



Distribución espacial de fenómenos meteorológicos en Cuba clasificados a partir del tiempo presente I

Spatial distribution of meteorological phenomena in Cuba, based on present weather codes reported at stations I

Lourdes Álvarez-Escudero[✉], Israel Borrajero-Montejo

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

Resumen

La distribución espacial de fenómenos meteorológicos es conocimiento fundamental para la gestión de los efectos tanto beneficiosos como perjudiciales que estos provocan. El objetivo del trabajo es especificar la distribución espacial de los fenómenos clasificados como: “cielos despejados”, “humo”, “brumas”, “neblinas” y “nieblas” para el territorio cubano. A partir de los registros de código de estado de tiempo presente para todas las estaciones meteorológicas de Cuba se determinan los parámetros de por ciento de ocurrencia de observaciones y número promedio anual de días con ocurrencia de los fenómenos en estudio usando como periodo base 1989 – 2010. Los “cielos despejados” y las “brumas” presentan los por cientos de ocurrencia de observaciones más altos para todo el país y sus zonas de máxima y mínima ocurrencia son contrarias ya que donde hay máximas para los “cielos despejados” como en Pinar del Río, Ciego de Ávila y Camaguey son mínimas para las “brumas”. Las observaciones con “humo” son solo significativas para Casablanca, donde hay un máximo absoluto y para Nuevitas en la provincia Camaguey asociadas al desarrollo industrial en esas regiones. Las “nieblas” y las “neblinas” son características del interior de las provincias de La Habana, Artemisa y Mayabeque, de lugares montañosos y de la desembocadura del Río Cauto, asociadas a zonas de altos niveles de humedad. Las distribuciones espaciales del número promedio anual y por ciento de observaciones con determinado fenómeno son similares, cambiando en algunos puntos, debido al hecho de que para el número de días al año basta con una observación que reporte el fenómeno al día y la frecuencia tiene en cuenta todos los reportes de cada día.

Palabras clave: fenómenos meteorológicos, brumas, neblinas, nieblas, código de estado de tiempo presente

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

Recibido: 2/8/2017

Aceptado: 6/12/2017

Abstract

The spatial distribution of meteorological phenomena is a fundamental knowledge for the management of effects both beneficial and harmful that they provoke. The aim of this work is to determine the spatial distributions of phenomena “clear sky”, “smoke”, “haze”, “mist” and “fog” for the Cuban territory. Percents of occurrence and yearly average of days in which the studied phenomena occur are determined based on all meteorological stations present weather codes over the period 1989 – 2010. Clear skies and hazes show the highest percents of occurrence all over the Country and their zones of maxima and minima are opposite, since places with maximum frequencies of clear skies, such as Pinar del Rio, Ciego de Ávila and Camaguey, have minimum haze. Observations with smoke are relevant only at Casablanca and Nuevitas, associated to the industrial development on those regions. Mists and fogs are characteristic of the inland regions of provinces Havana, Artemisa and Mayabeque, mountain areas and the Cauto river outlet, associated to high levels of humidity. The spatial distributions of the average number of days of occurrence per year and the frequency distributions are quite similar, with changes at some points, due to the fact that for the number of days it is enough to have one single report of a phenomenon a day while for the frequencies all observations count.

Key words: meteorological phenomena, haze, mist, fog, present weather codes

INTRODUCCIÓN

La distribución espacial de fenómenos meteorológicos es conocimiento fundamental para la gestión de los efectos tanto beneficiosos como perjudiciales que la ocurrencia de los mismos pueda acarrear. Los estudios asociados a la observación de humo y brumas por ejemplo, pueden dar un indicativo de la calidad del aire en una localidad y el conocimiento del comportamiento de las nieblas y las neblinas puede ayudar a la mejor planificación de cultivos cuyo desarrollo esté asociado a la humedad ambiente.

No todos los fenómenos meteorológicos han sido igualmente estudiados, ni dichos estudios han seguido los mismos propósitos, aunque en general abarcan temáticas como su distribución espacial, sus ciclos de ocurrencia y su pronóstico.

Las nieblas como mecanismo reductor de la visibilidad han sido bastante estudiadas sobre todo en su relación con el transporte aéreo, marítimo y terrestre ([Ledesma, 2003](#)). También una temática muy citada en la actualidad es la modelación y pronóstico de las nieblas para localidades específicas ([Bergot y Guedalia, 1994](#); [Tardif, 2004a y 2004b](#); [Payra y Mohan, 2014](#)). Menos frecuentes son estudios que

vinculan varios fenómenos como, la evaluación de la ocurrencia de nieblas y humo y su relación con los cambios en la visibilidad superficial ([Vinzani y Lamb, 1985](#)), el análisis del comportamiento de brumas, nieblas y lluvias de diferentes intensidades, clasificadas a partir de los reportes de tiempo presente en áreas de aeródromos ([Jiménez y Zea, 2005](#); [Rojas y Villegas, 2007](#)) o la distribución espacial y temporal de las brumas para una región de China a partir de datos de superficie ([Wei y colaboradores, 2016](#)).

En Cuba el estudio más abarcador sobre aspectos climáticos de fenómenos y variables meteorológicas lo constituye el presentado por [Lecha et al. \(1994\)](#), donde se describe el comportamiento de diferentes fenómenos en todo el país.

Para localidades específicas también se han estudiado los fenómenos reductores de la visibilidad como nieblas y brumas ([Alfonso, 1980](#); [Alfonso y Florido, 1993](#)).

Con posterioridad se ejecutó un estudio general de nieblas y neblinas ([Álvarez et al., 2008a, 2011](#)) encontrándose que tanto las nieblas como las neblinas, son menos frecuentes en las costas y más frecuentes en

zonas de grandes cuerpos de agua y montañosas donde son máximas.

Para dos regiones del país se han realizados estudios de comportamiento de diferentes fenómenos a partir de los datos de código de estado de tiempo presente, estas son el Ecosistema costero Sabana Camagüey donde se observó una diferencia espacial marcada entre la región occidental del área de estudio, donde abundan las brumas y la oriental donde hay mayoría de cielos despejados ([Álvarez, et al., 2006](#)) y Gibara en la provincia Holguín asociada al aprovechamiento de la energía eólica donde se vio una diferencia espacial marcada entre las estaciones de Nuevitas y Punta Lucrecia con abundancia de cielos despejados y Puerto Padre y Velasco donde predominan las brumas ([Álvarez, et al., 2008b, 2009](#)).

Las marchas interanuales, anuales y diarias de los fenómenos “cielos despejados”, “humo”, “brumas”, “neblinas” y “nieblas” para todas las estaciones del país fueron analizadas en detalle por [Álvarez-Escudero y colaboradores \(2014a, 2014b\)](#) y [Álvarez-Escudero y Borrajero \(2016a, 2016b\)](#), mostrando en detalle las características similares y las principales diferencias de cada uno de estos ciclos.

El objetivo del presente trabajo es especificar la distribución espacial de los fenómenos clasificados como: “cielos despejados”, “humo”, “brumas”, “neblinas” y “nieblas” para el territorio cubano.

MATERIALES Y MÉTODOS

Fuentes de información

La base fundamental de información utilizada en el presente estudio la constituyeron 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 [figura 1](#).

Para el estudio de la distribución espacial se trabajó con el periodo recomendado 1989 – 2010 ([Álvarez et al., 2014a](#)), aunque debido a que se estaba trabajando con fenómenos de ocurrencia preferente tanto diurna como nocturna y que varias estaciones no tenían observaciones de noche y madrugada, se hizo un análisis puntual estación a estación reajustando las series al periodo que tenían la información más completa. Cuando dentro de las series en uso, había meses por debajo del 95% de información, el valor de la variable que se calculaba, se sustituía por el promedio del valor de los meses aledaños al incompleto. En la [tabla 1](#) se muestran para cada estación el periodo de trabajo posterior al 1989 (año recomendado para el inicio de las series), el por ciento de información útil para ese periodo, el periodo seleccionado de información más completa, el por ciento de información útil asociado a este periodo y los meses que fue necesario rectificar por poseer menos del 95% de información útil. Aquí se nota como los por cientos de información útil para todas las series con periodo seleccionado oscilan entre 99 y 100%.

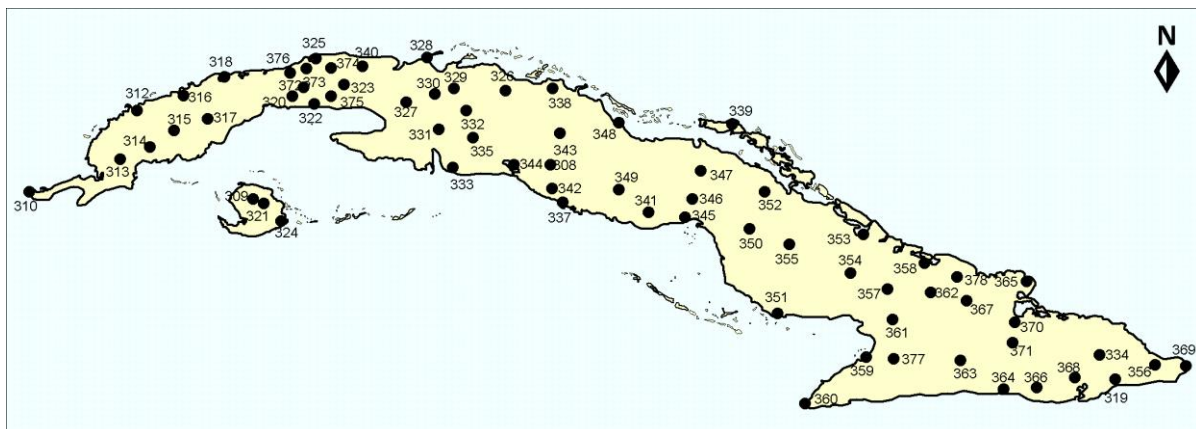


Figura 1. Distribución espacial de las estaciones utilizadas en el estudio

Tabla 1. Resumen del periodo de trabajo posterior al 1989, el por ciento de información útil para ese periodo, el periodo seleccionado de información más completa, el por ciento de información útil asociado a ese periodo y los meses que fue necesario rectificar, para cada estación meteorológica en estudio

No. de la Estación	Periodo de trabajo	% de información útil	Periodo de información más completa	% de información útil	Meses ¹ rectificados en periodo de información más completa
308	2006-2010	100.0	2006 - 2010	100.0	Ninguno
309	2004-2010	99.8	2004 - 2010	99.8	Ninguno
310	1989-2010	100.0	1989 - 2010	100.0	S04,O05
312	1989-2010	96.2	1995 - 2010	100.0	E97
313	1989-2010	95.6	1996 - 2010	100.0	Ninguno
314	1989-2010	78.4	2004 - 2010	100.0	Ninguno
315	1989-2010	99.6	1990 - 2010	99.8	G05
316	1989-2010	98.4	1996 - 2010	100.0	Ninguno
317	1989-2010	97.9	1996 - 2010	100.0	S05,O05,D05
318	1989-2010	99.9	1989 - 2010	99.9	Ninguno
319	2005-2010	98.9	2006 - 2010	99.9	Ninguno
320	1992-2010	95.7	1995-1998, 2000-2006, 2008-2010	99.8	Ninguno
321	1989-2010	100.0	1989 - 2010	100.0	J94,L94,Y02,D03,A04
322	1992-2010	85.4	2000 - 2010	100.0	Ninguno
323	1992-2010	78.9	2003 - 2010	99.9	F08
324	1989-2010	78.4	2005 - 2010	99.1	Y05
325	1989-2010	99.9	1989 - 2010	99.9	Ninguno
326	1989-2010	100.0	1989 - 2010	100.0	A93
327	1989-2010	100.0	1989 - 2010	100.0	M93,A93
328	2003-2010	100.0	2003 - 2010	100.0	Ninguno
329	1989-2010	72.8	2005 - 2010	100.0	E09,F09
330	1989-2010	99.0	1997 - 2010	99.8	Ninguno
331	1989-2010	64.7	2009 - 2010	100.0	Ninguno
332	1989-2010	98.4	1995 - 2010	100.0	Ninguno
333	1989-2010	99.2	1994 - 2010	100.0	F06,M06,A06
334	1993-2010	97.2	1995 - 2010	100.0	Ninguno
335	1989-2010	81.4	2000 - 2010	100.0	Ninguno
337	1989-2010	91.4	1998 - 2010	99.9	Ninguno
338	1989-2010	99.9	1989 - 2010	99.9	Y04.J04
339	1990-2010	100.0	1990 - 2010	100.0	N99,N02
340	1989-2010	81.1	2000 - 2010	100.0	Ninguno
341	1989-2010	97.2	1994 - 2010	100.0	G01,J02
342	1989-2010	80.3	2001 - 2010	100.0	Ninguno
343	1989-2010	99.3	1997 - 2010	100.0	Ninguno

344	1989-2010	94.3	1995 - 2010	100.0	Ninguno
345	1989-2010	72.7	2006 - 2010	99.8	Ninguno
346	1989-2010	99.1	1990 - 2010	99.9	N99,O00,M06
347	1989-2010	99.1	1990 - 2010	99.9	N99
348	1989-2010	99.9	1989 - 2010	99.9	A96
349	1989-2010	99.6	1996 - 2010	100.0	Ninguno
350	1989-2010	78.2	2002 - 2010	100.0	Ninguno
351	1989-2010	86.3	1997 - 2010	100.0	Ninguno
352	1989-2010	80.1	2003 - 2010	100.0	Ninguno
353	1989-2010	89.2	1997 - 2010	100.0	Ninguno
354	1989-2010	75.4	2004 - 2010	100.0	J10
355	1989-2010	100.0	1989 - 2010	100.0	Ninguno
356	1993-2010	89.6	2001 - 2010	100.0	Ninguno
357	1989-2010	94.8	1994 - 2010	100.0	N96
358	1989-2010	99.5	1990 - 2010	100.0	N96
359	1989-2010	97.0	2000 - 2010	99.9	Ninguno
360	1989-2010	99.9	1989 - 2010	99.9	J95,O99
361	1989-2010	72.5	2004 - 2010	100.0	Ninguno
362	1989-2010	73.6	2005 - 2010	100.0	Ninguno
363	1989-2010	98.0	1991 - 2010	100.0	E96
364	1989-2010	99.9	1990 - 2010	100.0	O05
365	1989-2010	99.9	1995 - 2010	99.8	Ninguno
366	1989-2010	99.3	1999 - 2010	100.0	Ninguno
367	1993-2010	95.5	1996 - 2010	100.0	Ninguno
368	1989-2010	100.0	1989 - 2010	100.0	E92
369	1989-2010	99.9	1989 - 2010	99.9	A96,S96
370	1989-2010	75.2	2005 - 2010	100.0	D06
371	1989-2010	76.9	2005 - 2010	100.0	Ninguno
373	1989-2010	64.1	2009 - 2010	100.0	Ninguno
374	1989-2010	75.3	2004 - 2010	100.0	Ninguno
375	1989-2010	78.1	2002 - 2010	99.9	Ninguno
376	1989-2010	70.2	2002,2003,2006,2007,2010	100.0	Ninguno
377	1989-2010	79.2	2001 - 2010	100.0	Ninguno
378	1989-2010	73.6	2004 - 2010	100.0	Ninguno

¹ El convenio seguido para identificar los meses es: E - enero, F - febrero, M - marzo, A - abril, Y - mayo, j - junio, L - julio, G - agosto, S - septiembre, O - octubre, N - noviembre, D - diciembre y las dos cifras siguientes significan el año.

De la [figura 2](#) donde se representa el porcentaje de estaciones contra el largo de las series utilizadas para el cálculo de los parámetros medios, se constata que el 97 % de las estaciones poseen series de al menos 5 años y 12 series trabajan con los 22 años máximo del periodo recomendado, solo dos estaciones Jagüey Grande (331) y Santiago de la Vegas

(373) presentan dos años de información completa debido a que en los últimos tiempos fueron sometidas a reparaciones y cierres y en años anteriores no realizaban observaciones de noche y madrugada.

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

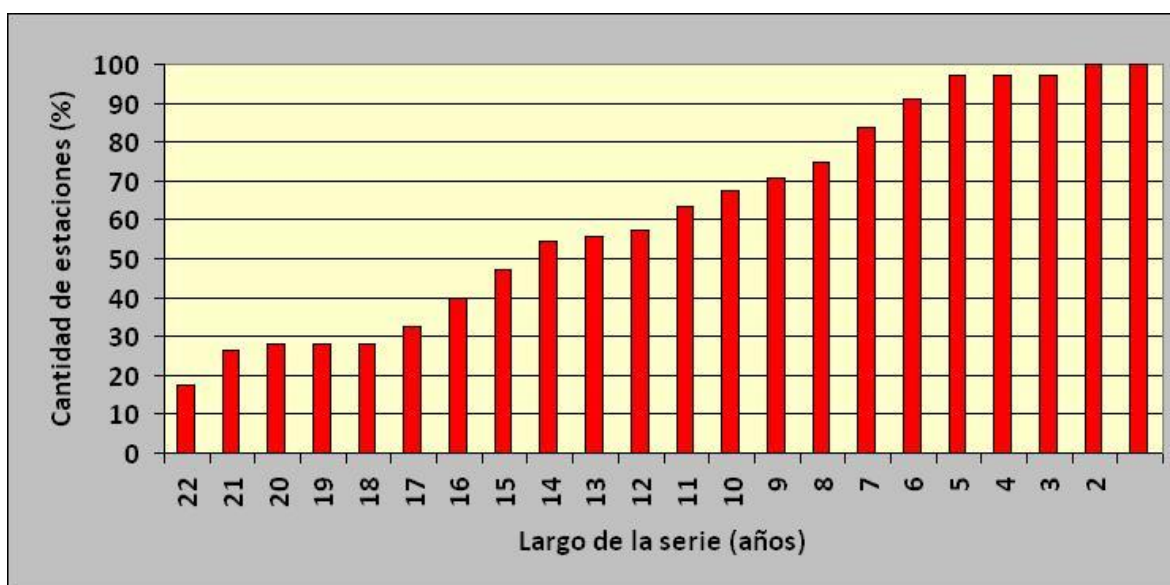


Figura 2. Por ciento del total de estaciones contra el largo de las series utilizadas (en cantidad de años) para el cálculo de los parámetros medios asociados a fenómenos

Selección de los códigos asociados a cada fenómeno en estudio y variable utilizada para el mismo

Para la identificación de los cinco 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 recogió en la [tabla 2](#). Los códigos no representados en la [tabla 2](#) se refieren a casos de ocurrencia muy baja o nula para la región de estudio.

Las variables de trabajo fueron:

- 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 sí 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).

- Número promedio anual de días con determinado fenómeno, dado por el promedio entre los años de la serie de la cantidad de días al año en que al menos hay una observación reportada sobre el fenómeno al que se refiera el estudio.

Metodología para la representación de la distribución espacial de los fenómenos en estudio

Los fenómenos en estudio presentan un comportamiento de efecto bastante local y específico del lugar donde ocurren. Las estaciones cubanas presentan horizontes de corto alcance y en muy pocos casos se solapan, por lo que estimar los valores en puntos intermedios entre estaciones es muy difícil, ya que tampoco existen campos medios de otras variables suficientemente específicos, como para ser relacionados por ejemplo, con la ocurrencia de las nieblas, las neblinas y las brumas.

Tabla 2. 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

Debido a lo explicado en el párrafo anterior, aquí se trabajaron los mapas de distribución espacial para cada fenómeno, dando los valores en cada estación, representados con círculos cuyos radios están en proporción con los rangos de magnitud de la ocurrencia del fenómeno en cuestión.

Las categorías o rangos de ocurrencia son 5 identificados como: “Muy poco frecuente”, “Poco frecuente”, “Medianamente frecuente”, “Frecuente” y “Muy frecuente” y los rangos numéricos correspondientes se fijan a partir de calcular 5 intervalos aproximadamente equivalentes de la diferencia del valor máximo y mínimo de la ocurrencia del fenómeno y donde el valor promedio para todas las estaciones pertenezca al rango “Medianamente frecuente”. Deben tenerse en cuenta los casos aislados donde puede haber valores extremos de ocurrencia, para que no introduzcan sesgos en el diseño del valor numérico de los límites de los rangos. Para el número promedio anual de días con determinados fenómenos también se utilizará la misma denominación de rangos, pero sus valores numéricos se referirán a número de días.

Con el objetivo de ganar en representatividad se evaluó la ocurrencia de varios fenómenos con características físicas afines y en caso de ser posible se trazaron los mapas de distribución espacial correspondientes; así se presentó un mapa que aúna las neblinas y las nieblas y que también se representó por rangos de ocurrencia.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Distribución espacial de la frecuencia de ocurrencia de observaciones con “cielos despejados”, “humo”, “brumas”, “neblinas” y “nieblas”.

La ocurrencia de “cielos despejados” osciló entre 0.08 y el 84.8% y la distribución espacial por rangos se representó en la [figura 3](#).

De la [figura 3](#) se observó que los catalogados como “cielos despejados” presentaron máxima ocurrencia para regiones que abarcan las provincias de Pinar del Río, Ciego de Ávila y Camagüey. El mayor por ciento de estaciones (38) presentó frecuencias en el rango de “Poco frecuente” aunque las mismas estaban entre el 15 y el 34% del total de observaciones. Este fenómeno es el que presenta el máximo número de estaciones para el rango de “Muy frecuente” con el 21%. No se conoce por parte de los autores una causa que justifique la forma de esta distribución de este fenómeno, aunque debe tenerse en cuenta que los códigos de tiempo presente asociados a lo que se ha llamado “cielos despejados” son los de menos prioridad dentro del conjunto de códigos, por lo que puede ser afectado por ejemplo, por las observaciones con brumas.

La distribución espacial por rangos de la frecuencia de ocurrencia de observaciones con “brumas” se representó en la [figura 4](#). Aquí los valores de frecuencia de ocurrencia variaron entre 0% que se reporta en la estación de Palo Seco (354) y 82.3%. El 56% de las estaciones presentaron valores en el rango de “Medianamente frecuente” y solo un 5% de las

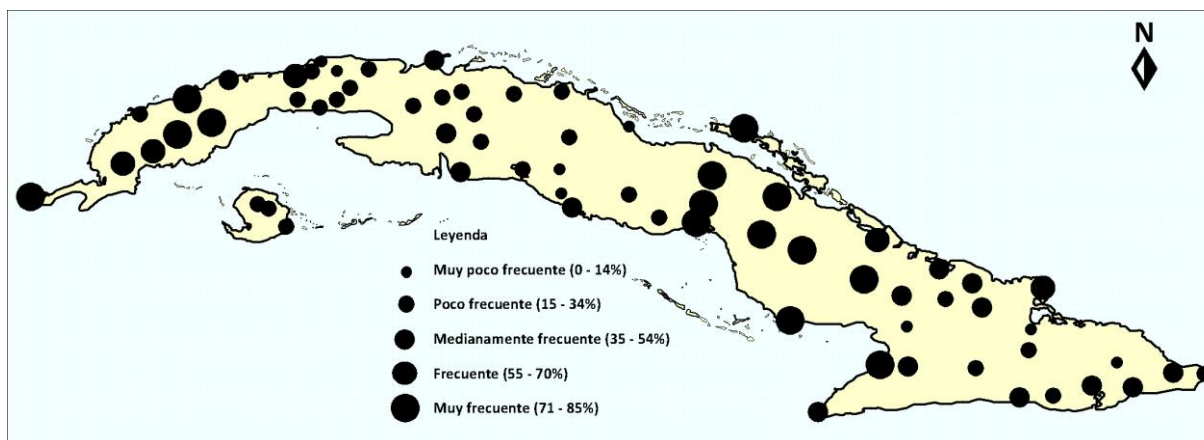


Figura 3. Distribución espacial por rangos de la frecuencia de ocurrencia de observaciones con “cielos despejados” para Cuba

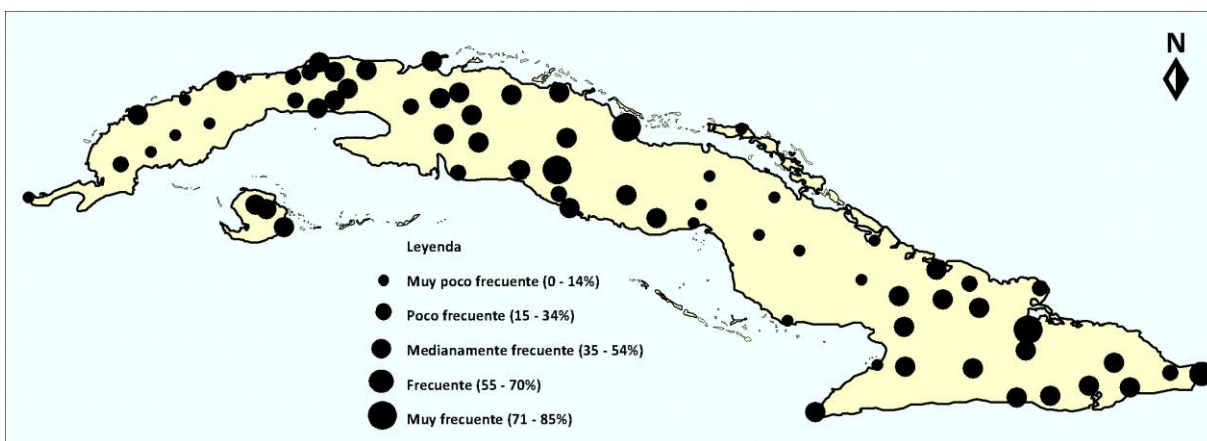


Figura 4. Distribución espacial por rangos de la frecuencia de ocurrencia de observaciones con “brumas” para Cuba

estaciones se hallaron en las categorías de “Frecuente” y “Muy frecuente”, aunque en promedio la ocurrencia de brumas con respecto a todas las observaciones de tiempo presente es alta, con un 33% del total de registros ([Álvarez y colaboradores, 2013](#)). La distribución mostró zonas de muy poca ocurrencia para las provincias de Pinar del Río, Ciego de Ávila y Camagüey, justo donde son muy ocurrentes los cielos despejados y aunque no existe a conocimiento de los autores, una causa física para este comportamiento, si puede conjeturarse que las bajas frecuencias de los valores de brumas en las zonas mencionadas está relacionado con la alta ocurrencia de reporte de cielos despejados. Este resultado podría estar relacionado con algún tipo de

efecto natural en estas provincias o con diferencias en los criterios de métodos de observación o en los horizontes de observación de las estaciones, que para las provincias de Ciego de Ávila y Camagüey son muy reducidos. La categoría de “Muy frecuente” solo se alcanzó en las estaciones de La Piedra (308) donde es máxima, Caibarién (348) y Guaro (370) y la “Frecuente” en Maisí (369).

El “humor” solo posee alguna representatividad (más del 0.01%) en 5 estaciones del país que son: Casablanca (325) en La Habana donde se alcanzaron los valores máximos de ocurrencia para todo el país, Júcaro (346) y Venezuela (347) en la provincia Ciego de Ávila donde las frecuencias son muy bajas y Santa Cruz (351) y Nuevitas (353), que tiene el

segundo lugar en ocurrencia de humo en el país, en la provincia Camagüey. En la [tabla 3](#) se especificaron los por cientos de ocurrencia de observaciones con humo para las cinco estaciones mencionadas. Los valores altos de observaciones con humo en Casablanca (325) y Nuevitas (353) se explican por la actividad industrial en ambas localidades. Los por cientos en las otras tres estaciones son muy bajos y podrían estar relacionados con quemas de sembrados o incendios forestales, pero no se posee información para su comprobación. Los estudios relacionados con las observaciones con humo en Casablanca como su marcha interanual, anual o diaria pueden dar un indicativo de la calidad del aire en la ciudad.

Tabla 3. Por cientos de ocurrencia de observaciones con humo para las cinco estaciones del país con valores por encima del 0.01%

Estación	% de ocurrencia
325	37.64
346	1.76
347	0.03
351	2.20
353	13.34

Las “neblinas” ocuparon como promedio el 6.39 % del total de observaciones de tiempo presente para todo el país y sus valores estaban en el rango entre 0.01 y 38%. El 71% de las estaciones se agruparon en la categoría “Poco frecuente” y solo 4 estaciones pertenecen a las categorías de “Frecuente” y “Muy frecuente”. Las estaciones con mayores por ciento fueron, en ese orden, Topes de Collantes (342) en Sancti Spiritus y Jucarito (361) en Granma, seguidas en la categoría “Frecuentes” por Güira de Melena (320) en Artemisa y Bainoa (340) en Mayabeque. La distribución espacial para todo el país que se presentó en la [figura 5](#), muestra zonas de máxima ocurrencia en el interior de las provincias La Habana, Artemisa y Mayabeque, zona llana, en la mencionada Topes de Collantes, zona montañosa y en áreas de la

desembocadura del río Cauto y de la ladera norte de la Sierra Maestra. Estos resultados coinciden de forma general con lo dado por [Álvarez y colaboradores \(2011\)](#) donde se manejaron series menos completas respecto a la cantidad de información. Si se comparan por estaciones los valores obtenidos en el estudio precedente de [Álvarez y colaboradores \(2011\)](#) se obtiene que en promedio para todas las estaciones, la diferencia entre los cálculos anteriores y los actuales están en el orden del -0.06%, lo que muestra un muy ligero crecimiento, contrario a lo visto por [Álvarez-Escudero y colaboradores \(2014b\)](#), sin embargo deben tenerse en cuenta dos cosas, la primera, que los periodos de cálculo no son iguales, el de los primeros trabajos iba desde el comienzo de funcionamiento de las estaciones hasta el 2005 y el actual de 1989 a 2010 y en segundo lugar, que el promedio tiene un valor bajo de por ciento y que está determinado en signo positivo en aproximadamente el 60% de las estaciones. Hay localidades con cambios significativos en este sentido como la estación de Indio Hatuey (329) en Matanzas y la de Jucarito (361) en Granma que muestran un crecimiento importante en la frecuencia de ocurrencia de neblinas y las estaciones de La Jíquima (362) y Velazco (378) en la provincia de Holguín con marcado decrecimiento.

Las “nieblas” presentaron bastante baja ocurrencia con un promedio para todo el país de 1.28%, aunque en localidades específicas pudo estar por encima del 15% de las observaciones. El 75% de las estaciones estuvieron en el rango de “muy poco frecuente” y el 13% en el de “poco frecuente”. Las estaciones de La Piedra (308), La Palma (316), Bahía Honda (318) y Jamal (356) no tuvieron reportes de nieblas, mientras Indio Hatuey (329), Palenque de Yateras (334), Bainoa (340) y Gran Piedra (366) donde son máximas, presentaron valores en la categoría de “Muy frecuente”.

La distribución espacial ([figura 6](#)) mostró zonas de máximo en la llanura Habana – Matanzas, en áreas montañosas del extremo oriental del país y Topes de Collantes. La Isla

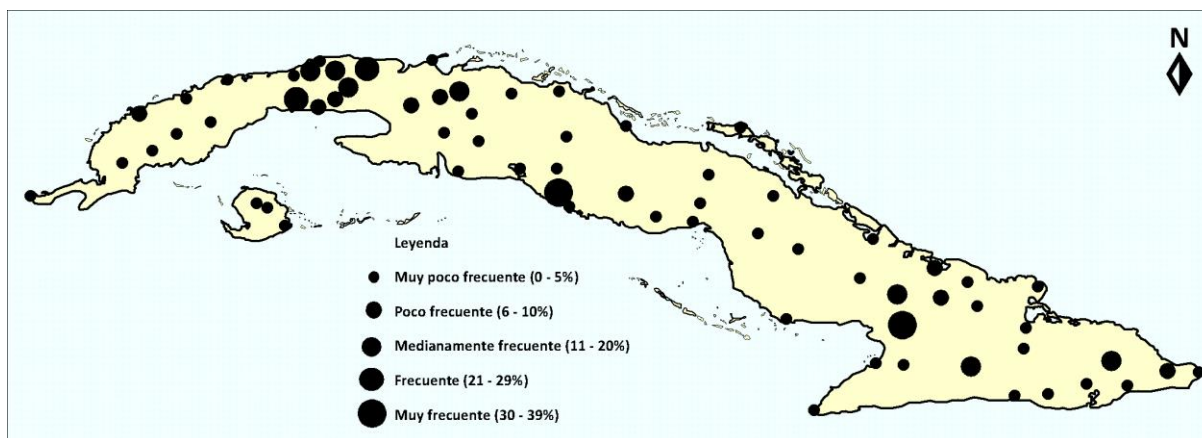


Figura 5. Distribución espacial por rangos de la frecuencia de ocurrencia de observaciones con “neblinas” para Cuba

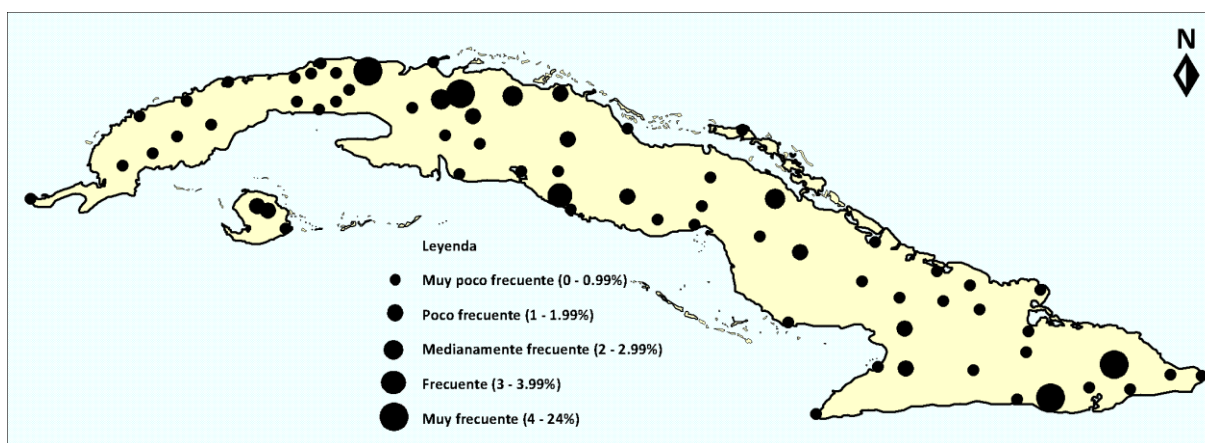


Figura 6. Distribución espacial por rangos de la frecuencia de ocurrencia de observaciones con “nieblas” para Cuba

de la Juventud, aunque en la categoría “poco frecuente”, mostró valores más altos alejados de las costas. Esta distribución al igual que la de las neblinas, también coincide de forma general con la dada por [Álvarez y colaboradores \(2011\)](#) y con respecto a las diferencias entre los valores del mencionado estudio y el actual, el promedio para todas las estaciones es muy cercano a cero. Muestran diferencias significativas al crecimiento las estaciones de Indio Hatuey (329) (que también lo reflejó para las neblinas) y Esmeralda (352) en Camaguey y al decrecimiento las estaciones de Jagüey Grande (331) en Matanzas y Topes de Collantes (342) en Sancti Spiritus.

Las “nieblas y neblinas” en conjunto mostraron para todo el país como promedio una

ocurrencia del 7.7% del total de observaciones. En su distribución espacial ([Figura 7](#)) revelaron áreas de máxima ocurrencia más acentuadas que las que individualmente brindan los dos fenómenos, así se identificaron como áreas de altos valores las provincias de Artemisa y Mayabeque y el sur de la provincia La Habana, Topes de Collantes, la desembocadura del Río Cauto y algunos puntos de las provincias Santiago de Cuba y Guantánamo.

Distribución espacial del número promedio anual de días con “cielos despejados”, “humo”, “brumas”, “neblinas” y “nieblas”

La distribución espacial por rangos del número de días promedio anual de días donde hubo al menos una observación con “cielos

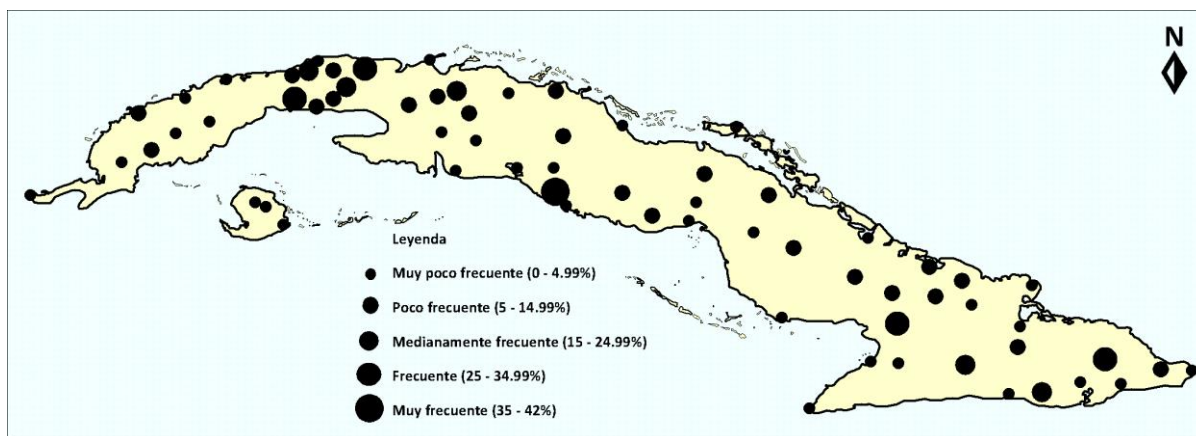


Figura 7. Distribución espacial por rangos de la frecuencia de ocurrencia de observaciones con “nieblas y neblinas” en su conjunto para Cuba

despejados” se mostró en la [figura 8](#). Los valores de días promedio fueron desde 2 días hasta 365 y el 71 por ciento de las estaciones en estudio clasificaron en las categorías de “frecuentes” y “muy frecuentes” por encima de los 330 días al año. La distribución espacial mostró semejanzas con la de frecuencia de ocurrencia de observaciones (ver [figura 3](#)), así Pinar del Río, Ciego de Ávila y Camaguey fueron zonas de máximo, pero se observaron números de días en categorías “frecuentes” y “muy frecuentes” también al norte de Holguín y sur de Guantánamo. En Matanzas las categorías predominantes fueron la “medianamente frecuente” y la “frecuente” (por encima de los 250 días promedio al año) lo que sugiere que aunque las observaciones de “cielos despejados” no ocurren en tantos horarios al día como en otras estaciones, al menos hay una observación al día correspondiente a este tipo de fenómeno. De hecho, la cantidad de estaciones en las categorías de “muy poco frecuente” y “poco frecuente” (por debajo de los 250 días al año), son muy pocas (16% del total de estaciones) y están relacionadas con zonas montañosas como Gran Piedra (366) y Topes de Collantes (342) y valles intramontanos como Palenque de Yateras (334) y Bainoa (340), donde abundan las nieblas y las neblinas, lo que limita las observaciones de “cielos despejados”.

A diferencia de los “cielos despejados”, las brumas presentaron un número promedio anual de días como valor medio para todas las estaciones un poco más bajo, con 271 días al año, sin embargo el 68% de las estaciones clasificaron en la categoría de “Muy frecuente” con 325 días o más al año, con ocurrencia de al menos una observación diaria con el fenómeno. El 22% de las estaciones clasificaron en “Muy poco frecuente” con valores por debajo de los 110 días al año y solo el 10% de las estaciones se catalogaron en los rangos intermedios. Con respecto a su distribución espacial dada en la [figura 9](#), su forma se asemejó mucho a la de la frecuencia de ocurrencia de observaciones (ver [figura 4](#)), con áreas de mínimo al sureste de Pinar del Río y en las provincias de Ciego de Ávila y Camaguey, donde se alcanzó el valor mínimo de 0 días en la estación de Palo Seco (354). La principal diferencia con la frecuencia está en que la mayoría de las estaciones clasifican en el rango de “Muy frecuentes” lo que sugiere que las brumas en muchas localidades pueden tener una observación al día, pero no más, con lo que cuentan como día con bruma, pero su frecuencia de ocurrencia no es tan alta. En la provincia de Matanzas y en la Isla de la Juventud las estaciones presentan promedios por encima de los 325 días al año, en la categoría de “Muy frecuentes” tal y como se conoce de los estudios realizados por [Alfonso \(1980\)](#) y [Alfonso y Florido \(1993\)](#).

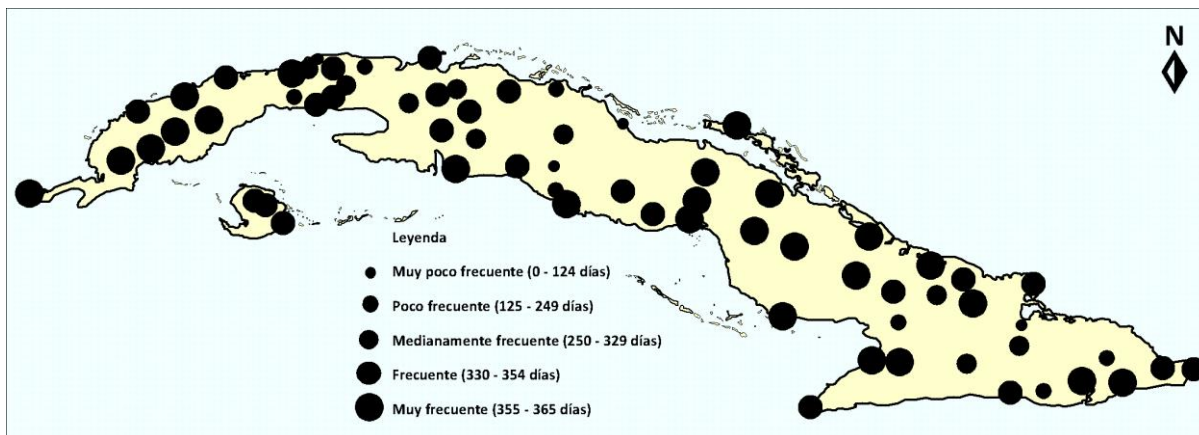


Figura 8. Distribución espacial por rangos de días promedio anual con “cielos despejados” para Cuba

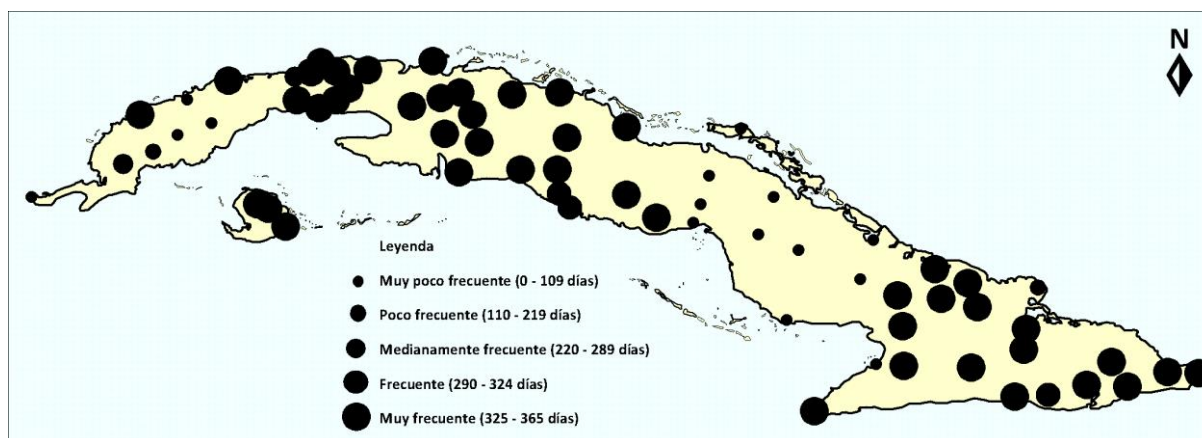


Figura 9. Distribución espacial por rangos de días promedio anual con “brumas” para Cuba

Las neblinas presentaron como promedio para todas las estaciones 120 días promedio anuales con presencia del fenómeno. El 56 % de las estaciones se catalogaron en las categorías de “Muy poco” y “Poco” frecuentes por debajo de los 100 días promedio anual, lo que muestra que con respecto a los “cielos despejados” y las “brumas” es un fenómeno mucho menos frecuente, aunque hay localidades como zonas montañosas o lejos de la costas donde pueden encontrarse valores por encima de los 300 días al año. El máximo absoluto lo tuvo la estación de Jucarito (361) con 351 días al año. La distribución espacial (ver [figura 10](#)) coincide en su forma con la de la frecuencia de ocurrencia de observaciones (ver [figura 5](#)), pero las zonas de máximo

califican en los rangos de “Frecuentes” y “Muy frecuentes”, como es lógico, ya que las “neblinas” por lo general son observadas en pocos horarios del día ([Álvarez-Escudero y Borrajero, 2016b](#)) y estas zonas son el sur de La Habana, Artemisa y Mayabaque, zonas montañosas como Topes de Collantes, La Sierra de los Órganos, La Sierra Maestra, la Sierra Cristal y la Desembocadura del Río Cauto. Estos resultados coinciden con los dados por [Álvarez y colaboradores \(2011\)](#) tanto en áreas de ocurrencia como en valores de número promedio anual de días con “neblinas”. Comparando los valores de este estudio con el anteriormente mencionado el promedio de la diferencia para todas las estaciones es de -3.4 días, lo que implica un crecimiento, aunque la

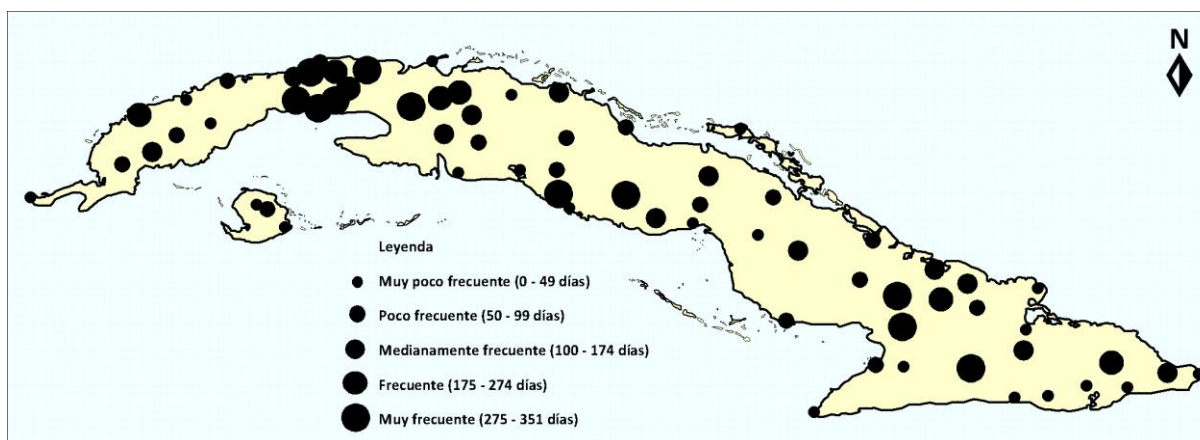


Figura 10. Distribución espacial por rangos de días promedio anual con “nieblas” para Cuba

cantidad de estaciones con diferencias positivas y negativas es bastante pareja. Hay estaciones con diferencias relevantes como Indio Hatuey (329) (ya vista en el caso del por ciento de ocurrencia) donde se constata un crecimiento y Velazco (378) donde la diferencia implica decrecimiento.

Al igual que para los restantes fenómenos la frecuencia de ocurrencia de observaciones con “nieblas” y el número promedio anual de días con “nieblas” se correspondieron en zonas de máximos y mínimos, localizándose los máximos en el interior de La Habana, Artemisa y Mayabeque, interior de Matanzas, cercano a zonas montañosas como la Sierra de los Órganos, La Sierra Maestra, la Sierra de Cristal y Topes de Collantes y la llanura del Río Cauto, zonas cuya orografía y nivel de humedad favorece la formación de nieblas de radiación ([figura 11](#)). Esta distribución se corresponde con la presentada por [Álvarez y colaboradores \(2011\)](#). Como promedio para todo el país se produjeron 21.4 días con nieblas al año y el 66% de las estaciones se agruparon en las categorías de “muy poco frecuente” y “poco frecuente” y solo un 6% en las categorías de “frecuente” y “muy frecuente”. El valor máximo se alcanzó en la estación de Gran Piedra (366) con 227 días promedio anual, seguido de Palenque de Yateras (334) con 175 días. Las estaciones como Bainoa (340) e Indio Hatuey (329) que clasificaban como “muy frecuentes” para la frecuencia de

observaciones, pasaron a la categoría de “frecuentes” en el número de días por poseer menos días con nieblas, pero con más de una observación al día. Para todas las estaciones el promedio de la diferencia entre el estudio dado por Álvarez y colaboradores (2011) y el actual es de -1.1 día, con diferencias relevantes nuevamente para la estación Indio Hatuey (329) y Jagüey Grande (331) donde la diferencia implica decrecimiento. La estación Indio Hatuey (329) en su marcha interanual de frecuencia de ocurrencia de observaciones con nieblas y neblinas ([Álvarez et al., 2014b](#)) presenta un descriptor con desigual comportamiento por secciones, con un crecimiento abrupto en la etapa final a partir del 2005, aunque no se conoce alguna causa que provoque esta conducta.

Las “nieblas” y “neblinas” en su conjunto referidas al número de días promedio anual en que ocurren ([figura 12](#)) aunque tiene similitud con la distribución del por ciento de ocurrencia, presentaron zonas más marcadas en categorías de “frecuente” y “muy frecuente”, así pudieron identificarse zonas de Artemisa, La Habana y Mayabeque, interior de Matanzas, llanura del Río Cauto y zonas altas al sur de las provincias de Santiago de Cuba y Guantánamo. El número promedio de días con “nieblas” y “neblinas” para todas las estaciones fue de 131.4 días y los valores abarcaron desde muy cercanos a cero en la estación de Punta de Maisí (369) hasta de 353 días al año en la estación de Jucarito (361).

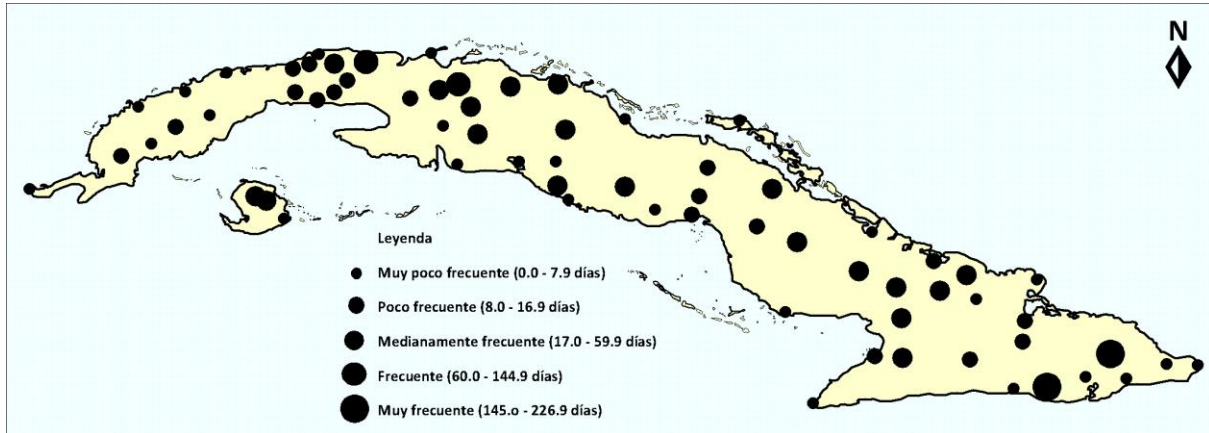


Figura 11. Distribución espacial por rangos de días promedio anual con “nieblas” para Cuba

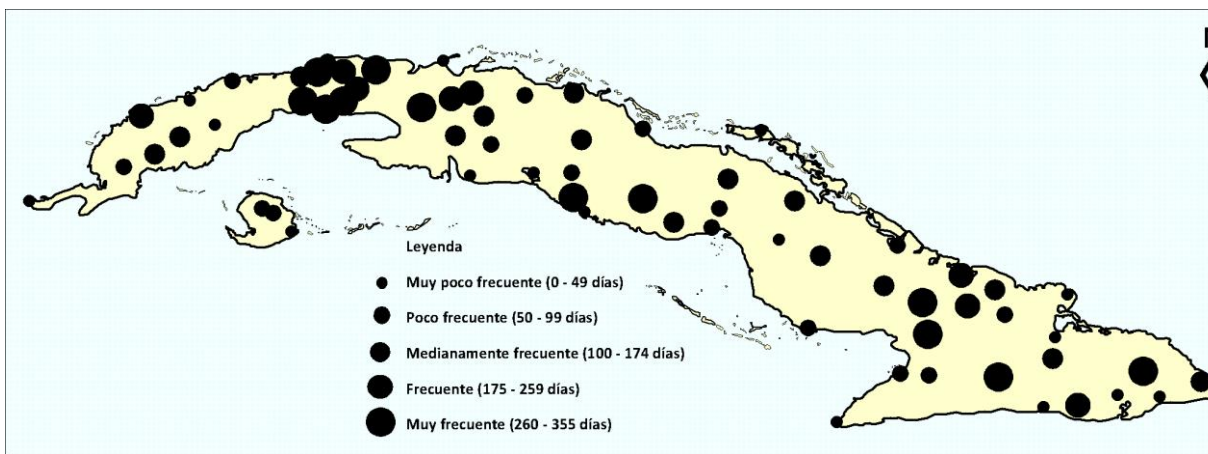


Figura 12. Distribución espacial por rangos del número de días promedio anual con “nieblas y neblinas” en su conjunto para Cuba

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Los fenómenos “cielos despejados” y “brumas” son los de mayor ocurrencia en el territorio cubano y sus zonas de máxima y mínima frecuencia de ocurrencia son contrarias, ya que donde hay máximas para los “cielos despejados” como Pinar del Río, Ciego de Ávila y Camaguey son mínimas para las “brumas”.

Las observaciones con “humo” son solo significativas para la estación de Casablanca en la provincia La Habana, donde hay un máximo absoluto para todo el país y Nuevitas en la provincia de Camaguey, valores estos

asociados al desarrollo industrial en esas regiones.

Las “nieblas” y las “neblinas” son características del interior de las provincias de La Habana, Artemisa y Mayabeque, de lugares montañosos y de la desembocadura del Río Cauto, asociadas a zonas de altos niveles de humedad.

Las distribuciones espaciales del número promedio anual y por ciento de observaciones con determinado fenómeno son similares, cambiando en algunos puntos de categoría de ocurrencia, si existe más de una observación al día con el fenómeno.

Se recomienda extender el periodo de observaciones para lograr información más completa y más representativa de los

parámetros de por ciento de ocurrencia de observaciones y número promedio anual de días con determinados fenómenos.

REFERENCIAS

- 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. & Florido, A. 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*. Tesis presentada en opción del grado de Doctor en Ciencias Meteorológicas, UDICT, Instituto de Meteorología, 149 p.
- Álvarez, L.; Borrajero, I.; Álvarez, R.; Aenlle, L. & Amaro, L. 2006. “Análisis preliminar del comportamiento de fenómenos meteorológicos significativos en el ecosistema costero Sabana – Camagüey”. *Revista Cubana de Meteorología*, 13 (2): 27-41, ISSN: 0864-151X.
- Álvarez, L.; Borrajero, I.; Álvarez, R.; Rivero, I.; Limia, M.; León, A.; Carnesoltas, M.; Guevara, A.; Roque, A.; Aenlle, L.; Fernández, N.; Pérez, M.; Cayón, H.; Iraola, C.; Calnick, A.; Amaro, M & Rojas Y. 2008a. *Distribución espacial de las nieblas en Cuba*. Informe de Resultado Científico Técnico, Proyecto asociado al PRCT de la AMA “Análisis y Pronóstico del Tiempo y el Clima Terrestre y Espacial”, UDICT, Instituto de Meteorología, 167 p.
- Álvarez, L.; Borrajero, I.; Álvarez, R. & Aenlle, L. 2008b. “Análisis preliminar de la variable estado del tiempo presente para cuatro estaciones relacionadas con el desarrollo eólico en Cuba”. *Ecosolar*, 24, Disponible en: <http://www.cubasolar.cu/biblioteca/Ecosolar24/HTML/articulo06.htm>
- Álvarez, L.; Borrajero, I.; Álvarez, R. & Aenlle, L. 2009. “Análisis preliminar de la variable estado del tiempo presente para cuatro estaciones relacionadas con el desarrollo eólico en Cuba”. En: *Memorias de la VI Conferencia Internacional de Energía Renovable, Ahorro de Energía y Educación Energética, CIER 2009*, Palacio de Convenciones de la Habana, Cuba, del 9 al 12 de junio de 2009, pp. 1383 – 1395, publicación electrónica, ISBN 978-959-261-288-4
- Álvarez, L.; Borrajero, I.; Álvarez, R.; Rivero, I.; Carnesoltas, M.; Calnick, A.; Guevara, V.; Limia, M.; León, A. & Rojas, Y. 2011. “Distribución espacial de los fenómenos neblinas y nieblas en Cuba”. *Revista Cubana de Meteorología*, 17(2): 58-67, ISSN: 0864-151X.
- Álvarez, L.; Borrajero, I. & Barcenás, M. 2013. *Análisis de la calidad de las series de registros de código de estado del tiempo presente para series largas de las estaciones meteorológicas de la República de Cuba con información para gestión*. Informe Científico - Técnico, UDICT, Instituto de Meteorología, 95p.
- Álvarez-Escudero, L.; Borrajero, I. & Barcenás, M. 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, ISSN: 0864-151X, <http://www.insmet.cu/contenidos/biblioteca/revistas/2014/n1/1.pdf>.
- Álvarez-Escudero, L.; Borrajero, I. & Barcenás, M. 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, ISSN: 0864-151X, <http://www.insmet.cu/contenidos/biblioteca/revistas/2014/n2/6.pdf>
- Álvarez-Escudero, L. & Borrajero, I. 2016a. “Caracterización de la marcha anual de fenómenos meteorológicos en Cuba, clasificados según el código de tiempo presente”. *Revista Cubana de Meteorología*,

- 22(1): 3-28, ISSN: 0864-151X, <http://www.insmet.cu/contenidos/biblioteca/revistas/2016/n1/01.pdf>
- Álvarez-Escudero, L. & Borrajero, I. 2016b. "Estudio de la marcha diaria de fenómenos meteorológicos clasificados según el código de tiempo presente". *Cienc. Tierra y Esp.*, 17(2): 145-159, ISSN 1729-3790, <http://www.iga.cu/publicaciones/revista/ctye17no2-art3.html>.
- Bergot, T. & Guedalia, D. 1994. "Numerical Forecasting of Radiation Fog. Part I: Numerical Model and Sensitivity Tests. *MWR*, 122(6): 1218–1230.
- Jiménez, J. G. & Zea, J. A. 2005. "Caracterización de la bruma, llovizna y lluvia como fenómenos meteorológicos adversos a la operación bajo reglas de vuelo visual (VFR) en el Aeródromo Germán Olano". *Meteorología Colombiana*, 9: 15-22.
- Lecha, L. B.; Paz, L. R. & Lapinel, B., (eds.) 1994. *El Clima de Cuba*. Editorial Academia, La Habana, 186 p.
- Ledesma, G. 2003. *Meteorología Aplicada a la Aviación*. Thomson Editores Spain Paraninfo S. A., 534 p.
- Payra, S. & Mohan, M. 2014. "Multirule Based Diagnostic Approach for the Fog Predictions Using WRF Modelling Tool". *Advances in Meteorology*, Article ID 456065, 11 pp., <http://dx.doi.org/10.1155/2014/456065>.
- Rojas, P. A. & Villegas, N. L. 2007. "Identificación de fenómenos de tiempo presente causantes de la reducción de capacidad del aeropuerto "El Dorado" (Bogotá, D. C.) durante el 2007". *Meteorología Colombiana*, 11: 12-17.
- Tardif, R. 2004a. "Characterizing fog occurrences in the north-eastern United States using historical data". In: *11th Conference on Aviation, Range and Aerospace Meteorology*, American Meteorological Society, Hyannis, Massachusetts, USA, October 2004. Available: 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". In: *11th Conference on Aviation, Range and Aerospace Meteorology*, American Meteorological Society, Hyannis, Massachusetts, USA, October 2004. Available: http://ams.confex.com/ams/11aram22sls/techprogram/paper_81651.htm.
- Vinzani P. G. & Lamb, P. J. 1985. "Temporal and spatial visibility variations in the Illinois vicinity during 1949-80". *Journal of Climate and Applied Meteorology*, 24: 435-451.
- Wei, J.; Zhu, W.; Liu, D. & Han, X. 2016. "The Temporal and Spatial Distribution of Hazy Days in Cities of Jiangsu Province China and an Analysis of Its Causes". *Advances in Meteorology*, Article ID 6761504, 11 pp., <http://dx.doi.org/10.1155/2016/6761504>
- WMO. 1988. *Manual on codes*. WMO – No. 306, Volume 1, Seccion D, Table 4677.