

Impacto del evento ENOS en la producción de papa (*Solanum Tuberosum*) en Güira de Melena

Impact of the ENOS event on potato (*Solanum Tuberosum*) production in Güira de Melena



<https://cu-id.com/2377/v29n1e02>

 Nelkis Alvarez Capote^{1*},  Obel Báez Ravelo²,  Eduardo Pérez Valdés³

¹Centro Meteorológico Provincial de Artemisa, Zona 4 Vial Norte-Sur Zona Especial de Desarrollo Mariel, Artemisa, Cuba.

²Finca escuela La Rebeca, CCS Niceto Pérez, Carretera Güira-Cajío kilómetro 4, Cuba.

³Instituto de Meteorología, Centro de Meteorología Agrícola, Loma de Casablanca, Regla. Apartado Postal 17032. CP 11700. La Habana. Cuba.

RESUMEN: En Cuba la papa es uno de los productos agrícolas de mayor demanda, siendo el municipio Güira de Melena el mayor productor del tubérculo a nivel nacional. Sin embargo, este cultivo es seriamente sensible a los cambios de temperatura y precipitación; por lo que es necesario estudiar aquellos fenómenos climáticos que inciden negativamente en su rendimiento, entre los que sobresale el evento El Niño-Oscilación del Sur (ENOS). Es por ello que, se plantea como objetivo principal demostrar el impacto que ejercen las fases cálida, fría y neutra del ENOS sobre el rendimiento de la papa en el municipio Güira de Melena, durante las campañas comprendidas entre 2010 y 2018. Para ello se analizaron los rendimientos obtenidos teniendo en consideración las diferentes fases del evento ENOS y a través de comportamiento de los valores de temperatura máxima (T_{máx}), temperatura mínima (T_{mín}), temperatura media (T_{med}), amplitud térmica (AT) y temperatura nocturna (T_{noc}), precipitación (RR) y humedad relativa (Hr) que influyen en el desarrollo del cultivo de la papa. Las campañas bajo la influencia de las fases cálida y neutra del evento ENOS sufrieron una reducción en los rendimientos totales de la papa con respecto a la norma histórica, obteniéndose los menores rendimientos durante un evento ENOS muy fuerte; mientras que, en los años de AENOS se produjo un incremento de los mismos. Las variables que más influyeron en los rendimientos del cultivo en las fases frías y cálidas del evento ENOS fueron la temperatura máxima, mínima, media, temperatura nocturna y la amplitud térmica, mientras que bajo la fase neutra de este evento las temperaturas extremas no fueron determinantes.

Palabras claves: rendimiento, papa, variables meteorológicas, ENOS.

ABSTRACT: In Cuba, potatoes are one of the agricultural products in greatest demand, with the municipality of Güira de Melena being the largest producer of the tuber nationwide. However, this crop is seriously sensitive to changes in temperature and precipitation; Therefore, it is necessary to study those climatic phenomena that negatively affect its performance, among which the El Niño-Southern Oscillation (ENSO) event stands out. That is why the main objective is to demonstrate the impact of the warm, cold and neutral phases of ENSO on potato yield in the municipality of Güira de Melena, during the campaigns between 2010 and 2018. To do this, the yields obtained were analyzed taking into consideration the different phases of the ENOS event through the behavior of the values of maximum temperature (T_{max}), minimum temperature (T_{min}), average temperature (T_{med}), thermal amplitude (AT), and night temperature (T_{noc}), precipitation (RR) and relative humidity (Hr) that influence the development of the potato crop. The best planting date was proposed, placing a particular emphasis on the optimal range of average temperature that the crop requires for its development, verifying that the temperatures accumulated during the three phases of the crop were equitable in each of them, by the thermal integral method. It was determined that the best planting date for the municipality crop is the second decade of November. The campaigns under the influence of the warm and neutral phases of the ENOS event suffered a reduction in the total potato yields concerning the average of the study campaigns, obtaining the lowest outcomes during an extreme ENOS event; At the same time, in the years of AENOS, there was an increase in them. The variables that most influenced crop yields in the cold and warm phases of the ENOS event were the maximum, minimum, average temperature, night temperature and the thermal amplitude, while under the neutral phase of this event the extreme temperatures were not decisive

Keywords: yield, potato, meteorological variables, ENOS.

*Autor para correspondencia: Nelkis Alvarez Capote. E-mail: nelkisac@gmail.com

Recibido: 10/06/2022

Aceptado: 25/12/2022

INTRODUCCIÓN

En los últimos años se ha registrado un marcado aumento de los fenómenos climáticos extremos, una tendencia que los científicos atribuyen claramente al cambio climático. La agricultura es una de las actividades económicas que puede verse seriamente afectada por las variaciones del clima, dado que muchos cultivos son sensibles a las variaciones de temperatura y precipitación (Torres *et al.*, 2011).

El Niño-Oscilación del Sur (ENOS) es el principal factor forzante de la variabilidad climática conocido hasta el momento. Su nombre indica la presencia de dos componentes, uno oceanográfico (El Niño) y otro atmosférico (La Oscilación del Sur); por lo que constituye un ejemplo de la interacción océano-atmósfera. El ENOS es un fenómeno natural que fluctúa de forma irregular entre una fase cálida (El Niño) y una fase fría (La Niña), provocando comportamientos anómalos de las variables meteorológicas (Pérez *et al.*, 2012).

Un parte importante de la variabilidad interanual de los elementos climáticos en Cuba es explicada por la presencia de este evento. Se ha demostrado que el ENOS provoca cambios importantes en un buen número de variables climáticas, particularmente sobre las precipitaciones invernales (Pérez *et al.*, 2012), lo que ha traído como resultado mermas notables en la producción agropecuaria.

A nivel mundial la papa (*Solanum tuberosum* L.) es considerada el cuarto cultivo alimenticio en orden de importancia, después del trigo, el arroz y el maíz. En Cuba la papa ocupa el primer lugar entre las raíces y tubérculos, por ser de gran demanda entre la población, debido a sus aportes en proteínas, minerales y vitaminas (Ministerio de la Agricultura de la República de Cuba [MINAG], 2019). Aunque es cultivada en muchas zonas geográficas debido a su gran plasticidad ecológica, las condiciones idóneas para su producción en Cuba, se presentan en un corto período de tiempo, en el cual las temperaturas resultan más bajas, coincidiendo con el período comprendido entre los meses de noviembre-marzo (Martín y Jerez, 2017).

En estudios realizados sobre el cultivo de la papa, varios autores han abordado su vulnerabilidad a las fluctuaciones de la temperatura y las precipitaciones en los diferentes estadios de desarrollo de la planta (Fernández *et al.*, 2008; Pérez *et al.*, 2008; Martín y Jerez, 2015; Morales, Morales y Rodríguez, 2015; Miranda, Álvarez y Ulloa, 2017, y Martín y Jerez, 2017). Estos trabajos han demostrado que los rendimientos finales de cada campaña tienen como factores limitantes la influencia del clima y su relación con el ciclo vegetativo del cultivo, en especial el comportamiento del régimen térmico durante las primeras fases fenológicas.

En el ámbito nacional destaca la investigación realizada por Pérez *et al.* (2004), donde analizaron los impactos del evento ENOS en varios cultivos, inclu-

yendo el de la papa, para las provincias de La Habana y Matanzas. Los autores comprobaron que el impacto de la fase cálida del evento ENOS 1997/1998 resultó muy desfavorable debido a la ocurrencia de elevadas temperaturas mínimas y altos acumulados de precipitación durante las principales fases del ciclo vegetativo y la cosecha, disminuyendo los rendimientos finales.

El municipio Güira de Melena, perteneciente a la provincia de Artemisa, destaca por ser el mayor productor del tubérculo a nivel nacional, contribuyendo a un 37% de la producción en la provincia de Artemisa y a un 3% a nivel nacional (MINAG, 2019). Teniendo en cuenta que el evento ENOS se asocia a la ocurrencia de anomalías climáticas que son capaces de producir grandes desastres, es necesario conocer las características esenciales de sus efectos sobre una región. Esto ayudará a la toma de decisiones adecuadas que mitiguen o eviten de alguna forma, las posibles consecuencias negativas derivadas de este evento. La capacidad de predecir con antelación las variaciones climáticas, ofrece la posibilidad de poder actuar a tiempo y reducir sus impactos. Es por ello que, el objetivo de la investigación es demostrar el impacto que ejercen las fases cálida, fría y neutra del ENOS sobre el rendimiento de la papa en el municipio Güira de Melena, durante las campañas comprendidas entre 2010 y 2018.

Con esta investigación se facilita mejoras en los conocimientos agrometeorológicos y el perfeccionamiento en la agricultura para así contribuir al manejo sostenible del cultivo de la papa

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El municipio Güira de Melena se encuentra ubicado al sureste de la provincia de Artemisa (figura 1), entre los 22°00' - 22°55' de latitud norte y los 82°00' - 82°35' de longitud oeste. Limita al norte con San Antonio de los Baños, al este con Quivicán, al oeste con Alquizar y al sur con el golfo de Batabanó. El territorio ocupa un área de 197,8 km², con predominio de suelos ferralíticos rojos. Posee 10176,35 ha cultivables y de ellas 433,7 ha destinadas al cultivo de la papa (Oficina Nacional de Estadística e Información de la República de Cuba [ONEI], 2018).

Variables meteorológicas empleadas

Se trabajó con una Base de Datos, que contiene los registros de las diferentes variables meteorológicas reportadas por la estación agrometeorológica 320, que corresponde al municipio Güira de Melena para el período 2010-2018. Esta información pertenece a los datos de archivo del Instituto de Meteorología (INS-MET), facilitados por el Centro de Clima (CENCLIM) de dicha institución.

Las variables empleadas fueron: la temperatura máxima del aire ($T_{m\acute{a}x}$), temperatura mínima del aire ($T_{m\acute{i}n}$) y la temperatura media del aire (T_{med}). La temperatura media fue calculada a partir de las temperaturas máximas y mínimas medias mediante la ecuación:

$$T_{med}(^{\circ}C) = (T_{m\acute{a}x}(^{\circ}C) + T_{m\acute{i}n}(^{\circ}C)) / 2 \quad (1)$$

Además, se trabajó con la amplitud térmica (AT), temperatura nocturna, precipitación (suma de la altura de la lámina de lluvia caída durante la década) y la humedad relativa. La amplitud térmica fue calculada a partir de la ecuación:

$$AT(^{\circ}C) = T_{m\acute{a}x}(^{\circ}C) - T_{m\acute{i}n}(^{\circ}C) \quad (2)$$

Se trabajaron un total de 8 campañas con 15 décadas en cada una, sumando 120 décadas en todo el período de estudio. La información se organizó en períodos de diez días (décadas) para los meses de noviembre a marzo, fecha en la que culmina la campaña de invierno para el cultivo de la papa.

Análisis de la influencia del evento ENOS en el rendimiento de la papa

Los rendimientos del cultivo de la papa en las campañas comprendidas entre 2010 y 2018 fueron extraídos de la Empresa Agropecuaria del municipio. Para cada campaña se analizaron los rendimientos obtenidos teniendo en consideración las diferentes fases del evento ENOS y el comportamiento de las variables meteorológicas.

Para analizar los efectos del evento ENOS sobre el cultivo fueron tomadas las fechas de ocurrencia e intensidad de las fases cálida, neutra y fría, según el Índice Oceánico de El Niño (ONI, por sus siglas en inglés). Dicha información se obtuvo de las bases de datos del Centro de Predicción Climática (CPC, por sus siglas en inglés) de los Estados Unidos, disponible en el sitio web https://origin.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ONI_v5.php.

El Índice Oceánico de El Niño representa la media móvil de tres meses de las anomalías de la temperatura superficial del mar en el océano Pacífico ecuatorial, correspondiente a la región El Niño 3.4 (5°S - 5°N; 120°W - 170°W) (Tootle *et al.*, 2008). El ONI es la principal medida para hacer seguimiento y predecir el ENOS, y se compone de tres fases: El Niño, que se caracteriza por valores positivos del ONI mayores o iguales a +0,5°C, durante tres meses continuos; La Niña, caracterizada por valores negativos del ONI menores o iguales a -0,5°C, durante tres meses continuos; y la fase Neutra que presenta valores del ONI entre -0,5°C y +0,5°C (Trenberth, 1997).

En los gráficos construidos fueron agrupados y clasificados como: presencia de la fase cálida del ENOS (E), presencia de la fase fría del ENOS (A) y presencia de condiciones neutrales (N). El análisis de la influencia del ENOS en los rendimientos de la papa se realizó de forma decadal para cada una de las variables meteorológicas descritas anteriormente.

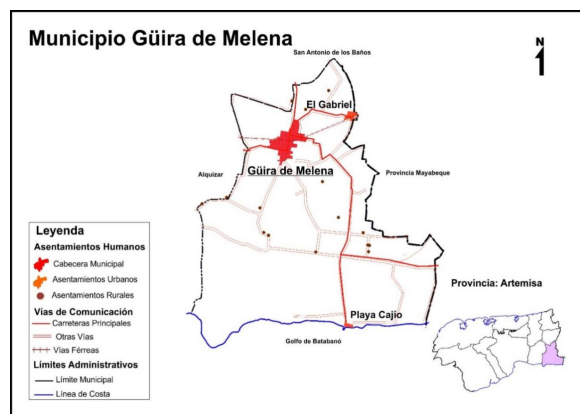


Figura 1. Localización del municipio Güira de Melena. Fuente: <https://www.ipf.gob.cu/es/content/m-g%C3%BCira-de-melena>

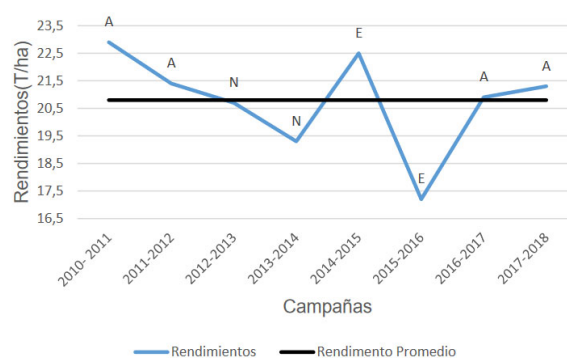


Gráfico 1. Rendimiento del cultivo de la papa durante las campañas comprendidas entre 2010 y 2018. Nota: A - Fase fría del evento ENOS (La Niña); N - Fase neutra del evento ENOS; E - Fase cálida del evento ENOS (El Niño)

Los gráficos para el análisis de las variables meteorológicas en cada una de las fases del ENOS se realizaron en Microsoft Excel 2016. El procesamiento estadístico de los datos fue realizado con la utilización del programa Info Stat/Profesional, versión 1.1. Los gráficos utilizados fueron el de línea de tendencia y los de barras para el análisis de los acumulados de precipitación.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis de los rendimientos agrícolas

En el gráfico 1 se muestra el comportamiento de los rendimientos de la papa en el municipio Güira de Melena. En este se observa la influencia negativa y positiva que ejercen las fases cálida, fría y neutra del evento ENOS al determinar la variabilidad de los rendimientos con respecto a la media de las campañas de estudio (2010-2018).

El rendimiento promedio durante estas campañas fue de 20,8 t/ha, oscilando entre 17,2 y 22,9 t/ha. Para este cultivo, el rendimiento histórico nacional es de 19,9 t/ha (MINAG, 2019). Aunque estos resultados son buenos para el país, dadas las condiciones ambientales que posee, son muy inferiores a los reportados

por [Martín y Jerez \(2015\)](#) que, con variedades importadas de Holanda y Canadá, obtuvieron rendimientos entre 32,3 y 58,0 t/ha.

Se puede apreciar que de las cinco campañas que estuvieron por encima del rendimiento promedio de este período de estudio, cuatro de ellas estaban bajo la influencia de la fase fría (AENOS) en las campañas 2010-2011, 2011-2012, 2016-2017 y 2017-2018 con categorías de fuerte, moderada y débil en las dos últimas. En la campaña 2014-2015 se reportaron rendimientos superiores pues estuvo bajo la influencia de la fase cálida del evento ENOS de categoría débil. Por otro lado, de las 3 campañas que presentaron rendimientos inferiores con respecto a este período, dos de ellas estuvo bajo la fase neutra (2012-2013 y 2013-2014) y una fase cálida (2015-2016) con categoría muy fuerte.

Se puede concluir que, los años ENOS y neutros determinaron una reducción en los rendimientos totales de aproximadamente una tonelada por hectárea, como promedio, con respecto a la media del período de estudio. En los años AENOS se favorecieron su incremento en una tonelada por hectárea.

Comportamiento de las variables meteorológicas durante el evento El Niño-Oscilación del Sur (ENOS) para las campañas comprendidas entre 2010 y 2018

A continuación, se realiza un análisis del comportamiento de las variables meteorológicas para las campañas de estudio bajo las distintas fases del evento ENOS.

Fase fría del ENOS (La Niña) durante las campañas 2010-2011, 2011-2012, 2016-2017 y 2017-2018

Temperatura mínima

La campaña 2010-2011 ([gráfico 2](#)) se mantuvo con las temperaturas mínimas más bajas en la etapa de tuberización (período señalado de color negro), en comparación con las restantes campañas de estudio con valores entre 11,7 y 15,9 °C, valores muy inferiores al límite máximo, de 18 °C, definido por [Salazar-Gutiérrez et al. \(2013\)](#). Este aspecto es favorable para las fases de estolonización, tuberización y el alcance de los más altos valores en los rendimientos no solo durante las campañas bajo la fase fría del evento ENOS sino, en todas las del estudio.

Es de destacar, como la campaña 2016-2017 se mantuvo en el mes de diciembre con valores más elevados entre 18,3 y 21,0 °C lo cual provocó los más bajos rendimientos en estas campañas de estudio. En las campañas 2011-2012 y 2017-2018 los rendimientos fueron similares, pues solo el 33% de las temperaturas mínimas fue superior al valor umbral, oscilando entre 18,2 y 19,4 °C.

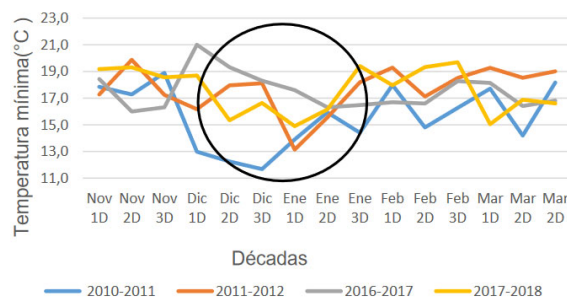


Gráfico 2. Comportamiento de la temperatura mínima durante las campañas bajo la fase fría del evento ENOS

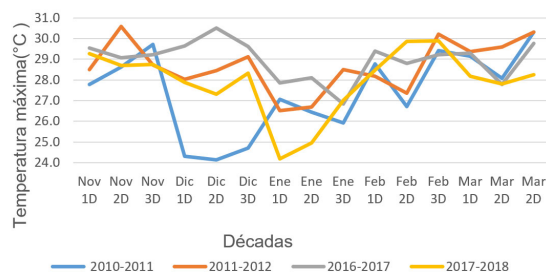


Gráfico 3. Comportamiento de la temperatura máxima (Tmáx) durante las campañas bajo la fase fría del evento ENOS

Temperatura máxima

La campaña 2016-2017 ([gráfico 3](#)) presentó los rendimientos más bajos de las cuatro campañas, pues en la etapa de tuberización los valores de temperatura máxima oscilaron entre 26,8 y 30,5 °C. Según [Salazar-Gutiérrez et al. \(2013\)](#), temperaturas máximas superiores a los 25 °C traen consigo que la respiración de la planta aumente significativamente, incrementando a su vez el consumo de asimilados disponibles para el crecimiento de la planta.

Destaca la campaña 2010-2011 donde se registraron por más tiempo valores más bajo de temperatura máxima, menores a 25 °C en el mes de enero que corresponde a la etapa de tuberización oscilando entre los 24,1 y 24,7 °C. Esto favoreció el desarrollo del cultivo y a su vez, se alcanzaran los mejores rendimientos en esta campaña de estudio. Estos resultados coinciden con los obtenidos por [Martín y Jerez \(2015\)](#) para este mismo cultivo en el municipio de San José de las Lajas.

Temperatura media

En las campañas estudiadas bajo la fase fría del evento ENOS las temperaturas medias estuvieron dentro de los valores óptimos (15-25 °C) según [MINAG \(2019\)](#), resultando favorables para el crecimiento y desarrollo (formación de tubérculos) del cultivo. Lo más significativo resultó ser la campaña 2010-2011 ([gráfico 4](#)) con valores entre 18,2 y 24,3 °C donde se alcanzan los más altos rendimientos en comparación con el resto de las campañas estudiadas.

Amplitud Térmica

La mayor influencia de la temperatura sobre el cultivo, radica en el rango de amplitud que se produzca

entre las temperaturas máxima y mínima. La papa es considerada una planta termoperiódica, indicando que necesita una variación entre la temperatura máxima y mínima de al menos 10 °C. Si la diferencia es menor, el crecimiento y tuberización se ven afectados (Cortez y Hurtado, 2002).

En las campañas 2011-2012, 2016-2017 y 2017-2018 no presentan un buen comportamiento en este indicador como se observa en el gráfico 5, ya que las fluctuaciones entre la máxima y la mínima estuvieron por debajo de 10 °C. La campaña 2017-2018 fue la que más tiempo se mantuvo por debajo de los 10 °C, con valores entre 7,6 y 9,4 °C. Esto provocó una ligera disminución de los rendimientos en comparación con la campaña 2010-2011, donde este indicador presentó el mejor comportamiento con valores entre 9,9 y 13,9 °C a lo largo de todo el ciclo vegetativo, propiciando los mayores rendimientos obtenidos.

Temperatura nocturna

Otro aspecto a tener en cuenta son las temperaturas nocturnas que, según los estudios realizados por Pérez et al. (2008), son importantes en el ciclo vegetativo del cultivo en los meses de diciembre, enero y febrero, necesarias para la obtención de rendimientos aceptables.

El mejor comportamiento de las temperaturas medias nocturnas se reportó durante la campaña 2010-2011, (gráfico 6) donde solo el 11% fue superior a los 20 °C y el 44% de estas fueron inferiores a los 18 °C. Por su parte, en la campaña 2016-2017 el 77% de las temperaturas nocturnas fueron superiores a 20°C, coincidiendo con un evento AENOS débil. Esta condición explica los bajos rendimientos obtenidos con respecto a las restantes campañas.

Precipitación y humedad relativa

Las diferentes fases del ciclo vegetativo del cultivo, así como sus principales atenciones agrotécnicas y culturales, transcurren en nuestro país en el llamado período poco lluvioso del año (noviembre a abril). En este período, en el que coincide la temporada invernal, el cultivo de la papa se realiza mediante el uso intensivo del riego para garantizar sus necesidades hídricas. Por este motivo, la ocurrencia de lluvias fuertes o por encima de lo normal provoca generalmente afectaciones sensibles a dichos cultivos.

Todas las campañas tuvieron un acumulado equitativo, sin reportarse grandes volúmenes de precipitación a lo largo de todo el ciclo, incluyendo en las etapas finales, condición necesaria para la no proliferación de enfermedades fungosas (gráfico 7).

Solo en la campaña 2010-2011 se registró un acumulado significativo durante la segunda década de noviembre, con 98,7 mm de precipitación. Teniendo en cuenta que este acumulado se produjo a inicios del ciclo vegetativo y que en las restantes décadas no se registraron acumulados significativos, no fue perjudicial para el desarrollo del cultivo ni provocó afectaciones en los rendimientos, siendo solo de interés para el calendario de siembra.

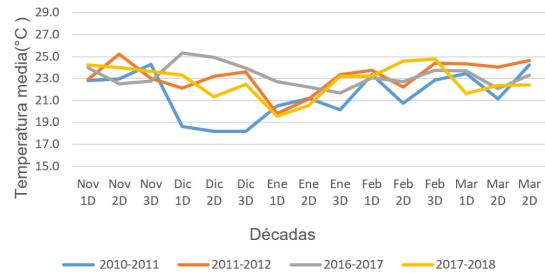


Gráfico 4. Comportamiento de la temperatura media (Tmed) durante las campañas bajo la fase fría del evento ENOS

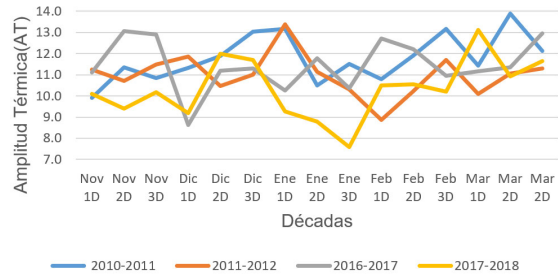


Gráfico 5. Comportamiento de la amplitud térmica (AT) durante las campañas bajo la fase fría del evento ENOS

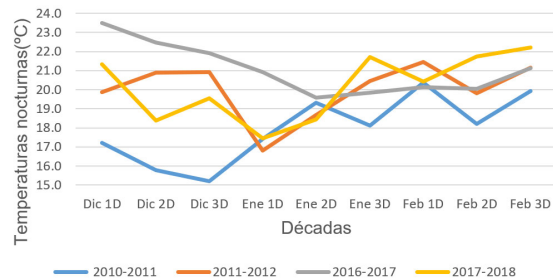


Gráfico 6. Comportamiento de la temperatura nocturna (Tnoct) durante las campañas bajo la fase fría del evento ENOS

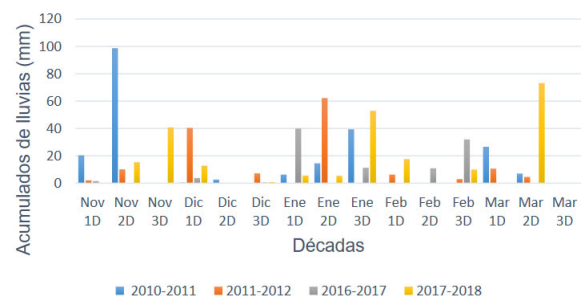


Gráfico 7. Comportamiento de las precipitaciones durante las campañas bajo la fase fría del evento ENOS

Los valores de humedad relativa presentaron un buen comportamiento, pues según González (2013) el umbral óptimo requerido oscila entre 60 y 80%. Solo las campañas 2016-2017 y 2017-2018 reportaron valores cercanos al 84 % durante la primera década de diciembre y la tercera de noviembre, respectivamente. Sin embargo estos valores no limitaron la tuberización de la planta ni favorecieron la aparición de enfermedades, debido a que fueron reportes aislados.

Fase neutra del ENOS durante las campañas 2012-2013 y 2013-2014

Temperatura mínima

La campaña 2013-2014 presentó valores desfavorables durante la etapa de tuberización, oscilando entre 19,3 y 21,0 °C (gráfico 8). Mientras que, la campaña 2012-2013 registró valores superiores a los 18 °C durante el mes de enero y la segunda década de diciembre. Este comportamiento explica los rendimientos inferiores a la media obtenidos en ambas campañas.

Temperatura máxima

Las temperaturas máximas fueron inferiores a los 30 °C, valor umbral que posibilita el desarrollo de la planta. Durante la campaña 2013-2014 se mantuvieron por más tiempo con valores inferiores a 28 °C. Esta condición favorece la etapa de tuberización (período señalado en color negro), (gráfico 9) aunque hubo una ligera disminución de los rendimientos en comparación con la campaña 2012-2013 donde el 83% de estas estuvieron con valores 28,2 y 29,8 °C. Por lo tanto, se puede concluir que las temperaturas máximas en el municipio de Güira de Melena no son determinantes en la producción de papa en las fases neutrales del evento ENOS.

Temperatura media

La campaña 2012-2013 presentó un mejor comportamiento de la temperatura media, con valores inferiores a los 25 °C durante la mayor parte de la campaña, lo cual resultó en la obtención de rendimientos superiores a la campaña 2013-2014 (gráfico 10). Durante esta última se registraron valores muy superiores al umbral óptimo (15-25 °C) a principios de la campaña.

Amplitud térmica

Como se observa en el gráfico 11, en la campaña 2013-2014 la amplitud térmica fue inferior a los 10 °C desde inicio de la plantación hasta la etapa de tuberización, condición desfavorable para la fase de inducción tuberosa y el crecimiento intensivo de los tubérculos (Midmore, 1988). Esto produjo menores rendimientos, en comparación con la campaña 2012-2013 donde estos valores oscilaron entre 9,3 y 12,7 °C en todo el ciclo del cultivo.

Temperatura nocturna

En ambas campañas las temperaturas nocturnas que se presentaron en los meses de diciembre, enero y febrero representaron el 77% y 66% respectivamente con valores mayores a los 20.0 °C tal y como se muestra en el gráfico 12. Esto resulta desfavorable para el inicio de las fases de inducción tuberosa y estolonización de los tubérculos, razón por la cual los rendimientos alcanzados estuvieron inferiores al promedio de las campañas estudiadas.

Precipitación y humedad relativa

Los acumulados de precipitación en ambas campañas no presentaron acumulados significativos como se muestra en el gráfico 13, siendo equitativa a lo largo del ciclo vegetativo, solo en la campaña 2013-2014 se

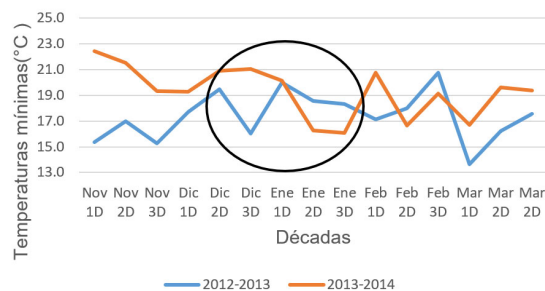


Gráfico 8. Comportamiento de la temperatura mínima ($T_{mín}$) durante las campañas bajo la fase neutra del evento ENOS

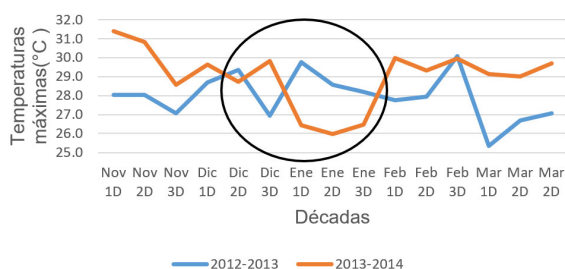


Gráfico 9. Comportamiento de la temperatura máxima ($T_{máx}$) durante las campañas bajo la fase neutra del evento ENOS

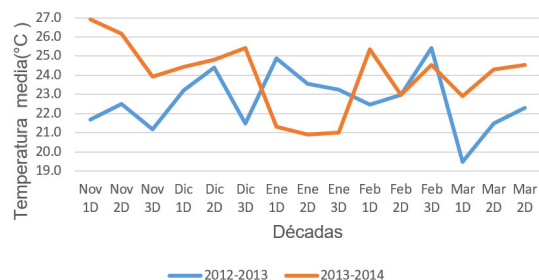


Gráfico 10. Comportamiento de la temperatura media (T_{med}) durante las campañas bajo la fase neutra del evento ENOS

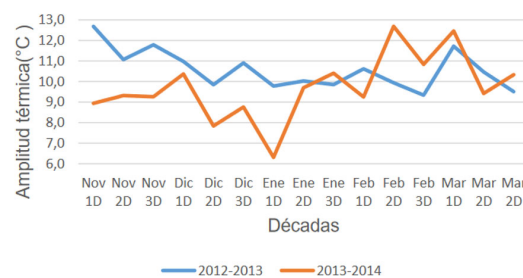


Gráfico 11. Comportamiento de la amplitud térmica durante las campañas bajo la fase neutra del evento ENOS

registraron los mayores acumulados en la tercera década de noviembre con valor de 88,8 mm que no afectó al desarrollo del cultivo. Por su parte, los valores de humedad relativa estuvieron dentro del rango óptimo en la mayor parte del ciclo vegetativo.

Fase cálida del ENOS (El Niño) durante las campañas 2014-2015 y 2015-2016

Temperatura mínima

Durante la campaña 2014-2015 se registraron valores muy favorables para el desarrollo del cultivo, sin superar los 20 °C, lo cual concuerda con los elevados rendimientos obtenidos. Los valores de temperatura mínima en la etapa de tuberización (período señalado en color negro) en la campaña 2015-2016, caracterizada por un evento ENOS de categoría muy fuerte, representaron el 83% con valores mayores a 18 °C oscilando entre 18,6 y 21,9 °C desde la primera década de diciembre hasta la segunda década de enero. Esta condición desfavorece las etapas de estolonización y tuberización provocando los bajos rendimientos alcanzados no solo con respecto a esta campaña, sino a todas las campañas de estudio (gráfico 14).

Temperatura máxima

Los valores de temperatura máxima superaron los 28 °C en el 66% del total de décadas durante la campaña 2015-2016, alcanzándose los 32 °C en las etapas iniciales tal como se observa en el gráfico 15, lo cual inhibe la etapa de tuberización de la planta. Por su parte, en la campaña 2014-2015 solo el 50% de las temperaturas máximas estuvieron superiores a este valor umbral, posibilitando el alcance de buenos rendimientos finales.

Temperatura media

Las temperaturas medias en la campaña 2015-2016 sobrepasaron el rango óptimo (15-25 °C) en las etapas iniciales e inicio de la tuberización. Estas condiciones afectaron el desarrollo general del cultivo y trajo como consecuencia un menor rendimiento en comparación con la campaña 2014-2015, donde los valores oscilaron entre 18,1-24,1 °C hasta finales del ciclo del cultivo (gráfico 16).

Amplitud Térmica

La amplitud térmica tuvo un comportamiento muy favorable durante la campaña 2014-2015, con valores por encima de los 10 °C durante los primeros estadios del crecimiento y desarrollo del tubérculo (gráfico 17), lo cual coincide con los resultados obtenidos por Martín y Jerez (2017). Mientras que, en la campaña 2015-2016 el rango de amplitud térmica se mantuvo inferior a los 10 °C, oscilando entre 6,4 y 9,7 °C, durante los primeros estadios del crecimiento y desarrollo del tubérculo, provocando serias afectaciones en los rendimientos finales.

Temperatura Nocturna

Destaca la presencia de noches cálidas durante la campaña 2015-2016, con valores medios nocturnos superiores a 20 °C en el 56% de las décadas (gráfico 18). Esto resulta muy perjudicial para el inicio de las fases de inducción tuberosa y estolonización de los tubérculos, así como el correcto balance entre los procesos de fotosíntesis y respiración, disminuyendo el número y tamaño de tubérculos por planta, y por

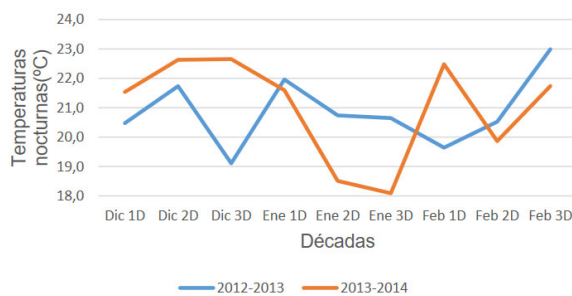


Gráfico 12. Comportamiento de la temperatura nocturna durante las campañas bajo la fase neutra del evento ENOS

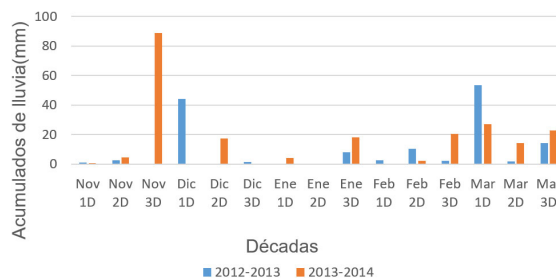


Gráfico 13. Comportamiento de la precipitación (RR) durante las campañas bajo la fase neutra del evento ENOS

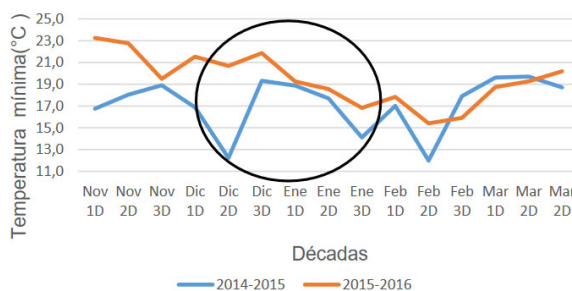


Gráfico 14. Comportamiento de la temperatura mínima durante las campañas bajo la fase cálida del evento ENOS

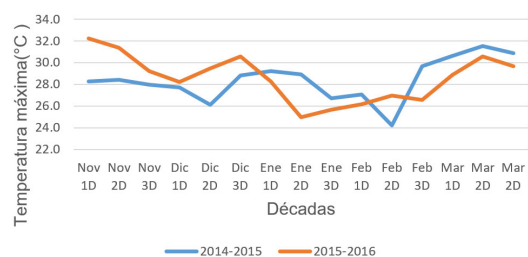


Gráfico 15. Comportamiento de la temperatura máxima (Tmáx) durante las campañas bajo la fase cálida del evento ENOS

tanto el rendimiento final (Flores-Magdaleno *et al.*, 2014). La campaña 2014-2015 registró los valores más bajos de temperatura nocturna en la segunda década de diciembre y desde la tercera década de enero hasta la segunda de febrero representando el 44% con valores menores a 20 °C por lo que condicionó rendimientos más favorables.

Precipitación y humedad relativa

Durante el evento ENOS de categoría muy fuerte registrado en la campaña 2015-2016, se produjeron acumulados significativos de precipitación, destacando los 134,1 mm en la segunda década de enero. Esta situación favoreció el aumento de la humedad del suelo, condición muy favorable para la aparición de enfermedades fungosas. Durante la campaña 2014-2015 los registros fueron poco significativos, coincidiendo con la presencia de un evento El Niño débil (gráfico 19)

Coincidiendo con lo expuesto anteriormente, en la campaña 2015-2016 se registraron elevados valores de humedad relativa en el trimestre noviembre-enero, siendo superiores al 80%. Destaca la primera década de diciembre con valores cercanos al 90%, condición muy desfavorable para el correcto desarrollo del cultivo. Mientras que, en la campaña 2014-2015 los valores, por lo general, fueron inferiores al 80% (gráfico 20).

Impacto económico de las diferentes fases del evento ENOS en los rendimientos de la papa en el municipio Güira de Melena

Las campañas bajo la influencia de la fase cálida (de categoría muy fuerte) y neutra del evento ENOS determinaron una reducción en los rendimientos totales de aproximadamente 1 t/ha, como promedio, con respecto a la media de las campañas estudiadas; mientras que en los años bajo la influencia de La Niña se produjo un incremento de los mismos en 1 t/ha aproximadamente. Según el listado de precios oficial del MINAG (2019) el valor de la tonelada de papa es de \$1 650. Es por ello que las pérdidas y ganancias estuvieron alrededor \$ 714 450 teniendo en cuenta que el municipio posee 433 ha aproximadamente destinadas a este cultivo.

Bajo la influencia de un evento El Niño muy fuerte hubo una reducción en los rendimientos totales de 3,6 t por ha con respecto a la media de las campañas estudiadas. Esto representa una pérdida de \$ 5 440 por hectáreas lo cual trae consecuencias desfavorables para la economía del municipio de \$ 2 572 020. Bajo un evento Niña fuerte favorecieron un incremento de aproximadamente 2,1 toneladas por hectáreas representando una ganancia de \$ 5 940 por hectáreas. Teniendo en cuenta las áreas destinadas al cultivo en el municipio la ganancia total fue de \$ 1 500345.

CONCLUSIONES

1. Las campañas bajo la influencia de la fase cálida y neutra del evento ENOS determinaron una reducción en los rendimientos totales en el municipio de aproximadamente una tonelada por hectárea, como promedio, con respecto a la media de las campañas estudiadas, mientras que los años AENOS favore-

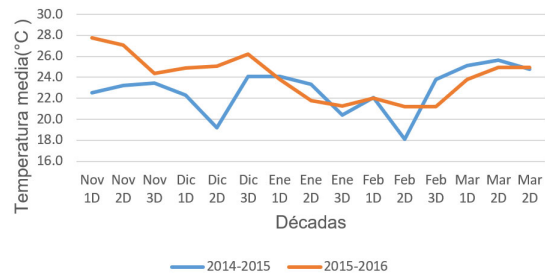


Gráfico 16. Comportamiento de la temperatura media (Tmed) durante las campañas bajo la fase cálida del evento ENOS

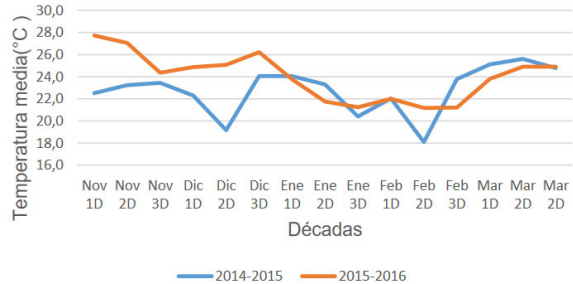


Gráfico 17. Comportamiento de la temperatura media durante las campañas bajo la fase cálida del evento ENOS

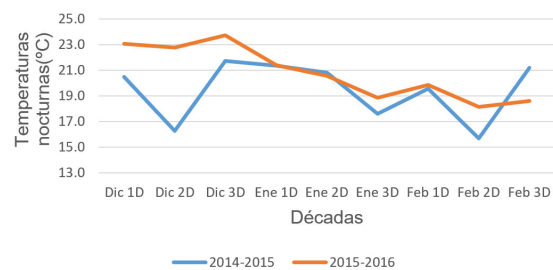


Gráfico 18. Comportamiento de la temperatura nocturna (Tnoct) durante las campañas bajo la fase cálida del evento ENOS

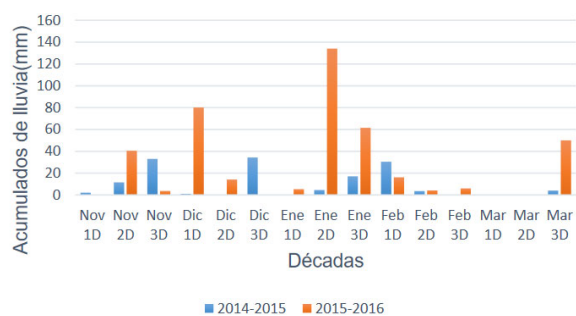


Gráfico 19. Comportamiento de las precipitaciones durante las campañas bajo la fase cálida del evento ENOS

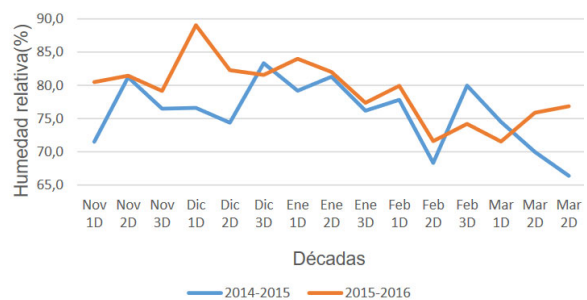


Gráfico 20. Comportamiento de la humedad relativa durante las campañas bajo la fase cálida del evento ENOS

cieron el incremento de estos en una tonelada por hectárea aproximadamente, representando pérdidas y ganancias para el municipio de \$ 714 450.

2. Se demostró que bajo la influencia de un evento Niño muy fuerte determinaron una reducción en los rendimientos totales en el municipio de aproximadamente más de tres toneladas por hectáreas con respecto a la media de las campañas estudiadas, representando pérdidas desfavorables en la economía del municipio de \$ 2 572 020.
3. Se demostró que en las fases frías y cálidas del evento ENOS las variables que más influyeron en los rendimientos del cultivo fueron la temperatura máxima, mínima, media, temperatura nocturna y la amplitud térmica, mientras que bajo la fase neutra de este evento las temperaturas extremas no fueron determinantes.
4. El impacto de la fase cálida del evento ENOS de categoría muy fuerte, el régimen térmico resultó desfavorable para el cultivo por presentar valores de temperaturas mínimas y máximas muy elevadas con poca estabilidad, lo cual condicionó la ocurrencia de noches cálidas y una reducción de la amplitud térmica. Además, provocó altos acumulados de lluvia con tendencia al aumento hacia el final de la campaña, influyendo en los más bajos rendimientos

REFERENCIAS

- Cortez, M. R. y Hurtado, G. (2002): Guía Técnica Cultivo de la Papa. Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal, San Salvador, El Salvador, 36 pp. <http://www.centa.gob.sv/documentos/guias/papas.pdf>.
- Fernández, N.; Medina, N. y Alfonso, M. (2008): Aplicaciones de la guía agroclimática de Matanzas en el cultivo de la papa (*Solanum tuberosum*, L.). Revista Avanzada Científica, Vol. 11(2-3): 1-17 pp, ISSN: 1029-3450.
- Flores-Magdaleno, H.; Flores-Gallardo, H. y Ojeda-Bustamante, W. (2014): Predicción fenológica del cultivo de papa mediante tiempo térmico". Revista Fitotécnica México, Vol. 37(2): 149-157 pp.
- González, R. (2013): Eficiencia en el uso del agua de riego en el cultivo de la papa en el occidente de Cuba.
- Martín, R.; Jerez, E. (2015): Evaluación del rendimiento en papa (*Solanum tuberosum*, L.) a partir del comportamiento de las temperaturas. Cultivos Tropicales, Vol. 36(1), 93-97 pp, ISSN: 1819-4087.
- Martín, R. y Jerez, E. (2017): Efecto de las temperaturas en el rendimiento de la papa (*Solanum tuberosum* L.) variedad romano. Cultivos Tropicales, Vol. 38(1), 75-80 pp,ISSN: 1819-4087.
- Midmore, D. J. (1988): *Fisiología* de la planta de papa bajo condiciones de clima cálido. Guía de Investigación CIP 24, Centro Internacional de la Papa, Lima, Perú, 15 pp. https://pdf.usaid.gov/pdf_docs/pnabe369.pdf.
- Ministerio de la Agricultura de la República de Cuba. (2019). Instructivo Técnico para la producción de papa en Cuba. La Habana, 62 pp.
- Miranda, Y. J.; Álvarez, A. y Ulloa, C. (2017): Efecto de la variabilidad climática en el cultivo de la papa (*Solanum Tuberosum* L.) en la CPA Amistad Cubano-Búlgara. Investigación y Saberes, Vol. 3(3), 45-64 pp.
- Morales, R.; Morales, T.; Rodríguez, D. y Rodríguez, D. (2015): Identificación de variedades de papa (*Solanum tuberosum* L.) tolerantes a sequía y altas temperaturas mediante métodos anatómicos y fisiológicos. Agrotecnia de Cuba, Vol. 39(1), 8-20 pp.
- Oficina Nacional de Estadística e Información de la República de Cuba. (2018). <http://www.onei.gob.cu>.
- Pérez, E.; Figueroa, A.; Fuentes, P. O.; Gutiérrez, T.; Fernández, M.; Planas, A. y Pelegrin, D. (2008): El impacto del invierno cálido del 2007 en los rendimientos papeiros en Cuba. Asociación Meteorológica Española. <http://hdl.handle.net/20.500.11765/5328>
- Pérez, E.; Hoyos, R.; Planas, A.; Figueroa, A.; González, M.; Malagón, H.; Fuentes, P. O.; Marin, J. C.; Menéndez, J. A.; Cazañas, J.; Gutierrez, T. y Fernández, M. (2004). Influencia del Evento ENOS en la actividad agropecuaria de las provincias habaneras. Convención Trópico, I Taller de Meteorología Tropical, La Habana, Cuba, <http://repositorio.geotech.cu/jspui/handle/1234/1674>.
- Pérez, R.; Fonseca, C.; Lapinel, B.; González, C.; González, I.; Planos, E.; Cutié, V.; Mitrani, I.; Aguilar, Y.; Carnesoltas, M.; Ballester, M.; Limia, M.; Vega, R.; Vichot, A.; Díaz, O. O.; Pérez, A.; Cangas, R.; Álvarez, L.; Morales, A.;... Pérez, J. (2012). Variaciones y cambios del clima. En: Planos, E. O.; Rivero, R. y Guevara, V. Impacto del Cambio Climático y Medidas de Adaptación en Cuba, La Habana, Cuba, pp. 59-120 http://www.redciencia.cu/geobiblio/paper/2012_Planos_Impacto%20y%20Adaptacion,%20Libro.pdf.
- Salazar-Gutierrez, M. R.; Johnson, J.; Chaves-Cordova, B. y Hoogenboom, G. (2013). Relationship of base temperature to development of winter wheat. International Journal of Plant Production, Vol. 7(4), 741-762 pp, ISSN: 1735-8043.
- Tootle, G.; Piechota, T. y Gutiérrez, F. (2008). The relationship between Pacific and Atlantic Ocean sea surface temperatures and Colombian streamflow variability. Journal of Hydrology, Vol. 349(3), 268-276 pp, DOI: [10.1016/j.jhydrol.2007.10.058](https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2007.10.058).

- Torres, P.; Cruz, J. G. y Acosta, R. (2011). Vulnerabilidad agroambiental frente al cambio climático. Agendas de adaptación y sistemas institucionales. *Política y Cultura*, Vol. 36, 205-232 pp, ISSN: 0188-7742.
- Trenberth, K. E. (1997). The Definition of El Niño. *Bulletin of the American Meteorological Society*, Vol. 78(12), 2771-2777pp.

Conflicto de Intereses: Los autores declaran que no existe conflicto de intereses

Contribución de autores: **Concepción de la idea:** Nelkis Alvarez Capote, Obel Báez Ravelo, Eduardo Pérez Valdés. **Manejo de los datos:** Nelkis Alvarez Capote, Obel Báez Ravelo. **Análisis de los datos:** Nelkis Alvarez Capote. **Investigación:** Nelkis Alvarez Capote, Obel Báez Ravelo. **Metodología:** Nelkis Alvarez Capote, Obel Báez Ravelo, Eduardo Pérez Valdés. **Redacción- primera redacción:** Nelkis Alvarez Capote. **Software:** Nelkis Alvarez Capote. **Supervisión:** Obel Báez Ravelo, Eduardo Pérez Valdés. **Validación de los resultados:** Obel Báez Ravelo, Eduardo Pérez Valdés. **Redacción- revisión y edición:** Nelkis Alvarez Capote, Obel Báez Ravelo, Eduardo Pérez Valdés.

Este artículo se encuentra bajo licencia [Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional \(CC BY-NC 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)