

Estudio de la marcha anual de las series de frecuencia de ocurrencia de observaciones con tormentas

Study of the annual courses of frequencies of occurrence of observations reporting thunderstorms series

Dra. Lourdes Álvarez Escudero | lourdes.alvarez@insmet.cu | Centro de Física de la Atmósfera, Instituto de Meteorología

Lic. Israel Borrajero Montejo | israel.borrajero@insmet.cu | Centro de Física de la Atmósfera, Instituto de Meteorología

Dr. Rosendo Álvarez Morales | Centro de Física de la Atmósfera, Instituto de Meteorología

Recibido: enero 15 de 2015; aceptado: marzo 30 de 2015.

Resumen

En este trabajo se analizan las series de frecuencia de ocurrencia promedio mensual en observaciones con tormenta para el período 1989–2008 en 69 estaciones meteorológicas cubanas. Se realiza un análisis de *cluster* en el cual se consideran las estaciones como variables y las frecuencias mensuales como individuos, observando tres agrupaciones dadas por: meses de verano con mayor ocurrencia (septiembre, agosto, julio y junio), meses de transición con ocurrencia moderada (octubre y mayo) y meses de invierno con baja ocurrencia. Con miras a lograr diferencias en el comportamiento anual entre las estaciones, que no esté marcado por el valor cuantitativo de la frecuencia de ocurrencia, estos valores se normalizan; el valor obtenido se clasifica en uno de tres intervalos equivalentes y se halla el área bajo la curva para cada período diferenciado por el análisis de *cluster*. Teniendo en cuenta el procedimiento explicado se obtuvieron 11 grupos diferenciados en el comportamiento de la marcha anual, seis de ellos agrupan la mayoría de las estaciones (62) y los cinco restantes presentan estaciones con características muy particulares. El grupo de mayor número de

estaciones (23) correspondió al de veranos con gran ocurrencia, meses de transición con ocurrencia media e inviernos con ocurrencia media con respecto a todas las estaciones en estudio. Las diferencias entre las marchas anuales de las diferentes estaciones radican en el carácter unimodal (región occidental) o bimodal (región extremo oriental) de sus distribuciones, la duración, el comienzo y el fin de la temporada de máxima ocurrencia.

PALABRAS CLAVE: Marcha anual, tormentas eléctricas, regionalización, distribución unimodal, distribución bimodal.

Abstract

A study is made of series of monthly average frequencies of occurrence of observations reporting thunderstorms from 1989 to 2008 at 69 Cuban meteorological stations. A cluster analysis was performed considering the stations as variables and the monthly frequencies as individuals which yielded three groups consisting of: Summer months with greater occurrences (September, August, July and Jun), transition months (October and may) with moderate occurrence and winter months with low oc-

currence. To reveal differences between stations in the annual course which are not forced by the total value of cases, these values are normalized and the values obtained are classified three ranks. Areas under the curves are calculated for these ranked values for each one of the time periods defined by the grouped months off the cluster analysis and then normalized again for the different lengths of these groups. This finally yielded 11 distinct groups of annual course patterns where 6 of these groups hold the majority of the stations (62) and the five remaining contain stations with particular characteristics. The group with the greatest number of stations (23) consisted of a summer with high occurrence, transition months with medium occurrence, and winter with also medium occurrence. The main differences between the annual courses of the stations under study lay on the single (western region) or bimodal (eastern region) shape of the distributions, the lasting and the dates of beginning and end of the season of maximum occurrence.

KEYWORDS: Annual course, thunderstorms, regionalization, unimodal distributions, bimodal distributions.

Introducción

Estudiar las características generales de las tormentas eléctricas es un tema de especial interés dada la incidencia que este fenómeno tiene en la vida de las personas y diferentes sectores de la economía. El estudio de la marcha anual de las tormentas permite determinar para cada región las épocas del año con una mayor incidencia del fenómeno, lo cual proporciona criterios con miras a una mejor planificación de las actividades al aire libre, la protección de las personas y las actividades económicas vulnerables; por ejemplo, la atención a sembradíos.

El análisis de la marcha anual de las tormentas es un estudio clásico para la climatología, desde los rea-

lizados por Alexander (1924) y Byers y Braham (1949), seguidos por los medios mensuales a nivel global de la Organización Meteorológica Mundial en 1956 (OMM, 1956) o los trabajos de Changnon (1988), hasta los más recientes de Dai (2001a, 2001b), por solo citar algunos.

En Cuba, Alfonso (1980, 1985, 1986, 1993) realizó investigaciones para varias localidades del país, aunque el estudio más abarcador estuvo a cargo de Lecha y colaboradores (1994). Un análisis más reciente, que sirve de antecedente a este trabajo, pertenece Álvarez y colaboradores (2005a, 2005b).

El objetivo de este trabajo es caracterizar la marcha anual de frecuencia de ocurrencia de observaciones con tormenta, extraída de los datos de código de estado de tiempo presente para 69 estaciones del país, en el período 1989-2008, y determinar si existen zonas semejantes en cuanto a la forma de este ciclo anual.

Materiales y métodos

La base fundamental de información utilizada en el análisis son los registros de código de estado de tiempo presente de 69 estaciones en todo el país. Las series utilizadas varían en largo entre tres y 39 años, con un alto promedio de 32.4 años, pero existen importantes faltantes de información, con 14 estaciones por debajo de 70 % de información útil y un promedio de 83.1 % para todas las estaciones. Los detalles sobre la información pueden consultarse en el trabajo de Álvarez (2012).

Los datos fueron tomados de la base de datos Thor (Álvarez *et al.*, 2009), a la cual se le agregaron los registros correspondientes al período 2006-2008, obtenidos de la base de datos del Centro del Clima del INSMET; estos datos fueron sometidos a varias validaciones y adaptaciones con miras a lograr homogeneidad en los registros de la base. Asimismo, se adicionaron datos captados manualmente mediante el programa THOR (Álvarez *et al.*, 2006), con fechas

anteriores a 2006, y datos de horarios no convencionales para la estación de Casablanca. La nueva base constituida se nombra Nueva_Thor.

Para la identificación del fenómeno tormenta eléctrica a partir del código de estado de tiempo presente se tomaron los datos, según la Tabla 4677, sobre “Tiempo presente, comunicado desde una estación meteorológica dotada de personal”, del *Manual de claves* (WMO, 1988). Se agruparon los códigos 17, 29, 91, 92, 95, 96, 97 y 99, referidos a la tormenta eléctrica con o sin lluvia, de cualquier intensidad a la hora de la observación o con anterioridad. Los códigos 93, 94 y 98 se rechazaron por tener frecuencias de ocurrencia muy bajas o nulas, y por muchas veces representar más observaciones erróneas que datos reales. No se tuvo en cuenta el código 13, relacionado con el relámpago visible, por ser un código de preferente ocurrencia en horarios de la noche y la madrugada (Álvarez *et al.*, 2005a), y por representar tormentas lejanas que, en general, ocurren sobre el mar; además, como fenómeno desde el punto de vista del observador, la tormenta empieza cuando se oye el primer trueno y termina 15 min después del último, por lo cual es necesario el trueno para identificar el fenómeno.

La variable para trabajar será la “frecuencia de ocurrencia de observaciones con tormenta”, obtenida al dividir el número de casos de códigos relativos a tormentas entre el número de observaciones válidas.

El hecho de trabajar con la frecuencia de ocurrencia de observaciones con tormenta —como se trata de frecuencias o probabilidades—, solventa en gran medida la falta de información, puesto que la ausencia de datos en algunos períodos puede compensarse con períodos donde sí existe, dado que siempre se divide por el número de observaciones válidas; además, al ser espacios ortonormales, son siempre válidas las comparaciones entre diferentes conjuntos de datos.

En aras de trabajar con los datos más completos posibles y las series con menos sesgo, se tomaron los

registros del período 1989–2008, en el cual la mayoría de las estaciones tiene 20 años de información.

Análisis de los resultados

Las tormentas son, fundamentalmente, un fenómeno de verano, más acentuado en agosto y septiembre, aunque cada estación estudiada presentó sus particularidades. La figura 1 muestra la marcha anual del porcentaje de ocurrencia de observaciones con tormenta; en su conjunto, se analizan todos los registros contenidos en la base Nueva_THOR para 1989–2008. Se observa que los meses de junio a septiembre son los más favorecidos, con máximo en agosto; en contraste, los meses de invierno (sobre todo enero y diciembre) muestran porcentajes por debajo de 1.

Si a partir de la frecuencia de ocurrencia por meses para cada estación estudiada se realiza un análisis de *cluster* considerando las estaciones como variables y los meses como individuos, se obtiene lo representado en la figura 2. En esta experiencia se utilizaron distancias euclidianas y promedio no pesado de pares de grupos como método de enlace, aunque los resultados son similares para otros tipos de vínculo. Si se analiza las agrupaciones por debajo de una distancia de enlace de 0.4, se observa 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. Esto demuestra un marcado carácter estacional en la marcha anual. Dentro de los grupos descritos por debajo de la distancia de enlace escogida se notan asociaciones más específicas: septiembre con agosto, julio con junio, enero con febrero, y abril como mes separado de los restantes de su grupo; todo ello relacionado con una menor o mayor ocurrencia.

Si se toman las estaciones como individuos y los meses como variables, el análisis de *cluster* siempre

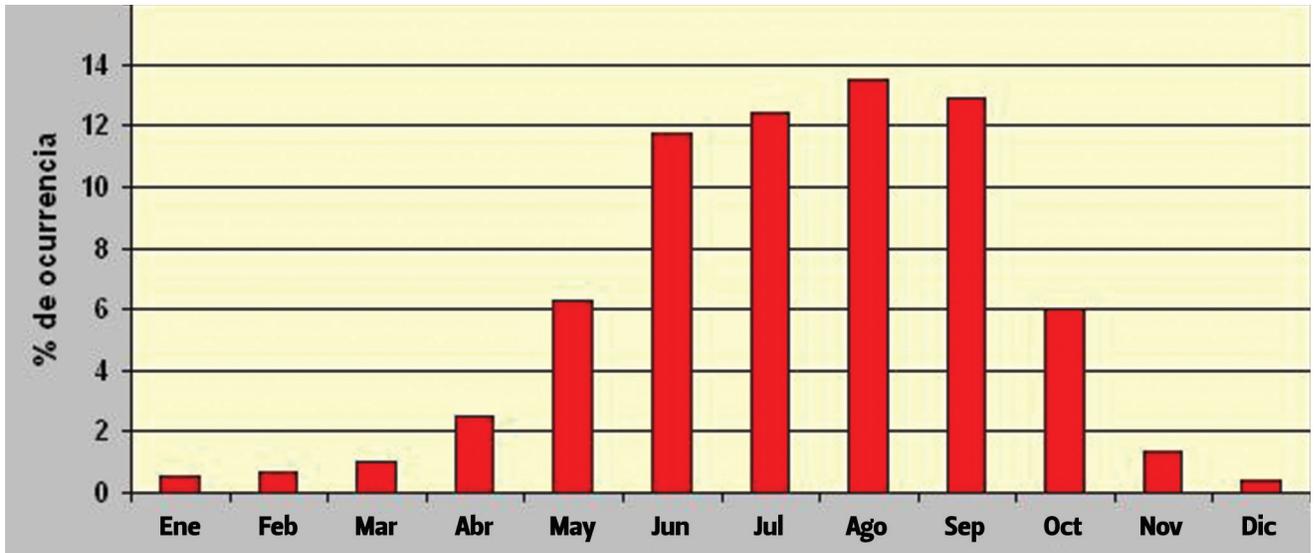


Fig. 1 Marcha anual del porcentaje de ocurrencia de observaciones con tormenta analizando en su conjunto todos los registros contenidos en la base Nueva_THOR para 1989-2008.

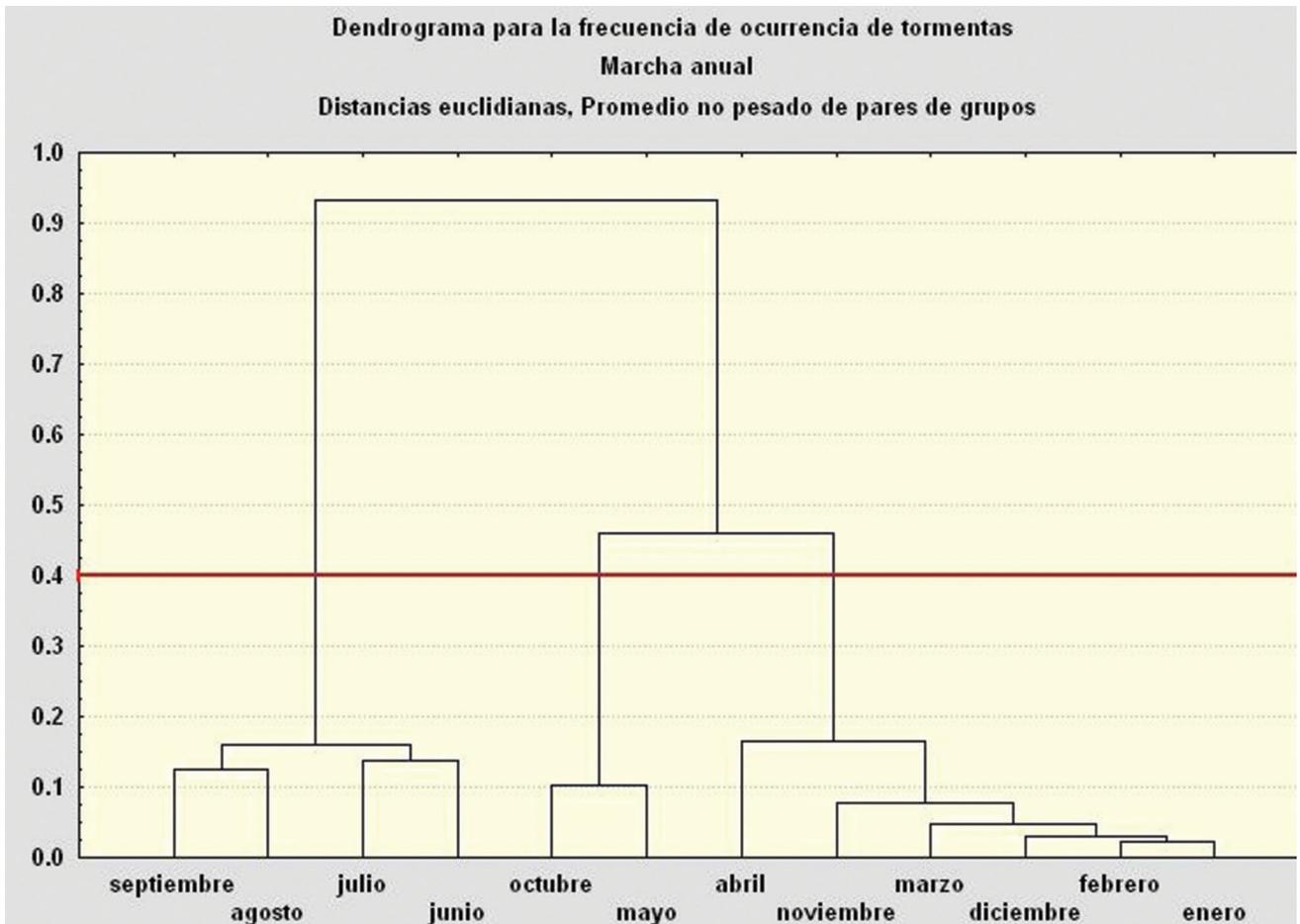


Fig. 2 Dendrograma para la frecuencia de ocurrencia de observaciones con tormenta mensuales en 1989-2008, teniendo como individuos los meses y como variables las 69 estaciones en estudio.

muestra grupos diferenciados por el menor o el mayor valor de la frecuencia de ocurrencia, pero este es un aspecto que debe resaltarse en la distribución espacial y lo que se persigue ahora es ver la relación de ocurrencia entre meses, bien sea para las estaciones con una ocurrencia alta o baja. Para ello, se adoptará la clasificación referida en los pasos siguientes:

1. Se normalizarán los valores de frecuencia de ocurrencia de observaciones con tormenta para cada estación, dividiendo los registros por el correspondiente al mes de mayor valor, para evitar las diferencias por mayor o menor ocurrencia en las estaciones.
2. Cada mes de cada estación se clasificará con valores de 1 a 3, según tres intervalos equivalentes de ocurrencia obtenidos de la serie de las 69 estaciones para un mes; de este modo, se conocerá si con respecto a un mes específico una estación posee una ocurrencia baja, media o alta en relación con las demás contempladas en el estudio.

3. Siguiendo la agrupación sugerida por el análisis de *cluster* se calculará el área bajo la curva dada por los meses de verano (junio a septiembre), los de transición (mayo y octubre) y los de invierno (enero a abril, noviembre y diciembre) sumando los valores clasificados de ocurrencia normalizada y dividiéndolos por la longitud del intervalo en meses, los cuales arrojan nuevos clasificadores. Entonces, una estación que en verano alcanza 3; en transición, 2 y en invierno, 1, 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.

El empleo de los términos “verano”, “transición” e “invierno” responde a los grupos identificados en el análisis de *cluster* de la figura 2 y no a las clasificaciones climatológicas clásicas, aunque en ello puede existir cierta analogía .

Teniendo en cuenta el procedimiento explicado se obtuvieron 11 grupos diferenciados de comporta-

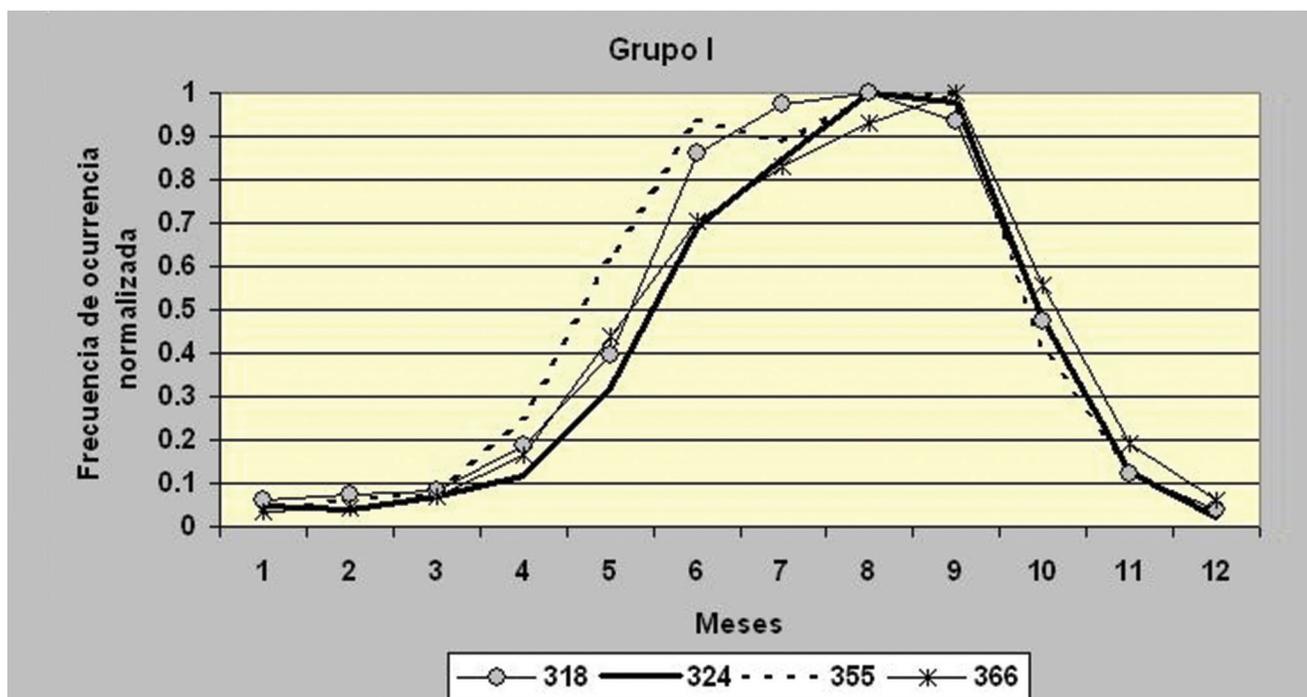


Fig. 3 Marcha anual de la frecuencia de ocurrencia de observaciones con tormenta normalizada para cuatro estaciones pertenecientes al grupo I.

TABLA 1

Resumen de la agrupación por características similares de la marcha anual para las 69 estaciones en estudio en 1989-2008

Grupo	Identificador	Descripción	Total de estaciones	Estaciones pertenecientes al grupo (número)
I	3-2-2	Veranos con gran ocurrencia, meses de transición con ocurrencia media e inviernos con ocurrencia media con respecto a todas las estaciones en estudio	23	318, 324, 326, 327, 329, 330, 331, 332, 335, 340, 341, 350, 351, 352, 354, 355, 357, 358, 359, 360, 366, 370, 377
II	3-1-2	Veranos con gran ocurrencia, meses de transición con ocurrencia baja e inviernos con ocurrencia media con respecto a todas las estaciones en estudio	14	310, 312, 313, 314, 315, 316, 317, 320, 325, 328, 333, 372, 373, 374
III	3-1-1	Veranos con gran ocurrencia, meses de transición con ocurrencia baja e inviernos con baja media con respecto a todas las estaciones en estudio	8	321, 322, 323, 337, 344, 345, 346, 375
IV	3-3-2	Veranos con gran ocurrencia, meses de transición con ocurrencia alta e inviernos con ocurrencia media con respecto a todas las estaciones en estudio	7	319, 334, 338, 362, 363, 367, 378
V	3-2-1	Veranos con gran ocurrencia, meses de transición con ocurrencia media e inviernos con ocurrencia baja con respecto a todas las estaciones en estudio	6	342, 343, 347, 348, 349, 361
VI	2-2-2	Veranos con ocurrencia media, meses de transición con ocurrencia media e inviernos con ocurrencia media con respecto a todas las estaciones en estudio	4	339, 353, 364, 368
VII	2-1-1	Veranos con ocurrencia media, meses de transición con ocurrencia baja e inviernos con ocurrencia baja con respecto a todas las estaciones en estudio	2	308, 309
VIII	2-3-3	Veranos con ocurrencia media, meses de transición con ocurrencia alta e inviernos con ocurrencia alta con respecto a todas las estaciones en estudio	2	356, 365
IX	2-3-2	Veranos con ocurrencia media, meses de transición con ocurrencia alta e inviernos con ocurrencia media con respecto a todas las estaciones en estudio	1	369
X	2-1-2	Veranos con ocurrencia media, meses de transición con ocurrencia baja e inviernos con ocurrencia media con respecto a todas las estaciones en estudio	1	376
XI	3-3-3	Veranos con gran ocurrencia, meses de transición con ocurrencia alta e inviernos con ocurrencia alta con respecto a todas las estaciones en estudio	1	371

miento de la marcha anual; seis de estos agrupan la mayoría de las estaciones (62), mientras que los cinco restantes presentan estaciones con características muy particulares. La tabla 1 resume los grupos, su comportamiento y las estaciones asociadas.

A forma de ejemplo, las figuras de la 3 a la 11 muestran las marchas anuales de frecuencia de ocurrencia de observaciones con tormenta normalizada para diferentes estaciones por grupo.

Se constata que la principal diferencia entre los grupos I y II está dada por la mayor o menor ocurrencia de tormentas en octubre (mes de transición), cuando el grupo II se ve menos favorecido. El grupo III presenta una disminución en los meses de invierno, particularmente en enero y diciembre, mientras que el IV ostenta valores altos para octubre, lo cual aumenta la representatividad de los me-

ses de transición y sus curvas, en general, presentan un carácter bimodal con una pequeña depresión en julio. A diferencia del grupo IV, el grupo V presenta muy bajos valores para los meses de invierno, sobre todo en los extremos del año; el carácter bimodal de las curvas es muy ligero, con valores deprimidos en julio con respecto a los restantes meses de verano. El grupo VI muestra valores marcadamente deprimidos en julio y también menores en junio, lo cual hace que en dos de las cuatro estaciones del grupo se pierda el carácter bimodal y que, en general, el verano sea clasificado como de ocurrencia media con respecto al mismo período para otras estaciones. El grupo VII, compuesto por dos estaciones, presenta un máximo de ocurrencia marcado en un solo mes durante el verano, lo cual hace que la ocurrencia de este período sea media y los períodos

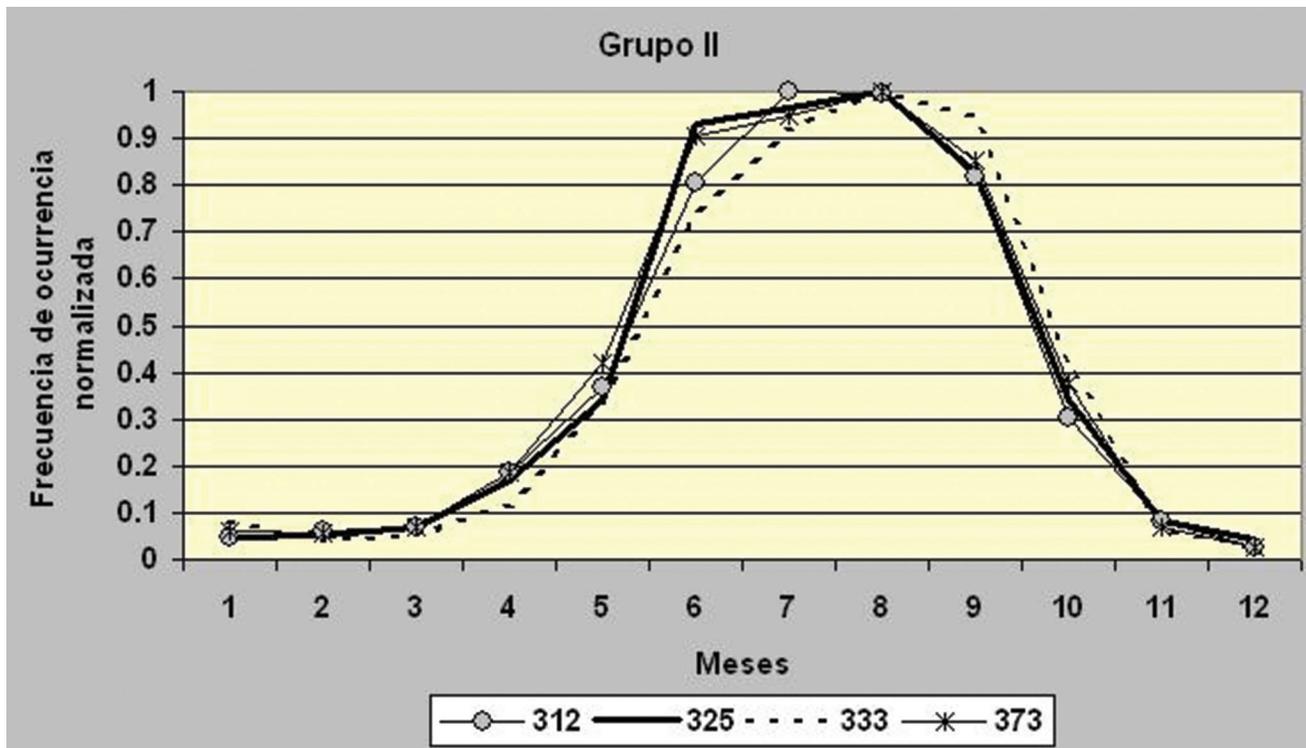


Fig. 4 Marcha anual de la frecuencia de ocurrencia de observaciones con tormenta normalizada para cuatro estaciones pertenecientes al grupo II.

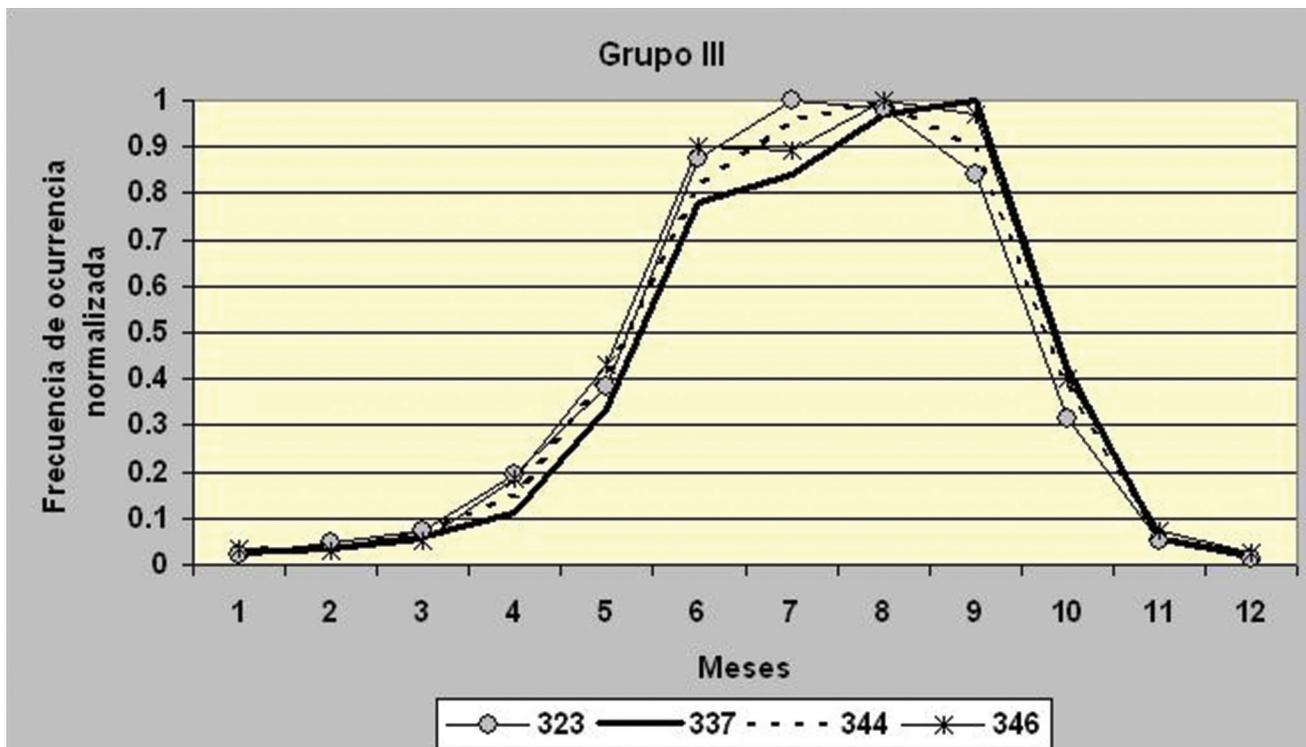


Fig. 5 Marcha anual de la frecuencia de ocurrencia de observaciones con tormenta normalizada para cuatro estaciones pertenecientes al grupo III.

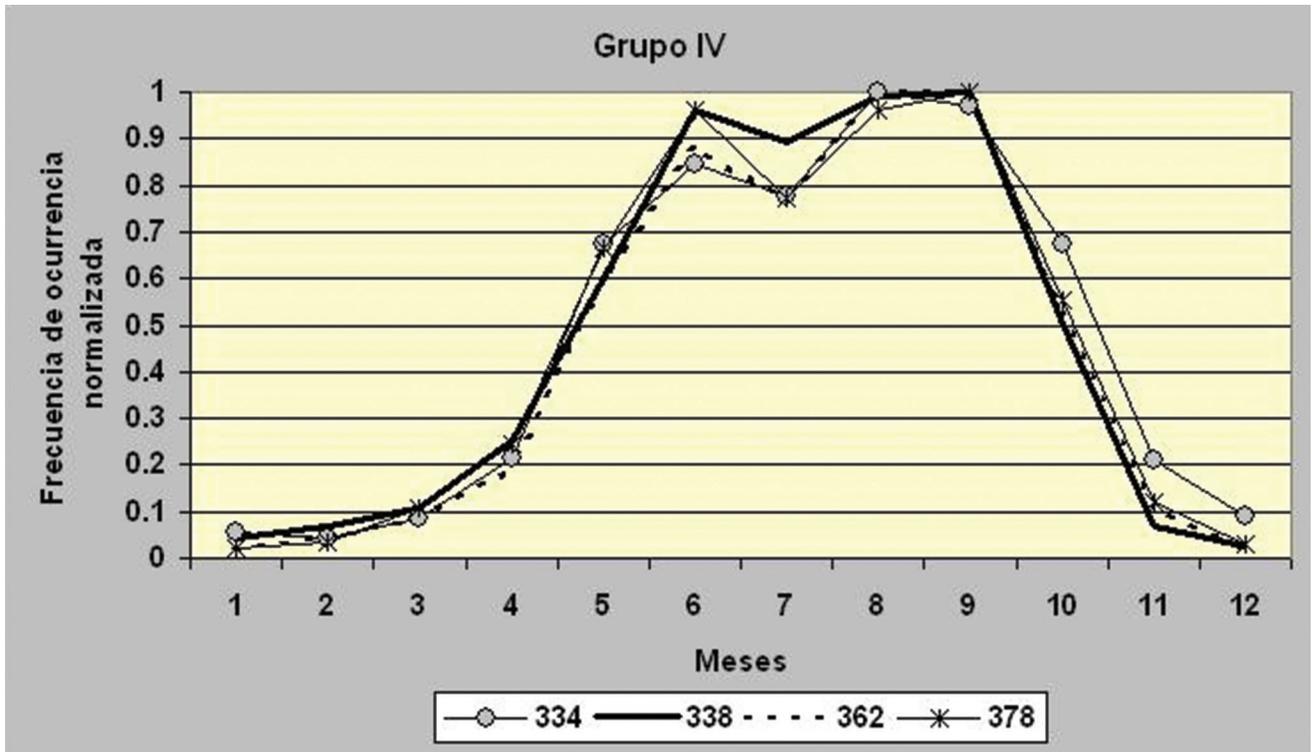


Fig. 6 Marcha anual de la frecuencia de ocurrencia de observaciones con tormenta normalizada para cuatro estaciones pertenecientes al grupo IV.

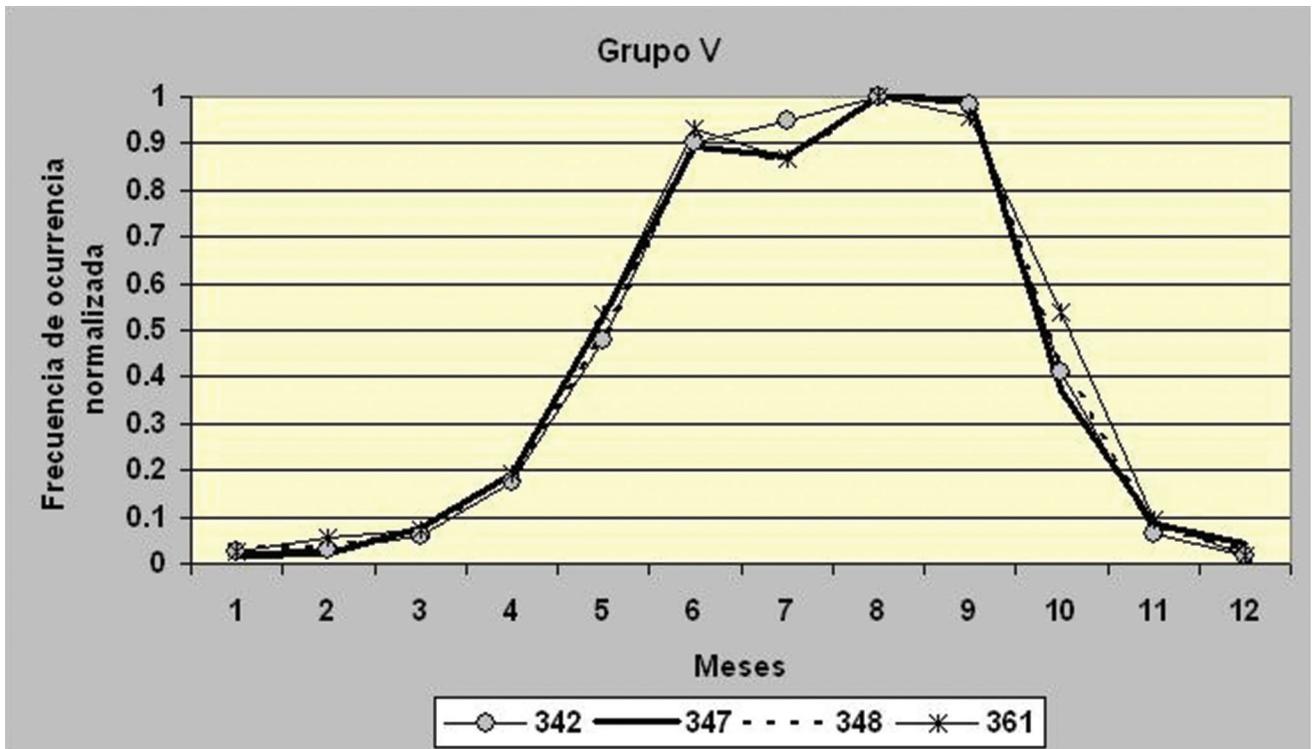


Fig. 7 Marcha anual de la frecuencia de ocurrencia de observaciones con tormenta normalizada para cuatro estaciones pertenecientes al grupo V.

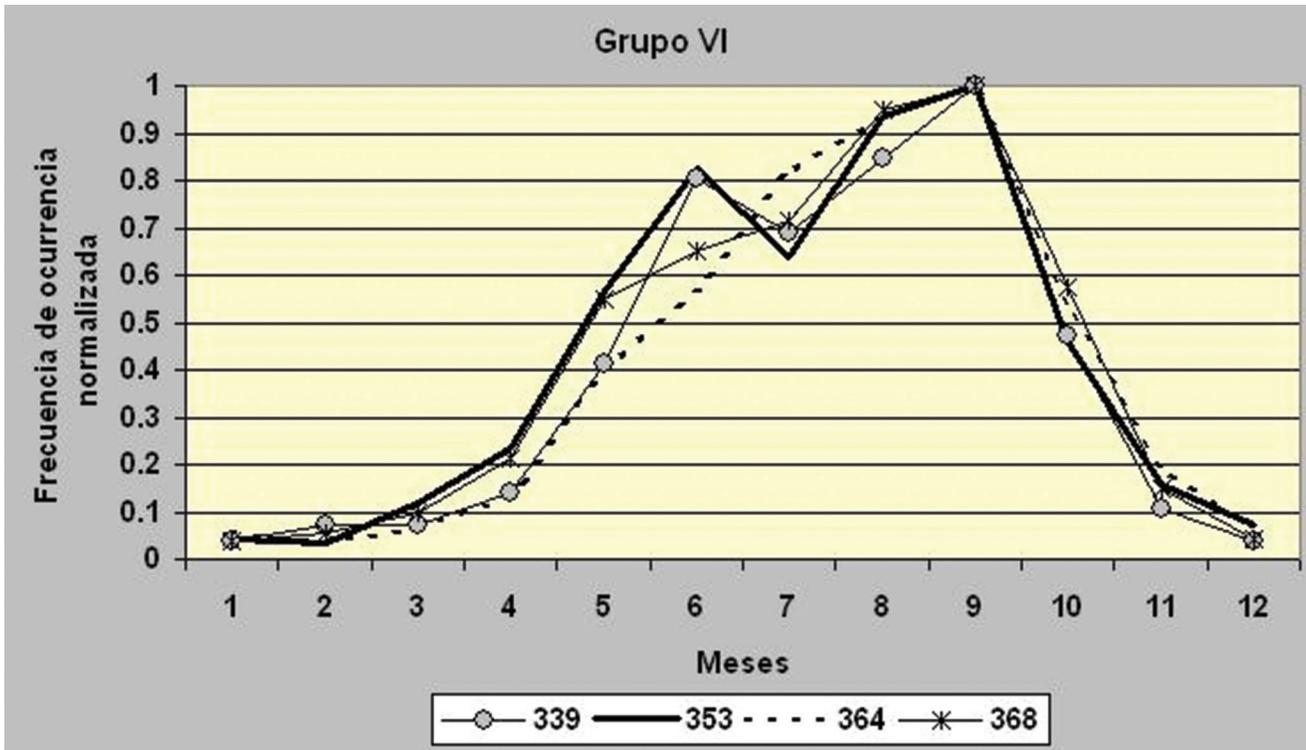


Fig. 8 Marcha anual de la frecuencia de ocurrencia de observaciones con tormenta normalizada para cuatro estaciones pertenecientes al grupo VI.

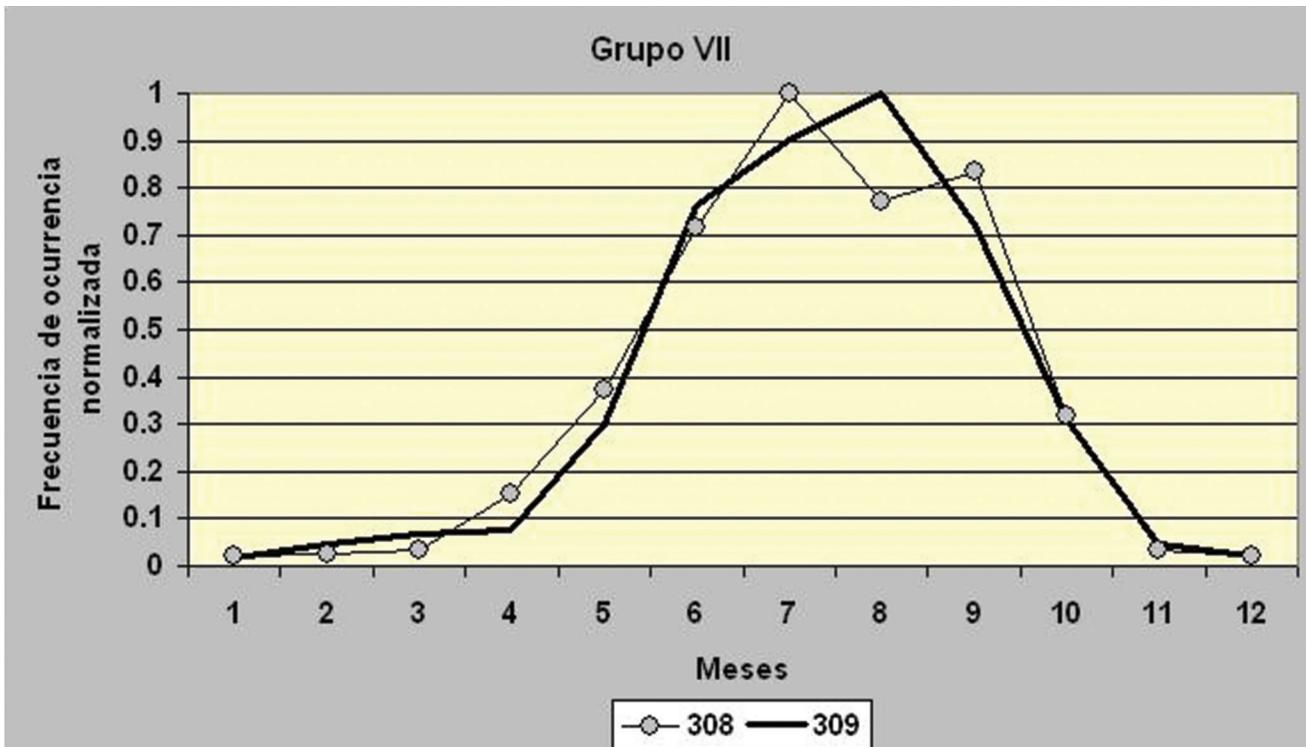


Fig. 9 Marcha anual de la frecuencia de ocurrencia de observaciones con tormenta normalizada para las dos estaciones pertenecientes al grupo VII.

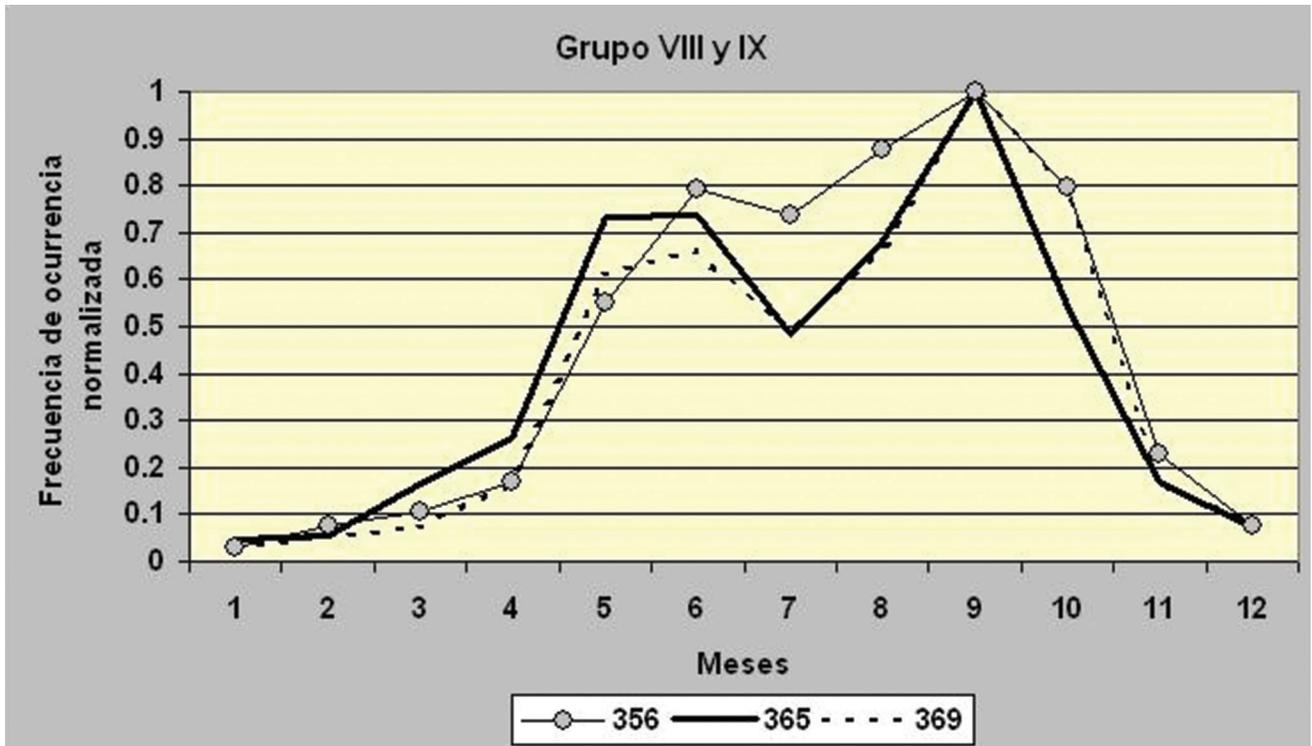


Fig. 10 Marcha anual de la frecuencia de ocurrencia de observaciones con tormenta normalizada para dos estaciones pertenecientes al grupo VIII y la única estación del grupo IX.

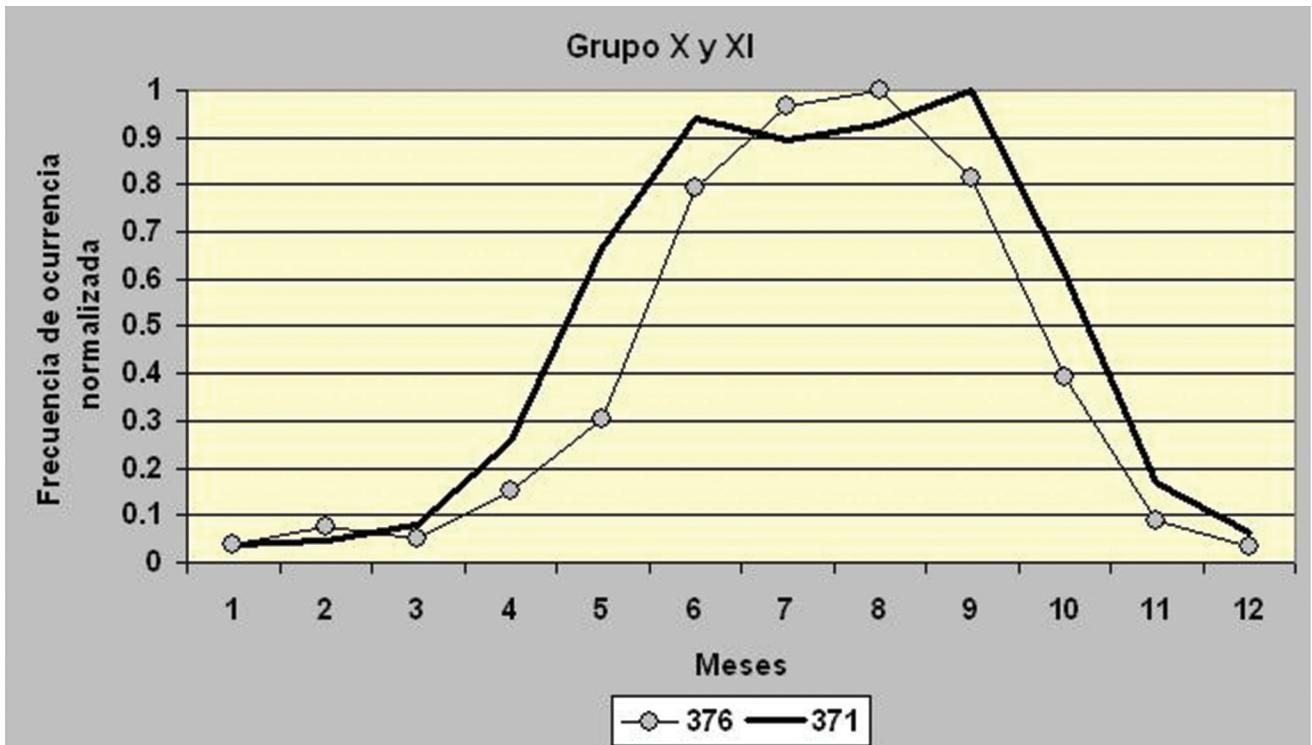


Fig. 11 Marcha anual de la frecuencia de ocurrencia de observaciones con tormenta normalizada para la única estación perteneciente al grupo X y la única del grupo XI.

de transición e invierno sean bajos. Las estaciones de los grupos VIII y IX presentan un verano similar a las del grupo VI, con valores medios de ocurrencia y curvas bimodales; los meses de transición presentan una ocurrencia alta, y se caracterizan por muy altos valores en octubre y el invierno, mientras que las del grupo VIII exhiben los valores más altos para todos los grupos, con valores señalados para el mes de noviembre. En general, es como si para estas estaciones la ocurrencia de tormentas se hubiera desplazado hacía el final de la temporada. Los grupos X y XI son de excepción y marcadamente distintos entre sí. El grupo XI presenta valores de ocurrencia altos para todos los períodos, con registros muy altos en el verano, excepcionalmente altos para octubre y mayo, y altos para abril y noviembre entre los meses de invierno; sin embargo, el grupo X solo presenta valores altos en dos meses del verano y para sus meses de transición muy bajos con respecto a las demás estaciones.

Si se analiza la distribución espacial de los grupos clasificados (Fig. 12) puede observarse que los grupos I, II y III son más característicos de la región occidental, mientras que los del IV al XI son más propios de las regiones central y oriental, excepto Camagüey, Las Tunas y parte de Granma, donde existe prevalen-

cia del grupo I. Si se tiene en cuenta que los grupos I, II y III, presentan curvas de la marcha anual unimodales y, en general, los restantes grupos poseen características bimodales, se aprecia cierta similitud con los análisis realizados por Álvarez y colaboradores (2005a) al calcular las marchas anuales a partir de la frecuencia diaria de ocurrencia de tormenta, aunque debe tenerse en cuenta que el estudio mencionado podía especificar mucho más el comportamiento y arrojó menos grupos, pero también resultó más sensible a la inevitable falta de información.

Si se analiza con detenimiento las curvas pertenecientes a los grupos I y II, podría asumirse que el grupo I presenta temporadas de máxima ocurrencia más largas que terminarían más tarde en el año, debido a los altos valores de ocurrencia en octubre, mientras que el grupo II posee temporadas más cortas. El grupo III sería similar al II, con temporadas cortas, pero con menor ocurrencia de tormentas en inviernos, puesto que sus estaciones se encuentran menos expuestas al arribo de frentes fríos que, en gran parte, son los responsables de la ocurrencia de tormentas en invierno. Del mismo modo, los grupos IV y V muestran temporadas más larga y más corta, respectivamente, y el grupo VI está marcado por la menor presencia de tormentas en julio, lo cual hace



Fig. 12 Distribución espacial del comportamiento de la marcha anual para todas las estaciones en estudio, según los grupos clasificatorios.

su distribución de marcado carácter bimodal (similar a los grupos VIII y IX).

En general, tanto realizando el estudio de la marcha anual a partir de frecuencia de ocurrencia diaria (Álvarez y colaboradores, 2005a), como mensual, las diferencias de la marcha anual están marcadas por el carácter unimodal o bimodal de sus curvas, y por la duración, el comienzo y el fin de sus temporadas de máxima ocurrencia. Con respecto al estudio anterior, la diferencia fundamental está en un número de estaciones de las provincias de Camagüey y Las Tunas, que pasaron a tener un comportamiento similar a las estaciones de la región occidental, cuando antes era semejante a los de la región oriental; no obstante, debe tenerse en cuenta que el período estudiado es más corto, aunque más completo en información, y que los parámetros para la clasificación se obtuvieron de los propios datos y no del ajuste de una función a estos, lo cual podría implicar un suavizamiento de la marcha.

Conclusiones

La marcha anual de la frecuencia de ocurrencia de observaciones con tormenta presenta un ciclo marcadamente estacional, con máximas entre junio y septiembre; para la mayoría de las estaciones en estudio, agosto resultó el mes más favorecido.

Las diferencias entre las marchas anuales de las diferentes estaciones estudiadas radican en el carácter unimodal o bimodal de sus distribuciones y en la duración, el comienzo y el fin de la temporada de máxima ocurrencia.

Existe una marcada agrupación espacial de estaciones con marchas anuales clasificadas en los grupos I, II y III, que presentan distribuciones unimodales hacia la mitad occidental del país y en la provincia de Camagüey, mientras que en el extremo oriental del país los grupos preferenciales están entre el IV y el XI, con un carácter bimodal para sus distribuciones.

Referencias bibliográficas

- Alexander, WH 1924. "Distribution of thunderstorms in the United States", *Monthly Weather Review*, vol. 52, no. 7, pp. 337-348.
- Alfonso, AP 1980. *Descripción preliminar de las condiciones meteorológicas en la Isla de la Juventud*, Informe científico-técnico, Instituto de Meteorología, no. 134, La Habana.
- Alfonso, AP, Elizalde, M & Solano, O 1985. *El mesoclima de la Península de Zapata*, Reporte de investigación del Instituto de Meteorología, no. 12, La Habana.
- Alfonso, AP 1986. "Aspectos climatológicos de las turbonadas en la Ciudad de la Habana", *Ciencias de la Tierra y el Espacio*, vol. 12, pp. 85-100.
- Alfonso, AP & Florido, A 1993. *El clima de Matanzas*, Ed. Academia, La Habana.
- Álvarez, L, Borrajero, I, Álvarez, R, Aenlle, L, Pérez, B, Fernández, N, Pérez, M, Muñoz, L, Rodríguez, L, Rodríguez, M, Iraola, C, Costales, O, Cayón, H & López, L 2005a. *Estudio de la localización espacial de las tormentas eléctricas en Cuba y su tendencia*, Informe final de resultado científico, UDICT, Instituto de Meteorología, La Habana.
- Álvarez, L, Borrajero, I & Álvarez, R 2005b. "Regionalización de las tormentas eléctricas en Cuba a partir del estudio de su marcha anual", *Memorias III Congreso Cubano de Meteorología*, Ciudad Habana, Cuba, del 5 al 9 de diciembre de 2005 (publicación electrónica), ISBN 959-7160-31-5.
- 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, La Habana, Cuba.
- Álvarez, L, Borrajero, I & Álvarez, R 2009. "Análisis de la calidad de los registros de código de estado de tiempo presente y representatividad de los fenómenos neblinas y nieblas a partir del estudio de

esta variable”, *Memorias del V Congreso Cubano de Meteorología*, Ciudad Habana, del 30 de noviembre al 4 de diciembre de 2009 (publicación electrónica), ISBN 978-959-7167-20-4, <F:\Data\Trabajos completos.pdf>, pp. 1501-1512.

Álvarez, L, Borrajero, I, Álvarez, R, Aenlle, L, Bárce-
nas, M 2012. “Actualización de la distribución es-
pacial de las tormentas eléctricas en Cuba”, *Revis-
ta Cubana de Meteorología*, vol. 18, no. 1, pp. 83-99.

Byers, HR & Braham, RR 1949. *The thunderstorm*, U. S.
Department of Commerce, Washington D. C.

Changnon, SA 1988. “Climatology of Thunder
Events in the Conterminous United States. Part
II: Spatial Aspects”, *Journal of Climate*, vol. 1, no. 4,
pp. 399-405.

Dai, A 2001a. “Global Precipitation and Thunders-
torm Frequencies. Part I: Seasonal and Inte-
rannual Variations”, *Journal of Climate*, vol. 14, no.
6, pp. 1092-1111.

Dai, A 2001b. “Global Precipitation and Thunders-
torm Frequencies. Part II: Diurnal Variations”,
Journal of Climate, vol. 14, no. 6, pp. 1112-1128.

Lecha, LB, Paz, LR, Lapinel, B (eds.) 1994. *El Clima de
Cuba*. Ed. Academia, La Habana, 186 pp.

OMM 1956. *World distribution thunderstorm days*,
WMO, no. 21, TP 21, Geneva, Switzerland.

WMO 1988. *Manual on codes*, WMO-no. 306, vol. 1,
sec. D, tab. 4677, Geneva, Switzerland.