

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

Dra. Lourdes Álvarez Escudero, lourdes.alvarez@insmet.cu
Lic. Israel Borrajero Montejo, irrael.borrajero@insmet.cu
Dr. Rosendo Álvarez Morales, rosendo.alvarez@insmet.cu
Centro de Física de la Atmósfera, Instituto de Meteorología,
Ciudad de La Habana, Cuba.

Resumen

Dados los registros de la variable estado del tiempo presente para 63 estaciones del territorio cubano, se representa la distribución espacial de tres variables relacionadas con las tormentas: frecuencia de ocurrencia de observaciones con tormenta, frecuencia de ocurrencia de observaciones de tormenta con lluvia sobre la estación y número promedio de días con tormentas, para toda la serie y por períodos de máxima y mínima ocurrencia del fenómeno. Las distribuciones espaciales de las variables en estudio tienden a coincidir en las zonas de máxima y mínima actividad de tormentas. Para la frecuencia de ocurrencia de observaciones con tormenta la distribución espacial presenta tres comportamientos en cuanto a su gradiente: en el extremo occidental el número de tormentas decrece de norte a sur, en las provincias habaneras y Matanzas crecen de las costas hacia el interior y en las provincias centro orientales crecen de norte a sur. Las zonas montañosas suelen presentar máximos de actividad. La relación entre las variables frecuencia de ocurrencia de observaciones con tormenta y de tormentas con lluvia sobre la estación no es constante a lo largo de todo el país.

Palabras claves: Tormenta eléctrica, distribución espacial, tiempo presente.

Introducción

El estudio del comportamiento de las tormentas eléctricas es de particular importancia para elaborar planes encaminados a la protección de vidas humanas y diversos sectores de la economía. La muerte por fulguraciones constituye la primera causa de muerte en Cuba asociada a fenómenos naturales (Finalé, 2004), con un promedio anual de 67 víctimas entre los años 1987 y 2000. En la economía, uno de los sectores más afectados es la generación eléctrica.

Las tormentas eléctricas han sido estudiadas desde muchos puntos de vista tales como su climatología, dada por la cantidad de días con tormentas (OMM, 1956; Dai, 2001a; Dai, 2001b), su marcha diaria y anual, el comienzo y final de la temporada de tormentas y sus manifestaciones severas (tornados y trombas). En general, en estos trabajos se observa una notable diferencia entre los continentes y los océanos; los continentes son especialmente favorecidos, sobre todo en las áreas

tropicales, donde existen zonas con 140 días con tormentas al año. También se muestra en los mapas mayor actividad de tormentas en el verano de cada hemisferio.

En Cuba las tormentas eléctricas constituyen un fenómeno relevante debido a su incidencia. Los trabajos realizados en el país, sin embargo, analizaron períodos de relativamente corta duración (Álvarez, 1983; Alfonso, 1986) y no se han llevado a cabo análisis sobre esta temática en los últimos años, con excepción del caso particular de las tormentas locales severas, que sí han sido más estudiadas (Alfonso, 1994; Aguilar *et al.*, 2005).

El estudio más abarcador sobre la temática es el recogido por Lecha *et al.* (1994), en el que se dan las características del comportamiento de las tormentas eléctricas en varias estaciones del país y se muestran los mapas de cantidad media anual de días con tormentas y por períodos de actividad. Allí se señala que la actividad de tormentas guarda relación con la orografía y la distancia a la costa. Los máximos de ocurrencia se localizan en

zonas montañosas e interiores llanas y el máximo absoluto de ocurrencia de días con tormenta sucede en Pinares de Mayarí con más de 140 días. Los mínimos de actividad se concentran en las regiones costeras con valores inferiores a 40 días con tormentas.

El objetivo de este trabajo consiste en la representación de la distribución espacial de tres variables relacionadas con las tormentas eléctricas: frecuencia de ocurrencia de observaciones con tormenta, frecuencia de ocurrencia de observaciones de tormenta con lluvia y número promedio de días con tormentas, para toda la serie y por períodos de máxima y mínima actividad del fenómeno, calculadas a partir de la variable estado del tiempo presente.

Materiales y métodos

Los datos utilizados en el estudio, consistentes en los registros de código de estado del tiempo presente, fueron captados de los libros de asentamiento del Centro del Clima del Instituto de Meteorología (Modelo CLIM 01), mediante el programa THOR desarrollado al efecto por los autores. El programa realiza validaciones del año, el mes y el número de estación introducido y solo acepta valores de código de estado del tiempo presente entre 0 y 99, y permite la rectificación operativa de los errores.

Posteriormente se realizaron cuatro chequeos previos a su incorporación a la base de datos consistentes en: comprobación del número de estación, datos nulos, números de datos por mes y número de datos por año y se rectificaron los errores. Por último, se realizó un chequeo exhaustivo de número de datos por horarios y por años para todas las estaciones, y se rectificaron también los datos que se copiaron en horarios incorrectos. Las

series analizadas abarcan desde el año en que cada estación comenzó el registro regular de información hasta el año 2002, donde concluye el estudio.

La ubicación de las 63 estaciones en estudio se representa en la figura 1. Los registros de las 63 estaciones fueron agrupados en 63 tablas dentro de la Base de Datos también de nombre THOR, implementada sobre MS ACCESS y además, se conformó una tabla con todos los registros para consultas que manipularan información con varias estaciones a la vez.

Para la estación Casablanca (325) se conformaron dos tablas, una con observaciones horarias que se utiliza para comparaciones de frecuencia de ocurrencia del fenómeno (esta es la única estación que mide con frecuencia horaria en Cuba) y otra con trihorarias comparable a las tablas de las demás estaciones.

Como las observaciones sinópticas son también utilizables con fines climatológicos (Jansá, 1974), para la clasificación de las variables relacionadas con las tormentas, se utilizaron los criterios que respecto al código de estado del tiempo presente plantea el código sinóptico FM-12 (WMO, 1988). Así, para los análisis de distribución espacial se concretaron tres formas de caracterizar las tormentas que son:

- Todos los códigos relativos a tormentas que aparecen en el código sinóptico FM-12, tanto relativos a la hora de la observación como a la hora precedente, asociados a la precipitación o sin ella. Estos códigos son 17, 29, 91, 92, 95, 96, 97 y 99. Debido a su baja ocurrencia los códigos 93, 94 y 98 no se consideraron, ya que en la práctica pueden ser tomados más como errores de captación en los datos, que como valores reales. El código 13, relacionado con

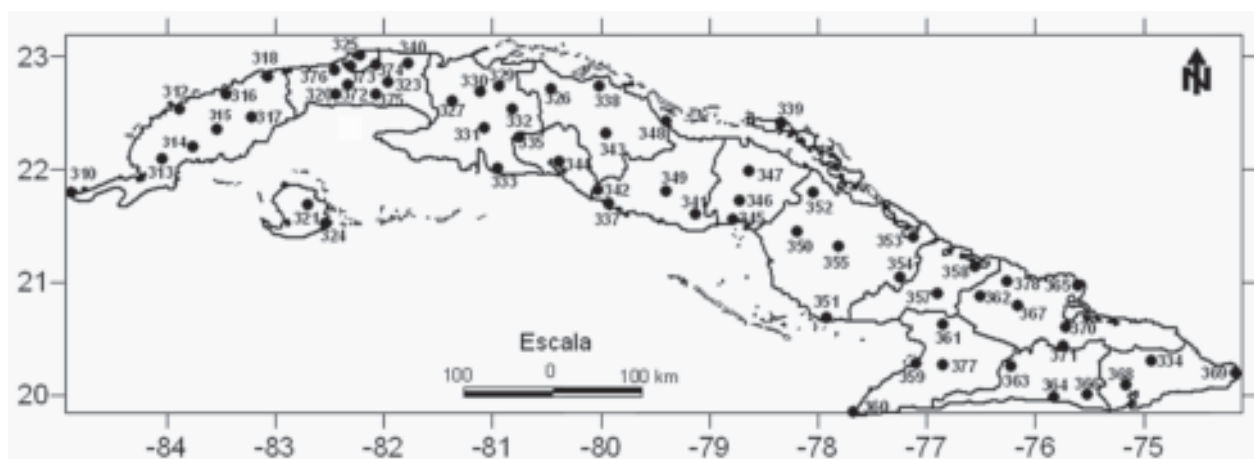


Fig.1. Distribución espacial de las 63 estaciones utilizadas en el estudio.

el relámpago visible, no se tuvo en cuenta, por ser un código de preferente ocurrencia en horarios de la noche y la madrugada (Álvarez *et al.*, 2005b) y representar tormentas lejanas que ocurren usualmente sobre el mar. La variable asociada al procesamiento de estos códigos es la «frecuencia de ocurrencia de observaciones con tormentas», obtenida al dividir el número de casos encontrados en la serie entre el número total de observaciones realizadas.

- Todos los códigos relativos a tormenta con lluvia sobre la estación tanto a la hora de la observación como a la hora precedente, a saber los códigos 91, 92, 95, 96, 97 y 99. La variable asociada se nombrará «frecuencia de ocurrencia de observaciones de tormenta con lluvia sobre la estación» y se obtiene al dividir los casos encontrados en la serie entre el número total de observaciones realizadas. Los códigos aquí utilizados son un subconjunto de los procesados para la variable frecuencia de ocurrencia de observaciones con tormentas, por lo que los valores de frecuencia de esta última variable serán más bajos.
- El «día con tormenta» se contabilizó cuando al menos hubo una observación con tormenta en el día (códigos 17, 29, 91, 92, 95, 96, 97, 99). La variable asociada a esta forma de contar es entonces el «número de días con tormenta» o nivel cerámico y es la variable clásica en las representaciones de distribución espacial.

Las dos primeras caracterizaciones se realizarán para toda la serie, para el período de máxima actividad y para el período de mínima actividad de ocurrencia del fenómeno en estudio, determinado según una regionalización efectuada a partir de la marcha anual (Álvarez *et al.*, 2005a). En el caso de la variable número de días con tormenta, solo se determinará el promedio anual para la toda la serie en cada estación, debido a que se eliminaron los períodos cuya información podía introducir un sesgo en las distribuciones por falta de registros.

Debido a los faltantes de información en los horarios de noche y madrugada en muchas de las estaciones en estudio, las observaciones totales fueron rectificadas a partir de las diurnas, mediante la metodología explicada en Álvarez y colaboradores (2005b).

Los mapas se trazan siguiendo el recurso de pesar la distancia de los puntos a las estaciones por una función del ángulo entre estos, tal y como se explica en Álvarez y colaboradores (2005b) y para la interpolación se utiliza el método de aproximaciones sucesivas de Cressman (1959).

Resultados y discusión

En la tabla 1 se describe el número de registros válidos de la variable estado del tiempo presente, el número de registros por observaciones no realizadas fundamentalmente de los horarios de noche y madrugada (01, 04 y 22 hora local) y el número de registros perdidos debido a la falta de estos en los libros de asentamiento de donde se extrajo la información. Como puede verse todas las estaciones no tienen igual grado de completamiento, ni de calidad de la información, por lo que fue necesario el cálculo de observaciones totales a partir de las diurnas, tal y como se menciona en el acápite de materiales y métodos.

La distribución espacial de las estaciones no presenta igual densidad en todas las áreas del país (Fig. 1); resulta un caso crítico el extremo oriental de la Isla, donde además las series presentan discontinuidades en la información y la orografía del terreno es compleja. Lo planteado trae como consecuencia que las interpolaciones no sean muy precisas en esta zona.

Sobre la base de la metodología utilizada se trazaron cuatro mapas: uno para la frecuencia de ocurrencia de observaciones con tormenta de toda la serie, otro de frecuencia de ocurrencia de observaciones de tormenta con lluvia sobre la estación para toda la serie, otro para la cantidad promedio anual de días con tormenta y otro de relación entre frecuencia de ocurrencia de observaciones de tormentas con lluvia y tormentas en general. Los mapas están representados en las figuras de la 2 a la 5. También se ofrece un análisis del comportamiento de las dos primeras variables para los períodos de máxima y mínima actividad de ocurrencia del fenómeno.

La principal diferencia en la contabilidad de las frecuencias de tormentas en general y tormentas con lluvia sobre la estación, es que para el cálculo de estas últimas se desestima el código 17, pues, en el momento de la observación no hay lluvia, solo se escucha el trueno y en la hora precedente puede o no haber lluvia y en caso de haberla, puede ser asociada a la tormenta o no. También se desestima el código 29 que se refiere a la tormenta en la hora precedente y especifica que puede ser con o sin lluvia.

El código 17 es el de mayor representatividad dentro de las observaciones con tormenta, pero puede introducir un sesgo en las distribuciones de variables asociadas al fenómeno, pues todas las estaciones no tienen las mismas posibilidades de oír el trueno (Evans y McEachron, 1938) o pueden varias oír el trueno procedente de la misma tormenta.

Tabla 1. Características de las series de las 63 estaciones meteorológicas en estudio

No. de estación	Nombre de la estación	Longitud de la serie en años	Número de registros válidos	Número de observaciones no realizadas	Número de observaciones no asentadas	Período(s) donde se realizaron observaciones las 24 horas (8 observaciones diarias)
310	Cabo de San Antonio	33	96 184	11 874	240	1986-2002
312	Santa Lucía	22	63 048	5 455	1 232	1989-2002
313	Isabel Rubio	33	96 184	8 978	240	1979-1981 1996-2002
314	San Juan y Martínez	33	95 464	23 355	960	1987-1989
315	Pinar del Río	25	72 312	3 063	736	1990-2002
316	La Palma	32	92 520	14 206	984	1996-2002
317	Paso Real de San Diego	33	96 424	4 947	0	1973-1979 1996-2002
318	Bahía Honda	26	74 984	4 720	984	1986-2002
320	Güira de Melena	33	96 176	25 110	248	1995-1998 2000-2002
321	Santa Fe	33	95 200	7 839	1 224	1986-2002
323	Güines	32	91 328	37 142	2 176	NO HAY
324	Punta del Este	32	92 048	23 333	1 456	1977-1977
325	Casablanca	31	90 584	63	0	1972-2002
326	Santo Domingo	23	66 488	3 228	720	1989-2002
327	Unión de Reyes	26	75 256	3 040	712	1985-2002
329	Indio Hatuey	33	95 440	37 408	984	NO HAY
330	Jovellanos	33	95 944	11 318	240	1982-1995 1997-2002
331	Jaguey Grande	26	74 032	15 211	1 936	1990-1993
332	Colón	28	80 832	4 167	984	1983-2002
333	Playa Girón	33	95 200	3 627	1 224	1981-2002
334	Palenque de Yateras	9	26 048	9 613	248	NO HAY
335	Aguada de Pasajeros	28	80 352	26 809	1 464	2000-2002
337	Trinidad	33	94 464	19 781	1 960	1998-2002
338	Sagua la Grande	33	95 712	11 969	712	1986-2002
339	Cayo Coco	13	37 504	0	480	1990-2002
340	Bainoa	24	70 128	23 961	0	1999-2002
341	El Jíbaro	26	75 968	9 823	0	1994-2002
342	Topes de Collantes	33	92 544	27 696	3 880	2001-2002
343	El Yabú	26	75 248	5 149	728	1989-1994 1997-2002
344	Cienfuegos	28	81 080	12 298	736	1995-2002
345	Júcaro	33	96 184	32 141	240	NO HAY
346	Venezuela	26	75 728	13 169	240	1990-2002
347	Camilo Cienfuegos	26	75 728	12 370	240	1990-2002
348	Caibarién	33	95 200	11 238	1 224	1989-2002
349	Sancti Spiritus	33	93 288	10 338	3 136	1988-1993 1996-2002
350	Florida	33	96 184	24 970	240	1979
351	Santa Cruz del Sur	33	84 272	23 523	12 152	1997-2002
352	Esmeralda	33	94 968	26 108	1 456	1977
353	Nuevitas	33	95 936	19 631	488	1973-1977 1997-2002
354	Palo Seco	27	78 896	27 912	0	NOHAY
355	Camagüey	33	96 424	17	0	1970-2002

Tabla 1. Cont.

No. de estación	Nombre de la estación	Longitud de la serie en años	Número de registros válidos	Número de observaciones no realizadas	Número de observaciones no asentadas	Periodo(s) donde se realizaron observaciones las 24 horas (8 observaciones diarias)
357	Las Tunas	28	81 576	14 895	240	1994-2002
358	Puerto Padre	28	81 576	11 248	240	1990-2002
359	Manzanillo	28	81 080	17 473	736	1993-2002
360	Cabo Cruz	33	95 936	5 353	488	1988-1991 1993-2002
361	Jucarito	27	74 264	30 619	4 632	NO HAY
362	La Jíquima	28	78 904	27 111	2 912	NO HAY
363	Contramaestre	26	73 776	12 937	2 192	1991-2002
364	Santiago de Cuba	33	95 928	16 219	496	1989-2002
365	Punta Lucrecia	33	93 280	8 582	3 144	1975-1978 1988-1992 1995-2002
366	Gran Piedra	33	96 176	1 037	248	1970-1983 1988-1993 1999-2002
372	Pedagógico de Holguín	10	28 008	1 994	1 208	1996-2002
368	Guantánamo	21	57 968	2 807	3 392	1989-2002
369	Maisí	33	83 296	4 906	13 128	1985-1987 1989-1991 2000-2002
370	Guaro	28	80 608	17 248	1 208	1987
371	Pinares de Mayarí	28	79 872	17 304	1 944	1979-1980 1991-1992
372	La Sabana	15	43 112	16 954	720	NO HAY
373	Santiago de las Vegas	33	96 424	27 747	0	1973-1977
374	Tapaste	27	78 896	30 999	0	2002
375	Melena del Sur	29	84 264	29 646	472	2002
376	Bauta	29	79 632	29 242	5 120	2002
377	Veguitas	26	71 832	27 892	4 136	2001-2002
378	Velazco	27	77 216	32 463	1 680	NO HAY

Analizar aparte los códigos relativos a tormentas con lluvia sobre la estación permite trabajar con un fenómeno que puede ser mucho mejor reconocido y contabilizado; además, esta forma de procesamiento puede utilizarse para caracterizar inversiones de temperatura en trabajos relacionados con la dispersión de contaminantes (Álvarez, 1983). Debe destacarse que el hecho de trabajar con frecuencias o probabilidades solventa en gran medida la falta de información, ya que la ausencia de datos en algunos períodos puede ser compensada por los períodos donde sí existe, puesto que siempre se divide por el número de observaciones totales realizadas o válidas; además al ser espacios ortonormales siempre las comparaciones son válidas entre diferentes conjuntos de datos.

Todos los mapas presentados guardan semejanza y las zonas de máximo y mínimos tienden a

coincidir, así donde mayor es la frecuencia de ocurrencia de observaciones con tormenta, lo es la frecuencia de ocurrencia de observaciones de tormenta con lluvia sobre la estación y de promedio anual de días con tormenta.

La figura 2 representa en porcentaje la frecuencia de ocurrencia de observaciones con tormenta (lo que podría interpretarse como probabilidad de ocurrencia debido al gran número de observaciones procesadas) y muestra que estas observaciones pueden ser más de 6 % del total (como promedio 175 observaciones anuales). Las zonas de máximo se encuentran en la costa norte de Pinar del Río, zonas interiores de las provincias La Habana y Matanzas y el sur de Ciudad de La Habana, zona sur de las provincias Cienfuegos, Sancti Spiritus (con énfasis en el macizo montañoso Guamuhaya), Ciego de Ávila, Camagüey y las zonas montañosas del sur de la

parte oriental del país (fundamentalmente las Sierras Maestra y de Cristal).

En general pueden observarse tres comportamientos en cuanto al gradiente de la distribución espacial: en la provincia Pinar del Río el número de tormentas decrece de norte a sur, en las provincias Ciudad de La Habana, La Habana y Matanzas crecen de las costas hacia el interior y en las restantes provincias (centro orientales) crecen de norte a sur. En la Isla de la Juventud las tormentas decrecen de norte a sur. El máximo absoluto de observaciones con tormenta está en Bahía Honda, seguido de cerca por Tapaste y Jagüey Grande. El mínimo absoluto lo tiene la estación de Punta Lucrecia, seguida de Maisí y Paso Real de San Diego.

La distribución espacial de frecuencia de observaciones con tormenta para la temporada de máxima actividad tiene forma muy parecida a la de las tormentas para la serie completa, aunque aquí pue-

den alcanzarse valores por encima de 14 % de las observaciones realizadas en el período. El máximo absoluto lo obtiene la estación de Jagüey Grande, seguido por Tapaste y Bahía Honda y el mínimo en la estación de Punta Lucrecia seguido de Maisí y Nuevitas.

Para el caso de la temporada de mínima actividad, los máximos no superan 3,5 % de las observaciones y a diferencia de los dos mapas descritos anteriormente se observa un mínimo de actividad hacia el norte de la provincia Cienfuegos y sur de Villa Clara y un gradiente ascendente más marcado al sur de la provincia Camagüey. El máximo absoluto se reporta en la estación de Bahía Honda, seguido de La Palma e Isabel Rubio (esto puede sugerir tormentas asociadas a frentes fríos) y el mínimo se alcanza en la estación de Casablanca seguida de las estaciones de Paso Real de San Diego y Cienfuegos.

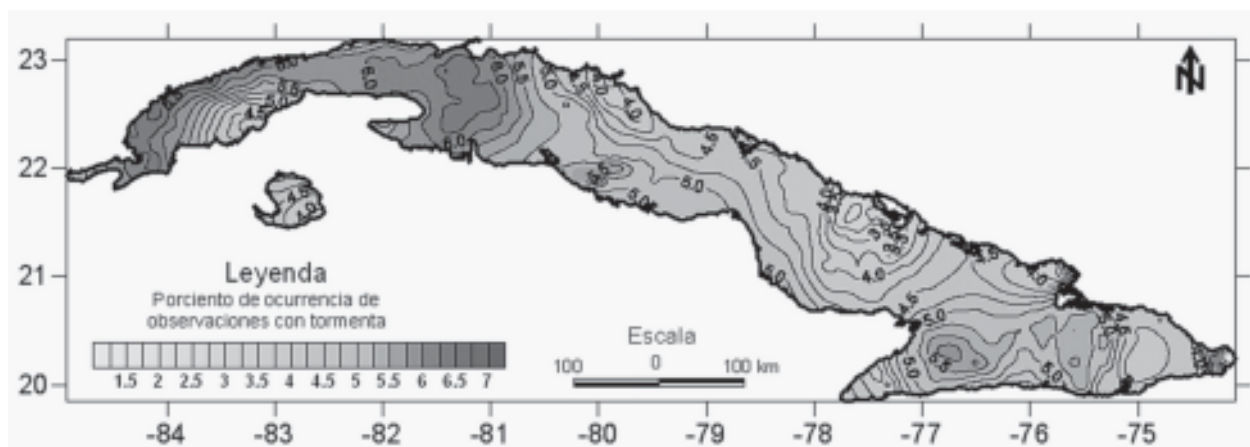


Fig. 2. Distribución espacial de la frecuencia de ocurrencia de observaciones con tormentas (expresada en porcentaje) para el territorio cubano (Carta base escala 1:250 000).

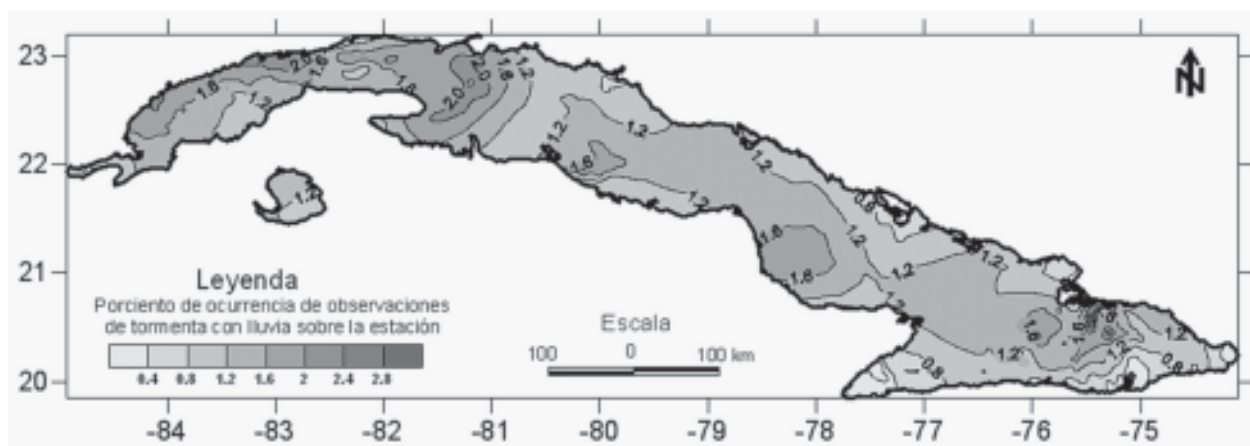


Fig. 3. Distribución espacial de la frecuencia de ocurrencia de observaciones de tormentas con lluvia en la estación (expresada en porcentaje) para el territorio cubano (Carta base escala 1:250 000).

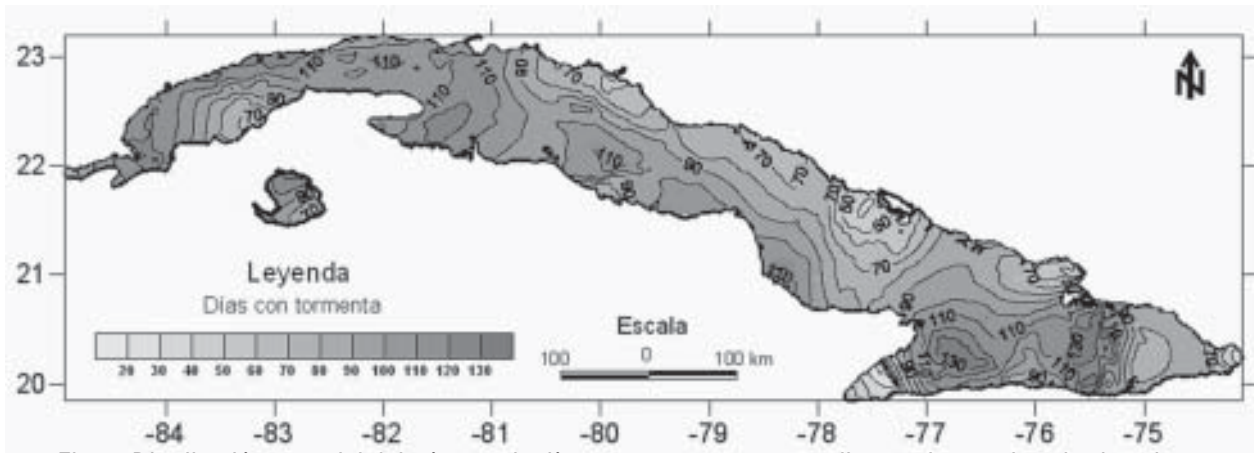


Fig. 4. Distribución espacial del número de días con tormentas promedio anual para el territorio cubano (Carta base escala 1:250 000).

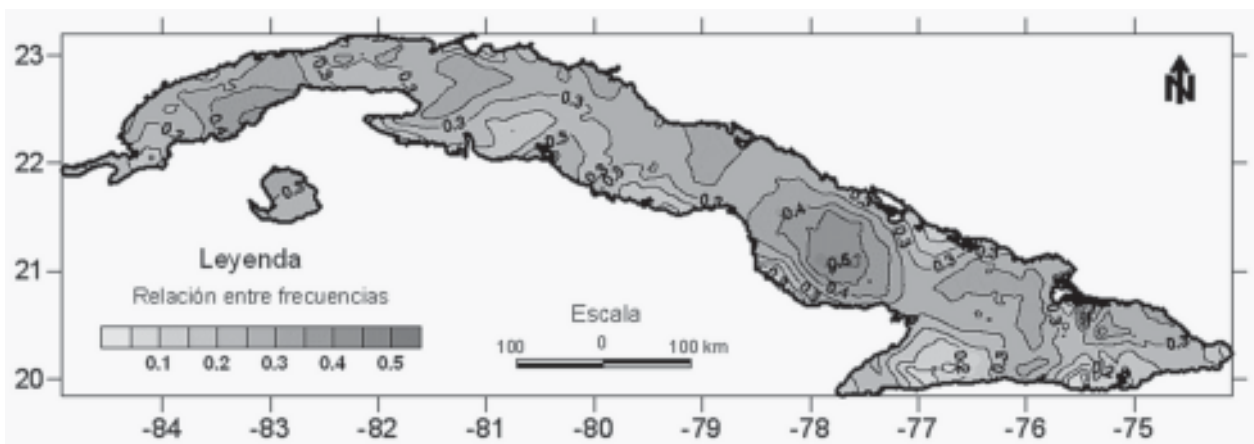


Fig. 5. Distribución espacial de la relación entre la frecuencia de ocurrencia de observaciones de tormentas con lluvia y la frecuencia de ocurrencia de observaciones con tormenta para el territorio cubano (Carta base escala 1:250 000).

Respecto a la frecuencia de ocurrencia de observaciones de tormentas con lluvia sobre la estación para toda la serie representada en la figura 3, se observa una forma parecida a la distribución general de las tormentas, aunque se resalta una extensión del máximo de la zona de la Sierra Maestra hacia la provincia de Las Tunas y un descendente más marcado desde el máximo de la Sierra Maestra hacia Cabo Cruz. Los valores no rebasan 2,8 % del total de observaciones y el máximo absoluto lo poseen las estaciones de Jovellanos, Unión de Reyes y Bahía Honda (en ese mismo orden) y los mínimos en Maisí, Punta Lucrecia y Cabo Cruz.

Para la temporada de mayor actividad en la frecuencia de observaciones de tormenta con lluvia sobre la estación se alcanzan valores de hasta 7 % del total de observaciones y la distribución espacial es muy similar al anterior para la serie completa, con la especificidad de un máximo de más de 2,5 % en la región centro sur entre las provincias de Las Tunas y Granma. El máximo absoluto se

alcanza aquí en la estación de Jovellanos seguida de Unión de Reyes e Indio Hatuey (las tres estaciones son cercanas y de la misma provincia) y el mínimo al igual que en el caso anterior en Maisí, seguido de Punta Lucrecia y Cabo Cruz.

En la temporada de menos actividad para la frecuencia de ocurrencia de observaciones de tormentas con lluvia sobre la estación, los valores mayores están alrededor de 1 % y la distribución espacial presenta diferencias hacia la parte oriental del país, dadas por una atenuación y difuminación del máximo que generalmente se encuentra sobre la región montañosa de la Sierra Maestra y una desaparición del gradiente norte sur sobre la provincia de Camagüey, donde las tormentas crecen de este a oeste. Los máximos de ocurrencia se alcanzan en las estaciones de Bahía Honda, Santa Lucía y Pinar de Mayarí (en orden descendente) y los mínimos en orden ascendente en Maisí, Casablanca y Punta Lucrecia.

Tal y como se muestra en la figura 4, la distribución espacial del número de días promedio anual con tormentas presenta una distribución más suavizada que su similar de frecuencia de ocurrencia de observaciones con tormenta, aunque en general la forma es muy parecida. Pueden citarse como diferencias la separación de máximos en las provincias La Habana y Matanzas, la contracción de un máximo hacia el sur de esta última provincia y el reforzamiento de los máximos en las zonas montañosas de la región oriental. Los valores de días con tormenta promedio anual llegan hasta 130 y el máximo absoluto lo posee la estación de Veguitas, seguida de Pinares de Mayarí y Tapaste y el mínimo lo posee la estación de Punta Lucrecia seguida de Maisí y Punta del Este. Esta distribución espacial coincide en línea general con la realizada por Lecha y colaboradores (1994).

Al comparar las figuras 2 y 4 se observa que los máximos absolutos para la frecuencia de ocurrencia de observaciones con tormenta, se concentran en la región occidental y en el número promedio anual de días con tormentas en la región oriental. Esto puede sugerir que las tormentas en la región occidental son de mayor duración o que se presenta más de una al día, pero esto es algo que será necesario comprobar con datos de duración de tormentas y estos registros son escasos y no están digitalizados.

Aunque los mapas de frecuencia de ocurrencia de observaciones con tormenta y frecuencia de ocurrencia de observaciones de tormenta con lluvia sobre la estación muestran distribuciones semejantes, la relación entre estas dos variables no es constante. La figura 5, que representa la distribución espacial de la relación entre la frecuencia de ocurrencia de observaciones de tormentas con lluvia sobre la estación y de tormentas en general, presenta zonas de máximo donde 50 % de las tormentas aportan lluvia como es el área central de la provincia Camagüey y el sureste de Pinar del Río.

A diferencia de los mapas de las figuras 1 y 2, la zona montañosa de las provincias Granma y Santiago de Cuba donde siempre se presenta un máximo, aquí muestra un mínimo que significa que sólo entre 10 y 20 % de las tormentas aportan lluvia. El valor medio de la fracción de tormentas que aportan lluvias es de 26 % para todo el territorio nacional. Los máximos están dados por las estaciones Camagüey, Paso Real de San Diego y Jovellanos (en ese orden) y los mínimos por las estaciones Gran Piedra, Maisí y Cabo Cruz.

Conclusiones

Las distribuciones espaciales de la frecuencia de ocurrencia de observaciones con tormenta, frecuencia de ocurrencia de observaciones de tormenta con lluvia, tanto en general como por temporadas de actividad, así como la distribución media anual de número de días con tormenta, guardan semejanza y las zonas de máximo y mínimo tienden a coincidir.

Respecto a la distribución espacial de la frecuencia de ocurrencia de observaciones con tormenta presenta tres comportamientos en cuanto a su gradiente: en la provincia Pinar del Río el número de tormentas decrece de norte a sur; en las provincias Ciudad de La Habana, La Habana y Matanzas crecen de las costas hacia el interior y en las restantes provincias (centro orientales) crecen de norte a sur. Las zonas montañosas suelen presentar máximos de actividad.

Tanto para la frecuencia de ocurrencia de observaciones con tormenta, como para la frecuencia de ocurrencia de observaciones de tormenta con lluvia sobre la estación, la temporada activa tiene valores máximos en porcentaje de aproximadamente el doble del total de toda la serie y la temporada poco activa alcanza alrededor de la mitad de este porcentaje. El valor del máximo para la serie completa de frecuencia de ocurrencia de observaciones con tormentas es de alrededor de 6 % y para la frecuencia de ocurrencia de observaciones de tormenta con lluvia sobre la estación es de 2,8 %.

El número máximo de días promedio anual con tormentas es 130 días y se concentran en la llanura Habana-Matanzas y en zonas montañosas de la región oriental del país.

Las estaciones de máxima actividad para todas las variables son: Bahía Honda, Tapaste, Jagüey Grande, Veguitas y Pinares de Mayarí y las de menor actividad son Punta Lucrecia, Maisí, Paso Real de San Diego y Cabo Cruz.

La relación entre las variables frecuencia de ocurrencia de observaciones con tormenta y frecuencia de ocurrencia de observaciones de tormenta con lluvia no es constante y presenta zonas de máximo donde 50 % de las tormentas aportan lluvia, como es el área central de la provincia Camagüey y el sureste de Pinar del Río y zonas de mínimo de entre 10 y 20 % de las tormentas que aportan lluvia, como es la zona suroeste de la región oriental del país.

Bibliografía

- Aguilar G.; M. Carnesoltas; C. Fernández y L. Naranjo (2005): «Climatología de las tormentas locales severas en Cuba en el período 1987-2002. Resultados de la modelación de un caso de estudio». *Revista Cubana de Meteorología*, 12(1): 3-10.
- Alfonso A. P. (1986): «Aspectos climatológicos de las turbonadas en la Ciudad de La Habana». *Ciencias de la Tierra y el Espacio*, 12: 85-100.
- _____ (1994): *Climatología de las tormentas locales severas de Cuba. Cronología*. Editorial Academia, La Habana, 168 p.
- Álvarez R. (1983): «Turbonadas en Cuba respecto a su localización geográfica por las precipitaciones». *Ciencias de la Tierra y del Espacio*, 7: 111-115.
- Álvarez L.; I. Borrajero y R. Álvarez (2005a): «Regionalización de las tormentas eléctricas en Cuba a partir del estudio de su marcha anual». *Memorias del III Congreso Cubano de Meteorología*, La Habana, del 5 al 9 de diciembre del 2005, publicación electrónica, CD-ROM ISBN 959-7160-31-5.
- Álvarez L.; R. Álvarez; I. Borrajero y L. Aenlle (2005b): «Distribución espacial de las tormentas eléctricas y su tendencia en la región occidental de la Isla de Cuba». *Revista Cubana de Meteorología*, 12(2): 35-42.
- Cressman, G. P. (1959): «An operational objective analysis system». *MWR*, 87(10): 367-374.
- Dai A. (2001a): «Global Precipitation and Thunderstorm Frequencies. Part I: Seasonal and Interannual Variations». *Journal of Climate*, 14(6): 1092-1111.
- _____ (2001b): «Global Precipitation and Thunderstorm Frequencies. Part II: Diurnal Variations». *Journal of Climate*, 14(6): 1112-1128.
- Evans E. A. y K. B. McEachron (1938): «The Thunderstorm. Suplemento del reporte de la Institución Smithsonian de 1937». Smithsonian Institution, Washington D. C., *Publicación 3455*, 177-203.
- Finalé A. (2004): «La fulguración en Cuba y sus particularidades en la provincia de Las Tunas». *Memorias de la Convención TRÓPICO 2004*, La Habana, del 4 al 9 de abril del 2004, publicación electrónica, CD-ROM ISBN 959-7167-02-6.
- Jansá J. M. (1974): *Curso de Climatología*. Instituto Cubano del Libro, La Habana, 445 p.
- Lecha L. B.; L. R. Paz y B. Lapinel [editores] (1994): *El Clima de Cuba*. Editorial Academia, La Habana, 186 p.
- OMM (Organización Meteorológica Mundial) (1956): *World distribution thunderstorm days*. WMO No. 21, TP 21, 71 p.
- WMO (1988): *Manual on codes*. WMO-No. 306, vol. 1, Sección D, Table 4677.

Abstract

Given the records of the present weather variable for 63 stations over the Cuban territory the spatial distribution of three variables related to thunderstorms: frequency of occurrence of observations reporting thunderstorms, frequency of occurrence of observations reporting thunderstorms with rain and average number of days with thunderstorms is presented for the whole series and for periods of maximum and minimum occurrence of each phenomenon, The spatial distributions of the variables under study show coincidence at the zones of maxima and minima storm activity. The spatial distribution of the frequency of observations of thunderstorms shows three patterns of behavior with regard to its gradient; in the western end it decreases from North to South, on the Havana and Matanzas provinces it grows from both coasts inland and in the Eastern region it decreases from North to South. Mountain regions show maxima. The ratio between observations of thunderstorms and those of thunderstorms with rain is not constant along the country.

Key words: Thunderstorms, Spatial Distribution, Present Weather.