

Estudio de la marcha diaria de fenómenos meteorológicos clasificados según el código de tiempo presente

Lourdes Álvarez-Escudero⁽¹⁾, Israel Borrajero-Montejo⁽¹⁾

(1) *Centro de Física de la Atmósfera, Instituto de Meteorología.
Apartado Postal 17032. CP 11700. Habana 17. La Habana. Cuba.
e-mail: lourdes.alvarez@insmet.cu, israel.borrajero@insmet.cu*

Recibido: enero 29, 2016	Aceptado: septiembre 30, 2016
--------------------------	-------------------------------

Resumen

Conocer la hora del día en que con mayor frecuencia ocurre un fenómeno meteorológico es un factor importante para desarrollar planes de adaptación al mismo. El presente trabajo tiene como objetivo caracterizar la marcha diaria de la frecuencia de ocurrencia para un grupo de fenómenos en estudio, en cada una de las estaciones meteorológicas del país. A partir de los registros de código de estado de tiempo presente para todas las estaciones meteorológicas de Cuba se conformaron series de frecuencia de ocurrencia en el periodo 2005 – 2010, por horas del día (trihorarias), para 9 tipos de fenómenos clasificados como: “cielos despejados”, “humo”, “brumas”, “neblinas”, “nieblas”, “lluvias”, “relámpagos”, “chubascos” y “tormentas”. El estudio arroja que los “cielos despejados”, las “nieblas” y “neblinas” (con máximo a las 07 hora local) y los “relámpagos visibles”, son más característicos de la noche y la madrugada, las “lluvias” y los “chubascos”, aunque pueden ocurrir a todas las horas del día son más frecuentes en los horarios diurnos y hasta las 22 hora local y las “tormentas” son marcadamente vespertinas. El “humo” presenta comportamientos específicos según la estación meteorológica allí donde su ocurrencia es apreciable.

Palabras clave: fenómenos meteorológicos, marcha diaria, tiempo presente

Study of the daily course of meteorologic phenomena classified according to the present weather codes

Abstract

The knowledge of the moment along the day on which some meteorological phenomenon is most frequent is an important factor when adaptation plans need to be developed to deal with its effects. The current work aims to characterize the daily course of the frequency of occurrence of a group of phenomena under study for all meteorological stations in the country. Based on the present weather codes records, data series were conformed for the period 2005 - 2010 every three hours a day for 9 different phenomena: "Clear Sky", "smoke", "haze", "fog", "mist", "rain", "lightning", "showers" and "thunderstorms". The study yields that "Clear Sky", "fog", "haze" (with maxima at 07 local time) and "lightning" are phenomena characteristic of the night and early morning, while "rain" and "showers", though present at every hour of the day, are most frequent at daytime and until 22 hours local time. "Thunderstorms" are remarkably afternoon phenomena and "smoke" shows an specific behavior depending on each station where it is reported.

Key words: meteorologic phenomena, daily course, present weather

1. Introducción

El conocimiento de la hora del día más frecuente para la ocurrencia de un fenómeno meteorológico ayuda a la planificación de actividades que puedan ser afectadas o favorecidas por ellos. Un ejemplo común es la necesidad del conocimiento de la hora del día de máxima ocurrencia de tormentas eléctricas para planificar actividades al aire libre y garantizar la protección del personal presente contra las descargas.

Los fenómenos meteorológicos más estudiados en general son las tormentas eléctricas, las nieblas, las brumas y los diferentes tipos de lluvia, sobre todo las intensas. Estos fenómenos se han estudiado tanto desde el punto de vista de sus características físicas, climáticas y distribución espacial (OMM, 1956, Easterling y Robinson, 1985, Changnon, 1988a, 1988b, Dai, 2001a, 2001b, Tardif, 2004a, Pessi y Businger, 2009, Liu, 2011) como por la detección, la modelación y el pronóstico de los mismos (Bergot y Guedalia, 1994, Huffines y Orville, 1999, Christian et al., 2003, Tardif, 2004b, Lay et al., 2007, Groisman et al., 2012), temáticas éstas en constante actualización.

En Cuba los fenómenos más estudiados son las tormentas eléctricas y las nieblas tocando en general tópicos como su ocurrencia, sus comportamientos diurno y anual y su distribución espacial (Alfonso, 1980, Alfonso y Florido, 1993, Lecha et al., 1994) su marcha interanual y estudios de caso realizados con ayuda del radar y de la modelación.

Más recientemente Álvarez (2006) y Álvarez y colaboradores (2006, 2009a, 2012a, 2012b, 2014) realizaron estudios de climatología y distribución espacial de las tormentas eléctricas para todo el territorio cubano y similares aspectos se analizaron para las nieblas y neblinas (Álvarez et al., 2011a, 2011b). Específicamente para estudios de la marcha diaria se constató la ocurrencia preferencial de las nieblas para las 07 hora local (Álvarez et al., 2011) y las horas de la tarde para las tormentas eléctricas (Álvarez et al., 2013).

También en un estudio reciente (Álvarez-Escudero et al., 2014a, 2014b) se analizó la calidad de la información de la variable estado del tiempo presente y la marcha interanual de las series de frecuencia de ocurrencia de un grupo de fenómenos y se arribó a la conclusión de que la variable código de estado de tiempo presente era la que presentaba mayor completamiento y especificidad en la descripción de fenómenos y que como en los horarios de la noche y la madrugada faltaban los registros en un número importante de estaciones y constituía el sesgo horario el peor calificador de la series, se recomendaba para estudios de marcha diaria utilizar el periodo 2005 – 2010, con 98% de la información posible.

El objetivo general del resultado es caracterizar la marcha diaria de la frecuencia de ocurrencia de cada uno de los fenómenos en estudio para cada una de las estaciones meteorológicas del país.

2. 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 68 estaciones a lo largo de todo el país. La distribución espacial de las estaciones utilizadas se muestra en la Fig. 1.

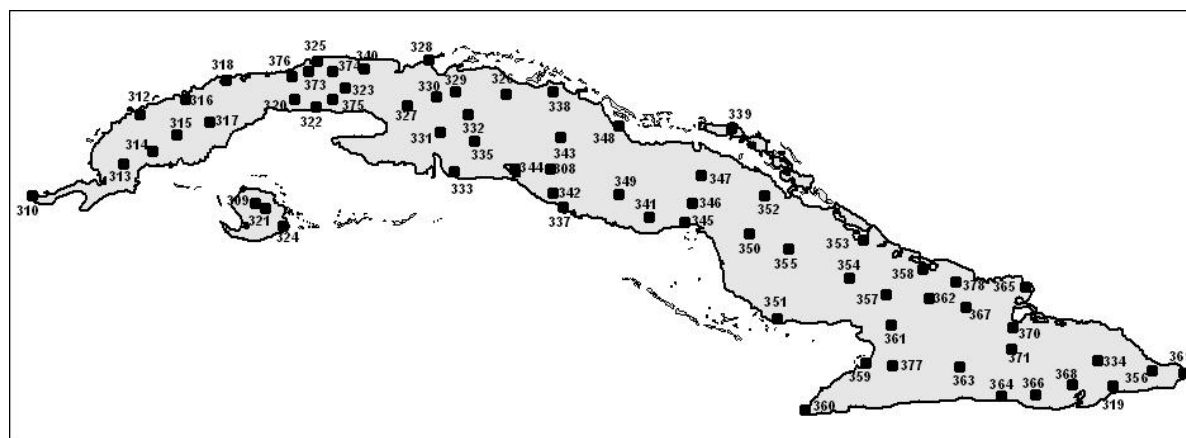


Fig. 1. Distribución espacial de las estaciones utilizadas en el estudio

Para el estudio de marcha diaria, las series no podían tener faltantes importantes en ninguno de los 8 horarios de observación (observaciones trihorarias) razón por la cual se siguió la recomendación de Álvarez y colaboradores (Álvarez et al., 2014a, 2014b) de trabajar para todas las estaciones con el periodo 2005 – 2010. No obstante también se evaluaron las series según su completamiento y se tomaron las siguientes determinaciones:

- Estación 320: dado que el año 2007 presenta faltantes importantes, trabajar el periodo sin ese año.
- Estación 331: dada la falta de información entre los años 2005 y 2008, trabajar solo con los años 2009 y 2010.
- Estación 373: dada la falta de información entre los años 2005 y 2008, trabajar solo con los años 2009 y 2010.
- Estación 376: dado que el año 2005 presenta faltantes importantes, trabajar el periodo sin ese año.

Con estos arreglos todas las estaciones presentan más del 95% de la información útil para el periodo 2005 – 2010 con un promedio en general de 99.4%.

Los datos fueron tomados de la Base de Datos Nueva_THOR (Álvarez et al., 2014a) implementada en MS-ACCESS para su gestión.

Para la identificación de los nueve fenómenos en estudio a partir del código de estado de tiempo presente se tomaron los valores de código, según la Tabla 4677, sobre “Tiempo presente, comunicado desde una estación meteorológica dotada de personal”, del Manual de Claves (WMO, 1988) y su identificación se recoge en la Tabla I. Los códigos no representados en la Tabla I se refieren a casos de ocurrencia muy baja o nula para la región de estudio.

Tabla I. Fenómenos meteorológicos utilizados en el estudio y códigos de estado de tiempo presente que los describen

Fenómeno	Códigos de estado de tiempo presente
Cielos despejados	00, 01, 02, 03
Humo	04
Bruma	05
Neblinas	10
Nieblas	11, 12, 28, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49
Relámpago visible	13
Lluvias	14, 15, 16, 21, 23, 24, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69
Chubascos	18, 25, 26, 27, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90
Tormentas	17, 29, 91, 92, 95, 96, 97, 99

Aquí a diferencia de lo definido en el estudio de marcha interanual (Álvarez et al., 2014b) se unieron los códigos relativos a “lluvias” sobre la estación y “lluvias lejanas” en aras de ganar en número de casos y representatividad, además los otros fenómenos no presentan esta diferencia, inclusive las tormentas que se identifican por escuchar el trueno tienen un horizonte mayor que el de los otros meteoros.

La variable de trabajo será la “frecuencia de ocurrencia de observaciones asociadas a determinado fenómeno”, dado como la cantidad de observaciones referidas a cada fenómeno sobre el número total de observaciones válidas. El hecho de trabajar con frecuencias relativas de ocurrencia o probabilidades solventa en gran medida la falta de información ya que 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 (Álvarez, 2006).

Para el análisis de la marcha diaria (trihoraria) de las series de frecuencia de ocurrencia de determinado fenómeno se realizarán los siguientes pasos:

a) Se calculará el número de casos por cada fenómeno clasificado para cada hora del día en el periodo de estudio definido para cada estación y se dividirá por el número de casos válidos correspondientes para calcular la frecuencia de ocurrencia.

b) Se calculará la frecuencia de ocurrencia horaria (trihoraria) para todas las estaciones cada una en su periodo de estudio y se graficará para tener una representación general de la marcha diaria del fenómeno.

c) Para analizar el comportamiento diario de la frecuencia de ocurrencia de observaciones con determinado fenómeno para cada una de las estaciones en estudio, se realizará una tabla de doble entrada de hora del día contra estación donde se sombreadá la casilla de negro cuando se corresponda con el horario de mayor ocurrencia y de gris para aquellos valores superiores al percentil 67 que significa la media más una desviación estándar para una distribución normal asumida para los valores de frecuencia analizados.

d) Se graficarán las marchas diarias de la frecuencia de ocurrencia normalizada para estaciones con diferente comportamiento para cada fenómeno.

3. Resultados y discusión

La marcha diaria para el por ciento de ocurrencia de observaciones con “cielos despejados” se muestra en la Fig. 2. Aquí se observa que los “cielos despejados” son característicos de los horarios de noche y madrugada, pueden ser para un horario más del 65% de las observaciones y el máximo absoluto es a la 01 hora local.

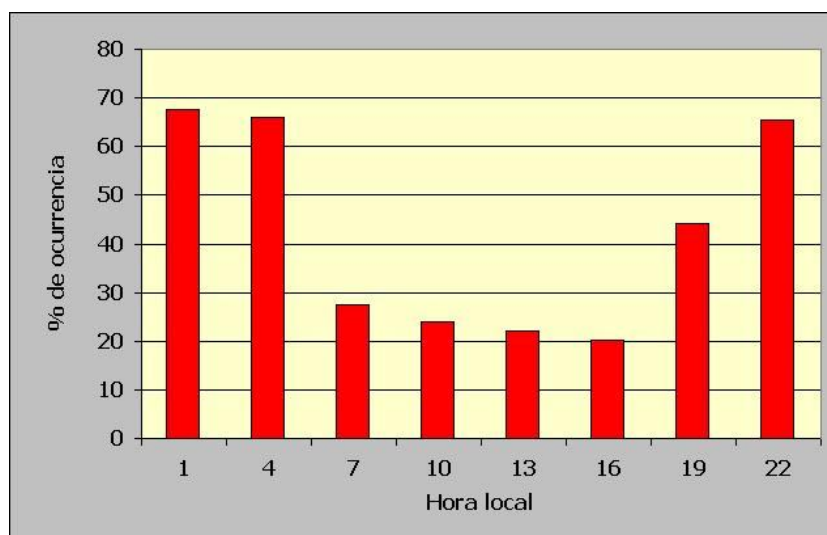


Fig. 2. Marcha diaria del por ciento de ocurrencia de observaciones con “cielos despejados” para el conjunto de todas las estaciones en estudio en el periodo 2005 – 2010

Debe tenerse en cuenta en el caso de esta clasificación que los códigos referidos a “cielos despejados” pueden no ser prioritarios y estar reportados como ocurrencia de otros fenómenos más típicos del horario diurno. Si se analiza la marcha diaria para cada una de las estaciones, siguiendo lo establecido en el acápite correspondiente de “Materiales y métodos” tenemos lo que se resume en la Tabla II.

Cuando las marchas se analizan en detalle se observa que aunque la mayoría de la estaciones presentan los máximos y valores más significativos en horarios de la noche y la madrugada, hay estaciones que lo presentan entre las 07 y las 10 hora local, incluso la estación 353 lo alcanza a las 13 y la 356 y la 376 a las 19. Si se identifican las estaciones con mayor ocurrencia de noche y madrugada como Grupo I y las que presentan mayoría en horarios diurnos como Grupo II puede observarse que las de supremacía en horario diurno abarcan un área específica dada fundamentalmente por las estaciones de las provincias Ciego de Ávila y Camaguey, aunque no se tiene una explicación para este comportamiento. Las marchas representativas del Grupo II presentan valores altos de ocurrencia en casi todas las horas del día mientras las del Grupo I son esencialmente características de la noche y la madrugada.

En el caso de las observaciones con “humo” para las estaciones con ocurrencias apreciables, se puede captar (ver Fig. 3) que las estaciones de Casablanca (325) y Nuevitás (353) presentan mayoría de casos de noche y madrugada aunque la última tiene valores altos hasta las 07 hora local y mantiene casos a lo largo de toda el día. Las estaciones de Venezuela (346) y Santa Cruz (351) presentan máximos en horas de la tarde con énfasis en las 16 hora local. Es difícil encontrar una explicación lógica natural a este comportamiento, pues el humo se refiere a un aporte antropogénico, por lo que su comportamiento depende más de la organización fabril de una zona, por ejemplo, que del efecto natural en sí.

La representación general de la marcha diaria para todas las observaciones con “brumas” se representa en la Fig. 4 (izquierda). Las “brumas” muestran una ocurrencia diurna, que pueden ser para un horario hasta un 70% de las observaciones y el máximo absoluto lo alcanza a las 10 hora local. Los horarios más favorecidos para cada estación se recogen en la Tabla III.

De la Tabla III se sigue que en su gran mayoría las estaciones presentan máximo a las 10 hora local, aunque algunas pueden alcanzarlo a las 16. A diferencia de los “cielos despejados” no existe algún tipo de regionalización con respecto a los horarios de máxima ocurrencia. Las marchas diarias de frecuencia de ocurrencia normalizada para algunas estaciones en estudio a modo de ejemplo, se representa en la Fig.4 (derecha).

Tabla II. Representación de la marcha diaria para cada una de las estaciones en estudio en el caso de observaciones con “cielos despejados”. Aquí la cuadrícula sombreada en negro es la que identifica el horario de mayor ocurrencia y las sombreadas en gris valores superiores al percentil 67.

Estación	1	4	7	10	13	16	19	22	Estación	1	4	7	10	13	16	19	22
308	■	■					■	■	344	■	■						■
309	■	■						■	345	■	■						
310	■	■						■	346	■	■						
312	■	■						■	347	■	■						
313	■	■						■	348	■	■						
314	■	■						■	349	■	■						
315	■	■						■	350	■	■						
316	■	■						■	351	■	■						
317	■	■						■	352	■	■						
318	■	■						■	353	■	■						
319	■	■						■	354	■	■						
320	■	■						■	355	■	■						
321	■	■						■	356	■	■						
322	■	■						■	357	■	■						
323	■	■						■	358	■	■						
324	■	■						■	359	■	■						
325	■	■						■	360	■	■						
326	■	■						■	361	■	■						
327	■	■						■	362	■	■						
328	■	■						■	363	■	■						
329	■	■						■	364	■	■						
330	■	■						■	365	■	■						
331	■	■						■	366	■	■						
332	■	■						■	367	■	■						
333	■	■						■	368	■	■						
334	■	■						■	369	■	■						
335	■	■						■	370	■	■						
337	■	■						■	371	■	■						
338	■	■						■	373	■	■						
339	■	■						■	374	■	■						
340	■	■						■	375	■	■						
341	■	■						■	376	■	■						
342	■	■						■	377	■	■						
343	■	■						■	378	■	■						

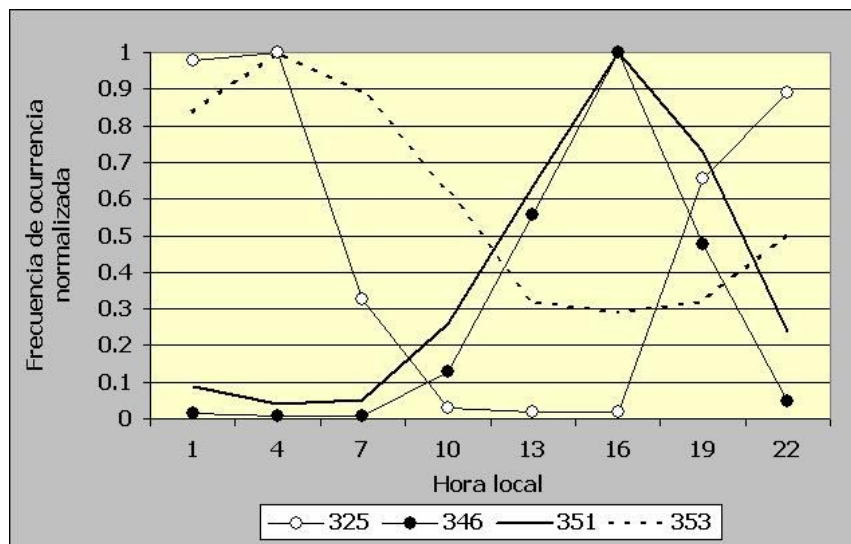


Fig. 3. Marcha diaria de la frecuencia de ocurrencia normalizada de observaciones con “humo” para las estaciones con ocurrencias apreciables del mencionado fenómeno

Tabla III. Representación de la marcha diaria para cada una de las estaciones en estudio en el caso de las “brumas”. Aquí la cuadrícula sombreada en negro es la que identifica el horario de mayor ocurrencia y las sombreadas en gris valores superiores al percentil 67.

Estación	1	4	7	10	13	16	19	22	Estación	1	4	7	10	13	16	19	22
308									344								
309									345								
310									346								
312									347								
313									348								
314									349								
315									350								
316									351								
317									352								
318									353								
319									354								
320									355								
321									356								
322									357								
323									358								
324									359								
325									360								
326									361								
327									362								
328									363								
329									364								
330									365								
331									366								
332									367								
333									368								
334									369								
335									370								
337									371								
338									373								
339									374								
340									375								
341									376								
342									377								
343									378								

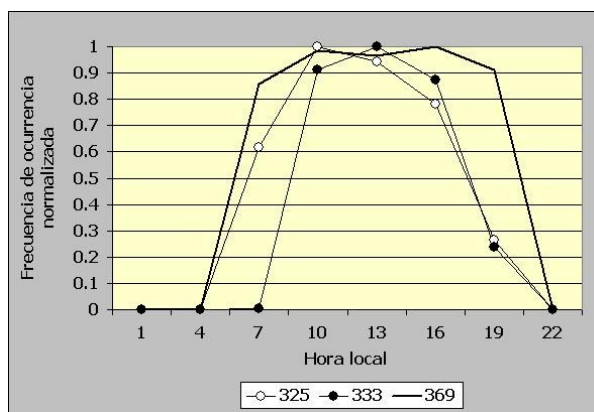
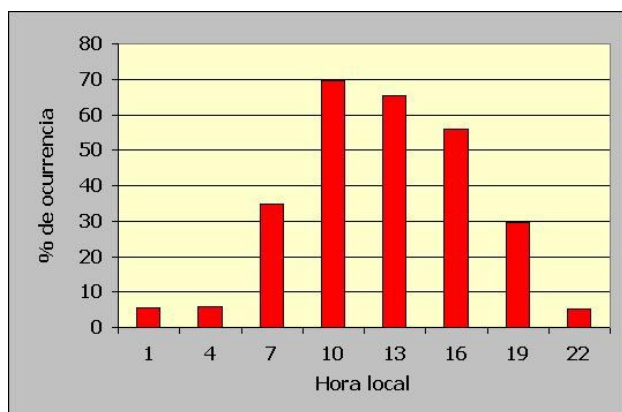


Fig. 4. Marcha diaria del por ciento de ocurrencia de observaciones con “brumas” para el conjunto de todas las estaciones en estudio en el periodo 2005 – 2010 (izquierda) y marcha diaria de la frecuencia de ocurrencia normalizada de observaciones con “brumas” para tres de las estaciones en estudio (derecha)

Tanto las neblinas como las nieblas ocurren en su mayoría en los horarios de noche y madrugada y con máximo absoluto para ambos fenómenos a las 07 hora local (Fig. 5). Las neblinas presentan mayor ocurrencia que las nieblas pues alcanzan más del 25% de las observaciones en el horario de mayor incidencia mientras las nieblas solo alcanzan el 6%. Los detalles de la marcha diaria por estaciones para las neblinas y las nieblas se resumen en las Tablas IV y V. Para las neblinas el horario de las 07 es el de máxima incidencia en casi todas las estaciones con excepción de la 334 (Palenque de Yateras) y la 340 (Bainoa) que están asociadas a valles intramontanos con alta ocurrencia del fenómeno y la 361 (Jucarito) y para todos los casos los máximos ocurren en horarios de las 01 y 04 hora local. En el caso de las “nieblas” solo la estación 366 (Gran Piedra) donde el máximo se produce a las 22 hora local, es la excepción, pues todas las demás estaciones lo presentan a las 07.

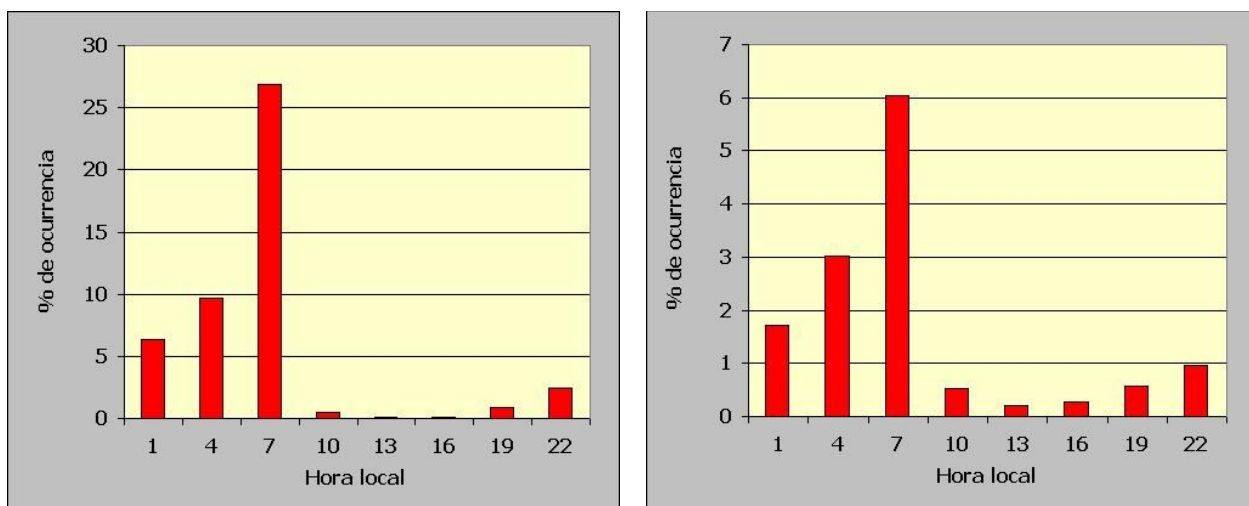


Fig. 5. Marcha diaria del por ciento de ocurrencia de observaciones con “neblinas” (izquierda) y “nieblas” (derecha) para el conjunto de todas las estaciones en estudio en el periodo 2005 – 2010

Las “lluvias” y los “chubascos” son fundamentalmente vespertinos, aunque a lo largo las horas del día la diferencia de su ocurrencia no es marcada. Las “lluvias” presentan un máximo absoluto a las 16 hora local con un 4.5% del total de observaciones y los “chubascos” presentan el máximo en el mismo horario con valores de por ciento de ocurrencia del 2%, valor muy similar al alcanzado a las 13 hora local (ver Fig. 6).

Los detalles de la marcha diaria por estaciones se resumen para estos fenómenos en las Tablas VI y VII. De las mencionadas Tablas se constata que aunque hay valores superiores al percentil 67 en varios horarios del día, el máximo se concentra entre 13 y 19 hora local.

La marcha diaria de la frecuencia de ocurrencia normalizada para estaciones arroja estaciones con máximos en horarios vespertinos como Casablanca (325) y Cienfuegos (344) y otras como Punta Lucrecia (365) con máximo absoluto a las 07 hora local y uno relativo a las 16. Los “chubascos” se encuentran bastante repartidos entre todas las horas del día con marchas inversas para diferentes estaciones.

Tabla IV. Representación de la marcha diaria para cada una de las estaciones en estudio en el caso de las “neblinas”. Aquí la cuadrícula sombreada en negro es la que identifica el horario de mayor ocurrencia y las sombreadas en gris valores superiores al percentil 67.

Estación	1	4	7	10	13	16	19	22	Estación	1	4	7	10	13	16	19	22
308									344								
309									345								
310									346								
312									347								
313									348								
314									349								
315									350								
316									351								
317									352								
318									353								
319									354								
320									355								
321									356								
322									357								
323									358								
324									359								
325									360								
326									361								
327									362								
328									363								
329									364								
330									365								
331									366								
332									367								
333									368								
334									369								
335									370								
337									371								
338									373								
339									374								
340									375								
341									376								
342									377								
343									378								

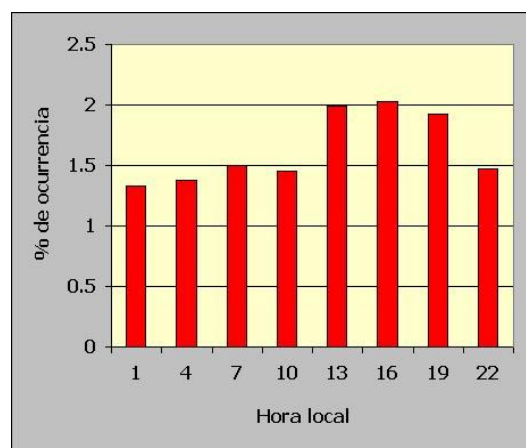
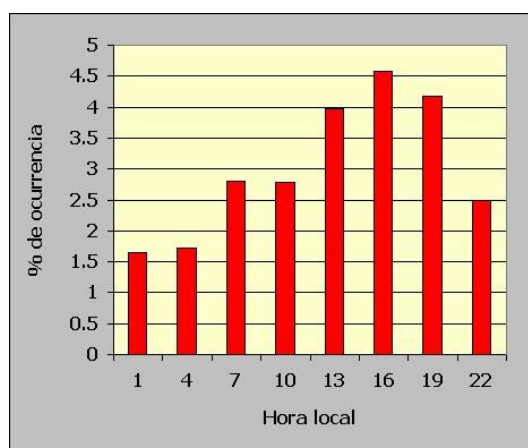


Fig. 6. Marcha diaria del por ciento de ocurrencia de observaciones con “lluvias” (izquierda) y con “chubascos” (derecha) para el conjunto de todas las estaciones en estudio en el periodo 2005 – 2010

Tabla V. Representación de la marcha diaria para cada una de las estaciones en estudio en el caso de las “nieblas”. Aquí la cuadrícula sombreada en negro es la que identifica el horario de mayor ocurrencia y las sombreadas en gris valores superiores al percentil 67.

Estación	1	4	7	10	13	16	19	22	Estación	1	4	7	10	13	16	19	22
308									344								
309									345								
310									346								
312									347								
313									348								
314									349								
315									350								
316									351								
317									352								
318									353								
319									354								
320									355								
321									356								
322									357								
323									358								
324									359								
325									360								
326									361								
327									362								
328									363								
329									364								
330									365								
331									366								
332									367								
333									368								
334									369								
335									370								
337									371								
338									373								
339									374								
340									375								
341									376								
342									377								
343									378								

Tabla VI. Representación de la marcha diaria para cada una de las estaciones en estudio en el caso de las “lluvias”. Aquí la cuadrícula sombreada en negro es la que identifica el horario de mayor ocurrencia y las sombreadas en gris valores superiores al percentil 67. Las estaciones en blanco significan que no tienen ningún caso asociado al fenómeno

Estación	1	4	7	10	13	16	19	22	Estación	1	4	7	10	13	16	19	22
308									344								
309									345								
310									346								
312									347								
313									348								
314									349								
315									350								
316									351								
317									352								
318									353								
319									354								
320									355								
321									356								
322									357								
323									358								
324									359								
325									360								
326									361								
327									362								
328									363								
329									364								
330									365								
331									366								
332									367								
333									368								
334									369								
335									370								
337									371								
338									373								
339									374								
340									375								
341									376								
342									377								
343									378								

Tabla VII. Representación de la marcha diaria para cada una de las estaciones en estudio en el caso de los “chubascos”. Aquí la cuadrícula sombreada en negro es la que identifica el horario de mayor ocurrencia y las sombreadas en gris valores superiores al percentil 67. Las estaciones en blanco significan que no tienen ningún caso asociado al fenómeno

Estación	1	4	7	10	13	16	19	22	Estación	1	4	7	10	13	16	19	22
308					■	■	■		344					■	■	■	
309				■	■	■			345					■	■	■	
310					■	■	■		346					■	■	■	
312					■	■	■		347					■	■	■	
313					■	■	■		348	■	■	■					
314					■	■	■		349					■	■	■	
315					■	■	■		350					■	■	■	
316					■	■	■		351					■	■	■	
317					■	■	■		352					■	■	■	
318			■		■	■	■		353		■	■					
319					■	■	■		354					■	■	■	
320					■	■	■		355					■	■	■	
321		■			■	■	■		356	■	■	■					
322					■	■	■		357					■	■	■	
323					■	■	■	■	358		■	■		■	■	■	
324		■			■	■	■		359					■	■	■	
325				■	■	■	■		360	■	■	■					
326					■	■	■		361					■	■	■	
327					■	■	■		362					■	■	■	
328				■	■	■	■	■	363					■	■	■	
329				■	■	■	■		364					■	■	■	
330					■	■	■		365	■	■	■					■
331					■	■	■		366					■	■	■	
332					■	■	■		367					■	■	■	
333					■	■	■		368					■	■	■	
334		■	■		■	■	■		369	■	■	■					
335					■	■	■		370	■	■	■				■	■
337					■	■	■		371					■	■	■	
338					■	■	■		373					■	■	■	
339		■	■	■					374								■
340			■		■	■	■		375					■	■	■	
341					■	■	■		376			■			■	■	
342		■			■	■	■		377				■	■	■	■	
343				■	■	■	■		378		■			■	■	■	

El “relámpago visible” es marcadamente ocurrenciente a las 01, 04, 19 y 22 hora local como es natural pues es un fenómeno de apreciación fundamentalmente nocturna. Su máximo se presenta a las 22 hora local con casi el 18% del total de observaciones y la presencia del fenómeno entre las 07 y las 16 hora local es casi nula. El análisis detallado de la marcha diaria por estación se recoge en la Tabla VIII y muestra que con la excepción de la estación 366 (Gran Piedra) en que ocurre el máximo a las 01 hora local, el resto de las estaciones lo tienen a las 22 hora local.

Tabla VIII. Representación de la marcha diaria para cada una de las estaciones en estudio en el caso del “relámpago visible”. Aquí la cuadrícula sombreada en negro es la que identifica el horario de mayor ocurrencia y las sombreadas en gris valores superiores al percentil 67

Estación	1	4	7	10	13	16	19	22	Estación	1	4	7	10	13	16	19	22
308									344								
309									345								
310									346								
312									347								
313									348								
314									349								
315									350								
316									351								
317									352								
318									353								
319									354								
320									355								
321									356								
322									357								
323									358								
324									359								
325									360								
326									361								
327									362								
328									363								
329									364								
330									365								
331									366								
332									367								
333									368								
334									369								
335									370								
337									371								
338									373								
339									374								
340									375								
341									376								
342									377								
343									378								

Las tormentas ocurren fundamentalmente en horas de la tarde con máximo de ocurrencia superior al 16% del total de observaciones a las 16 hora local tal y como se observa en la Fig. 7 (izquierda). Este comportamiento coincide con el estudiado por Álvarez y colaboradores (2013) como estudio más reciente.

El estudio de la marcha diaria por estaciones que se muestra en la Tabla IX arroja que a diferencia de las “lluvias” y los “chubascos” las “tormentas” tienen una marcada ocurrencia entre las 13 y las 22 hora local con mayoría a las 16, aunque hay algunas estaciones con máximos más tempranos (13 hora local) como los de las tres estaciones de la Isla de la Juventud (309, 321 y 324) a las que pueden llegar tormentas que emigran de la Isla de Cuba formadas en la Península de Zapata (Alfonso, 1980) y las estaciones de Jamal (356) y Punta de Maisí (369) en el extremo oriental de Cuba. Máximos tardíos ocurren en las estaciones de Jagüey Grande (331) y Playa Girón (333) cercanas a la Ciénaga de Zapata, Cayo Coco (339) en la cayería la norte de la provincia de Ciego de Ávila y Santa Cruz (351), Manzanillo (359), Cabo Cruz (360) (única que presenta máximo a las 22 hora local), Jucarito (361) y Veguitas (377) todas estas últimas alrededor del Golfo de Guacanayabo donde la interacción con la plataforma puede acrecentar el número de tormentas.

En la Fig. 7 (derecha) se muestran las marchas diarias de la frecuencia de ocurrencia normalizada para tres estaciones que presentan máximo de ocurrencia a las 13, 16 y 19 hora local a modo de ejemplo. En general para las tres el periodo de mayor ocurrencia es el vespertino y comienzos de la noche.

Tabla IX. Representación de la marcha diaria para cada una de las estaciones en estudio en el caso de las “tormentas”. Aquí la cuadrícula sombreada en negro es la que identifica el horario de mayor ocurrencia y las sombreadas en gris valores superiores al percentil 67

Estación	1	4	7	10	13	16	19	22	Estación	1	4	7	10	13	16	19	22
308									344								
309									345								
310									346								
312									347								
313									348								
314									349								
315									350								
316									351								
317									352								
318									353								
319									354								
320									355								
321									356								
322									357								
323									358								
324									359								
325									360								
326									361								
327									362								
328									363								
329									364								
330									365								
331									366								
332									367								
333									368								
334									369								
335									370								
337									371								
338									373								
339									374								
340									375								
341									376								
342									377								
343									378								

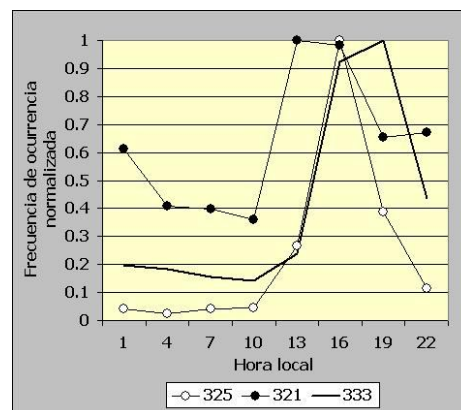
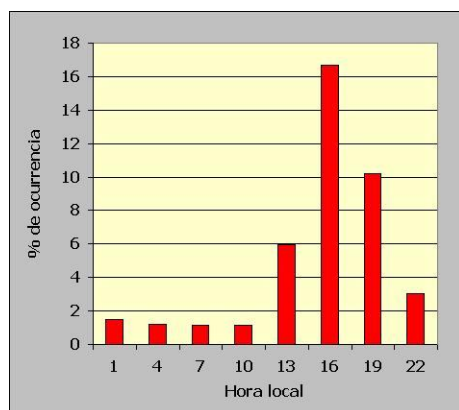


Fig. 7. Marcha diaria del por ciento de ocurrencia de observaciones con “tormentas” para el conjunto de todas las estaciones en estudio en el periodo 2005 – 2010 (izquierda) y marcha diaria de la frecuencia de ocurrencia normalizada de observaciones con “tormentas” para tres de las estaciones en estudio (derecha)

Para redondear el análisis debe tenerse en cuenta que los códigos de tiempo presente tienen un nivel de prioridad, por lo que unos fenómenos pueden estar opacados en su ocurrencia por otros, razón por la cual se recomienda hacer un análisis de los códigos de tiempo pasado allí donde la especificidad y la calidad del dato lo permitan para tener una idea más precisa del curso diario de los fenómenos estudiados.

Conclusiones y recomendaciones

Los “cielos despejados”, las “nieblas” y “neblinas” y los “relámpagos visibles” son más característicos de las horas de la noche y la madrugada y hasta las 07 hora local.

Las “lluvias” y los “chubascos”, aunque pueden ocurrir a todas las horas del día son más frecuentes en los horarios diurnos y hasta las 22 hora local.

Las “tormentas” presentan una ocurrencia marcadamente vespertina con máximo a las 16 hora local en la mayoría de las estaciones en estudio.

Se recomienda hacer un análisis de los códigos de tiempo pasado allí donde la especificidad y la calidad del dato lo permitan para tener una idea más precisa del curso diario de los fenómenos en estudio.

Referencias bibliográficas

- Alfonso A. P. 1980: Descripción preliminar de las condiciones meteorológicas en la Isla de la Juventud. Informe Científico - Técnico No. 134, Instituto de Meteorología, 25 p.
- Alfonso, A. P. y A. Florido 1993: *El clima de Matanzas*. Editorial Academia, La Habana, 113 p.
- Álvarez L. 2006: *Estudio de la localización espacial de las tormentas eléctricas en Cuba y su tendencia*, Instituto de Meteorología, La Habana [Tesis doctoral], 149 p.
- Álvarez L., I. Borrajero y R. Álvarez 2006: 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*, 13(1), 83 - 94.
- Álvarez L., I. Borrajero y R. Álvarez 2009a: 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*, 15(1), 14-22.
- Álvarez, L., I. Borrajero, R. Álvarez, L. Aenlle y H. Cayón 2009b: Estudio de la marcha anual y diaria de la frecuencia de ocurrencia de los fenómenos nieblas y neblinas en Cuba a partir del código de estado de tiempo presente. *V Congreso Cubano de Meteorología. Memorias* [CD-ROM], Ciudad Habana, 30 de noviembre - 4 de diciembre, F:\Data\Trabajos completos.pdf, pp. 1467 – 1485. ISBN 978-959-7167-20-4.
- Álvarez L., I. Borrajero, R. Álvarez y A. León 2011a: Estudio de la marcha interanual de la frecuencia de ocurrencia de los fenómenos nieblas y neblinas a partir del código de estado de tiempo presente. *Cienc. Tierra y Esp.*, Segunda Época, Diciembre, (12): 31-46.
- Álvarez L., I. Borrajero, R. Álvarez, I. Rivero, M. Carnesoltas, A. Calnick, V. Guevara, M. Limia, A. León y Y. Rojas 2011b: Distribución espacial de los fenómenos neblinas y nieblas en Cuba. *Revista Cubana de Meteorología*, 17(2): 58-67.
- Álvarez L., I. Borrajero, R. Álvarez, L. Aenlle, I. Rivero, C. Iraola, Y. Rojas y M. Hernández 2012a: Estudio de la marcha interanual de la frecuencia de ocurrencia de observaciones con tormenta para el territorio cubano. *Revista de Climatología*, 12: 1-21. Disponible en: <http://webs.ono.com/reclim/reclim12a.pdf>
- Álvarez L., I. Borrajero, R. Álvarez, L. Aenlle y M. Bárcenas 2012b: Actualización de la distribución espacial de las tormentas eléctricas en Cuba. *Revista Cubana de Meteorología*, 18(1): 88-99.
- Álvarez, L., I. Borrajero, R. Álvarez, I. Rivero, M. Carnesoltas y Y. Rojas 2013: Estudio de la marcha diaria de las series de frecuencia de ocurrencia de observaciones con tormenta. *Cienc. Tierra y Esp.*, Segunda Época, Enero, 14(1): 5- 13.
- Álvarez-Escudero, L. e I. Borrajero 2014: Análisis de la marcha interanual de fenómenos meteorológicos para las tres estaciones que triangulan la provincia de La Habana, Cuba. *Cienc. Tierra y Esp.*, Segunda Época, Enero, 15(1): 12 - 22.
- Álvarez-Escudero, L., I. Borrajero y M. Barcenás 2014a: Análisis de la calidad de series largas de registros de código de estado del tiempo presente para las estaciones de Cuba. *Revista Cubana de Meteorología*, 20(1): 3 – 9.
- Álvarez-Escudero, L., I. Borrajero y M. Barcenás 2014b: 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.

- Bergot, T. y D. Guedalia 1994: Numerical Forecasting of Radiation Fog. Part I: Numerical Model and Sensitivity Tests. *MWR*, 122(6): 1218–1230.
- Changnon, S. A. 1988a: Climatography of Thunder Events in the Conterminous United States. Part I: Temporal Aspects. *Journal of Climate*, 1(4): 389–398.
- Changnon, S. A. 1988b: Climatography of Thunder Events in the Conterminous United States. Part II: Spatial Aspects. *Journal of Climate*, 1(4): 399–405.
- Christian, H. J., R. J. Blakeslee, D. J. Boccippio, W. L. Boeck, D. E. Buechler, K. T. Driscoll, S. J. Goodman, J. M. Hall, W. J. Koshak, D. A. Mach y M. F. Stewart 2003: Global frequency and distribution of lightning as observed from space by the Optical Transient Detector. *J. Geophys. Res.*, 108(D1), 4005, doi:10.1029/2002JD002347.
- 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.
- Easterling D. R. y P. J. Robinson 1985: The Diurnal Variation of Thunderstorm Activity in the United States. *Journal of Applied Meteorology*, 24(10): 1048–1058.
- Groisman, P. Y., W. K. Richard y R. K. Thomas 2012: Changes in Intense Precipitation over the Central United States. *J. Hydrometeor*, 13, 47–66. doi: <http://dx.doi.org/10.1175/JHM-D-11-039.1>
- Huffines G. y R. Orville 1999: Lightning Ground Flash Density and Thunderstorm Duration in the Continental United States: 1989–96. *Journal of Applied Meteorology*, 38, 1013 – 1019.
- Lay, E. H., A. R. Jacobson, R. H. Holzworth, C. J. Rodger y R. L. Dowden 2007: Local time variation in land/ocean lightning flash density as measured by the World Wide Lightning Location Network. *J. Geophys. Res.*, 112, D13111.
- Lecha L. B., L. R. Paz y B. Lapinel, [editores] 1994: El Clima de Cuba. Editorial Academia, La Habana, 186 p.
- Liu, Ch. 2011: Rainfall Contributions from Precipitation Systems with Different Sizes, Convective Intensities, and Durations over the Tropics and Subtropics. *J. Hydrometeor*, 12, 394–412.
- OMM (Organización Meteorológica Mundial) 1956: World distribution thunderstorm days. WMO No. 21, TP 21, 71 p.
- Pessi A. T y S. Businger 2009: Relationships among Lightning, Precipitation, and Hydrometeor Characteristics over the North Pacific Ocean. *J. Appl. Meteor. Climatol.*, 48, 833–848.
- Tardif, R. 2004a: Characterizing fog occurrences in the north-eastern United States using historical data. 11th Conference on Aviation, Range and Aerospace Meteorology, [Proceeding], American Meteorological Society, Hyannis, Massachusetts, USA, October 2004. http://ams.confex.com/ams/11aram22sls/techprogram/paper_81650.htm.
- Tardif, R. 2004b: On the impact of vertical resolution in the numerical forecasting of fog. 11th Conference on Aviation, Range and Aerospace Meteorology, [Proceeding], American Meteorological Society, Hyannis, Massachusetts, USA, October 2004. http://ams.confex.com/ams/11aram22sls/techprogram/paper_81651.htm
- WMO 1988: Manual on codes. WMO – No. 306, Volume 1, Seccion D, Table 4677.

Acerca de los autores:

Lourdes Álvarez-Escudero: Licenciada en Física de la Universidad de la Habana desde 1986 y Doctora en Ciencias Meteorológicas desde el 2006. Es Investigadora Titular del Instituto de Meteorología y Profesora Titular del Instituto Superior de Tecnologías y Ciencias Aplicadas adscrito a la Universidad de la Habana. Dirige y trabaja en varios proyectos de investigación sobre climatología de fenómenos meteorológicos, tormentas eléctricas, contaminación de la atmósfera, energías renovables y modelación numérica. Ha participado en más de 100 eventos científicos nacionales e internacionales y ha publicado más de 40 artículos en revistas arbitradas. Es miembro del Comité Editorial de la Revista Cubana de Meteorología y de Editor Asociado de la Revista Ciencias de la Tierra y el Espacio.

Israel Borrajero-Montejo: Licenciado en Física de la Universidad de la Habana desde 1983. Es Investigador Agregado del Instituto de Meteorología. Dirige y trabaja en varios proyectos de investigación sobre radiación solar, energías renovables, modelación numérica y climatología de fenómenos meteorológicos. Ha participado en más de 50 eventos científicos nacionales e internacionales y ha publicado más de 20 artículos en revistas arbitradas.