

ARTÍCULO ORIGINAL / ORIGINAL ARTICLE

**El Niño. Oscilación del Sur 2015/16 y su impacto sobre el régimen de la temperatura media superficial del aire en el Paraguay**

**El Niño. Southern Oscillation 2015/16 and its impact on the regime of average air surface temperature in Paraguay**

Miguel A. Vázquez<sup>1</sup>, Blanca P. Vázquez<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. San Lorenzo, Paraguay.

<sup>2</sup> Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Laboratorio de la Atmósfera y Problemas Ambientales. San Lorenzo, Paraguay

Autor de correspondencia: mvazquez@rieder.net.py

Recibido: 29/09/17. Aceptado: 02/11/17.

**Resumen:** El Niño/Oscilación del Sur (ENOS) como fenómeno natural caracterizado por la fluctuación de las temperaturas en la parte central y oriental del océano Pacífico ecuatorial, es asociado a cambios en la atmósfera. El Niño es una de las manifestaciones más significativas de la variabilidad interanual del clima de nuestro planeta. Es crucial para nuestro país entender este fenómeno. Si bien en la actualidad contamos con mayor información al respecto, aún hay mucho por investigar para tener un enfoque más comprensivo del fenómeno. El Niño tiene una gran influencia en las variaciones climáticas de diversas partes del mundo, y en Paraguay el clima se ve seriamente perturbado cada vez que aparece dicho fenómeno. En el estudio se hace una exploración del fenómeno El Niño 2015/16 sobre el comportamiento de la temperatura superficial del aire, utilizando como indicador el índice de Oscilación del Sur y la anomalía de la temperatura superficial del mar en el océano pacífico ecuatorial central y oriental. El periodo del estudio abarca de enero 2015 a febrero 2016, analizando el comportamiento de la temperatura media mensual y su anomalía respectiva, a través de 19 estaciones climatológicas que opera sistemáticamente la Dirección de Meteorología e Hidrología. De los resultados se concluye que el fenómeno El ENOS 2015/16, se inició en el mes de abril y extendió hasta el primer semestre del 2016, alcanzando su máxima intensidad en diciembre del 2015. Las anomalías de la temperatura superficial del mar de la región El Niño (1+2) y El Niño (3) presentan indicios que pueden ser utilizados para predecir comportamiento del régimen de la temperatura superficial del aire en Paraguay.

**Palabras clave:** El Niño 2015/16, índice de Oscilación Sur, anomalía de temperatura superficial del mar, temperatura media superficial.



**Abstract:** El Niño / Southern Oscillation (ENSO) as a natural phenomenon characterized by the fluctuation of temperatures in the central and eastern part of the equatorial Pacific Ocean, is associated with changes in the atmosphere. El Niño is one of the most significant manifestations of the interannual climate variability of our planet. It is crucial for our country to understand this phenomenon. While we currently have more information on this, there is still much to investigate to have a more comprehensive approach to the phenomenon. El Niño has a great influence on the climatic variations of diverse parts of the world, and in Paraguay the climate is seriously disturbed every time that the phenomenon appears. The study explores the El Niño 2015/16 phenomenon on the behavior of surface air temperature, using the Southern Oscillation index and the anomaly of sea surface temperature in the central and eastern equatorial Pacific Ocean as an indicator. The study period covers January 2015 to February 2016, analyzing the behavior of the average monthly temperature, and its respective anomaly, through 19 weather stations systematically operated by the Directorate of Meteorology and Hydrology. From the results it is concluded that the El ENOS 2015/16 phenomenon began in April and extended until the first semester of 2016, reaching its maximum intensity in December 2015. It can be affirmed that in Paraguay the average air temperature it is affected by the ENSO phenomenon, leading to significant increases in the average temperature during its appearance, especially in the cold period, reaching its maximum value of positive variation in June and August. The anomalies of the sea surface temperature of El Niño (1+2) and El Niño (3) regions show indications that they can be used to predict the behavior of the air surface temperature regime in Paraguay.

**Key words:** El Niño 2015/16, South Oscillation Index, anomaly of sea surface temperature, average surface temperature.

## INTRODUCCIÓN

El Niño/Oscilación del Sur (ENOS) es un fenómeno natural caracterizado por la fluctuación de las temperaturas del océano en la parte central y oriental del Pacífico ecuatorial, asociada a cambios en la atmósfera. Este fenómeno tiene una gran influencia en las condiciones climáticas de diversas partes del mundo (1). El fenómeno El Niño es la componente oceánica de la fase cálida del ENOS, asociada con el componente atmosférico, denominada Oscilación del Sur (OS).

Los episodios de El Niño en general se manifiestan a mediados de año con un calentamiento a gran escala de las aguas de superficie en la parte central y oriental del Pacífico ecuatorial y originan cambios de la circulación atmosférica tropical. Los estudios sobre el ENOS, muestran que la frecuencia de aparición del fenómeno es en promedio de cuatro a siete años y puede durar entre 9 y hasta 18 meses (2).

La componente atmosférica, fase negativa de la Oscilación del Sur que ocurre durante las ocurrencias de El Niño, da una presión del aire anormalmente alta, que se produce sobre Indonesia, y una presión del aire anormalmente baja que se registra sobre la parte central y oriental del Pacífico tropical.

Desde principios del siglo XX, la temperatura media mundial en superficie ha aumentado alrededor de unos 0,6 °C. Sin embargo, este aumento no ha sido gradual, ya que desde 1976 la temperatura media mundial ha aumentado sensiblemente (3). Temperaturas muy superiores a la media se han registrados en vastas zonas de África, Australia, Brasil, la Federación Rusa, Escandinavia, Canadá, China, y el suroeste de los Estados Unidos. En gran parte del Atlántico Norte y del Suroeste del Pacífico, así como en el golfo de Alaska, también se registraron temperaturas considerablemente elevadas (3). El 2005, por ejemplo, fue un año en que la temperatura media mundial en superficie fue superior en 0,7 °C a 0,58 °C a la media anual de 14 °C correspondiente al periodo de 1961-1990. Al 2005 se lo considera como el segundo más cálido registrado desde 1850. El siguiente más cálido fue el 1998: tuvo una temperatura media anual en superficie superior en 0,52 °C respecto a la media del periodo de 30 años.

El Niño, fenómeno climático a gran escala puede contribuir a que se produzcan calores superiores a la media, como lo fue el episodio citado de gran intensidad de 1997/98. Un episodio El Niño débil, que se había formado a mediados de 2004, continuó a principios de 2005, pero las temperaturas superficiales del mar en el centro y centro-este del Pacífico ecuatorial bajaron y el episodio acabó a finales de 2005. El calor record de 2005 es tanto más notable cuanto que el fenómeno El Niño apenas había influido en las temperaturas mundiales, según la evaluación realizada por la Organización Meteorológica Mundial (3).

El efecto del ENOS sobre la temperatura no es tan fuerte como lo es sobre la precipitación. Existen numerosos estudios realizados sobre el ENOS y la temperatura superficial del aire. En la región de Sudamérica el efecto fue estudiado detalladamente sobre el sudeste de

América del Sur, incluyendo el sur del Brasil, donde el efecto más fuerte fue constatado en el invierno (JJA) del año (0); año (0) es considerado como el año en que comienza el fenómeno El Niño (4).

Otro estudio del efecto del ENOS sobre la temperatura a escala global fue el realizado en el periodo de 1950-1998 sobre la evolución del fenómeno ENOS (5), analizando la temperatura superficial del mar en la región de estudio conocido como El Niño (3.4) con la temperatura superficial media global y otros parámetros climáticos.

A nivel continental un estudio muy importante que muestra el funcionamiento de la Oscilación del Sur (SO) sobre América del Sur y los océanos tropicales circundantes del Atlántico y del este del Pacífico fue estudiado mediante análisis de patrones de correlación bimestral entre el índice de Oscilación Sur (SO) y los campos de presión, viento, temperatura y precipitaciones; las anomalías hidrometeorológicas se determinaron a partir de registros de caudal fluvial y nivel del lago y mediciones de la radiación saliente de onda larga (6).

La Anomalía climática global asociada con extremos de la Oscilación del Sur fue estudiada, analizando las anomalías de temperaturas y de precipitaciones durante varios escenarios del evento de Oscilación Sur para centenares estaciones a nivel global (7).

También, otro importante estudio que merece ser citado tiene relación con las investigaciones sobre los patrones de temperaturas regionales “típicas” globales y de gran escala, asociadas con la fase baja (cálida) y el alta (fría) de la Oscilación del Sur (SO). Se encontró que un total de 12 regiones separadas tenían patrones de temperatura consistentes, asociados con la fase baja del SO, mientras que se encontró que 11 áreas tenían patrones de temperatura asociados con la fase alta. Así mismo de estas áreas, 9 han mostrados patrones de temperatura durante ambas fases del SO. En los trópicos, las anomalías de temperatura tienen el mismo signo que la anomalía de la temperatura superficial del mar (SST) relacionada con SO en todas las regiones terrestres, excepto en una zona del Pacífico occidental. Otro resultado *del estudio de los patrones de temperatura asociada a la fase baja del SO, muestran tres áreas extra tropicales que se encuentran sobre América del Norte y una en Japón*. Se encontraron altos patrones de temperatura del SO en las regiones extra tropicales para el Japón, Europa occidental y el noroeste de América del Norte. Las respuestas de temperatura identificadas son más consistentes en las regiones tropicales que en las extras tropicales. El SO puede influir en la estimación de las anomalías de la temperatura global de la superficie (8).

Durante los episodios de El Niño, la temperatura cálida de la superficie del mar en las partes central y oriental del Pacífico tropical calienta la atmósfera, lo que hace que el aire se eleve. A medida que se eleva, el aire se enfría y se producen precipitaciones. Por el contrario, en el lado occidental del Pacífico, la superficie del océano tiende a enfriarse y el aire se eleva menos. La magnitud y la escala de los cambios en la circulación atmosférica relacionados con el episodio de El Niño son tales que los efectos sobre el clima regional se extienden

más allá de la cuenca del Pacífico tropical. Durante el verano del hemisferio sur, suelen observarse condiciones más secas de lo normal en el sureste de África y el norte de Brasil. Por el contrario, se observan condiciones más húmedas de lo habitual a lo largo de la costa del Golfo de México, la costa occidental de la región tropical de América del Sur (Colombia, Ecuador y Perú), y desde el sur de Brasil hasta la región central de Argentina.

En la República del Paraguay los estudios sobre el fenómeno El Niño y La Niña fueron realizados en el periodo de 1950 al 1990; los resultados muestran el impacto del fenómeno sobre el régimen de anomalías de lluvias. En ese estudio, en todos los casos de aparición del fenómeno, la anomalía de lluvias se extiende desde la primavera (SON) del año de aparición del fenómeno y se desarrolla hasta el otoño (MAM) del año siguiente de su aparición. Durante El Niño los excesos de lluvias se registran en el verano (DEF) llegando hasta 70 mm por encima de la lluvia normal en toda la región Oriental, y ligeramente superior en la región Occidental a excepción del extremo Sur del Chaco (9) y (10).

Otra publicación realizada en Paraguay sobre el fenómeno El Niño/Oscilación Sur (ENOS) y su impacto en el régimen de lluvias en Paraguay en 2015, muestra que el fenómeno que se inició en abril y extendió su desarrollo, alcanzando su máxima intensidad en diciembre del 2015, impactando seriamente sobre el régimen de las lluvias en Paraguay, ocasionando excesos de precipitaciones en el 2015, especialmente en el mes de mayo, a lo largo del invierno y la primavera del 2015 (11).

En lo que respecta a estudios realizados en Paraguay sobre el fenómeno ENOS, asociado con el régimen de temperatura del aire de superficie no se ha podido encontrar ninguna información. Esta carencia ha motivado la realización del presente estudio sobre el evento de El Niño 2015/16, y su impacto en el régimen de la temperatura media superficial del aire, utilizando el índice de Oscilación Sur (IOS) y la anomalía semanal de la temperatura superficial del mar (ATSM), como indicadores atmosférico y oceanográfico respectivamente.

## **METODOLOGÍA**

Para identificar el impacto del evento del El Niño 2015/16 sobre el régimen de temperatura media superficial en Paraguay, se analizaron los valores mensuales del índice de Oscilación Sur (IOS), como *indicador atmosférico* y los valores de la anomalía de la Temperatura Superficial del Mar (TSM) de las diferentes regiones de estudios de El Niño, como *indicador oceanográfico*.

El régimen de temperatura en el país fue calculado, a partir del valor medio mensual de la temperatura y su anomalía, promediando los valores mensuales registrados desde enero 2015 a febrero 2016 en las diferentes estaciones climatológicas que opera sistemáticamente la Dirección de Meteorología e Hidrología. La anomalía de la temperatura mensual, representa la diferencia entre la temperatura media mensual y el valor correspondiente al periodo 1961-1990. Los datos de temperaturas y sus anomalías mensuales fueron recopilados de los boletines climatológicos, difundidos por la Dirección de Meteorología e

Hidrología (DMH), dependiente de la Dirección Nacional de Aeronáutica Civil (12). Datos de un total de 19 estaciones climatológicas fueron utilizados en el presente estudio y la lista se muestra en la (Tabla 1).

Para la caracterización del evento El Niño 2015/16, se utilizaron los datos del índice de Oscilación del Sur (IOS) y la anomalía semanal de la temperatura superficial del mar (ATSM) del Océano Pacífico Ecuatorial para las diferentes regiones de estudios de El Niño: *Niño 1+2* (0° - 10°S, 90°W - 80°W); *Niño 3* (5°N - 5°S, 150° - 90°W) y *Niño 3.4* (5°N - 5°S, 170° W - 120°W). La región de El Niño denominada Niño 4 (5°N - 5°S, 150° W - 160° E), no fue considerada por que la misma se encuentra muy alejada de la costa sudamericana. Los valores del IOS y de la anomalía de TSM, corresponden a los valores medios de la última semana de cada mes, salvo, algunas excepciones y fueron recopilados de los boletines mensuales del Centro Internacional para la Investigación del Fenómeno El Niño (CIIFEN) (13). El periodo del estudio abarca de enero 2015 a febrero 2016.

**Tabla 1:** Lista de estaciones climatológicas del Paraguay y sus coordenadas geográficas.

| N  | Estaciones           | Latitud (S) | Longitud (W) | N  | Estaciones        | Latitud (S) | Longitud (W) |
|----|----------------------|-------------|--------------|----|-------------------|-------------|--------------|
| 1  | Mcal. Estigarribia   | 22° 02'     | 60° 37'      | 11 | Paraguarí         | 25° 46'     | 57° 15'      |
| 2  | Puerto Casado        | 22° 17'     | 57° 56'      | 12 | Villarrica        | 25° 46'     | 56° 26'      |
| 3  | Pedro Juan Caballero | 23° 35'     | 55° 44'      | 13 | Cnel. Oviedo      | 25° 28'     | 56° 24'      |
| 4  | Pozo Colorado        | 23° 27'     | 58° 52'      | 14 | Aerop. Guarani    | 25° 21'     | 54° 27'      |
| 5  | Concepción           | 23° 25'     | 57° 18'      | 15 | Pilar             | 26° 51'     | 58° 19'      |
| 6  | Gral. Bruguez        | 24° 45'     | 58° 50'      | 16 | San Juan Bautista | 26° 40'     | 57° 09'      |
| 7  | San Pedro            | 24° 04'     | 57° 05'      | 17 | Caazapá           | 26° 11'     | 56° 22'      |
| 8  | San Estanislao       | 24° 40'     | 56° 26'      | 18 | Capitán Meza      | 26° 56'     | 55° 12'      |
| 9  | Salto del Guaira     | 24° 03'     | 54° 19'      | 19 | Encarnación       | 27° 20'     | 55° 50'      |
| 10 | Luque, AISP          | 25° 15'     | 57° 31'      |    |                   |             |              |

Fuente: Adaptación de la DMH

## RESULTADOS Y ANÁLISIS

### **Comportamiento del índice de Oscilación del Sur en la región del Océano Pacífico ecuatorial.**

Durante el segundo semestre del 2014, el Índice de Oscilación del Sur experimentó un descenso en sus valores. En la última semana de enero del 2015, luego de mantenerse por séptimo mes consecutivo con valores negativos, el índice de oscilación del sur alcanzó un valor de  $-8,3$  (14). En la última semana de febrero, el IOS paso a la fase positiva por primera vez, alcanzando en esta ocasión un valor de  $+0,8$  (14).

En los meses siguientes los indicadores de El Niño en el Pacífico Tropical ya mostraron una clara evidencia de la ocurrencia de dicho fenómeno. El IOS para los meses de marzo, abril y mayo continuó descendiendo a la fase negativa, alcanzando valores de  $-10,7$ ,  $-3,3$  y  $-13,7$  (14) respectivamente; en los últimos días de mayo, experimentó un ligero ascenso, pero sin abandonar su fase negativa.

Durante el periodo invernal, el fenómeno El Niño 2015/16, continuó en su fase de fortalecimiento y el índice de Oscilación del Sur fue descendiendo aún más, llegando a obtener en la última semana de los meses de junio, julio y agosto, los valores de  $-16,7$ ,  $-14,9$  y  $-20,3$  respectivamente (14).

Durante la estación primaveral del 2015, el fenómeno El Niño continuó fortaleciéndose. En este periodo, el índice de Oscilación del Sur diario, mostro una ligera recuperación respecto a la estación invernal, alcanzando en la última semana de septiembre, octubre y noviembre valores de  $-18,6$ ,  $-15,6$  y  $-4,0$  (14) respectivamente.

En diciembre 2015, el fenómeno El Niño llegó a su máxima intensidad, con el Índice de Oscilación del Sur, en una secuencia un tanto errática, alcanzando para la última semana de diciembre un valor de  $-8,0$  (14).

Durante enero 2016, el Índice de Oscilación del Sur (IOS) diario, descendió rápidamente, alcanzando en la última semana un valor de  $-22,7$  (15), constituyéndose en el valor más bajo del año 2016. Durante febrero 2016, el IOS diario se ha ubicado con un valor de  $-17,3$  (15).

### **Comportamiento de la temperatura superficial del mar (TSM) en la región del Océano Pacífico ecuatorial.**

Asimismo, en el segundo semestre del 2014, la temperatura superficial del mar en el Pacífico Ecuatorial, continuó con la tendencia observada de mostrar valores por encima del promedio. En enero del 2015, en las zonas subtropicales del Pacífico se evidenció una gran área de anomalías positivas de TSM, que alcanzaron las costas de Sudamérica. En la última semana de enero, la anomalía de la TSM en las diferentes regiones del Niño fueron: región Niño 1+2 con  $-0,3^{\circ}\text{C}$  (14); región Niño 3 con  $0,3^{\circ}\text{C}$  y región Niño 3.4 con  $0,5^{\circ}\text{C}$ . Por su

Vázquez MA, Vázquez AB. El Niño. Oscilación del Sur 2015/16 y su impacto sobre el régimen de la temperatura media superficial del aire en el Paraguay

parte, los índices oceánicos en las regiones del Niño continuaron exhibiendo durante la última semana de febrero valores de - 0,1°C (Niño 1+2); 0,1°C (Niño 3) y de 0,6°C (Niño 3.4) (15).

En marzo 2015, el extremo oriental del océano Pacífico experimentó un rápido incremento de las anomalías de la temperatura superficial del mar. Así, en la última semana de marzo los índices oceánicos en las diferentes regiones fueron de 1,2 °C (Niño 1+2); de 0,6 °C (Niño 3) y de 0,6 °C (Niño 3.4) (16). En la última semana de abril los índices oceánicos en los diferentes sectores fueron: 1,2 °C (Niño 1+2); 0,6 °C (Niño 3) y 0,6 °C (Niño 3.4) (17). En mayo del 2015 el Pacífico Tropical continuó exhibiendo anomalías positivas de la temperatura superficial del mar, alcanzando los siguientes valores: 2,6 °C (Niño 1+2); 1,4 °C (Niño 3) y 1,3 °C (Niño 3.4) (14).

El fenómeno El Niño 2015/16, continuó con su evolución y fue fortaleciéndose según los indicadores oceanográficos. El mes de junio, se caracterizó por la persistencia de anomalías positivas de la temperatura superficial del mar en extensas áreas del Océano Pacífico Tropical, alcanzando anomalías de 2,6 °C (Niño 1+2); 1,4°C (Niño 3) y 1,3 °C (Niño 3.4) (14). En la última semana de julio las anomalías de TSM en las diferentes regiones de El Niño, exhibieron valores positivos que alcanzaron 2,3 °C (Niño 1+2); 2,1 °C (Niño 3) y 1,6 °C (Niño 3.4) (14). En agosto 2015, el fenómeno El Niño prolongó su evolución alcanzando su fase madura, presentando temperatura superficial del mar por encima de sus valores normales, alcanzando en la última semana de agosto los siguientes valores de anomalías de TSM: 2,0 °C (Niño 1+2); 2,3 °C (Niño 3) y 2,2 °C (Niño 3.4) (14).

En la primavera del 2015, el fenómeno El Niño continuó evolucionando en su fase madura. El mes de septiembre se caracterizó por presentar temperatura superficial del mar por encima de sus valores normales, alcanzando en las diferentes regiones de El Niño los siguientes valores de anomalías de TSM: 2,7 °C (Niño 1+2); 2,6 °C (Niño 3) y 2,3 °C (Niño 3.4) (14). El Niño continuó fortaleciéndose, presentando TSM sobre sus valores normales, alcanzando para finales del mes de octubre los valores de: 2,1 °C (Niño 1+2); 2,8 °C (Niño 3) y 2,8 °C (Niño 3.4) (14). En noviembre el Pacífico Tropical continuó presentando TSM sobre sus valores normales. Los índices de anomalías de TSM en todas las regiones Niño, mostraron incrementos positivas, llegando a los siguientes valores: 2,4°C (Niño 1+2); 3,0°C (Niño 3) y de 3,0°C (Niño 3.4) (14).

Durante el mes de diciembre 2015, El Niño fue fortaleciéndose, muy próximo a alcanzar su máxima intensidad, exhibiendo anomalía de TSM sobre sus valores normales. Los índices térmicos oceanográficos en las diferentes regiones de El Niño fueron: 2,4 °C (El Niño 1+2); 2,9 °C (El Niño 3) y 2,9 °C (El Niño 3.4) (14).

Durante enero 2016, el océano Pacífico Tropical continuó exhibiendo temperatura superficial del mar superior a sus valores normales, aunque en la región del Pacífico

ecuatorial-oriental las anomalías presentaron tendencia a la baja. En este primer mes del 2016, el indicador oceanográfico descendió rápidamente, alcanzando en la última semana de enero los valores de anomalía de TSM: 1,4 °C (El Niño 1+2); 2,5°C (El Niño 3) y 2,5°C (El Niño 3.4) (15). En febrero 2016 las anomalías de la temperatura superficial del mar disminuyeron en gran parte del Pacífico Tropical central-oriental, llegando a tener valores de: 0,9 °C (El Niño 1+2); 1,8 °C (El Niño 3) y 2,1°C (El Niño 3.4) (15).

### **Régimen de temperatura media en Paraguay durante el evento El Niño 2015/16**

Las condiciones atmosféricas y oceánicas, en el océano Pacífico ecuatorial, asociadas al fenómeno El Niño 2015/16, ejercieron influencia en el comportamiento de la circulación atmosférica en toda la región Sudamericana. En particular en Paraguay, las condiciones climáticas en función de la temperatura media y sus anomalías fueron calculadas utilizando los datos de los boletines mensuales de la DMH (16) y DMH (17). La variación de la temperatura media superficial y su anomalía media, se analiza en detalle a continuación.

Durante la influencia del evento El Niño 2015/16, el año 2015 fue mucho más cálido, y se extendió hasta febrero 2016. De todas las estaciones climatológicas utilizadas, se calcularon el promedio de temperatura media mensual para el país, obteniéndose valores de temperatura media mensual de 17,6 °C, para julio 2015 y un máximo de temperatura media mensual de 27,9°C, calculado para el mes de febrero 2016.

La anomalía media mensual calculada a nivel país a partir de las anomalías observadas en cada estación climatológica, muestra que durante el año 2015 las anomalías fueron todas positivas, a excepción del mes de noviembre que resultó con un valor negativo igual a - 0,1°C. Los valores de anomalías medias mensuales en el 2015 para el país, oscilaron entre 0,2°C, registrada en julio 2015 y un máximo de 3,7°C, calculada para agosto de 2015. Los meses de enero a febrero del 2016, se identificaron por temperatura media en torno a 28 °C y una anomalía alrededor de 0,2 °C a nivel del país.

En la (Tabla 2.a), se muestran los valores del IOS, la anomalía semanal de TSM para las diferentes regiones, de El Niño, la temperatura media superficial y sus anomalías registradas en Paraguay durante enero 2015 hasta agosto 2015.

**Tabla 2.a:** Valores del IOS, anomalía semanal de TSM, temperatura media y sus anomalías registradas en Paraguay. Periodo: Enero a agosto 2015.

| Parámetros                            | E     | F     | M    | A    | M    | J    | J    | A    |
|---------------------------------------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|
| Índice OS                             | - 8,3 | 0,8   | - 11 | -3,3 | -14  | -17  | -15  | - 20 |
| Anomalía de TSM (Niño 1+2) en °C      | - 0,3 | - 0,1 | 1,2  | 1,5  | 2,6  | 2,6  | 2,3  | 2,0  |
| Anomalía de TSM (Niño 3) en °C        | 0,5   | 0,6   | 0,6  | 0,6  | 1,3  | 1,4  | 1,6  | 2,2  |
| Anomalía de TSM (Niño 3.4) en °C      | 0,5   | 0,6   | 0,6  | 0,6  | 1,3  | 1,4  | 1,6  | 2,2  |
| Temperatura media del aire (°C)       | 27,3  | 26,6  | 25,6 | 23,2 | 19,9 | 19,6 | 17,6 | 22,5 |
| Anomalía de temperatura del aire (°C) | 0,4   | 0,5   | 0,5  | 1,1  | 0,7  | 2,5  | 0,2  | 3,7  |

Fuente: Boletines de la DMH y del CIIFEN

En la (Tabla 2.b), se muestran los valores del IOS, la anomalía semanal de TSM para las diferentes regiones de El Niño, la temperatura media superficial y sus anomalías registradas en Paraguay desde septiembre 2015 hasta febrero del 2016.

**Tabla 2.b:** Valores del IOS, anomalía semanal de TSM, temperatura media y su anomalía registrada en Paraguay. Periodo: septiembre 2015 a febrero 2016.

| Parámetros                            | S      | O    | N     | D    | E    | F    |
|---------------------------------------|--------|------|-------|------|------|------|
| Índice OS                             | - 18,6 | -16  | - 4   | - 8  | -19  | -17  |
| Anomalía de TSM (Niño 1+2) en °C      | 2,7    | 2,1  | 2,4   | 2,4  | 1,4  | 0,9  |
| Anomalía de TSM (Niño 3) en °C        | 2,3    | 2,8  | 3,0   | 2,9  | 2,5  | 1,8  |
| Anomalía de TSM (Niño 3.4) en °C      | 2,3    | 2,8  | 3,0   | 2,9  | 2,5  | 1,8  |
| Temperatura media del aire (°C)       | 22,2   | 23,9 | 24,7  | 26,2 | 27,7 | 27,9 |
| Anomalía de temperatura del aire (°C) | 1,6    | 0,7  | - 0,1 | 0,1  | 0,93 | 1,7  |

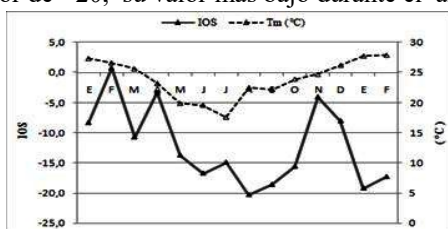
Fuente: Boletines de la DMH y del CIIFEN

### Comparación del régimen de temperaturas con el IOS durante el evento El Niño 2015/16

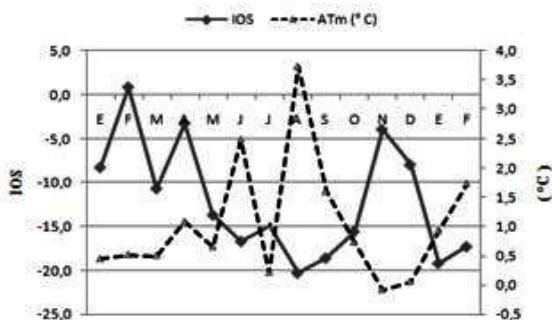
Vázquez MA, Vázquez AB. El Niño. Oscilación del Sur 2015/16 y su impacto sobre el régimen de la temperatura media superficial del aire en el Paraguay

Para estudiar el comportamiento del ENOS 2015/16 en el Paraguay con el régimen de la temperatura superficial del aire fueron realizados dos análisis gráficos; a) análisis de la evolución temporal del índice de OS con la temperatura media mensual y la anomalía de la temperatura (ATm) del aire; b) análisis de la evolución temporal de la anomalía semanal de TSM (ATSM) de las regiones Niño (1+2), Niño (3) y Niño (3.4) con la anomalía media de la temperatura del aire (ATm). La temperatura media en Paraguay, es el valor promediado a partir de los valores mensuales registrados en todas las estaciones consideradas en el estudio

El gráfico 1.a, muestra la evolución mensual del IOS con la temperatura media en Paraguay desde enero 2015 a febrero 2016. Se puede notar que en el periodo de menor temperatura en el país (abril, mayo, junio, julio y agosto), la temperatura media se mantuvo cerca de los 20 °C, llegando alcanzar inclusive los 23°C en abril y agosto. En este mismo periodo el índice OS alcanzó su valor más bajo manteniéndose cerca de -15 y para el mes de agosto llegó a alcanzar un valor de -20, su valor más bajo durante el año 2015.



**Gráfico 1. a:** Índice de OS y temperatura media mensual del aire. Período: enero 2015 a febrero 2016.



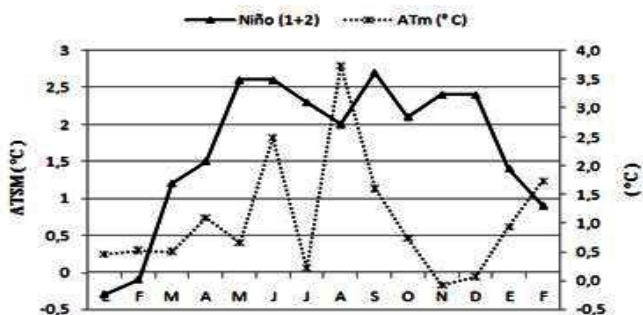
**Gráfico 1. b:** Índice de OS y la anomalía mensual de temperatura. Período: enero 2015 a febrero 2016.

Por su parte en el mismo periodo (abril a agosto) del 2015, la anomalía de la temperatura se mantuvo con un valor mayor a 0,5°C, llegando alcanzar en agosto un valor de anomalía de temperatura cerca de 4°C, como puede verse en el gráfico 1.b.

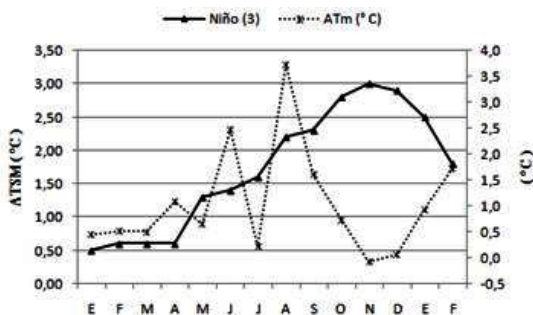
El análisis del progreso temporal de la anomalía semanal de TSM (ATSM) en las diferentes

regiones de estudio de El Niño, Niño (1+2), Niño (3) y Niño (3.4) con la anomalía de la temperatura (ATm) mensual del aire se muestran en los gráficos 2; 3 y 4 respectivamente.

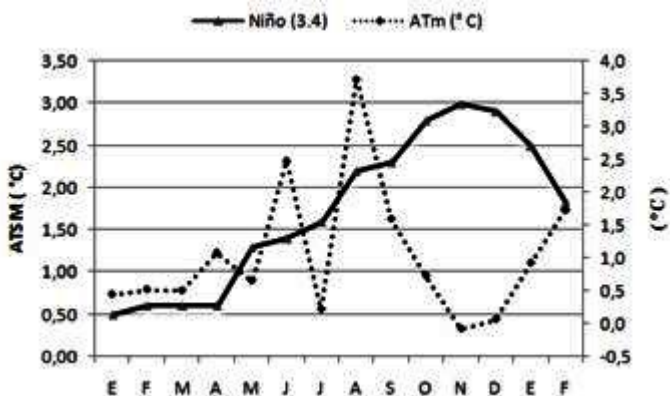
La comparación entre la anomalía de TSM de la región de El Niño (1+2) con la anomalía de temperatura en el Paraguay ha variado significativamente. Muestra que las anomalías de la temperatura del aire en el periodo de abril a agosto 2015, fueron positivas, llegando a alcanzar en el mes de junio un valor de 2,5°C y un valor de casi 4 °C en el mes de agosto. Por su parte en el mismo periodo la ATSM se mantuvo entre 2°C y 3°C, según puede verse en el gráfico 2.



**Gráfico 2:** Anomalia de TSM (Niño 1+2) y la anomalia media de temperatura. Periodo: enero 2015 a febrero 2016



**Gráfico 3:** Anomalia de TSM (Niño 3) y la anomalia de temperatura. Periodo: enero 2015 a febrero 2016



**Gráfico 4:** Anomalia de TSM (Niño 3.4) y la anomalia de temperatura. Período: enero 2015 a febrero 2016

El comportamiento de la ATSM en la región de El Niño 3 en el periodo de abril a agosto 2015, muestra una variación de entre 0,6°C y 2°C, según puede verse en el gráfico 3. Por su parte, el comportamiento de la ATSM de la región de El Niño 3.4, en el periodo de abril a agosto 2015, muestra una variación entre 0,6°C y 2°C, según puede verse en el gráfico 4.

## CONCLUSIONES

A través del presente estudio se logró verificar que el evento del fenómeno El Niño, impacta sobre el régimen de las temperaturas medias del aire y sus anomalías en todo el Paraguay. Los resultados muestran que el evento El Niño 2015/16 en particular, originado en abril de 2015 se intensificó, alcanzando su máxima intensidad en diciembre 2015 y se extendió para extinguirse como fenómeno en el primer semestre del 2016. Otra conclusión importante del evento El Niño 2015/16, es que la variación positiva de la temperatura media y su anomalía en Paraguay asociada al evento El Niño es muy significativa, especialmente, en el periodo de abril a agosto del 2015, llegando a ser el periodo más cálido durante la aparición del fenómeno. En particular, los meses de junio con 2,5 °C y agosto con 3,7 °C, resultaron los meses más cálidos durante el evento de El Niño 2015/16. La anomalía de TSM de la región de El Niño (1+2) y Niño (3), presentaron los valores más altos de ATSM, alcanzando el valor de casi 2 °C en la región de El Niño (3) y un valor del orden de 3 °C en la región de El Niño (1+2). Los resultados obtenidos en este estudio en particular son coherentes con los resultados expuestos en la bibliografía (8).

## AGRADECIMIENTOS

Se agradece en forma especial al señor Oscar Rodríguez S., meteorólogo de la Dirección de Meteorología e Hidrología de la DINAC por la provisión de los datos climatológicos de Paraguay utilizados en el presente estudio.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Organización Meteorológica Mundial. Tiempo, Clima, Agua y Desarrollo Sostenible. Boletín OMM N° 1145. Ginebra, Suiza; 2014.
2. Organización Meteorológica Mundial. Tiempo OMM N° 976. Ginebra, Suiza, 2005.
3. Organización Meteorológica Mundial. Tiempo OMM N° 998. Ginebra, Suiza, 2006.
4. Cavalcanti IFA, Ferreira NJ, Alvares Justí Da Silva MG, Faus Da Silva Dias MA. Tempo e Clima no Brasil. Sao Paulo, Brasil; 2009.
5. Trenberth KE, Caron JM, Stepaniak DP, Worley S. Evolution of El Niño–Southern Oscillation and global atmospheric surface temperatures. *J. Geophys. Res.* 2002;107. doi: 10.1029/2000JD000298
6. Aceituno P. On the Functioning of the Southern Oscillation in the South American Sector. Part I: Surface Climate. *Monthly Weather Review.* 1988;116:505-524.
7. Kiladis GN, Diaz Henry F. Global Climatic Anomalies Associated with Extremes Southen Oscillation. *Journal of climate.* 1989;2:1069-1090.
8. Halpert MS, Ropelewski CF. Surface Temperature Patterns Associated with the Southern Oscillation. *J. of Climate.* 1992;5:577-593.
9. Vázquez MA. Variabilidad climática interanual de Paraguay asociada al fenómeno El Niño/Oscilación Sur (ENOS). *Rev. Soc. cient. Parag.* 2011;16(2):163-173.
10. Vázquez MA. Variabilidad interanual de la lluvia asociada al fenómeno La Niña. *Rev. Soc. cient. Parag.* 2013;18(1):47-58.
11. Vázquez MA, Vázquez Blanca P. El fenómeno El Niño/Oscilación Sur (ENOS) y su impacto en el régimen de lluvias en Paraguay en 2015. *Rev. Soc. cient. Parag.* 2017;22(1):87-101.
12. Dirección de Meteorología e Hidrología. Publicaciones. Disponible en: <http://www.meteorologia.gov.py/Boletines>
13. Centro Internacional para la Investigación del Fenómeno de El Niño. El Niño/La Niña en América Latina. Disponible en: [www.ciifen.org/](http://www.ciifen.org/)
14. Centro Internacional para la Investigación del Fenómeno El Niño. Boletín Enero - Diciembre 2015. Disponible en: [www.ciifen.org/](http://www.ciifen.org/)
15. CIIFEN. Centro Internacional para la Investigación del Fenómeno El Niño. Enero - Febrero 2016. Disponible en: [www.ciifen.org/](http://www.ciifen.org/)
16. DMH. DINAC. Boletín Climatológico Mensual, Enero – Diciembre 2015. Asunción, Paraguay.
17. DMH. DINAC. Boletín Climatológico Mensual, Enero – Febrero 2016. Asunción, Paraguay.