

# **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**

Lourdes Álvarez-Escudero, Israel Borrajero-Montejo, Rosendo Álvarez-Morales y  
Antonia León-Lee

*Instituto de Meteorología, Loma de Casablanca, Regla, La Habana, Apartado 17032, Habana 17. C.P.  
11700, Cuba. E-mail: [lourdes.alvarez@insmet.cu](mailto:lourdes.alvarez@insmet.cu)*

Recibido: marzo 22, 2011; Aceptado: junio 21, 2011; Versión final recibida: junio 29, 2011

## **RESUMEN**

El objetivo del presente trabajo es analizar la marcha interanual de la frecuencia de ocurrencia de observaciones con nieblas y neblinas en cada una de las estaciones en estudio con información suficiente y evaluar la realización de un análisis de tendencia. La base fundamental de datos utilizada en el presente estudio la constituyen los registros de código de estado de tiempo presente de 67 estaciones a lo largo de todo el país, las cuales fueron sometidas a un chequeo de calidad teniendo en cuenta tanto el largo de las series disponibles como los faltantes de información. Aunque las series de código de estado de tiempo presente puedan presentar un grado importante de completamiento de la información, el estudio de la marcha interanual del por ciento de ocurrencia anual de nieblas o neblinas arroja que las series presentan gran variación interanual por lo que se impone reducir los periodos de estudio para lograr una homogeneidad de la información. Las series de marcha interanual de por ciento de ocurrencia de observaciones con nieblas y neblinas en su mayoría no son homogéneas, observándose lo mismo tendencia al crecimiento que a la disminución y casos de distribución complicada, siendo las segundas más inestables que las de las primeras.

**Palabras clave:** marcha interanual, nieblas, neblinas

## **Study of the inter-annual course of the frequency of occurrence of fogs and mists based on present weather codes**

## **ABSTRACT**

The objective of this work is to analyze the inter-annual course of the frequency of occurrence of observations of fog and mist at each one of the stations under study with enough information and to assess the feasibility of a trend analysis. The main data base used are the records of present weather code at 67 stations all over the country, which were submitted to a quality check taking into account both the length of the series and missing data periods. Though the present weather code series may supply an important degree of completeness of information, the study of the inter-annual course of percent of occurrence of fog and mist show a great inter-annual variation, so it is required to use shorter periods of time to achieve homogeneity of information. The series of inter-annual course of percent of occurrence of observations of fog and mist are mostly non homogeneous, showing increasing and decreasing trends and cases of complicated distribution, where the later are more unstable than the first.

**Key words:** inter-annual course, fog, mist

## INTRODUCCIÓN

La niebla ha sido muy estudiada a nivel mundial desde el punto de vista climático, con diferentes enfoques: climatológico descriptivo (Ward, 1925; Stone, 1936; Haurwitz y Austin, 1944; Stone, 1936; Byers, 1970; Leipper, 1994); puramente teóricos (Hoover, 1950; Eldridge, 1969; Hardwick, 1973; Jansá, 1974; Gorka, 1978; Meyer *et al.*, 1982); aplicados a la recolección de agua (Farías *et al.*, 2001; Osses *et al.*, 2004) o a la operación de aeropuertos (Seliga *et al.*, 2004); vinculados a la contaminación medioambiental y a su efecto sobre los recursos materiales (Watanabe *et al.*, 1999); o propiamente dedicados al pronóstico (Carson y Hardy, 1963; Koziara *et al.*, 1983; Golding, 1993; Bergot y Guedalia, 1994; Guedalia y Bergot 1994; Pfof *et al.*, 1997; Tardif, 2004). En múltiples ocasiones se señalan las limitaciones con la información como rasgo característico de tales estudios, al ser la niebla un fenómeno muy local en la gran mayoría de los casos, por lo que sus distribuciones se dan por rangos de ocurrencia (Robert, 1969; Morales y Ortega, 1994; Ledesma, 2003).

En Cuba las investigaciones en la materia son escasas y muchas veces circunscritas a localidades o regiones específicas (Alfonso, 1980; Álvarez, *et al.*, 1984; Rodríguez, 1988; Peñate y Díaz, 1989; Sosa *et al.*, 1992; Alfonso y Florido, 1993; Entenza, 2006 y 2007).

Sin embargo el estudio de la marcha interanual del fenómeno no es un tópico tratado en la bibliografía con mucha frecuencia y solo se encuentran algunas referencias generales al respecto (Morales y Ortega, 1994; Liping *et al.*, 2006)

El objetivo de este trabajo es analizar la marcha interanual de la frecuencia de ocurrencia de observaciones con nieblas y neblinas en cada una de las estaciones en estudio con información suficiente y evaluar la realización de un análisis de tendencia.

## 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 67 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**

De la anterior figura se constata que la distribución no es uniforme para todo el país, teniendo como parte crítica la zona extremo “este” de la provincia Holguín donde no hay estaciones.

Se entiende como frecuencia (o por ciento) de ocurrencia de observaciones con neblinas o nieblas según sea el caso, al resultado de dividir el número de casos de observaciones asociadas a los mencionados fenómenos entre el número de observaciones válidas (observaciones registradas de tiempo presente cualquiera que sea su código) en determinado periodo. Esta variable para largas series tiene carácter de probabilidad y ayuda a limar en parte las inhomogeneidades causadas por las irregularidades en la calidad de la información.

La calidad de las series de observaciones es también desigual tanto en el largo de las series disponibles como en los faltantes de información, así los por cientos de información útil van desde alrededor del 59% para Jucarito (361) hasta estaciones con casi el 100% como Casablanca (325) y Camagüey (355). La falta de información es tanto debida

a información no asentada por lo que no se pudo captar, como a las mediciones no realizadas, un por ciento importante de las cuales se agrupa en los horarios de las 01:00, 04:00 y 22:00 del meridiano 75°W.

La falta de información influye de forma específica sobre la aplicación en que se vaya a usar, para lo que sería necesario realizar estudios de sensibilidad que serían extremadamente complicados, pero de forma general podrían darse ciertos índices de calidad de la información. Aquí se definirán cuatro que son:

- Calidad en el largo de la serie (ILARGO): dado por el largo de la serie en años y se clasificaría de Excelente (E) para series con 30 años o más, Muy Buena (MB) para series entre 25 y 29 años, Buenas (B) para series entre 15 y 24 años, Regulares (R) para series entre 10 y 14 años y Malas (M) para series con menos de 10 años. Esta clasificación aunque subjetiva está basada en experiencias de trabajos anteriores fundamentalmente referidos a descripciones climáticas y cálculos de tendencia (Álvarez *et al.*, 2006).

- Calidad en la información útil (IU): referido al por ciento de información útil, que estaría dado por restar a la información posible, la no asentada y la no válida expresada en por ciento y se clasificaría como E para series con 90% o más de la información posible, MB para estaciones entre el 85 y el 90% (sin incluir este último), B para estaciones entre el 70 y el 85% (sin incluir este último), R para series entre el 60 y 70% (sin incluir este número) y M para series con menos del 60% de la información. Aquí también el criterio de clasificación está basado en la experiencia de los autores y un poco en el sentido común del significado de este índice.

- Nivel del sesgo mensual (Sm): Expresa cuanto sesgo puede introducir a la distribución de los datos, la falta de registros mensuales. Se calcula a partir de la resta del máximo mensual para todos los años de la serie correspondiente a una estación menos el mínimo dividido entre la longitud de la serie, este índice crece a medida que el sesgo es mayor. Ya que para este índice no hay ningún criterio subjetivo para su calificación en intervalos se procedió a fijar 5 intervalos regulares producto de dividir por 5 la diferencia entre el máximo obtenido y el mínimo.

- Nivel del sesgo horario (Sh): Expresa cuanto sesgo puede introducir a la distribución de los datos la falta de registros horarios. La forma de calcularse es similar a la mensual, pero usando los totales horarios por estación. Este índice es importante porque muchas estaciones no han realizado observaciones de noche y madrugada por largos periodos de tiempo. Para su calificación también se fijaron 5 intervalos regulares.

Como no se cuenta con un criterio para dar más peso a un índice que a otro y esto en todo caso dependería de la aplicación específica para la que quieren usarse, se definió un índice de calidad general (ICALI) dando valores entre 5 y 1 a las 5 categorías definidas para los calificadores (E, MB, B, R, M), sumando lo obtenido por cada índice individual, dividiendo entre 4 y volviendo a calificar con el mismo criterio.

El análisis a partir de estos índices arroja que hay 3 estaciones calificadas como E (4,5% del total de estaciones), 19 como MB (28%), 36 como B (50%), 9 como R (13%) y ninguna como M, cada una con sus peculiaridades en la combinación de índices. Para el presente estudio se trabajó con todas las estaciones tomando los periodos en que las series de frecuencia de ocurrencia podían considerarse homogéneas con respecto al completamiento de la información y libres del sesgo que introduce la falta de esta.

Los registros captados y validados de código de estado de tiempo presente (WW) se agrupan en la Base de Datos THOR implementada en MS-ACCESS y creada con los registros actualizados hasta el 2002 como resultado del proyecto "Localización Espacial de las Tormentas Eléctricas en Cuba y su Tendencia" (Álvarez *et al.*, 2005) y que en este caso se ampliaron sus registros con los datos del periodo 2003 – 2005 y con la información de 4 nuevas estaciones.

Para el análisis de homogeneidad de las series se realizaron los siguientes pasos:

a) se graficó su comportamiento y se resumió un descriptor de su comportamiento de la siguiente forma:

- Alto - bajo - medio o similares: se refiere a que el gráfico muestra un cierto carácter oscilatorio para grupos de años.
- fluctuante: se refiere a que los valores en el gráfico oscilan alrededor de un valor medio.
- abrupta: se refiere a un cambio brusco en la serie a partir de un año dado
- abrupta pronunciada: lo mismo que la anterior pero el cambio es más visible.
- creciente (decreciente) en escalera: los valores tienden a ser mayores (menores) de año en año de forma progresiva.
- creciente (decreciente) en escalera pronunciada: lo mismo que el anterior pero el cambio es más visible.
- creciente (decreciente): los valores tienden a ser mayores (menores) de año en año, pero no de forma progresiva, sino general.
- esporádicos: la serie presenta valores distintos de cero en años salteados y escasos (menos del 50%) dentro de la serie.
- combinaciones de estos descriptores: describen el comportamiento del gráfico por tramos, por ejemplo "fluctuante - creciente" describe un gráfico que en su primer tramo los valores oscilan sobre la media y después son mayores de año en año de forma general.

b) Se calculó el estadígrafo de Wald-Wolfowitz para determinar correlación interna.

c) Se calculó el estadígrafo de Spearman y el de Mann-Kendall para determinar su tendencia global.

d) Para ayudar a tomar una conclusión, principalmente si había contradicción entre las dos pruebas anteriores se realizaba la prueba global de Fisher. El cálculo de los estadígrafos se hizo según Sneyers (1990).

e) Allí donde las series no son homogéneas se realiza un análisis de punto de cambio, siempre que las series directa y retrógrada de Mann solo presenten un corte o cortes muy cercanos y la prueba de Pettitt dé un punto significativo cercano al valor de la prueba de Mann Kendall. Cuando hay varios cortes el análisis de puntos de cambio suele ser muy complejo y las series deben dividirse en varios tramos, cuestión esta que no es posible porque las series no son lo suficientemente largas. En cualquier caso siempre se refiere el año donde se alcanza el punto extremo del estadígrafo de Pettitt.

Según el análisis se concluye el carácter de las series temporales como:

- serie homogénea (representado por “0”)
- serie decreciente significativa (10% de significación) (representado por “-1”)
- serie decreciente altamente significativa (5% de significación) (representado por “-2”)
- serie creciente significativa (10% de significación) (representado por “+1”)
- serie creciente altamente significativa (5% de significación) (representado por “+2”)
- Los datos no eran suficientes o muy contradictorios para arribar a una conclusión (no se asigna valor a la representación).

El análisis de homogeneidad de la serie se hará allí donde sea oportuno según la calidad de la misma y la descripción de su marcha interanual.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el presente acápite se analizará la marcha interanual de la frecuencia de ocurrencia de los fenómenos nieblas (códigos 11, 12, 28 y del 40 al 49 de tiempo presente) y neblinas (código 10 de tiempo presente) (WMO, 1988) por separado debido a las diferencias en su ocurrencia, distribución y naturaleza. Para el estudio se referirá una tabla resumen que contiene el identificador de la estación, el largo de la serie en años, el valor máximo y mínimo de la serie, el número de valores iguales a cero que posee, el descriptor de la serie (según se definió en el acápite anterior), si se amerita su realización el análisis de tendencia siguiendo la metodología y convenios explicados anteriormente y el periodo recomendado para el trabajo allí donde se requiera homogeneidad de la serie. Además se expone un índice de calificación de las series según el número de años en que pueden considerarse homogéneas (IHO), de la misma forma en que se definió el índice ILARGO.

### Nieblas

El estudio de la marcha interanual para el fenómeno niebla se resume en la **Tabla I** (ver en pág. 40)

De la **Tabla I** se observa que no todas las series presentan un comportamiento homogéneo, así de las 67 series en estudio 11 presentan un descriptor de “Fluctuante” (ver ejemplo en la **Fig. 2**), 9 son calificadas de “esporádicos” (ver ejemplo en la **Fig. 3**), 18 como “abrupta pronunciada (decreciente)” (ver ejemplo en la **Fig.4**), 2 como “decreciente en escalera” (ver ejemplo en la **Fig. 5**), 22 con comportamiento diferente por secciones como las “alto – medio - bajo” o similares (ver ejemplo en la **Fig. 6**) y 5 donde el descriptor no es muy preciso por ser series muy cortas o en varias etapas.

Las series regulares son en general homogéneas o no puede arribarse a conclusiones sobre la tendencia por contradicción entre los estadígrafos de Walt-Wolfowitz que no es significativo, con lo que no se verifica la persistencia corta y el de Spearman o Mann-Kendall que puede ser o no significativo (generalmente se verifica homogeneidad). Estas series no presentan diferencias marcadas de frecuencia entre grupos de años por lo que pueden ser tomadas en su totalidad. Con respecto a su distribución espacial no presentan generalización alguna.

Las series esporádicas presentan gran número de ceros por lo que no se amerita un análisis de tendencia, pueden ser tomadas en su totalidad para posteriores análisis y desde el punto de vista de distribución espacial, suelen ser estaciones costeras. Debe hacerse notar que estaciones con carácter costero calificadas como abruptas pronunciadas decrecientes por presentar valores inusualmente altos al principio de la serie, una vez eliminados estos periodos pueden comportarse también como “esporádicos”, lo que muestra que las costas son zonas de baja frecuencia de ocurrencia de nieblas. Un ejemplo de esto lo recogemos en la **Fig. 7** con la estación Nuevitas (353) donde se observa un carácter esporádico después de 1981.

Las series “abruptas pronunciadas decrecientes” presentan un comportamiento difícil de explicar, pues no existen evidencias que justifiquen tal comportamiento, que podrían ser el cambio del lugar de la estación, cambios en el entorno de la estación (como el caso de la estación de Paso Real de san Diego (317) con la construcción de la presa “Juventud” en 1973), cambios en los métodos de observación u otros cambios naturales propios del lugar. En su gran

mayoría estas series presentan tendencia decreciente altamente significativa con un punto de cambio asociado que permite la posterior determinación de su periodo homogéneo recomendado, el punto de cambio se especifica entre paréntesis debajo del carácter de la tendencia. Con respecto a su distribución espacial no hay regularidad lo que sugiere que el cambio no es una generalidad a nivel del país o zona del mismo.

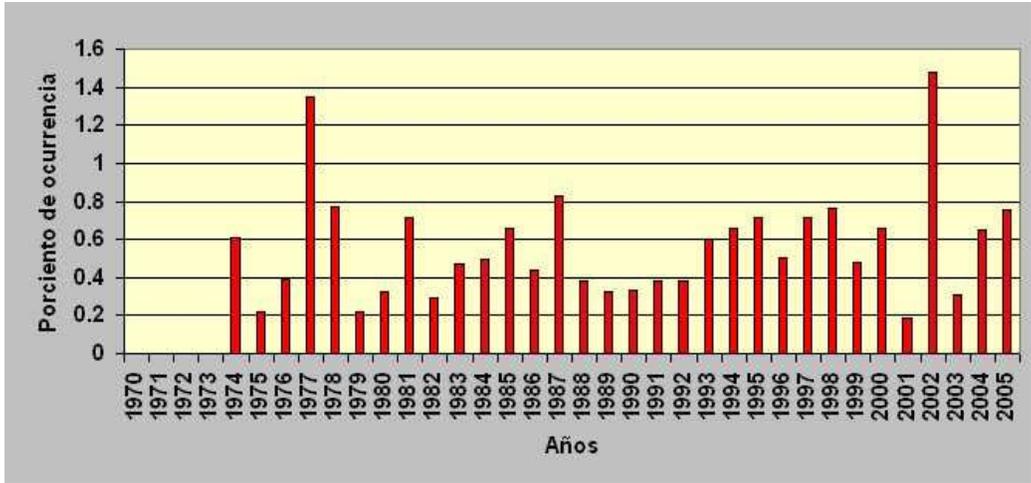


Fig. 2. Marcha interanual del por ciento de ocurrencia de nieblas para la estación Melena del Sur (375) calificada con el descriptor “Fluctuante”

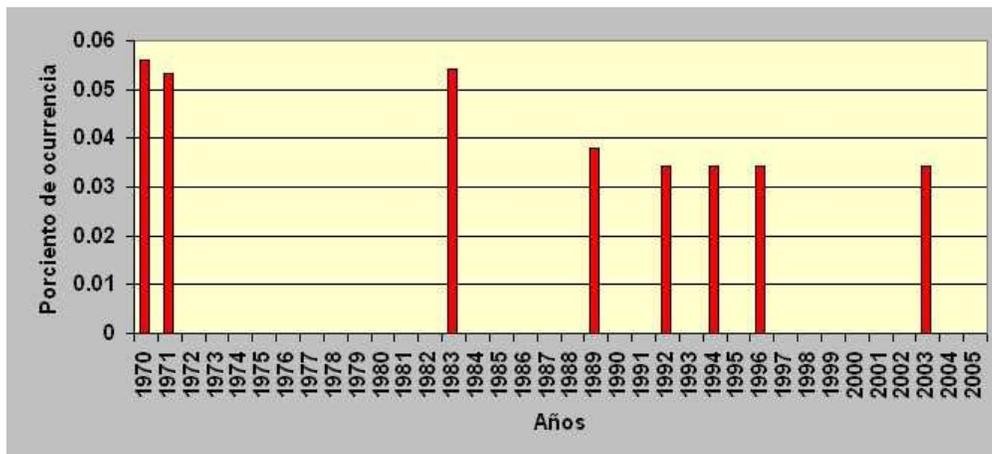


Fig. 3. Marcha interanual del por ciento de ocurrencia de nieblas para la estación Santiago de Cuba (364) calificada con el descriptor “esporádicos”

Las series de las estaciones Isabel Rubio (313) y Santiago de las Vegas (373) son las únicas que presentan un comportamiento “decreciente en escalera” lo que da idea de un decrecimiento natural. Ambas presentan tendencia decreciente altamente significativa con punto de cambio definido. En este caso el periodo recomendado se escoge por análisis visual de la serie porque no siempre los puntos de cambio son buenos indicadores.

Las series con comportamiento diferente por secciones son la mayoría y presentan por lo general o tendencia decreciente o creciente altamente significativa o son homogéneas y en menos casos no puede arribarse a conclusiones. Muchas veces el análisis de tendencia es enmascarado por el carácter irregular de estas distribuciones, así un carácter oscilatorio con diferentes longitudes de onda, en cierta proporción podría provocar que un “alto – bajo – medio” fuera decreciente altamente significativo. Por esta razón el análisis visual es la mejor arma para determinar los periodos recomendados en estos casos. Este tipo tampoco presenta ninguna regularidad espacial.

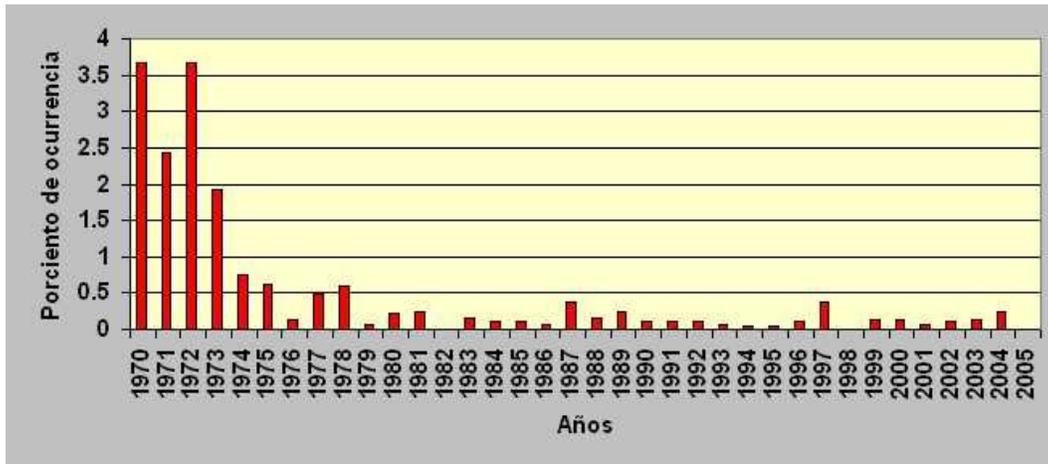


Fig. 4. Marcha interanual del porcentaje de ocurrencia de nieblas para la estación Paso Real de San Diego (317) calificada con el descriptor “abrupta pronunciada decreciente”

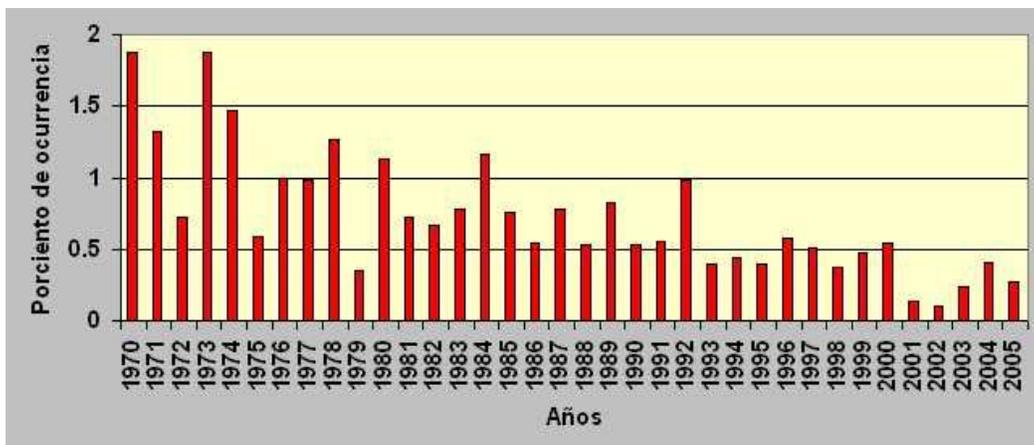


Fig. 5. Marcha interanual del porcentaje de ocurrencia de nieblas para la estación Isabel Rubio (313) calificada con el descriptor “decreciente en escalera”

En la **Tabla I** se observan las series recomendadas que suelen ser continuas y terminar en el 2005, constituyen excepción dos estaciones que las series tienen dos periodos. Esto ocurre con la estación de Sancti Spiritus (349) donde el periodo 1994 – 1998 era inusualmente de altas frecuencias por lo que se eliminó, pero el resto de la serie poseía un comportamiento normal y la serie de Manzanillo (359) donde se eliminó el año 1987 por presentar puntualmente un valor 5 veces mayor que el máximo de los restantes.

Si se califica de la misma forma que se calificó el índice ILARGO para el número total de años de la serie, para el número de años que abarca el periodo recomendado de cada estación se obtiene lo representado en la **Tabla II** (ver en pág. 42). Aquí se observa que estaciones Excelentes como Casablanca (325) o Camagüey (355) por lo completo de su información, bajan sus calificadores a Buena y Muy Buena respectivamente debido a la falta de homogeneidad de la serie y por el contrario la estación Las Tunas (357) calificada como Buena por el completamiento de su información sube a Excelente porque su serie puede considerarse homogénea en su totalidad y ser una serie larga.

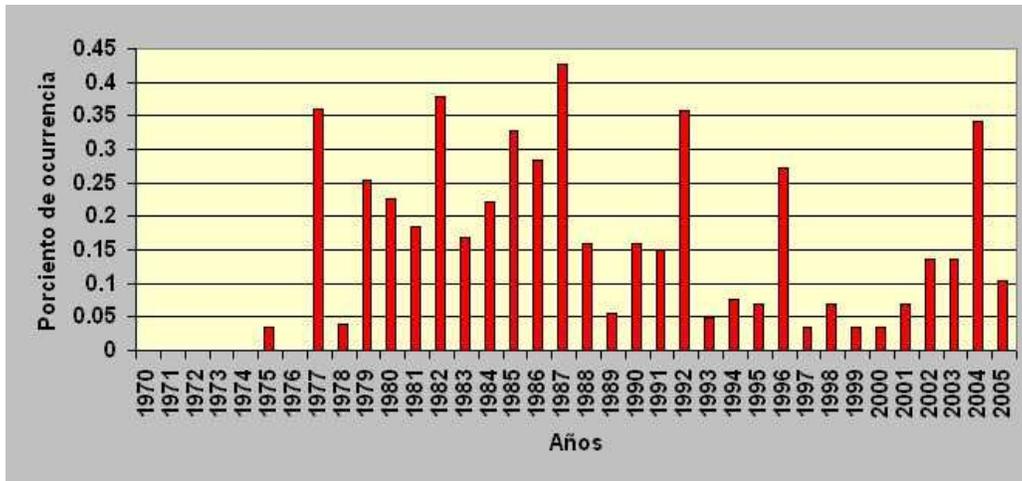


Fig. 6. Marcha interanual del por ciento de ocurrencia de nieblas para la estación Cienfuegos (344) calificada con el descriptor “alto – bajo - medio”

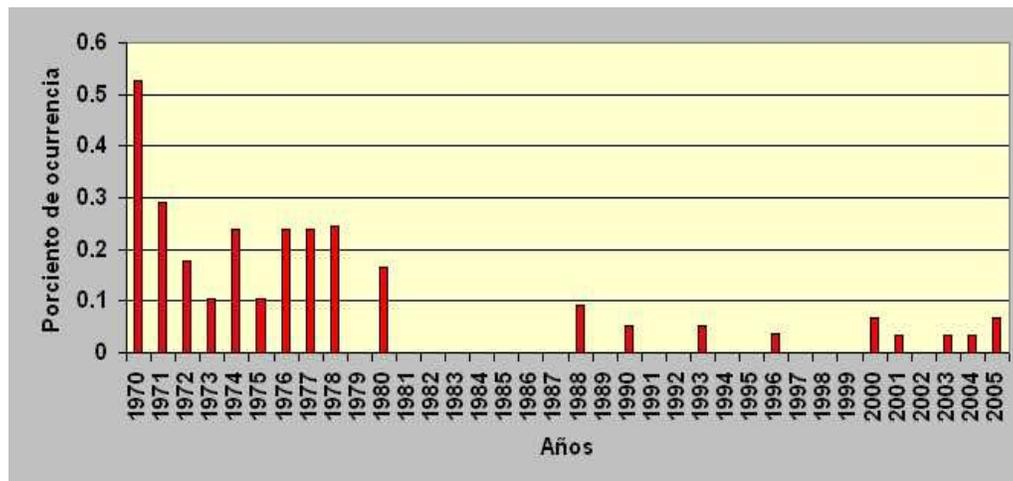


Fig. 7. Marcha interanual del por ciento de ocurrencia de nieblas para la estación Nuevitas (353) calificada con el descriptor “abrupta pronunciada (decreciente)”. Se observa un carácter esporádico después de 1981

De lo visto se observa que en general las marchas interanuales del por ciento de ocurrencia de observaciones con nieblas dadas por el código de estado de tiempo presente muestran diferentes comportamientos en su distribución y muchas de sus disposiciones muestran inhomogeneidades de las series, por lo que se recomienda escoger los periodos en que las series sean lo más homogéneas posible para su aplicación a otros estudios. En un número importante de series se observa un decrecimiento del fenómeno, aunque no exista una explicación aceptable para este tipo de comportamiento.

### Neblinas

Las neblinas además de poseer mayores por cientos de ocurrencia que las nieblas para casi todas las estaciones en estudio, presentan una variación interanual mucho más marcada. Se identificaron 6 tipos de descriptores que son: “Fluctuantes” con 3 series, “Abrupta pronunciada decreciente” con 19 series, “Abrupta pronunciada creciente” con 15 series, “Decreciente en escalera pronunciada” con 5 series, “con comportamiento diferente por secciones” con 17 series, “Esporádicos” con 3 series y 5 series muy cortas para su análisis. Los detalles para cada serie pueden observarse en la **Tabla III** (ver en pág. 43).

Las series “Fluctuantes” no son nada abundantes y todas son homogéneas según los estadígrafos de tendencia.

Las series “Abrupta pronunciada decreciente” tienen tendencia decreciente altamente significativa, con la excepción de un caso decreciente significativa y 4 homogéneas.

Las series “Abrupta pronunciada creciente” muestran en su mayoría tendencia creciente altamente significativa y solo 4 casos muestran carácter homogéneo.

Las series “con comportamiento diferente por secciones” aunque más de la mitad son homogéneas presentan series con carácter creciente y decreciente significativo y altamente significativo e inclusive en un caso no puede arribarse a conclusiones por contradicción entre estadígrafos.

Para las neblinas aparece el descriptor “decreciente en escalera pronunciada” donde el carácter de la tendencia siempre es decreciente altamente significativo.

En ninguno de los casos descritos se observa que haya agrupamientos espaciales, tal vez con la excepción de parte de la provincia de Ciego de Ávila y Camagüey donde todas las series son decrecientes tanto en escalera como abruptas pronunciadas.

Las series “esporádicos” son pocas y aquí no están representadas por estaciones costeras en general.

A semejanza del tratamiento para las nieblas en el caso de las neblinas la calidad de las series de por ciento de ocurrencia anual de observaciones para los periodos recomendados donde se consideran homogéneas se resume en la **Tabla IV** (ver en pág. 45). Aquí se observa que la calidad de las series para las neblinas disminuye con respecto a las nieblas y para lograr homogeneidad en la información se necesitan series más cortas, así muchas estaciones bajan sus estatus de excelentes y muy buenas a regulares y malas y el 40 % del total se agrupan en estas dos últimas calificaciones.

En resumen podría decirse que aunque las series de código de estado de tiempo presente puedan presentar un grado importante de completamiento de la información, el estudio de la marcha interanual del por ciento de ocurrencia anual de nieblas o neblinas arroja que las series presentan gran variación interanual por lo que se impone reducir los periodos de estudio para lograr una homogeneidad de la información. Las series de neblinas son más inestables que las de las nieblas por los que sus periodos aprovechables son más cortos y además presentan tanto tendencias al crecimiento como a la disminución a diferencia de nieblas donde la mayoría de los casos tienen cierta tendencia al decrecimiento de los por cientos de ocurrencia. Se recomienda el uso de estas series reducidas tanto en el caso de las nieblas como los de las neblinas para estudios de marcha anual, diaria y distribución espacial.

## CONCLUSIONES

Las series de marcha interanual de por ciento de ocurrencia de observaciones con nieblas y neblinas en su mayoría no son homogéneas, observándose lo mismo tendencia al crecimiento que a la disminución y casos de distribución complicada.

De las 67 series en estudio para el fenómeno niebla, 11 presentan un descriptor de “Fluctuante”, 9 son calificadas de “esporádicos”, 18 como “abrupta pronunciada (decreciente)”, 2 como “decreciente en escalera”, 22 con comportamiento diferente por secciones como las “alto – medio - bajo” o similares y 5 donde el descriptor no es muy preciso por ser series muy cortas o en varias etapas.

En un número importante de series se observa un decrecimiento del fenómeno niebla, aunque no exista una explicación aceptable para este tipo de comportamiento.

La calidad de las series para las neblinas disminuye con respecto a las nieblas y para lograr homogeneidad en la información se necesitan series más cortas.

Se recomienda escoger los periodos en que las series sean lo más homogéneas posible para su aplicación a otros estudios.

## REFERENCIAS

- Alfonso, A. P. (1980):** Descripción preliminar de las condiciones meteorológicas en la Isla de la Juventud. Instituto de Meteorología, No. 134, [Informe Científico - Técnico], 25 p.
- Alfonso, A. P. y A. Florido (1993):** El clima de Matanzas. Editorial Academia, La Habana, 113 p.
- Álvarez, R., R. Vega y C. López (1984):** Humedad relativa, déficit de saturación y valores pequeños de la rapidez del viento en la formación de smogs en la Ciudad de la Habana. Ciencias de la Tierra y el Espacio, 9: 137 - 147.
- Álvarez, L., I. Borrajero, R. Álvarez, L. Aenlle, C. Iraola y N. Fernández (2005):** Estudio de la localización espacial de las tormentas eléctricas en Cuba y su tendencia. UDICT, Instituto de Meteorología, [Informe de Resultado Científico Técnico], 90 p.

- , ----- y ----- (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.
- Bergot, T. y D. Guedalia (1994):** Numerical Forecasting of Radiation Fog. Part I: Numerical Model and Sensitivity Tests. *MWR*, 122(6): 1218–1230.
- Byers, H. R. (1970):** General Climatology. Editorial Ciencia y Técnica. Instituto del Libro, La Habana, 540 p.
- Carson, R. B. y R. C. Hardy (1963):** On the Forecasting of Winter Fog: A Geographic Approach. *Journal of Applied Meteorology*, 2(3): 351–357.
- Eldridge, R. G. (1969):** Mist - The Transition from Haze to Fog. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 50(6): 422-426.
- Entenza, L. (2006):** Estudio sobre la ocurrencia de niebla en el Aeropuerto Internacional “José Martí”. UDICT, Instituto de Meteorología, T 41-06, [Tesis de maestría], 74 p.
- (2007): Estudio sobre la ocurrencia de niebla en el Aeropuerto Internacional José Martí. En: IV Congreso Cubano de Meteorología [Memorias], La Habana, del 4 al 8 de diciembre del 2007, ISBN: 978-959-7167-12-9
- Fariás, M., M. Lagos, P. Cereceda, H. Larrain, P. Osses, R. Pinto y R. Nuñez (2001):** Metodología para el análisis del comportamiento espacio temporal de nubes estratocumulos mediante percepción remota con énfasis en su penetración en el desierto costero de Tarapacá. Resultado parcial de la Investigación “La importancia de la niebla y la lluvia en ecosistemas de oasis de niebla en el desierto costero de Tarapacá con especial énfasis en la vegetación y en la tomo fauna” [en línea] FONDECYT, 1010801 – año 2001, Disponible en: <http://www.geo.puc.cl/observatorio/cereceda/C76.pdf>
- Guedalia, D. y T. Bergot. (1994):** Numerical Forecasting of Radiation Fog. Part II: A Comparison of Model Simulation with Several Observed Fog Events. *MWR* 122(6): 1231–1246.
- Golding, B. W. (1993):** A Study of the Influence of Terrain on Fog Development. *MWR*, 121(9): 2529–2541.
- Hardwick, W. C. (1973):** Monthly Fog Frequency in the Continental United States. *MWR*, 101(10): 763–766.
- Haurwitz, B. y Austin J. M. (1944):** *Climatology*. Mc Graw-Hill Book Co. Inc., New York, 410 pp.
- Hoover, R. A. (1950):** Forecasting Radiation Fog at Elkins, WV. *MWR*, 78(5): 75–80.
- Jansá, Guardiola J. M. (1974):** Curso de Climatología. Instituto Cubano del Libro, La Habana, 445 p.
- Koziara, M. C., R. J. Renard y W. J. Thompson (1983):** Estimating Marine Fog Probability Using a Model Output Statistics Scheme. *MWR*, 111(12): 2333–2340.
- Ledesma, G. (2003):** Meteorología Aplicada a la Aviación. Thomson Editores Spain Paraninfo S. A., 534 p.
- Leipper, D. F. (1994):** Fog on the U.S West Coast: A Review. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 75(2): 229–240.
- Liping, W., Ch. Shaoyong, D. Anxiang y S. Lianchun (2006):** Spatiotemporal distribution characteristics of the fog regions in China. *Journal of Geographical Sciences*, 16(3): 346-354
- Meyer, M. B., G. G. Lala y J. E. Jiusto (1982):** FOG-82: A Cooperative Field Study of Radiation Fog. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 67(7): 825–832.
- Morales, C. y M. T. Ortega (1994):** Aproximación al estudio de las nieblas en el valle medio del Duero. Departamento de Geografía de la Universidad de Valladolid [en línea]. Disponible en: <http://descargas.cervantesvirtual.com/servlet/SirveObras/12482318682354844198846/catalogo12/02%20inve.pdf>
- Osses, P., P. Cereceda y R. S. Schemenauer (2004):** Metodología de análisis del comportamiento de las nieblas en Chile, Perú, República Dominicana y Nepal. Tercera Conferencia Internacional en Niebla, Recolección de Agua Niebla y Rocío [en línea]. Disponible en: <http://www.geo.puc.cl/observatorio/cereceda/C77.pdf>
- Peñate, A. y X. Díaz (1989):** “Las nieblas”. Guía de pronósticos del tiempo, Dpto. de Pronósticos, INSMET, ACC 24 p.
- Pfost, R. L., J. M. Medlin y G. A. Johnson (1997):** Fog Forecasting for the Southern Region: A Conceptual Model Approach. *Weather and Forecasting*, 12(3): 545–556.
- Robert, L. P. (1969):** Heavy-fog regions in the conterminous United States. *MWR*, 97(2): 116 – 123.
- Rodríguez, O. (1988):** Estudio de las nieblas en la Ciudad de la Habana. UDICT, Instituto de Meteorología, T 54-90 [ Trabajo de Diploma] 12 p.
- Seliga, T. A., D. A. Hazen y S. Burnley (2004):** Homogeneity properties of runway visibility in fog at Chicago O’Hare International Airport (ORD). 11th Conference on Aviation, Range, and Aerospace Meteorology, American Meteorological Society, [en línea], Hyannis, MA, 3-8 October 2004. Disponible en: <http://ams.confex.com/ams/pdfpapers/81575.pdf>
- Sneyers, R. (1990):** On the statistical analysis of series of observations. Technical Note No. 143, WMO-No. 415, 192 p.
- Sosa, M., O. Rodríguez y R. Hernández (1992):** Las nieblas en las Provincias Habaneras. *Revista Cubana de Meteorología*, 5(2): 28 – 34.

**Stone, R. G. (1936):** Fog in the United States and Adjacent Regions. The Geographical Review, 26(1): 111-134.

**Tardif, R. (2004):** Characterizing fog occurrences in the north-eastern United States using historical data. 11th Conference on Aviation, Range and Aerospace Meteorology, American Meteorological Society, [en línea], Hyannis, Massachusetts, USA, October 2004. Disponible en: [http://ams.confex.com/ams/11aram22sls/techprogram/paper\\_81650.htm](http://ams.confex.com/ams/11aram22sls/techprogram/paper_81650.htm).

**Ward, R. D. (1925):** The Climates of the United States, Ginn and Co., Boston, 528 p.

**Watanabe, K., Y. Ishizaka y C. Takenaka (1999):** Chemical composition of fog water near the Summit of Mt Norikura in Japan. Journal of the Meteorological Society of Japan, 77(5): 997 - 1006.

**WMO (1988):** Manual on codes. WMO – No. 306, Volume 1, Sección D, Table 4677.

**Tabla I. Resumen del análisis de la marcha interanual de la frecuencia de ocurrencia de las nieblas para cada una de las estaciones en estudio**

Número de la estación	Largo	Máximo	Mínimo	Ceros	Descripción	Tendencia	Periodo recomendado	
							Comienzo	Final
309	3	1.27	0.62	0	Serie muy corta, pero abrupta pronunciada (decreciente)	No	2003	2005
310	36	1.65	0.00	13	Abrupta pronunciada (decreciente)	-2 (1976)	1976	2005
312	25	0.18	0.00	18	Esporádicos	No	1981	2005
313	36	1.88	0.10	0	Decreciente en escalera	-2 (1990)	1990	2005
314	36	1.13	0.10	0	Abrupta pronunciada (decreciente)	-	1976	2005
315	28	1.48	0.10	0	Abrupta pronunciada (decreciente)	-2 (1988)	1988	2005
316	35	19.25	0.00	24	Esporádicos	-2 (1974)	1975	2005
317	36	3.67	0.00	3	Abrupta pronunciada (decreciente)	-2 (1975)	1975	2005
318	29	0.12	0.00	22	Esporádicos	No	1977	2005
319	1	0.04	0.04	0	Solo un año	No	2005	2005
320	36	1.97	0.11	0	Alto – bajo - medio	-2 (1987)	1980	2005
321	36	3.46	0.45	0	Bajo – alto - bajo	0	1993	2005
322	20	1.31	0.16	0	Alto –bajo - medio	-	1993	2005
323	35	10.44	0.14	0	Abrupta pronunciada (decreciente)	-2 (1977)	1976	2005
324	35	0.18	0.00	24	Esporádicos	No	1971	2005
325	34	0.44	0.00	4	Abrupta pronunciada (decreciente)	-2 (1983)	1987	2005
326	26	5.73	1.16	0	Fluctuante	-	1981	2005
327	29	0.92	0.17	0	Fluctuante	-	1977	2005
328	3	0.14	0.10	0	Serie muy corta, pero regular	No	2003	2005
329	36	10.03	1.55	0	Abrupta pronunciada (decreciente)	-2 (1971)	1973	2005
330	36	5.68	1.13	0	Abrupta pronunciada (decreciente)	0	1975	2005
331	28	2.87	0.47	0	Bajo – alto – medio	-	1980	2005
332	31	2.97	0.41	0	Bajo – alto - medio	0	1983	2005
333	36	0.50	0.00	1	Fluctuante	0	1970	2005

334	12	20.42	6.23	0	Dos periodos (medio, alto)	No	2003	2005
335	31	11.73	0.38	0	Medio – alto – bajo	0	1982	2005
337	36	3.31	0.00	3	Medio – alto – bajo	-2 (2000)	1990	2005
338	36	1.91	0.03	0	Fluctuante	0	1970	2005
339	16	0.41	0.00	2	Esporádico	No	1990	2005
340	27	8.03	2.88	0	Abrupta pronunciada (decreciente)	-2 (1983)	1985	2005
341	29	1.09	0.06	0	Abrupta pronunciada (decreciente)	-2 (1989)	1982	2005
342	36	16.58	0.71	0	Alto – bajo – medio	-1 (1977)	1974	2005
343	29	12.53	0.62	0	Abrupta pronunciada (decreciente)	-	1980	2005
344	31	0.43	0.00	1	Alto – bajo – medio	-	1975	2005
345	36	9.14	0.14	0	Abrupta pronunciada (decreciente)	-	1971	2005
346	29	1.21	0.07	0	Fluctuante	-	1977	2005
347	29	1.58	0.19	0	Bajo – alto – bajo	0	1977	2005
348	36	1.51	0.00	4	Bajo – alto – medio	+2 (1983)	1988	2005
349	36	4.11	0.32	0	Medio – alto – medio	+2 (1986)	1975 1999	1993 2005
350	36	0.98	0.09	0	Alto – bajo – alto	-	1970	2005
351	36	0.65	0.00	1	Fluctuante (desde 1986)	0	1986	2005
352	36	4.00	0.27	0	Alto – bajo – medio	-2 (1993)	1973	2005
353	36	0.53	0.00	17	Abrupta pronunciada (decreciente)	-2 (1973)	1981	2005
354	30	3.44	0.85	0	Abrupta pronunciada (decreciente)	-2 (1982)	1981	2005
355	36	2.30	0.44	0	Alto – bajo - medio	-2 (1981)	1979	2005
357	31	1.75	0.16	0	Alto – bajo – medio	0	1975	2005
358	31	1.00	0.17	0	Alto – bajo - alto	-	1975	2005
359	31	5.34	0.10	0	Bajo – alto – bajo	-	1975 1988	1986 2005
360	36	1.74	0.00	16	Abrupta pronunciada (decreciente)	-2 (1983)	1973	2005
361	30	2.14	0.00	1	Medio – bajo – alto	0	1976	2005
362	31	2.14	0.27	0	Fluctuante	-	1975	2005
363	29	4.44	0.24	0	Abrupta pronunciada (decreciente)	-2 (1993)	1987	2005
364	36	0.06	0.00	28	Esporádicos	No	1970	2005
365	36	0.17	0.00	22	Esporádicos	No	1972	2005
366	36	26.08	13.60	0	Fluctuante	-	1970	2005
367	13	0.85	0.14	0	Abrupta pronunciada (decreciente)	-	1995	2005
368	24	0.24	0.00	10	Esporádicos	No	1980	2005
369	36	0.20	0.00	32	Esporádicos	No	1970	2005
370	31	0.95	0.11	0	Fluctuante	-	1975	2005
371	31	1.51	0.09	0	Fluctuante	-	1975	2005
372	15	0.76	0.14	0	Alto – medio – bajo	-	1979	2005
373	36	4.08	0.27	0	Decreciente en escalera	-2 (1986)	1971	2005
374	30	1.40	0.22	0	Alto – bajo – alto	0	1976	2005
375	32	1.47	0.18	0	Fluctuante	-	1974	2005
376	32	7.27	0.00	1	Abrupta pronunciada	-2 (1997)	1993	2005

					(decreciente)			
377	29	2.27	0.40	0	Medio – alto - medio	+1 (1988)	1988	2005
378	30	1.61	0.00	2	Bajo – alto – medio	+2 (1984)	1985	2005

**Tabla II. Resumen de la calidad de las series en estudio para los periodos recomendados donde se consideran homogéneas. IHO se refiere al índice de calificación de las series según el número de años en que pueden considerarse homogéneas**

No. de la estación	Año de comienzo	Año Final	Diferencia (en años)	IHO	No. de la estación	Año de comienzo	Año Final	Diferencia (en años)	IHO
309	2003	2005	3	M	345	1971	2005	35	E
310	1976	2005	30	E	346	1977	2005	29	MB
312	1981	2005	25	MB	347	1977	2005	29	MB
313	1990	2005	16	B	348	1988	2005	18	B
314	1976	2005	30	E	349*	1975	2005	26	MB
315	1988	2005	18	B	350	1970	2005	36	E
316	1975	2005	31	E	351	1986	2005	20	B
317	1975	2005	31	E	352	1973	2005	33	E
318	1977	2005	29	MB	353	1981	2005	25	MB
319	2005	2005	1	M	354	1981	2005	25	MB
320	1980	2005	26	MB	355	1979	2005	27	MB
321	1993	2005	13	R	357	1975	2005	31	E
322	1993	2005	13	R	358	1975	2005	31	E
323	1976	2005	30	E	359**	1975	2005	30	E
324	1971	2005	35	E	360	1973	2005	33	E
325	1987	2005	19	B	361	1976	2005	30	E
326	1981	2005	25	MB	362	1975	2005	31	E
327	1977	2005	29	MB	363	1987	2005	19	B
328	2003	2005	3	M	364	1970	2005	36	E
329	1973	2005	33	E	365	1972	2005	34	E
330	1975	2005	31	E	366	1970	2005	36	E
331	1980	2005	26	MB	367	1995	2005	11	R
332	1983	2005	23	B	368	1982	2005	24	B
333	1970	2005	36	E	369	1970	2005	36	E
334	2003	2005	3	M	370	1975	2005	31	E
335	1982	2005	24	B	371	1975	2005	31	E
337	1990	2005	16	B	372	1979	1993	15	B
338	1970	2005	36	E	373	1971	2005	35	E
339	1990	2005	16	B	374	1976	2005	30	E
340	1985	2005	21	B	375	1974	2005	32	E
341	1982	2005	24	B	376	1993	2005	13	R
342	1974	2005	32	E	377	1988	2005	18	B
343	1980	2005	26	MB	378	1985	2005	21	B
344	1975	2005	31	E					

\* abarca dos periodos 1975 -1993 y 1999 - 2005  
 \*\* se eliminó el año 1987

**Tabla III. Resumen del análisis de la marcha interanual de la frecuencia de ocurrencia de las neblinas para cada una de las estaciones en estudio**

Número de la estación	Largo	Máximo	Mínimo	Ceros	Descripción	Tendencia	Periodo recomendado	
							Comienzo	Final
309	3	3.19	1.09	0	Solo tres años Alto – bajo - alto	No	2003	2005
310	36	5.88	0.00	16	Abrupta pronunciada (decreciente)	-2 (1979)	1980	2005
312	25	11.42	3.53	0	Fluctuante	0	1981	2005
313	36	27.43	0.08	0	Alto – bajo - medio	0	1990	2005
314	36	11.55	1.73	0	Medio –bajo - alto	+2 (1992)	1990	2005
315	28	11.64	1.38	0	Abrupta pronunciada (decreciente)	0	1981	2005
316	35	15.73	0.00	11	Bajo – alto - bajo	0	1979	2005
317	36	3.67	0.24	0	Alto – medio - alto	-2 (1978)	1978	2005
318	29	5.38	0.00	14	Alto – bajo - alto	No	2000	2005
319	1	1.46	1.46	0	Solo un año	No	2005	2005
320	36	44.11	10.76	0	Abrupta pronunciada (creciente)	+2 (1980)	1980	2005
321	36	8.62	1.30	0	Abrupta pronunciada (decreciente)	-2 (1978)	1978	2005
322	20	19.26	1.95	0	Abrupta pronunciada (decreciente)	-1 (1997)	1999	2005
323	35	29.57	3.16	0	Fluctuante	0	1976	2005
324	35	2.50	0.00	2	Abrupta pronunciada (decreciente)	-2 (1995)	1997	2005
325	34	9.09	0.38	0	Alto – medio – alto	+1 (1981)	1981	2005
326	26	3.01	0.85	0	Alto – medio –alto	-2 (1991)	1991	2005
327	29	18.47	8.72	0	Abrupta pronunciada (decreciente)	0	1979	2005
328	3	1.92	0.65	0	Solo tres años Medio – bajo – alto	No	2003	2005
329	36	12.49	2.24	0	Abrupta pronunciada (decreciente)	-2 (1996)	1993	2005
330	36	14.30	0.56	0	Abrupta pronunciada (creciente)	+2 (1975)	1982	2005
331	28	17.12	1.39	0	Abrupta pronunciada (decreciente)	-2 (1982)	1981	2005
332	31	8.38	1.03	0	Bajo – alto – medio	0	1996	2005
333	36	11.00	0.78	0	Medio – alto – bajo	-2 (1994)	1996	2005
334	12	21.75	4.80	0	Dos períodos (medio –alto)	No	2003	2005
335	31	11.57	0.98	0	Abrupta pronunciada (decreciente)	-2 (1993)	1991	2005
337	36	2.14	0.00	21	Esporádicos	No	1981	2005
338	36	24.00	0.79	0	Medio – alto – medio	0	1988	2005

Número de la estación	Largo	Máximo	Mínimo	Ceros	Descripción	Tendencia	Periodo recomendado	
							Comienzo	Final
339	16	1.88	0.10	0	Abrupta pronunciada (decreciente)	-2 (1999)	2000	2005
340	27	32.87	9.13	0	Abrupta pronunciada (creciente)	+2 (1999)	1999	2005
341	29	19.12	2.15	0	Abrupta pronunciada (decreciente)	-2 (1983)	1999	2005
342	36	44.68	12.49	0	Abrupta pronunciada (creciente)	+2 (1986)	1984	2005
343	29	12.77	1.47	0	Bajo –alto - bajo	0	1999	2005
344	31	4.33	0.34	0	Bajo – alto – medio	0	1992	2005
345	36	12.71	1.50	0	Decreciente en escalera pronunciada	-2 (1998)	1999	2005
346	29	13.97	0.92	0	Medio – alto – bajo	-2 (1993)	1994	2005
347	29	13.43	1.03	0	Decreciente en escalera pronunciada	-2 (1989)	2000	2005
348	36	12.60	0.55	0	Abrupta pronunciada (creciente)	0	1999	2005
349	36	13.18	4.88	0	Abrupta pronunciada (creciente)	0	1975	2005
350	36	11.68	0.58	0	Abrupta pronunciada (decreciente)	-2 (1978)	1976	2005
351	36	10.18	1.06	0	Abrupta pronunciada (decreciente)	-2 (1994)	1996	2005
352	36	12.64	1.05	0	Abrupta pronunciada (decreciente)	-2 (1996)	1998	2005
353	36	9.43	1.03	0	Decreciente en escalera pronunciada	-2 (1998)	1996	2005
354	30	7.84	2.25	0	Abrupta pronunciada (decreciente)	-2 (1981)	1983	2005
355	36	13.50	1.47	0	Decreciente en escalera pronunciada	-2 (1981)	1988	2005
357	31	18.86	1.50	0	Abrupta pronunciada (creciente)	0	1986	2005
358	31	8.74	0.93	0	Abrupta pronunciada (creciente)	0	1977	2005
359	31	7.94	0.00	1	Alto – bajo – medio	+2 (1986)	1991	2005
360	36	4.22	0.24	0	Medio – alto – medio	0	1986	2005
361	30	32.46	1.02	0	Abrupta pronunciada (creciente)	+2 (1984)	1994	2005
362	31	19.02	8.73	0	Bajo – alto – bajo	0	1975	2005
363	29	23.36	10.48	0	Abrupta pronunciada (creciente)	+2 (1991)	1991	2005
364	36	5.31	0.00	1	Abrupta pronunciada (decreciente)	-2 (1994)	1990	2005
365	36	1.30	0.00	3	Abrupta pronunciada (creciente)	+2 (1983)	1983	2005
366	36	2.10	0.00	30	Esporádicos	No	1970	2005

Número de la estación	Largo	Máximo	Mínimo	Ceros	Descripción	Tendencia	Periodo recomendado	
							Comienzo	Final
367	13	4.67	1.06	0	Abrupta pronunciada (decreciente)	-1 (2000)	2001	2005
368	24	7.65	0.00	2	Abrupta pronunciada (decreciente)	0	1986	2005
369	36	0.25	0.00	31	Esporádicos	No	1970	2005
370	31	1.64	0.22	0	Abrupta pronunciada (creciente)	+2 (1998)	1991	2005
371	31	10.27	0.00	1	Abrupta pronunciada (creciente)	+2 (1986)	1992	2005
372	15	21.00	15.67	0	Abrupta pronunciada (creciente)	No	1979	1993
373	36	24.07	6.02	0	Abrupta pronunciada (creciente)	+2 (1979)	1979	2005
374	30	22.43	9.06	0	Regular	0	1976	2005
375	32	19.55	2.95	0	Abrupta pronunciada (creciente)	+2 (1986)	2002	2005
376	32	14.71	2.77	0	Decreciente en escalera pronunciada	-2 (1997)	1997	2005
377	29	9.16	0.00	6	Abrupta pronunciada (decreciente)	0	1977	2005
378	30	18.65	5.58	0	Alto – medio - bajo	0	1976	2005

**Tabla IV. Resumen de la calidad de las series de por ciento de ocurrencia anual de observaciones con neblinas de las estaciones en estudio para los periodos recomendados donde se consideran homogéneas. IHO se refiere al índice de calificación de las series según el número de años en que pueden considerarse homogéneas**

No. de la estación	Año de comienzo	Año Final	Diferencia (en años)	IHO	No. de la estación	Año de comienzo	Año Final	Diferencia (en años)	IHO
309	2003	2005	3	M	345	1999	2005	7	M
310	1980	2005	26	MB	346	1994	2005	12	R
312	1981	2005	25	MB	347	2000	2005	6	M
313	1990	2005	16	B	348	1999	2005	7	M
314	1990	2005	16	B	349	1975	2005	31	E
315	1981	2005	25	MB	350	1976	2005	30	E
316	1979	2005	27	MB	351	1996	2005	10	R
317	1978	2005	28	MB	352	1998	2005	8	M
318	2000	2005	6	M	353	1996	2005	10	R
319	2005	2005	1	M	354	1983	2005	23	B
320	1980	2005	26	MB	355	1988	2005	18	B

321	1978	2005	28	MB	357	1986	2005	20	B
322	1999	2005	7	M	358	1977	2005	29	MB
323	1976	2005	30	E	359	1991	2005	15	B
324	1997	2005	9	M	360	1986	2005	20	B
325	1981	2005	25	MB	361	1994	2005	12	R
326	1991	2005	15	B	362	1975	2005	31	E
327	1979	2005	27	MB	363	1991	2005	15	B
328	2003	2005	3	M	364	1990	2005	16	B
329	1993	2005	13	R	365	1983	2005	23	B
330	1982	2005	24	B	366	1970	2005	36	E
331	1981	2005	25	MB	367	2001	2005	5	M
332	1996	2005	10	R	368	1986	2005	20	B
333	1996	2005	10	R	369	1970	2005	36	E
334	2003	2005	3	M	370	1991	2005	15	B
335	1991	2005	15	B	371	1992	2005	14	R
337	1981	2005	25	MB	372	1979	1993	15	B
338	1988	2005	18	B	373	1979	2005	27	MB
339	2000	2005	6	M	374	1976	2005	30	E
340	1999	2005	7	M	375	2002	2005	4	M
341	1999	2005	7	M	376	1997	2005	9	M
342	1984	2005	22	B	377	1977	2005	29	MB
343	1999	2005	7	M	378	1976	2005	30	E
344	1992	2005	14	R					