



TRABAJO TEORICO-EXPERIMENTAL

Actualización de los parámetros asociados a la ocurrencia de tormentas en zonas de desarrollo eólico

An update on parameters associated to the occurrence of thunderstorms at zones of wind power development

Lourdes- Álvarez Escudero
Israel- Borrajero Montejo

Recibido: abril de 2015
Aprobado: enero de 2016

Resumen/Abstract

Las descargas eléctricas asociadas a las tormentas son uno de los principales fenómenos naturales que pueden causar averías a los generadores eólicos y provocar la interrupción de su funcionamiento. El presente trabajo tiene como objetivo dar una actualización del comportamiento de parámetros asociados a las tormentas eléctricas tales como la marcha interanual, anual y diaria de la frecuencia de ocurrencia del fenómeno y el nivel ceráuneo como parámetro para el diseño de protección contra descargas, para seis estaciones meteorológicas asociadas a zonas de desarrollo eólico tales como Gibara, el norte de La Habana y la Isla de la Juventud. El estudio se realiza a partir del análisis de las series de código de estado de tiempo presente, para periodos variables, en dependencia de la marcha o parámetro a calcular. En general las series interanuales de frecuencia de ocurrencia de observaciones con tormentas presentan tendencia, sus marchas anuales muestran contrastes entre veranos e inviernos, la mayoría presenta máximo de ocurrencia a las 16 hora local y el número de días con tormenta promedio anual es mínimo para Punta Lucrecia y máximo para la Isla de la Juventud.

Palabras clave: marcha interanual, nivel ceráuneo, tormenta eléctrica.

Electric discharges associated to thunderstorms are one of the main natural phenomena that can cause damages and service interruptions to wind generators. The current work has as purpose to bring an update on the behavior of some parameters related to thunderstorms such as the inter annual, annual and daily courses of the frequency of occurrence of these phenomena and the keraunic level, as an electric discharges protection design parameter, for 6 meteorological stations associated to wind power development zones, such as Gibara, the north of Havana and The Island of Youth. The study is based on current weather code series for periods varying according to the course or parameter involved. Overall, inter annual series of frequency of occurrence of observations reporting thunderstorms show some kind of trend in the period studied, its annual courses show contrast between winter and summer and the majority show maxima at 16 hours local time. The annual average number of days with storm reports is minimum at Punta Lucrecia station and maximum at the Island of Youth.

Key words: inter annual course, keraunic level, thunderstorm.

INTRODUCCIÓN

El estudio de la distribución espacial y características generales de las tormentas eléctricas es un tema de especial interés debido a la incidencia que este fenómeno tiene sobre la vida de las personas y sobre diferentes sectores de la economía. Las descargas eléctricas asociadas a las tormentas son uno de los

principales fenómenos naturales que pueden causar averías a los generadores eólicos y provocar la interrupción de su funcionamiento.

A partir del proyecto denominado “Estudio de la localización espacial de las tormentas eléctricas en Cuba y su tendencia” perteneciente a un Programa Ramal de la Agencia de Medio Ambiente, donde se obtiene una distribución espacial de las tormentas actualizada hasta el año 2002 [1, 2], se realizan varios estudios sobre marcha anual y regionalización, marcha diaria e interanual y distribución espacial [3-5]. Estas investigaciones permiten aplicar los resultados para el Archipiélago Sabana-Camagüey [6-7] y a la zona de desarrollo eólico de Gibara [8]. Posteriormente con el desarrollo de un nuevo proyecto de investigación los estudios sobre tormentas se actualizan y se realizan mejoras en las metodologías [9-11].

Debido a que para el cálculo del número promedio anual de días con tormenta o nivel ceráuneo, que es el parámetro que se utiliza para el diseño de protección contra descargas, la única fuente de información que se posee de forma regular, es la observación de forma subjetiva de la variable código de estado de tiempo presente para los códigos asociados a tormentas [12], se hace necesario revisar, modificar y adaptar los datos, para obtener series de información lo más completas y reales posibles. En principio las series climáticas para la obtención de valores medios y otros momentos estadísticos deben ser series homogéneas en el sentido de ser representativas de una población, por esto a las marchas interanuales deben hacerse pruebas de homogeneidad y en caso de mostrar tendencia, tener este criterio en cuenta a la hora de usar las medias y saber que los datos con los que se trabaja deben ser actualizados con frecuencia. Una manera de tener también un criterio de la calidad de los datos, es el estudio de las marchas anuales y diarias, que al igual que la mayoría de las variables meteorológicas presentan patrones definidos que pueden ser comparados con los obtenidos para casos particulares y ser calificados como normales. El estudio de estas marchas también permite conocer los meses del año y horas del día de mayor actividad de tormentas, que pueden ser utilizados en la operación de sistemas eléctricos. El cálculo de estas marchas debe realizarse para los periodos donde la información esté más completa, así para las marchas interanuales deben escogerse series con el mayor número de años, aunque solo se usen algunos horarios del día, para la marcha anual deben usarse los periodos de al menos 10 años donde no haya meses faltantes de forma frecuente y para la marcha diaria periodos donde se tenga información de todos los horarios. Es recomendable para el análisis de las marchas en estudio, trabajar con frecuencias de ocurrencia o probabilidades ya que esto solventa en gran medida la falta de información, pues la ausencia de datos en algunos periodos puede ser compensada por los periodos donde si existe, puesto que siempre se divide por el número de observaciones válidas; además al ser espacios ortonormales siempre las comparaciones son válidas entre diferentes conjuntos de datos.

El objetivo del presente trabajo es dar una actualización del comportamiento de parámetros asociados a las tormentas eléctricas tales como la marcha interanual, anual y diaria de la frecuencia de ocurrencia del fenómeno y el nivel ceráuneo como parámetro para el diseño de protección contra descargas, para seis estaciones meteorológicas asociadas a zonas de desarrollo eólico tales como Gibara, el norte de La Habana y la Isla de la Juventud.

MATERIALES Y MÉTODOS

La base fundamental de información utilizada en el presente estudio la constituyen los registros de código de estado de tiempo presente de 6 estaciones meteorológicas asociadas a zonas de desarrollo eólico. En la tabla 1 se muestra la identificación de la estación y algunas características de las series utilizadas. Como se puede observar de la mencionada tabla, las series varían en largo entre 33 y 39 años con un alto promedio de 36,8 años de información y donde el por ciento de información útil está por encima del 80, con la excepción de la serie correspondiente a la estación de Velazco que presenta un 63,6. Los datos fueron tomados de la base de datos THOR [2] a la que se le agregaron los registros correspondientes al periodo 2006-2008, obtenidos de la base de datos del Centro del Clima del INSMET, datos estos que fueron sometidos a varias validaciones y adaptaciones con el objetivo de lograr homogeneidad en los registros de la base.

Las series de código de estado de tiempo presente pasaron un estudio de calidad de la información donde se midieron 4 indicadores dados por el largo de la serie, la cantidad de información utilizable, el sesgo introducido por la cantidad de meses faltantes y el sesgo introducido por la cantidad de horarios de observación faltantes [9]. Aquí se obtuvo que el peor indicador fue el del sesgo horario, pues excepto la estación de Casablanca, el resto de las estaciones tuvieron varios periodos en que solo realizaban

observaciones diurnas (de las 07 a las 19 hora local) por lo que hay faltantes de información importantes sobre todo en la estación de Velazco, aunque al ser las tormentas un fenómeno fundamentalmente diurno las serie pueden ser suficientemente buenas para el estudio.

Tabla 1. Características de la información de las estaciones en estudio

Número de la estación	Nombre de la estación	Año inicio	Año final	Largo de la serie	Datos posibles	Datos válidos	% de información útil
321	La Fe	1970	2008	39	113 960	104 405	91,6
325	Casablanca	1972	2008	37	108 120	108 054	99,9
353	Nuevitas	1970	2008	39	113 960	93 841	82,3
358	Puerto Padre	1975	2008	34	99 352	87 864	88,4
365	Punta Lucrecia	1970	2008	39	113 960	102 169	89,7
378	Velazco	1976	2008	33	96 432	61 375	63,6

Para la identificación del fenómeno tormenta eléctrica a partir del código de estado de tiempo presente se tomaron los representados por los números 17, 29, 91, 92, 95, 96, 97 y 99, según la Tabla 4677, sobre “Tiempo presente, comunicado desde una estación meteorológica dotada de personal”, del Manual de Claves [12] y las variables para trabajar son la “frecuencia de ocurrencia de observaciones con tormentas” para los estudios de marchas interanuales, anuales y diarias y el “día con tormenta” para el cálculo de la media anual como parámetro fundamental asociado al diseño de protección contra descargas.

Para el análisis de la homogeneidad de las series de frecuencia de ocurrencia anual de observaciones con tormenta se toman los horarios diurnos, en el mayor número de años que presente la serie y se sigue la metodología desarrollada por Álvarez y colaboradores [9], donde se determina para cada estación un descriptor de su marcha interanual, se calculan estadígrafos de correlación interna, tendencia global y puntos de cambio [13] y se concluye el carácter de las series temporales como: serie homogénea (representado por 0), serie decreciente significativa (10% de significación) (representado por -1), serie decreciente altamente significativa (5% de significación) (representado por -2), serie creciente significativa (10% de significación) (representado por +1), o serie creciente altamente significativa (5 % de significación) (representado por +2).

Para caracterizar la marcha anual se realizó un estudio utilizando todas las series disponibles del país que a partir del análisis de la frecuencia de ocurrencia de observaciones por meses, para cada una de las 69 estaciones cubanas, se encontrase un compromiso aceptable entre el largo de las series y la cantidad de información útil. Este periodo fue el dado entre los años 1989-2008. Con el uso de un análisis de cluster, considerando a las estaciones como variables y a los meses como individuos y utilizado distancias euclidianas y promedio no pesado de pares de grupos para el cálculo de las distancias, se establece una primera diferencia entre meses de verano de mayor ocurrencia (septiembre, agosto, julio y junio) y los restantes meses, que a su vez se agrupan en meses de transición (octubre y mayo) con ocurrencia moderada y meses de invierno con baja ocurrencia.

Para ver la relación de ocurrencia entre meses ya sea para estaciones con alta ocurrencia, como con baja, según el comportamiento de su marcha anual, se adopta la clasificación referida en los siguientes pasos: se normalizan los valores de frecuencia de ocurrencia de observaciones con tormenta para cada estación del estudio realizado para todas las estaciones de Cuba, dividiendo los registros por el correspondiente al mes de mayor valor, esto para evitar las diferencias por mayor o menor ocurrencia en las estaciones, posteriormente para cada mes de cada estación se clasifica con valores de 1 a 3 según tres intervalos equivalentes de ocurrencia obtenidos de la serie de las 69 estaciones para un mes, esto dirá si con respecto a un mes específico una estación tiene ocurrencia baja, media o alta con respecto a las demás envueltas en el estudio, siguiendo la agrupación sugerida por el análisis de cluster se calcula el *área bajo la curva* dada por los meses de verano (junio-septiembre), los de transición (mayo y octubre) y los de invierno (enero-abril, noviembre y diciembre) sumando los valores clasificados de ocurrencia normalizada y dividiéndolos por la

longitud del intervalo en meses y estos valores arrojan nuevos clasificadores. Así una estación que posee 3 en verano, 2 en transición y 1 en invierno, presenta una curva muy alta en el verano, con una disminución no muy marcada en los meses de transición y valores muy pegados al eje de las abscisas en invierno. Aquí debe señalarse que el uso de los términos **verano**, **transición** e **invierno**, responden a los grupos identificados en el análisis de clúster y no a las clasificaciones climatológicas clásicas, aunque puede existir cierta analogía con ello.

Para analizar la marcha diaria se necesita que la información esté lo más completa posible (aun trabajando con frecuencia) en todos los horarios, por esta razón el estudio utiliza la información del periodo 2004-2008, donde las observaciones sobrepasan el 90 % de realización para las estaciones en estudio. Para la determinación del número promedio anual de días con tormenta (nivel ceráuneo) se utilizó al igual que para la marcha anual el periodo 1989-2008, por ser un periodo con 20 años de información y registros mensuales bastante completos. Los valores se determinan a partir del conteo por meses de días donde al menos hubo una observación con tormenta. Cuando en el mes la información falta por más de 10 días, el valor se sustituye por el promedio entre los dos meses en años aledaños y con estos valores se determina la suma anual a partir de la cual se obtiene el promedio para las estaciones.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la tabla 2, se presenta el criterio general sobre el comportamiento de las series de marcha interanual de frecuencia de ocurrencia de observaciones con tormenta en el horario diurno (de 07 a 19 hora local), su descriptor gráfico, su característica de tendencia, si presenta o no punto de cambio significativo y el periodo recomendado en que la serie puede considerarse homogénea. Los periodos de homogeneidad fueron determinados en la mayoría de los casos por observación de los gráficos asociados a la marcha interanual, debido a que las series podían volverse cortas y no ameritar el cálculo de los estadígrafos. De la tabla 2 se observa que de las estaciones en estudio dos presentan series crecientes altamente significativas (La Fe y Casablanca en la región occidental), dos son decrecientes altamente significativas (Puerto Padre y Punta Lucrecia) y dos son homogéneas (Nuevitas y Velazco) por lo que estas últimas presentan series que pudieran ser utilizadas en toda su extensión para estudios climáticos. Los descriptores de gráficos de las series crecientes, muestran crecimiento en escalera, es decir, los valores tienden a ser mayores de año en año de forma progresiva lo que pudiera sugerir un cambio natural en el régimen de tormentas, sin embargo las series decrecientes presentan cambios abruptos lo que puede sugerir cambios en el entorno de la estación. El análisis de puntos de cambio solo es concluyente para las estaciones de La Fe y Punta Lucrecia dando un punto entre 1980 y 1983, casi a mitad de las series. Un ejemplo del comportamiento creciente de la serie de marcha interanual se recoge en la figura 1, donde se muestra el comportamiento año a año para la serie de la estación Casablanca (325) y donde además se puede observar la poca diferencia que hay en el cálculo de la frecuencia de ocurrencia cuando se tienen en cuenta todos los horarios del día o solo las observaciones diurnas.

Teniendo en cuenta el procedimiento explicado para el análisis de la marcha anual en el acápite de **Materiales y Métodos**, se obtuvo que las seis estaciones en estudio tienen características diferentes. Las estaciones de La Fe, Casablanca, Puerto Padre y Velazco presentan **veranos** con gran ocurrencia con respecto a todas las estaciones del país, pero La Fe y Casablanca presentan **meses de transición** con ocurrencia baja e **inviernos** con ocurrencia baja para la primera y alta para la segunda. En el caso de Puerto Padre los **meses de transición** e **inviernos** presentan ocurrencia media y Velazco tiene **meses de transición** con ocurrencia alta e **inviernos** con ocurrencia media. Las estaciones de Nuevitas y Punta Lucrecia presentan **veranos** de ocurrencia media con respecto a todas las estaciones del país, pero la primera presenta tanto **meses de transición** como **inviernos** con ocurrencia media y Punta Lucrecia presenta tanto **meses de transición** como **inviernos** con ocurrencia alta. Una representación de las marchas anuales para las 6 estaciones se muestra en la figura 2, donde se observa como las estaciones más al oeste (La Fe y Casablanca) presentan curvas unimodales y las restantes estaciones ubicadas hacia el este del territorio cubano presentan curvas bimodales, con un periodo de mínimo relativo en **verano**, tal y como se presenta en las marchas anuales de los acumulados de precipitación, conocido como sequía interestival.

Tabla 2. Conclusión del análisis de homogeneidad de las series y periodos recomendados donde las mismas pueden considerarse homogéneas para cada una de las estaciones en estudio

Estación	Nombre	Descriptor del comportamiento gráfico de la serie	Conclusión de análisis de la homogeneidad	Posible punto de cambio	Año comienzo de la serie homogénea	Año final de la serie homogénea
321	La Fe	Creciente en escalera	+2	1980	1984	2008
325	Casablanca	Creciente en escalera pronunciada	+2		1990	2008
353	Nuevitas	Bajo-alto-bajo-medio	0		1970	2008
358	Puerto Padre	Abrupta Pronunciada	-2		1994	2008
365	Punta Lucrecia	Abrupta Pronunciada	-2	1983	1983	2008
378	Velazco	Bajo-alto-bajo	0		1976	2008

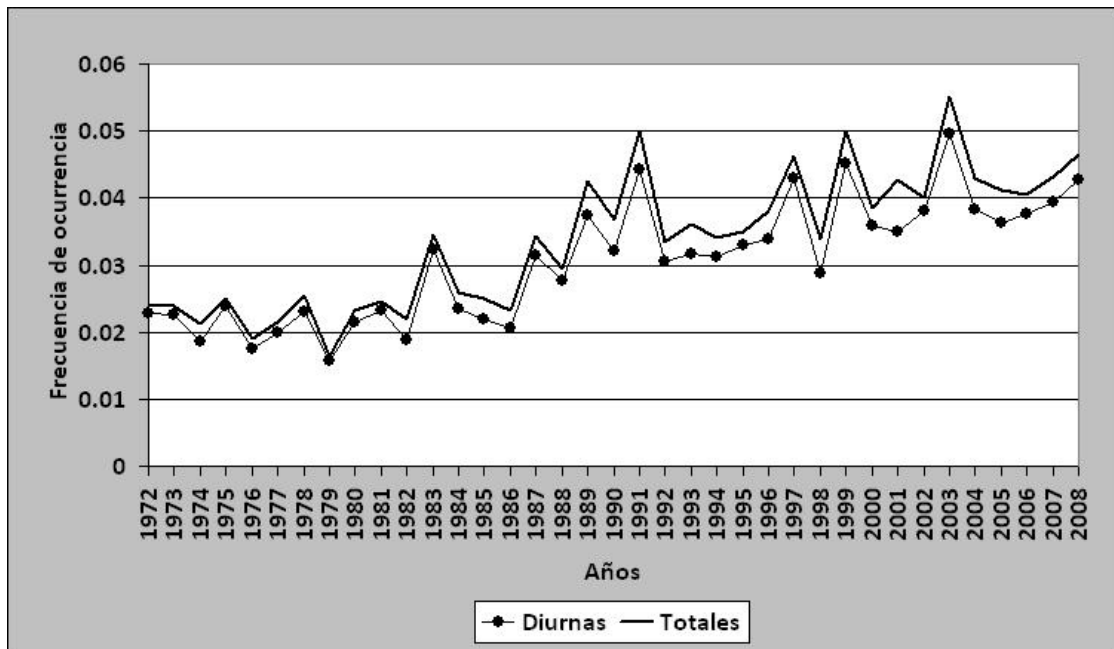


Fig. 1. Marcha interanual de la frecuencia de ocurrencia de observaciones con tormenta para todos los horarios de observación (línea continua) y para los horarios diurnos (línea con puntos) en la estación Casablanca (325).

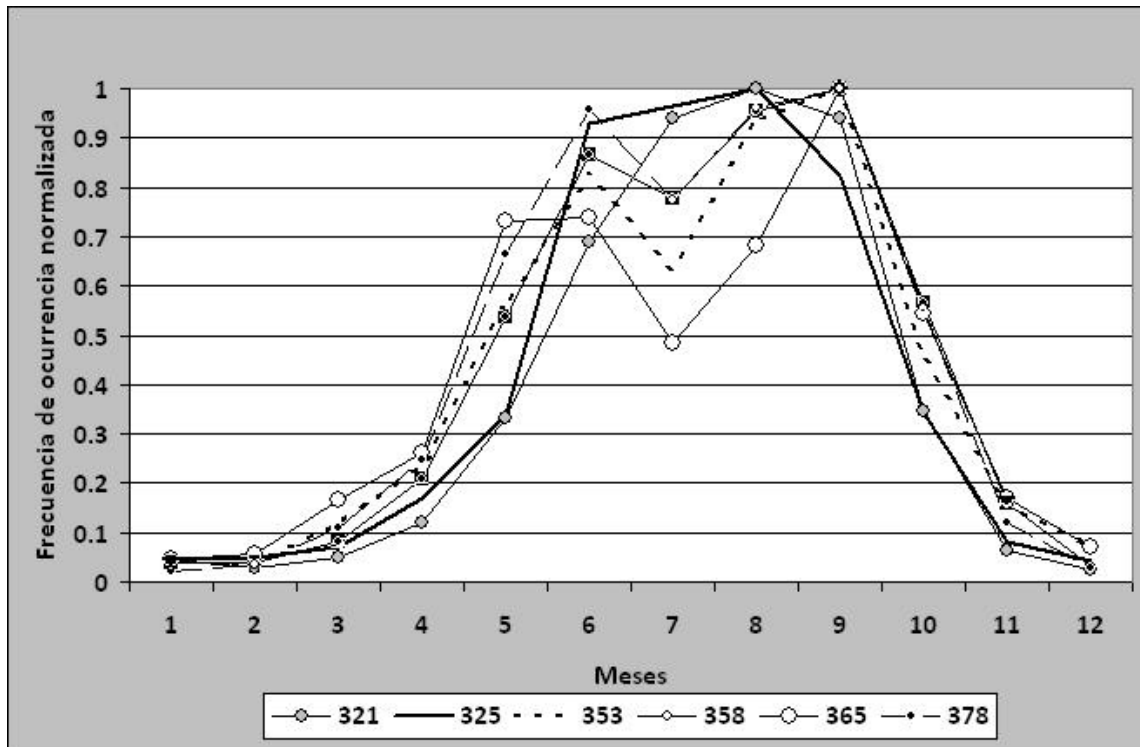


Fig. 2. Marcha anual de la frecuencia de ocurrencia de observaciones con tormenta normalizada para las estaciones en estudio.

El comportamiento diario de la frecuencia de ocurrencia de observaciones con tormenta para cada una de las estaciones en estudio, se resume en la tabla 3 donde se sombrea de negro la casilla cuando se corresponda con el horario de mayor ocurrencia y de gris para aquellos valores superiores al percentil 67 que significa una desviación estándar para una distribución normal de los valores analizados.

De la tabla 3, se constata que el horario de las 16 hora local es el más favorecido en todas las estaciones con la excepción de La Fe. Esta estación del Municipio Especial Isla de la Juventud muestra un máximo temprano a las 13h local y valores mayores de frecuencia de ocurrencia a las 22 h local que a las 19, aunque la diferencia no es muy marcada (figura. 3). Esto podría atribuirse a la llegada de tormentas que se forman en la Isla de Cuba, fundamentalmente en la zona de la Ciénaga de Zapata y que emigran hacia la Isla de la Juventud al final de la tarde y principios de la noche tal y como refiere Alfonso (1980) [14]. La estación de Punta Lucrecia también presenta valores más marcados hacia el final de la tarde y principios de la noche, aunque su ocurrencia es baja con respecto a las demás estaciones en todos los horarios. En general los horarios con mayor ocurrencia son los vespertinos.

Tabla 3. Resumen de la marcha diaria de la frecuencia de ocurrencia de observaciones con tormenta para todas las estaciones en estudio en el periodo 2004 – 2008.								
Estación	1	4	7	10	13	16	19	22
321								
325								
353								
358								
365								
378								

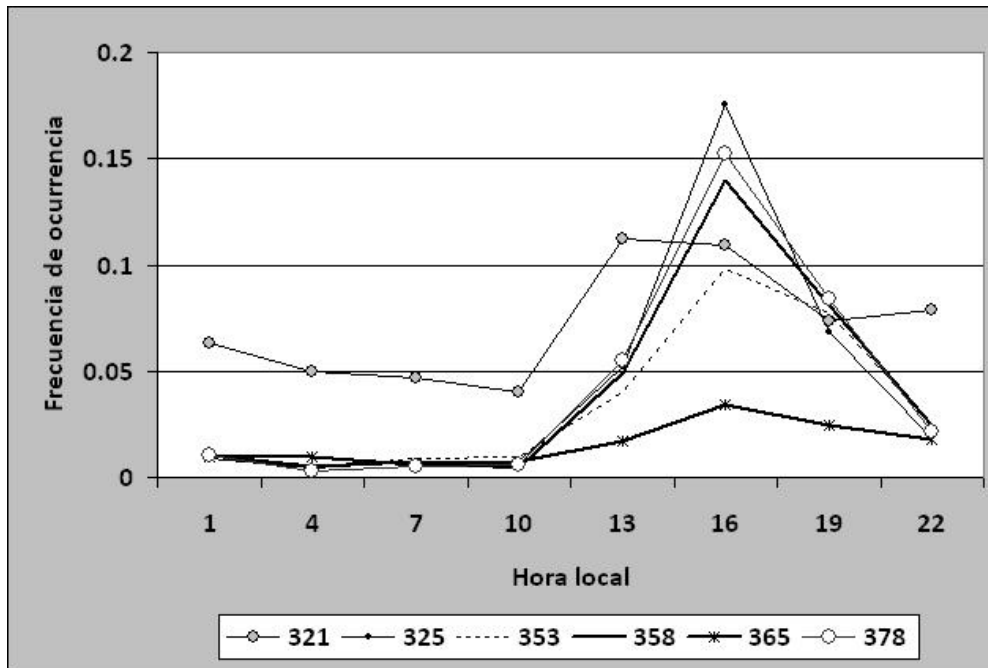


Fig. 3. Marcha diaria de la frecuencia de ocurrencia de observaciones con tormenta para las 6 estaciones en estudio en el periodo 2004–2008.

La variable clásica, el número de días con tormenta promedio anual (nivel ceráuneo) calculada para cada una de las 6 estaciones meteorológicas que forman parte del estudio y que utilizan como base el periodo 1989 – 2008, está representada en la tabla 4, donde además se recoge el valor de este parámetro calculado para el análisis con cierre en el año 2002 y además brinda el valor de la desviación estándar del valor medio calculado con cierre en el año 2008.

Tabla 4. Número promedio anual de días con tormenta al cierre del 2002 y su actualización con cierre en el año 2008 y desviación estándar para las 6 estaciones en estudio				
Estación	Nombre	Número promedio anual de días con tormenta		Desviación estándar
		Al cierre del 2002	Al cierre del 2008	
321	La Fe	93	112	11
325	Casablanca	73	90	10
353	Nuevitas	53	58	14
358	Puerto Padre	91	88	14
365	Punta Lucrecia	34	32	9
378	Velazco	83	83	11

De la anterior tabla se constata que las diferencias entre los valores del cierre para el análisis en el 2002 y el 2008 se corresponden con el carácter de la tendencia visto en la tabla 2, así para las estaciones de La Fe y Casablanca las diferencias son positivas con 19 y 17 días respectivamente, las estaciones con series interanuales homogéneas presentan o bajas diferencias positivas como en el caso de la estación Nuevitas (5 días) o no hay diferencia como en el caso de la estación Velazco. En el caso de las series decrecientes altamente significativas las diferencias en número de días son pequeñas, pero con valores negativos.

El nivel ceráuneo promedio para todas las estaciones es de 77 días con tormentas al año, aunque hay diferencias entre las estaciones, así La Fe, Casablanca, Puerto Padre y Velazco presentan valores por encima del promedio con máximo para la estación de La Fe con 112 días y por debajo de la media se encuentran Nuevitas y Punta Lucrecia donde el valor es mínimo con 32 días.

La desviación estándar es bastante uniforme para todas las estaciones, oscila entre 14 y 9 días y es un factor a tener en cuenta, pues 12 días de diferencia podrían significar un cambio en la denominación del nivel ceráuneo para el diseño de protección, en dependencia de que el valor medio se encuentre próximo al límite de las mencionadas denominaciones.

CONCLUSIONES

Las series de marcha interanual de frecuencia de ocurrencia de observaciones con tormenta para las seis estaciones en estudio presentan, dos de ellas, La Fe y Casablanca, carácter creciente altamente significativo con crecimiento progresivo de año en año, dos son decrecientes con cambios abruptos y dos homogéneas.

Las marchas anuales de frecuencia de ocurrencia de observaciones con tormenta presentan contrastes entre los meses de junio a septiembre con marcada mayor ocurrencia, los meses de transición mayo y octubre y el resto de los meses con menos ocurrencia.

Las series de marcha anual de frecuencia de ocurrencia de observaciones con tormenta muestran un carácter bimodal para las 4 estaciones localizadas al este del país y carácter unimodal en las dos más occidentales.

Cinco de las seis estaciones en estudio presentan máxima ocurrencia de tormentas a las 16 hora local con la excepción de la estación de La Fe que alcanza el máximo a las 13.

Se observa una diferencia entre los valores de nivel ceráuneo calculados con series cuyo periodo de análisis termina en el 2002 y las que terminan en el 2008 y sus diferencias están relacionadas con el carácter de su marcha interanual.

El número de días con tormenta promedio anual es mínimo para la estación de Punta Lucrecia con 32 y máximo para la estación de La Fe con 112.

REFERENCIAS

- [1] Álvarez L., Álvarez, R., Borrajero, I., Aenlle, L. "Distribución espacial de las tormentas eléctricas y su tendencia en la región occidental de la Isla de Cuba". *Revista Cubana de Meteorología*. 2005, Vol. 12, no. 2, p. 35-42. ISSN: 0864-151X
- [2] Álvarez, L. "Estudio de la localización espacial de las tormentas eléctricas en Cuba y su tendencia". Tesis Doctoral, UDICT, Instituto de Meteorología, La Habana, Cuba. 2006.
- [3] Álvarez, L.; Borrajero, I.; Álvarez, R. "Distribución espacial de la frecuencia de ocurrencia de observaciones con tormentas, con tormentas con lluvias sobre la estación y días con tormentas para el territorio cubano". *Revista Cubana de Meteorología*. 2009, Vol. 15, no. 1, p. 14-22. ISSN: 0864-151X.
- [4] Álvarez, L., Borrajero, I.; Álvarez, R. "Análisis de la tendencia de las series de frecuencia de ocurrencia de observaciones con tormenta, de tormentas con lluvia y de días con tormenta para el territorio cubano". *Revista Cubana de Meteorología*. 2006, Vol. 13, no. 1, p. 83-94. ISSN: 0864-151X.
- [5] Álvarez, L., Borrajero, I.; Álvarez, R., Aenlle L. "Relación entre probabilidad de ocurrencia de días con lluvia y tormentas eléctricas en Casablanca y Camagüey". *IAHS Red Books*. 2006, Publication. 308, p. 300-305. ISSN: 0144-7815.
- [6] Amaro-Arguez, et al. *Algunas características y tendencias del clima* (Cap. 4.9). p. 90-100. En: Alcolado, P. M.; García E. E., y Arellano-Acosta, M. (eds.). *Ecosistema Sabana-Camagüey: Estado actual, avances y desafíos en la protección y uso sostenible de la biodiversidad*. La Habana, Ed. Academia, 2007, p. 183. Proyecto PNUD/GEF Sabana-Camagüey, CUB/98/G32; CUB/99/G81.
- [7] Álvarez, L.; et al. "Análisis preliminar del comportamiento de fenómenos meteorológicos significativos en el ecosistema costero Sabana-Camagüey". *Revista Cubana de Meteorología*. 2006, Vol. 13, no. 2, p. 24-41. ISSN: 0864-151X.

- [8] Álvarez, L., Borrajero, I., Álvarez, R., Aenlle, L. "Análisis preliminar de la variable estado del tiempo presente para cuatro estaciones relacionadas con el desarrollo eólico en Cuba". *Ecosolar*, 2008, Vol. 24. [Consultado el: 15 de diciembre del 2014]. Disponible en: <http://www.cubasolar.cu/biblioteca/Ecosolar/Ecosolar24/HTML/articulo06.htm>. ISSN 1028-6004.
- [9] Álvarez, L., Borrajero, et al. "Estudio de la marcha interanual de la frecuencia de ocurrencia de observaciones con tormenta para el territorio cubano". *Revista de Climatología*, 2012, Vol. 12, p. 1-21. [Consultado el 15 de diciembre del 2014]. Disponible en: <http://webs.ono.com/reclim/reclim12a.pdf>. ISSN 1578-8768.
- [10] Álvarez, L.; et al. "Actualización de la distribución espacial de las tormentas eléctricas en Cuba". *Revista Cubana de Meteorología*. 2012, Vol. 18, no. 1, p. 88-99. ISSN: 0864-151X.
- [11] Álvarez, L., Borrajero, I., Álvarez, R., Rivero, I., Carnesoltas, M., Rojas, Y. "Estudio de la marcha diaria de las series de frecuencia de ocurrencia de observaciones con tormenta". *Ciencias de la Tierra y el Espacio*, 2013, Vol.14, no.1, p. 5-13, [Consultado el: 15 de diciembre del 2014], Disponible en: www.iga.cu/publicaciones/revista/ctye14no1-art1.html. ISSN 1729-3790.
- [12] WMO. *Manual on codes*. Geneve, Switzerland, 1988, WMO – No. 306, Vol. 1, Seccion D, Table 4677.
- [13] Sneyers, R. *On the statistical analysis of series of observations*. Geneve, Switzerland, 1990, Technical Note No. 143, WMO-No. 415, p. 192.
- [14] Alfonso A. P. Descripción preliminar de las condiciones meteorológicas en la Isla de la Juventud. Informe científico-técnico. No. 134, p. 25. Instituto de Meteorología. 1980.

AUTORES

Lourdes Álvarez Escudero

Licenciada en Física, Doctora en Ciencias Meteorológicas e Investigador Titular. Centro de Física de la Atmósfera del Instituto de Meteorología. La Habana, Cuba.

e-mail: lourdes.alvarez@insmet.cu

Israel Borrajero Montejo

Licenciado en Física e Investigador Agregado. Centro de Física de la Atmósfera del Instituto de Meteorología. La Habana, Cuba.

e-mail: israel.borrajero@insmet.cu