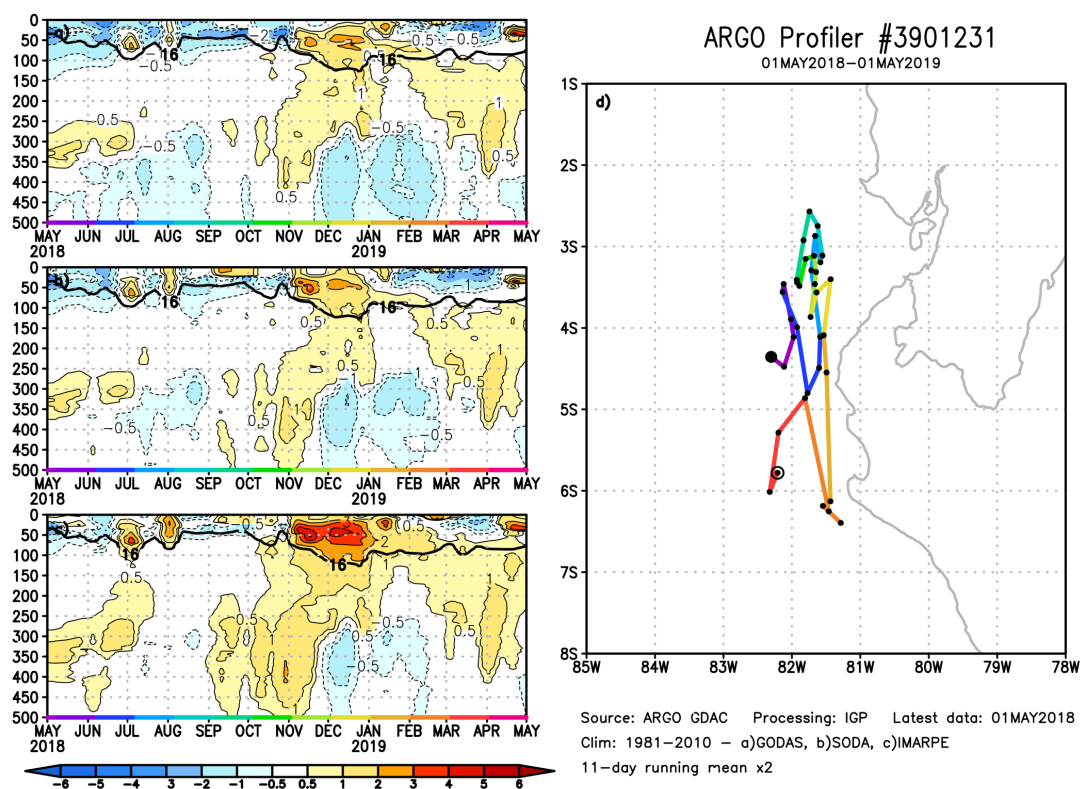
**Figura 9.** Diagrama longitud-tiempo de las anomalías de esfuerzo de viento zonal ecuatorial basado en datos de WINDSAT (a), anomalía de la profundidad de la isoterma de 20°C datos de TAO y los derivados de ARGO (b), diagrama de la onda Kelvin y Rossby (c), diagrama de la onda Kelvin (d) y finalmente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



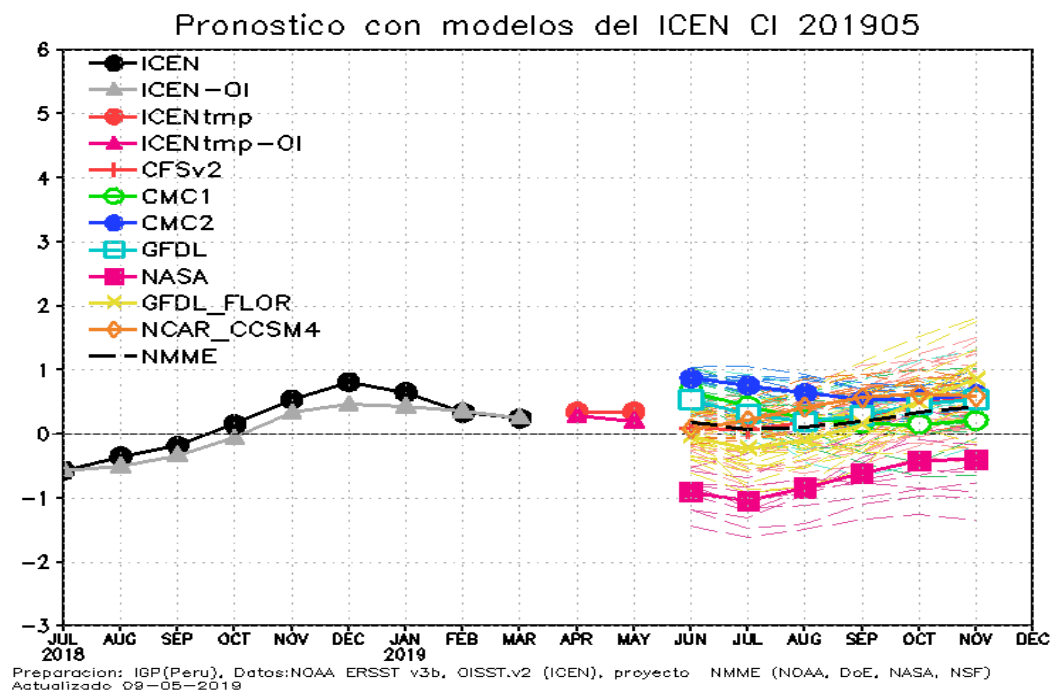
**Figura 10.** De izquierda a derecha: diagrama longitud-tiempo de las anomalías de esfuerzo de viento zonal ecuatorial basado en datos de WINDSAT (primer panel); anomalía de la profundidad de la isoterma de 20°C de TAO y los derivados de ARGO (segundo panel); onda Kelvin (tercer panel), onda Kelvin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



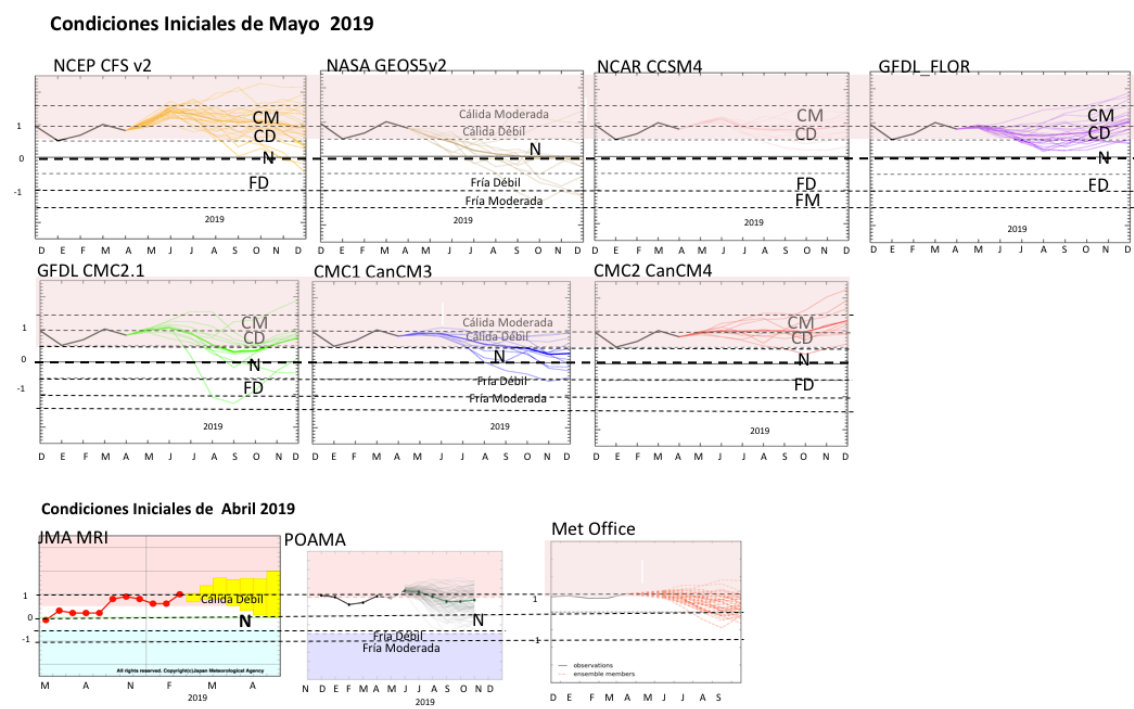
**Figura 11.** Anomalía centrada del nivel del mar a lo largo de la franja ecuatorial (Figura superior izquierda) y a lo largo de la costa peruana (Figura inferior izquierda). A la derecha se muestra el promedio de los últimos 365 días en la franja ecuatorial (superior) y a lo largo de la costa (inferior), que fueron sustraídos a las figuras de la izquierda, respectivamente. Las unidades están 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) y sus valores temporales (ICENtmp, rojo con círculo lleno y ICENtmp-OI, rojo con triángulos llenos). Además, pronósticos numéricos del ICEN (media móvil de 3 meses de las anomalías pronosticadas de TSM en Niño 1+2) por diferentes modelos climáticos. Los pronósticos de los modelos CFSv2, CMC1, CMC2, GFDL, NASA\_GEOS5v2 GFDL\_FLOR y NCAR\_CCSM4 tienen como condición inicial el mes de mayo de 2019. (Fuente: IGP, NOAA, proyecto NMME).



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