

Caracterización de la marcha anual de las tormentas con registros de tiempo presente y pasado

Characterization of thunderstorms annual course with present and past weather



<http://opn.to/a/18219>

Lourdes Álvarez-Escudero ^{1*}, Israel Borrajero-Montejo ¹,
Yanneyis Rojas-Díaz ²

¹Centro de Física de la Atmósfera, Instituto de Meteorología, La Habana, Cuba

²Centro Meteorológico Provincial de Guantánamo, Guantánamo, Cuba

RESUMEN: Conocer las épocas del año con mayor actividad de tormenta es una información que permite diseñar actividades que contengan protección contra descargas tanto para la salvaguarda de las personas como de recursos económicos. El objetivo del presente trabajo es caracterizar la marcha anual de la frecuencia de ocurrencia de observaciones con tormenta y del número promedio de días con tormenta para todas las estaciones meteorológicas de Cuba a partir de los registros de código de estado de tiempo presente y pasado. La base de información para el estudio la constituyen los registros de código de estado de tiempo presente y pasado para 68 estaciones meteorológicas del territorio cubano, en el periodo 2005 - 2016 y las diferencias entre las marchas de cada estación se establecerán mediante técnicas de análisis de cluster. El por ciento de ocurrencia promedio de observaciones con tormenta para todas las estaciones de Cuba muestra máximos de ocurrencia cercanos al 20% del total de observaciones en los meses de verano y con máximos absolutos para agosto y septiembre. Por su distribución las marchas anuales de por ciento de ocurrencia presentan dos comportamientos, uno que muestra máximos en julio y agosto característico de la mitad occidental del país y otro con máximo absoluto en septiembre característico de la mitad oriental. Las marchas anuales del número promedio anual de días y por ciento de ocurrencia de observaciones con tormenta son similares, con valores máximos en verano entre junio y septiembre.

Palabras clave: marcha anual, tormentas eléctricas, tiempo presente, tiempo pasado.

ABSTRACT: The knowledge of the yearly periods with higher thunderstorms activity allows to enable proper protection schemes on activities and facilities for the safeguard of both human lives and material resources. The aim of the current work is the characterization of the annual course of the frequency of occurrence of thunderstorms observations and the yearly average of days with storm reports for all meteorological stations in Cuba, based on present and past weather code reports. The information base is, thus, the present and past weather codes reports for 68 stations over the Cuban territory for the period 2005 - 2016. Stations are grouped according to the similarities of their yearly courses by means of a cluster analysis. The average percent of occurrence of thunderstorms observations for all stations shows maximum values of about 20% of all observations in the summer months with absolute maximums for August and September. The yearly courses of percents of occurrence show two main behaviors, one that has its maximum value in July and August, characteristic of the western part of the Country and other with an absolute maximum in September, which is more frequent in the Eastern part. The yearly courses of frequent of observations and number of days with thunderstorm reports are similar, with maximum values in summer between June and September.

Key words: annual cycle, thunderstorms, present weather, past weather.

*Autor para correspondencia: Lourdes Álvarez-Escudero. E-mail: lourdes.alvarez@insmet.cu

Recibido: 30/09/2019

Aceptado: 18/02/2020

INTRODUCCIÓN

Las tormentas eléctricas son un fenómeno cotidiano en la región tropical y en Cuba la muerte por fulguración constituye la primera causa de muerte por fenómeno natural, por lo que hay que aprender a convivir con el fenómeno y a protegerse de sus efectos adversos tanto sobre la vida humana como sobre los recursos económicos. El estudio de la marcha anual de las tormentas permite determinar para cada región las épocas del año de mayor incidencia del fenómeno, lo que proporciona criterios para la mejor planificación de actividades al aire libre, la protección de las personas y de las actividades económicas vulnerables como puede ser la atención a sembradíos.

La marcha anual de las tormentas ha sido estudiada a partir de registros de estaciones de superficie (OMM, 1956; Dai, 2001a; 2001b) y en la actualidad existen trabajos realizados con información de dispositivos detectores de tormentas y con datos de satélites (Orville et al., 2002; Virts et al., 2013; Cecil et al., 2014; Albrecht et al., 2016). Todos los estudios coinciden que la mayor ocurrencia se corresponde con los veranos de cada hemisferio.

En Cuba el antecedente más abarcador es el realizado por Lecha y colaboradores (1994) donde se presentan distribuciones espaciales de las tormentas para algunos meses y por estaciones. En 2006, Álvarez (Álvarez, 2006), realizó un estudio de la marcha anual a partir de información de tiempo presente que arrojó que las series de frecuencia de ocurrencia de observaciones con tormentas día a día, presentan máximos en los meses de verano y su marcha se diferencia entre las estaciones de la región occidental donde son unimodales y la región oriental donde son bimodales, muy parecidas a la marcha anual de los acumulados de precipitación. Posteriormente Álvarez y colaboradores (2015) actualizaron el estudio donde se consideró el comportamiento de la marcha anual a partir de la ocurrencia mensual y mediante un análisis de *cluster* se constató que los meses se agruparon en verano (junio - septiembre), invierno (enero - abril, noviembre y diciembre) y

meses de transición (mayo octubre) y a partir de esta clasificación se encontraron grupos de asociación entre estaciones según la ocurrencia máxima, mínima o media para cada uno de estos periodos. Una nueva investigación (Álvarez-Escudero y Borrajero, 2016) que realizaba agrupamientos de estaciones con comportamiento similar de su marcha anual usando análisis de cluster, mediante dendrogramas, concluyó que las tormentas son máximas en su ocurrencia en el periodo lluvioso del año y se diferencian en grupos de estaciones las de las regiones occidental y central con respecto a las de la región oriental en el carácter unimodal o bimodal de sus distribuciones. Más recientemente García-Santos y Álvarez-Escudero (2018), trabajando con las series de las estaciones correspondientes a las provincias de La Habana, Artemisa y Mayabeque y con código de estado de tiempo pasado para caracterizar las tormentas encontraron que marcha anual tanto de la frecuencia de ocurrencia de observaciones con tormenta como del número de días con tormenta presentan un comportamiento marcadamente estacional con máximos entre junio y septiembre, siendo julio el mes más favorecido para la mayoría de las estaciones en estudio.

El presente trabajo tiene como objetivo caracterizar la marcha anual de la frecuencia de ocurrencia de observaciones con tormenta y del número promedio de días con tormenta para todas las estaciones meteorológicas de Cuba a partir de los registros de código de estado de tiempo presente y pasado.

MATERIALES Y MÉTODOS

La base de información para el estudio la constituyen los registros de código de estado de tiempo presente y pasado para 68 estaciones meteorológicas del territorio cubano, en el periodo 2005 - 2016 (12 años) que se encontró, es el periodo con información más completa para ambos códigos, donde no hay sesgos ni mensuales ni horarios y las series son más actuales (Álvarez-Escudero et al., 2019). Los datos fueron tomados de la Base de Datos "Nueva_THOR" (Álvarez et

al. 2012) a la que se le agregaron los registros correspondientes al periodo 2011 - 2016, obtenidos de la Base de Datos del Centro del Clima del INSMET. A estos registros agregados se le realizaron las debidas validaciones para lograr la uniformidad en la información. La distribución espacial de las estaciones meteorológicas se refleja en la [figura 1](#).

Para la identificación del fenómeno tormenta eléctrica a partir del tiempo presente según la Tabla 4678, sobre “Tiempo presente, comunicado desde una estación meteorológica dotada de personal”, del Manual de Claves ([OMM, 2011](#)) se seleccionaron los siguientes códigos: 17, 29, 91, 92, 95, 96, 97 y 99 y se refieren a la tormenta eléctrica con o sin lluvia, de cualquier intensidad a la hora de la observación o con anterioridad, mientras que para la identificación del fenómeno tormenta eléctrica a partir del código de estado de tiempo pasado se tomó según la Tabla correspondiente del Manual de Claves ([OMM, 2011](#)), donde solo se tendrá en cuenta el código “9”, aunque este no brinda mayores especificidades.

Las variables para trabajar fueron:

- Por ciento de ocurrencia de observaciones con tormentas: obtenido al dividir el número de casos de códigos relativos a tormentas entre el número de observaciones válidas o realizadas y expresarlo en por ciento.
- Número de días con tormenta: Se contabiliza día con tormenta cuando al menos hubo una observación con tormenta en el día. La variable

más común en estudios anteriores es el número promedio anual de días con tormenta o nivel ceráunico.

Para el análisis de la marcha anual de las tormentas por estaciones se realizaron los siguientes pasos:

- a. Se calculó el por ciento de ocurrencia de observaciones con tormentas por meses a partir de los registros de tiempo presente y pasado identificados como de tormenta, divididos por el número de casos válidos correspondientes y expresado en por ciento. Esto se realizó con toda la información del periodo 2005 - 2016.
- b. Se calculó el número de días con tormenta por meses para cada estación y se dividió por el número de años del periodo 2005 - 2016 (12 años) para calcular un promedio.
- c. Como la mayor diferencia entre los valores por meses y estaciones está en la mayor o menor ocurrencia del fenómeno, se calculó por meses y para cada estación el por ciento de ocurrencia y el número promedio de días con tormenta normalizada, lo que permitió analizar la marcha más por su forma que por la ocurrencia o no del fenómeno.
- d. A partir del por ciento de ocurrencia o número de días por meses para cada una de las 68 estaciones en estudio, se realizó un análisis de cluster jerárquico mediante la evaluación de un dendrograma que considera a las estaciones como variables y a los meses como individuos. Aquí se utilizaron distancias euclidianas y



Figura 1. Localización de las estaciones meteorológicas de superficie utilizadas en el estudio.

método de enlace simple para identificar agrupamientos por meses en el comportamiento de la marcha anual. Posteriormente se realizó otro análisis de cluster tomando los valores mensuales como variables y las estaciones como individuos y también se usaron distancias euclidianas, pero como método de enlace el método de enlace de varianza mínima o método de Ward, (en cada paso de enlace se exige la unión de grupos que minimicen la suma de las varianzas sobre todos los grupos) que es un método muy robusto para encontrar asociaciones entre grupos, lo que permitió una mayor definición de las asociaciones que se formaban. La distancia de enlace asumida para la diferenciación de grupos se escogió tal que la distancia entre elementos de un mismo grupo sea menor que la distancia entre grupos o clusters.

- e. Se graficaron las marchas anuales promedio por cada grupo para establecer sus diferencias.
- f. A partir de los grupos de estaciones obtenidos se buscó alguna regionalización de los comportamientos anuales mediante su representación en un mapa.

A diferencia de estudios anteriores ([Álvarez, 2006](#); [Álvarez et al., 2015](#)) aquí el método de análisis es más simple, el periodo es más actual y con información más completa y se utilizan los códigos de tiempo presente y pasado para contabilizar las tormentas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El por ciento de ocurrencia promedio mensual para todas las estaciones en estudio se muestra en la [figura 2](#). Aquí se observa que los mayores valores cercanos al 20% del total de observaciones se agrupan en los meses de junio a septiembre con máximos casi idénticos para agosto y septiembre. Los meses de mayo y octubre muestran valores intermedios (alrededor del 10%) y de enero a abril, en noviembre y diciembre los valores son bajos con un mínimo absoluto en enero (0.5%). Un estudio anterior realizado por [Álvarez-Escudero y Borrajero \(2016\)](#) para todas las estaciones del país en el periodo 1989 - 2010, muestra valores de ocurrencia más bajos, debido a que solo se

contabilizaban los registros de tiempo presente correspondientes a tormenta, que sólo contienen información de la observación y una hora antes de ella y aunque los por cientos más altos se agrupaban también entre junio y septiembre había un máximo absoluto en el mes de agosto. Los resultados obtenidos también coinciden con lo obtenido por [García-Santos y Álvarez-Escudero \(2018\)](#) para las estaciones de La Habana, Artemisa y Mayabeque.

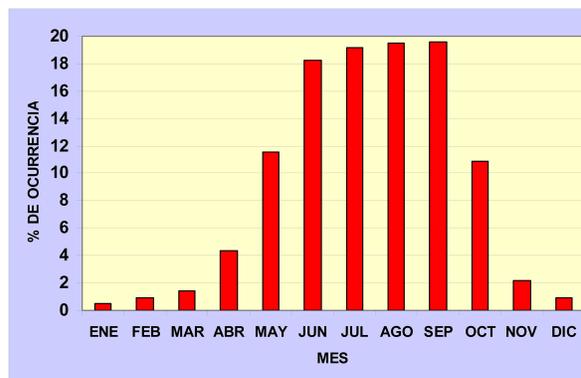


Figura 2. Marcha anual del por ciento de ocurrencia de observaciones con tormenta caracterizadas por código de tiempo presente y pasado, promedio para todas las estaciones en estudio con periodo de análisis 2005 - 2016.

El análisis de cluster en que se utilizan las estaciones como variables y los meses como individuos ([figura 3](#)) muestra una marcada división en grupos que representan los meses de máxima ocurrencia (junio - septiembre), los meses de baja ocurrencia (ene - abril, noviembre y diciembre) y los meses de transición (mayo y octubre). Esto es similar a lo obtenido por [Álvarez-Escudero y Borrajero \(2016\)](#).

Cuando se usan los valores mensuales como variables y las estaciones como individuos se obtiene lo que refleja la [figura 4](#). Esta figura muestra dos grupos bien definidos para una distancia de enlace de 3.0 mucho mayor que la distancia entre elementos del mismo grupo. Los valores promedio normalizados por cada grupo de por ciento de observaciones con tormenta se muestran en la [figura 5](#). A diferencia de lo obtenido por [Álvarez \(2006\)](#), [Álvarez y colaboradores \(2015\)](#) y [Álvarez-Escudero y Borrajero \(2016\)](#) el contraste entre grupos no se basa aquí en el carácter unimodal o bimodal de la marcha (donde

se ve un decrecimiento relativo en los meses de julio y agosto), sino que el Grupo I presenta valores similares entre junio y agosto con un máximo absoluto en septiembre y meses de transición (mayo y octubre) con por cientos altos de ocurrencia y el Grupo II presenta máximos similares en ocurrencia en julio y agosto y por cientos más bajos en los meses de transición. Esta diferencia podría deberse a que el periodo de estudio es distinto en todas las investigaciones realizadas, a que hay un aporte significativo en el conteo de tormentas dado por las observaciones de tiempo pasado y que para el periodo 1989 - 2010 se había constatado un crecimiento significativo de la ocurrencia de tormentas clasificadas por el código

de tiempo presente para más del 50 % de las estaciones en estudio (Álvarez et al., 2014).

La distribución espacial de los grupos definidos en el análisis de cluster (figura 6) muestran un agrupamiento bastante definido donde las estaciones que pertenecen al Grupo I se localizan en su mayoría en la parte oriental del país desde la provincia de Ciego de Ávila y las que integran el Grupo II son generalidad en las regiones occidental, oeste de la parte central y el Municipio Especial Isla de la Juventud.

Para evaluar la influencia del periodo de estudio 2005 - 2016 se elabora aquí un análisis similar al realizado pero clasificando las observaciones con tormenta solo a partir del código de tiempo

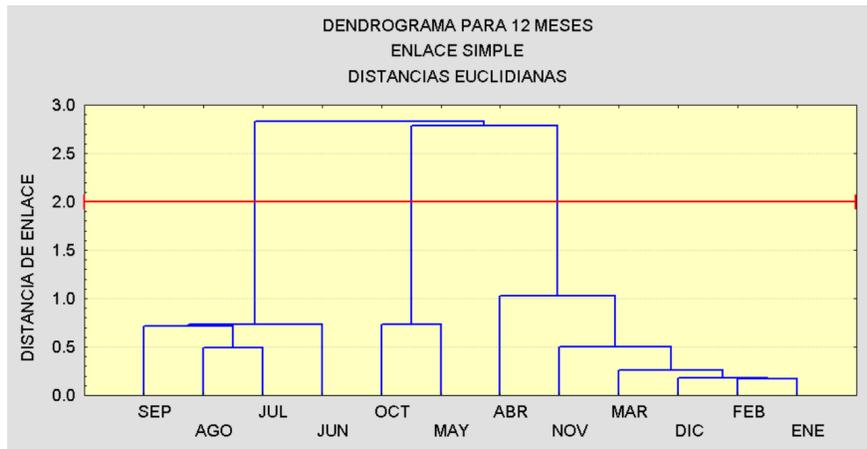


Figura 3. Dendrograma para la frecuencia de ocurrencia de observaciones con tormentas mensuales en el periodo 2005 - 2016, teniendo como individuos los meses y como variables las 68 estaciones en estudio.

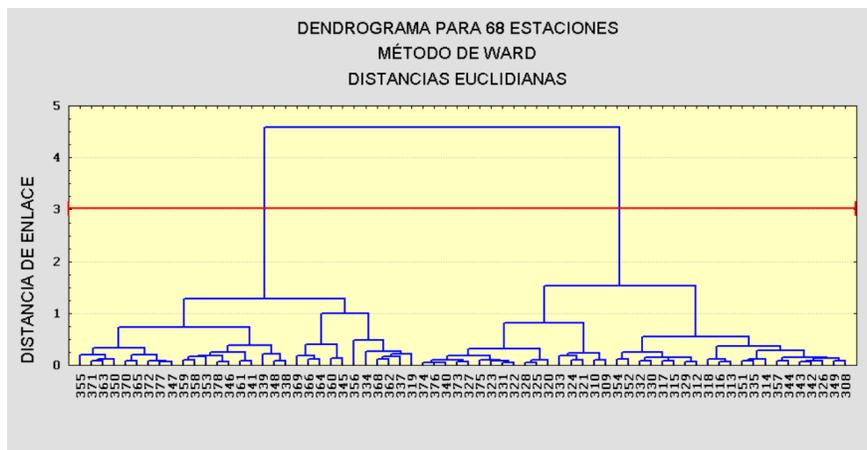


Figura 4. Dendrograma del por ciento de ocurrencia de observaciones con tormenta, en el periodo 2005 - 2016, teniendo como individuos las 68 estaciones en estudio y como variables los valores mensuales.

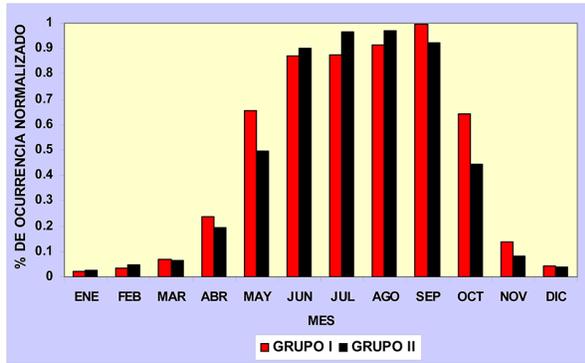


Figura 5. Marcha anual de los valores promedio normalizados por cada grupo definido por el análisis de cluster de por ciento de ocurrencia de observaciones con tormenta para el periodo 2005 - 2016.

presente. En la [figura 7](#) se muestran las marchas anuales promedio normalizado del por ciento de ocurrencia de observaciones con tormenta clasificadas a partir del código de tiempo presente y a partir del tiempo presente y pasado (similar a la [figura 2](#)). Esta figura refleja que la marcha clasificada por tiempo presente y la clasificada por presente y pasado son similares con máximo absoluto en septiembre; sin embargo el análisis de cluster realizado usando solo el tiempo presente ([figura 8](#)) muestra 3 grupos bien diferenciados y sus marchas promedio por grupos se reflejan en la [figura 9](#). El Grupo I muestra una marcha bimodal con valores más deprimidos en julio y agosto y meses de transición con altos por cientos de ocurrencia similar a estudios anteriores ([Álvarez-Escudero y Borrajero, 2016](#)), el Grupo II muestra máximos en julio y agosto similar a lo visto para el Grupo II cuando se procesan registros de tiempo

presente y pasado (ver [figura 5](#)) y el Grupo III con máximo en septiembre y marcha muy parecida a la del Grupo II que se representa en la [figura 5](#). De aquí puede resumirse que para el periodo 2005 - 2016 calcular la ocurrencia de tormentas a partir solo de los registros de tiempo presente arroja un grupo de marcha bimodal que desde el punto de vista espacial aún a estaciones de la costa norte y extremo sur oriental ([figura 10](#)) donde se conoce hay mayor influencia del anticiclón de las Azores - Bermudas ([Lecha et al., 1994](#)). El Grupo II se representa por estaciones de Pinar del Río, La Habana, Artemisa, Mayabeque, oeste de Matanzas y la Isla de la Juventud y el Grupo III las provincias desde el este de Matanzas hasta Camaguey (ver [figura 10](#)).

Si en el dendrograma representado en la [figura 4](#), que usó para el cálculo de los por cientos de ocurrencia los registros de tiempo presente y pasado, se forzara que la distancia de enlace fuera más baja (1.2) quedarían 4 grupos y si se tomaran solo el Grupo I, este se dividiría en dos subgrupos, cuyas marchas promedio quedan como se representa en la [figura 11](#). El subgrupo I.1 muestra cierto carácter bimodal con valores más bajos para el mes de julio, mientras el subgrupo I.2 muestra máximo absoluto en septiembre. Espacialmente el subgrupo I.1 agrupa estaciones de la porción sur oriental, aunque no hay una definición clara. Este análisis conduce a que sí existen estaciones con marchas bimodales, pero con el aumento de los registros para caracterizar tormentas y los aumentos interanuales de este fenómeno, no hay

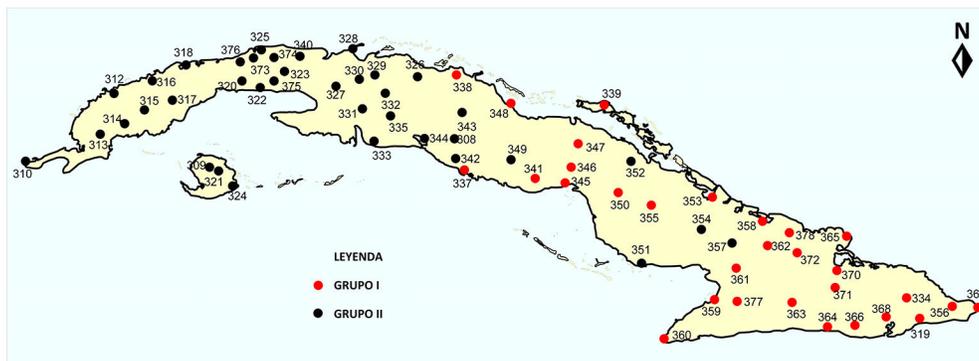


Figura 6. Distribución espacial de las estaciones pertenecientes a los grupos definidos en el análisis de cluster representado en la [figura 4](#).

diferencias significativas entre los por cientos de ocurrencia como para que los subgrupos puedan diferenciarse en un análisis de cluster. Sería conveniente hacer un estudio de marcha interanual mensual, para saber si hay meses preferentes en los que han aumentado las tormentas, como podrían ser julio y agosto que conllevara a suavizar el mínimo relativo de estos meses, pero los datos que se poseen no son ni suficientemente completos, ni con series suficientemente largas como para emprender la investigación.

Con respecto al estudio de la marcha anual del número promedio de días con tormenta no existen antecedentes que involucren todas las estaciones meteorológicas cubanas y solo casos específicos como los dados por [Lecha y colaboradores \(1994\)](#) donde para las estaciones estudiadas los mayores valores se agrupaban entre junio y septiembre, con máximos en julio y agosto de entre 14 y 24 días y dos de las estaciones (Nuevitas y Florida, las más al este de las analizadas) presentaban marcha bimodal con mínimos relativos en julio y agosto.

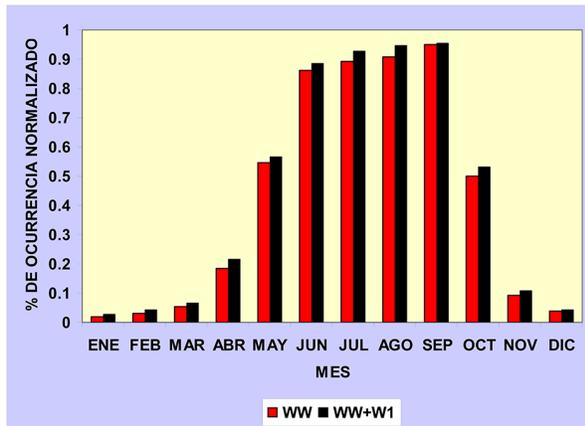


Figura 7. Marchas anuales promedio normalizado del por ciento de ocurrencia de observaciones con tormenta para todas las estaciones en estudio clasificadas a partir del código de tiempo presente (WW) y a partir del tiempo presente y pasado (WW+W1) para el periodo 2005 - 2016.

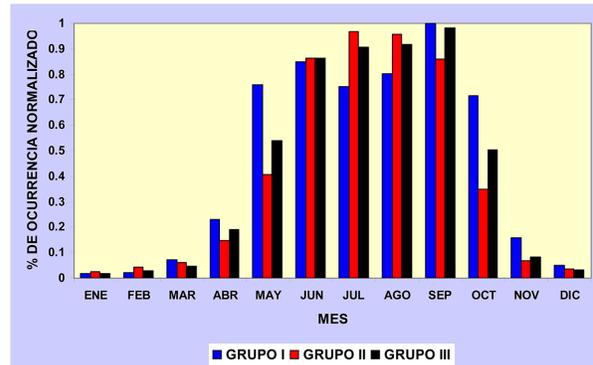


Figura 9. Marcha anual de los valores promedio normalizados por cada grupo definido por el análisis de cluster de por ciento de ocurrencia de observaciones con tormenta clasificadas solo a partir del código de tiempo presente para el periodo 2005 - 2016.

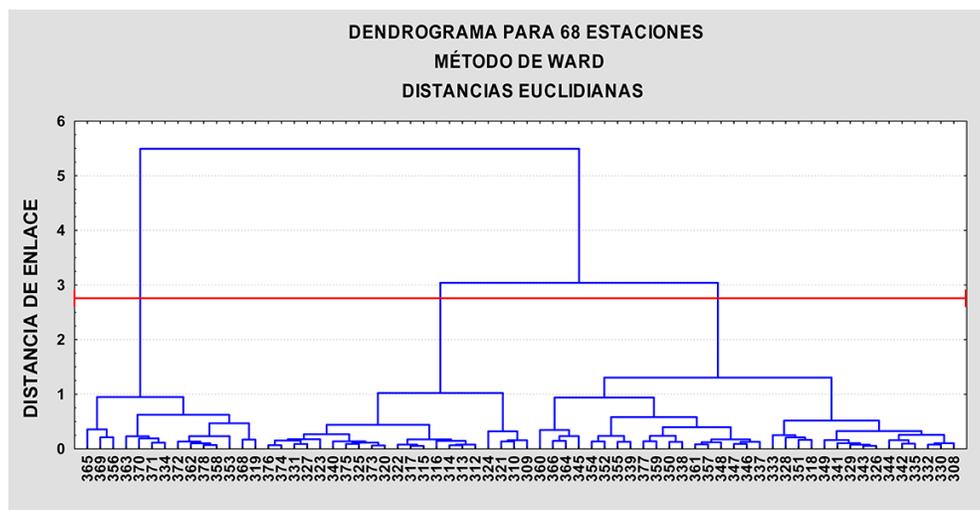


Figura 8. Dendrograma para el por ciento de ocurrencia de observaciones con tormenta clasificadas a partir del código de tiempo presente, en el periodo 2005 - 2016, teniendo como individuos las 68 estaciones en estudio y como variables los valores mensuales.

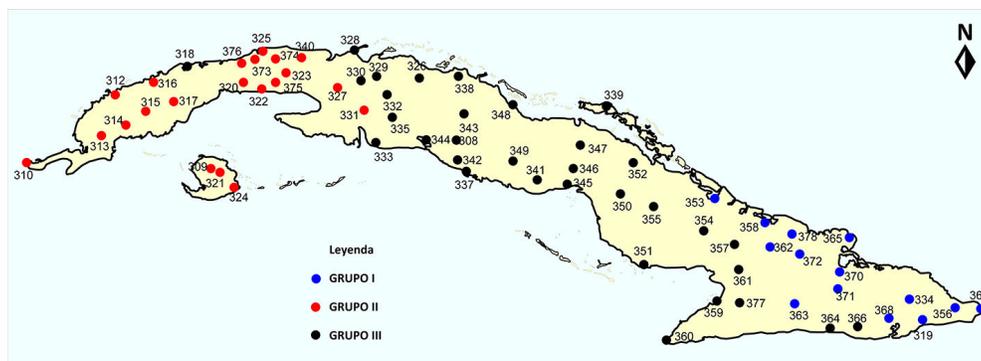


Figura 10. Distribución espacial de las estaciones pertenecientes a los grupos definidos en el análisis de cluster representado en la [figura 8](#).

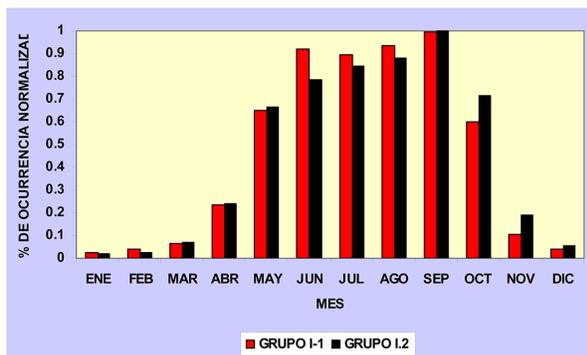


Figura 11. Marcha anual de los valores promedio normalizados por cada subgrupo del Grupo I, definido por el dendrograma reflejado en la [figura 4](#).

La marcha anual del número promedio de días con tormenta se representa en la [figura 12](#) y su forma es muy parecida a la del Grupo II del dendrograma reflejado en la [figura 4](#) (ver forma de la marcha en la [figura 5](#)) con máximo de días por encima de 20 y máximo absoluto en julio y agosto con 24 días. Los meses de transición presentan valores altos con 15 días y el mínimo está en los meses de enero y febrero con solo un día.

El análisis de cluster realizado de la misma forma que lo hecho para el por ciento de ocurrencia de observaciones con tormenta arroja dos grupos, uno de solo 22 estaciones (Grupo I) con mayor número de días entre junio y septiembre con máximo absoluto en julio (ver [figura 13](#)) y otro con las restantes estaciones (Grupo II) que también presenta mayor cantidad de días con tormenta entre junio y septiembre pero con máximo absoluto en septiembre y donde los meses de transición presentan altos valores de días promedio.

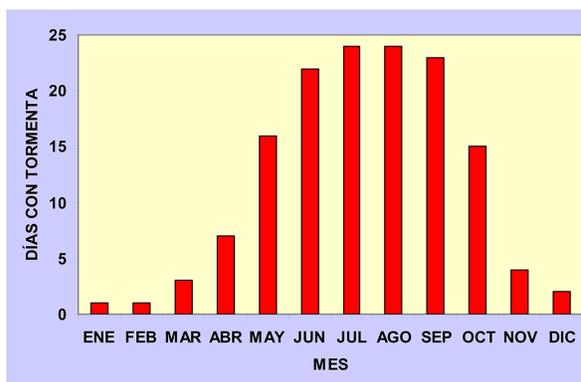


Figura 12. Marcha anual del número promedio de días con tormenta, caracterizadas por código de tiempo presente y pasado, promedio para todas las estaciones en estudio con periodo de análisis 2005 - 2016.

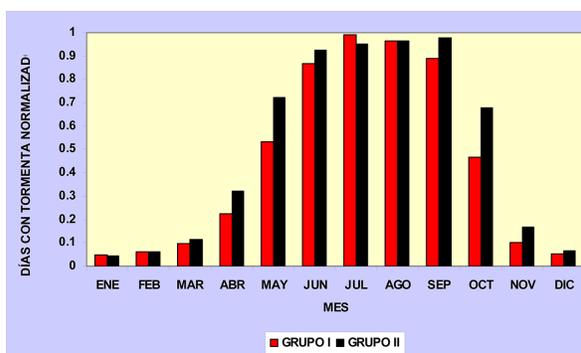


Figura 13. Marcha anual de los valores promedio normalizados por cada grupo definido por el análisis de cluster de número promedio de días con tormenta para el periodo 2005 - 2016.

La distribución espacial de las estaciones pertenecientes a cada grupo se muestran en la [figura 14](#) y refleja que las estaciones del Grupo I, que son minoría, se encuentran en el occidente,

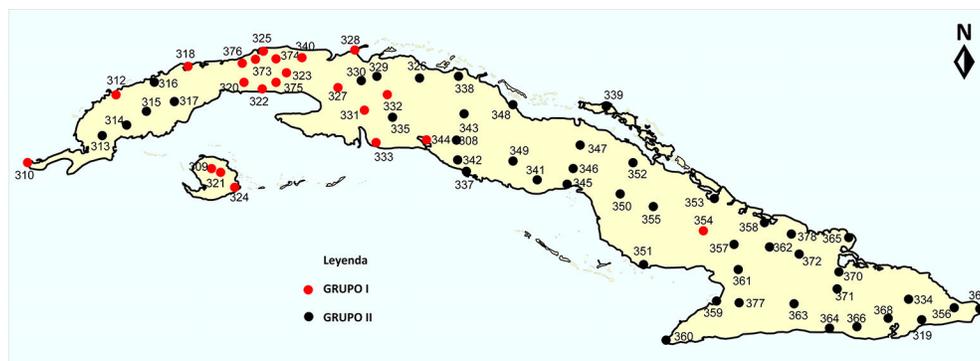


Figura 14. Distribución espacial de las estaciones pertenecientes a los grupos definidos en el análisis de cluster del número promedio normalizado de días con tormenta por meses en el periodo 2005 - 2016. específicamente al norte de Pinar del Río, La Habana, Artemisa, Mayabeque y el oeste de Matanzas.

En general las marchas anuales del número promedio anual de días y por ciento de ocurrencia de observaciones con tormenta son similares, con valores máximos en verano entre junio y septiembre y la introducción para la caracterización de las tormentas de los registros de código de estado de tiempo pasado suma a las dadas por tiempo presente alrededor de un 8% del total de observaciones.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El por ciento de ocurrencia promedio de observaciones con tormenta para todas las estaciones de Cuba muestra máximos de ocurrencia cercanos al 20% del total de observaciones en los meses de verano y con máximos absolutos para agosto y septiembre.

La temporada de mínima actividad de ocurrencia de observaciones con tormenta abarca de enero a abril, noviembre y diciembre con un mínimo absoluto de 0.5% en enero.

Por su distribución las marchas anuales de por ciento de ocurrencia de observaciones con tormenta presentan dos comportamientos, uno que muestra máximos en julio y agosto característico de la mitad occidental del país y otro con máximo absoluto en septiembre característico de la mitad oriental.

La marcha anual del número promedio de días con tormenta muestra máximos de ocurrencia en verano por encima de los 20 días y máximo absoluto en julio y agosto con 24 días.

Las marchas anuales del número promedio de días con tormenta muestran diferencias en sus formas entre las que presentan máximo absoluto en julio características de la región occidental y las que presentan máximo absoluto en septiembre características de la región central y oriental del país.

Se recomienda hacer un estudio de marcha interanual por meses de la ocurrencia de tormentas, para las estaciones que tengan suficiente información y que permita determinar como ha evolucionado el fenómeno para cada mes del año.

REFERENCIAS

- Albrecht, R.; Goodman, S.; Buechler, D. Blakeslee, R. & Christian, H. 2016 "Where are the lightning hotspots on Earth?". BAMS, 97(11):2051-2068, DOI: 10.1175/BAMS-D-14-00193.1
- Álvarez, L. 2006. Estudio de la localización espacial de las tormentas eléctricas en Cuba y su tendencia. Tesis presentada en opción del grado de Doctor en Ciencias Meteorológicas, Instituto de Meteorología, 149 p. Available: UDICT Instituto de Meteorología <http://www.insmet.cu>.
- Álvarez, L.; Borrajero, I.; Álvarez, R.; Aenlle, L. & Bárcenas, M. 2012. "Actualización de la distribución espacial de las tormentas eléctricas

- en Cuba". Revista Cubana de Meteorología, 18(1): 83-99, ISSN: 0864-151X.
- Álvarez-Escudero, L.; Borrajero, I. & Barcenás, M. 2014. "Análisis de la marcha interanual de fenómenos determinados por el código de tiempo presente para las estaciones de Cuba". Revista Cubana de Meteorología, 20(2): 56 - 69, ISSN: 0864-151X, <http://www.insmet.cu/contenidos/biblioteca/revistas/2014/n2/6.pdf>.
- Álvarez, L.; Borrajero, I. & Álvarez, R. 2015. "Estudio de la marcha anual de las series de frecuencia de ocurrencia de observaciones con tormentas". Revista Cubana de Meteorología, 21(2): 3-15, ISSN: 0864-151X, <http://www.insmet.cu/contenidos/biblioteca/revistas/2015/n2/01.pdf>.
- Álvarez-Escudero, L. & Borrajero, I. 2016. "Caracterización de la marcha anual de fenómenos meteorológicos en Cuba, clasificados según el código de tiempo presente". Revista Cubana de Meteorología, 22(1): 3-28, ISSN: 0864-151X, <http://www.insmet.cu/contenidos/biblioteca/revistas/2016/n1/01.pdf>
- Álvarez-Escudero, L.; Borrajero, I.; García-Santos, Y.; Roura, P.; Rodríguez, Y. 2019. "Aporte de la información de tiempo pasado a la contabilidad de tormentas en Cuba". Revista Cubana de Meteorología, ISSN: 0864-151X.
- Cecil, D.J.; Buechler, D.E. & Blakeslee, R.J. 2014. "Gridded lightning climatology from TRMM - LIS and OTD: Dataset description". Atmospheric Research, 135 - 136: 404-414, DOI: 10.1016/j.atmosres.2012.06.028.
- Dai, A. 2001a. "Global Precipitation and Thunderstorm Frequencies. Part I: Seasonal and Interannual Variations". Journal of Climate, 14(6): 1092-1111.
- Dai, A. 2001b. "Global Precipitation and Thunderstorm Frequencies. Part II: Diurnal Variations". Journal of Climate, 14(6): 1112-1128.
- García-Santos, Y. & Álvarez-Escudero, L., 2018. "Climatología de las tormentas eléctricas determinadas a partir del código de estado de tiempo pasado". Revista Cubana de Meteorología, 24(2): 201-215, ISSN: 0864-151X, <http://rcm.insmet.cu/index.php/rcm/article/view/426>.
- Lecha, L. B.; Paz, L. R. & Lapinel, B. E. (eds.). 1994. El Clima de Cuba. La Habana: Editorial Academia, 186 p, ISBN 959-02-0006-0.
- OMM (Organización Meteorológica Mundial). 1956. World distribution thunderstorm days. WMO No. 21, TP 21, 71 pp.
- OMM 2011. Manual de Claves. Claves Internacionales. Volumen I.1, Parte A, Claves Alfanuméricas, OMM No. 306, Tabla 4678
- Orville, R. E.; Huffines, G. R.; Burrows, W. R.; Holle, R. L. & Cummins K. L. 2002. "The North American Lightning Detection Network (NALDN)-First Results: 1998-2000". Monthly Weather Review, 130: 2098- 2109.
- Virts, K. S.; Wallace, J. M.; Hutchins, M. L. & Holzworth, R. H. 2013. "Highlights of a New Ground-Based , Hourly Global Lightning Climatology". BAMS, 15: 1381 -1391, DOI: 10.1175/BAMS-D-12-00082.1.

Lourdes Álvarez-Escudero. Centro de Física de la Atmósfera, Instituto de Meteorología, La Habana, Cuba. E-mail: lourdes.alvarez@insmet.cu

Israel Borrajero-Montejo. Centro de Física de la Atmósfera, Instituto de Meteorología, La Habana, Cuba. E-mail: israel.borrajero@insmet.cu

Yanneyis Rojas-Díaz. Centro Meteorológico Provincial de Guantánamo, Guantánamo, Cuba. E-mail: yanneyis.rojas@gtm.insmet.cu

Los autores de este trabajo declaran no presentar conflicto de intereses.

Los autores de este trabajo declaran presentar una participación igualitaria en la concepción, ejecución y escritura de la investigación.

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/)