QC
987
.C9
I5
no. 55

ACADEMIA DE CIENCIAS DE CUBA

INFORME CIENTIFICO-TECNICO

No. 55

DISTRIBUCION ESPACIAL DE VISIBILIDAD EN LAS BASES DE LAS NUBES CONVECTIVAS TROPICALES SOBRE MONTAÑAS

INSTITUTO DE METEOROLOGÍA DE LA ACC

SILVER SPRING
CENTER
AUG

CARLOS BARCELO
Academia de Ciencias de Cuba

VLADIMIR LOBODIN
Instituto de Meteorología Experimental, Obninsk.
Servicio Hidrometeorológico de la URSS

DIRECCIÓN DE PUBLICACIONES DE LA ACC
La Habana, marzo de 1978

National Oceanic and Atmospheric Administration

Climate Database Modernization Program

ERRATA NOTICE

One or more conditions of the original document may affect the quality of the image, such as:

Discolored pages
Faded or light ink
Binding intrudes into the text

This document has been imaged through the NOAA Climate Database Modernization Program. To view the original document, please contact the NOAA Central Library in Silver Spring, MD at (301) 713-2607 x124 or www.reference@nodc.noaa.gov.

LASON
Imaging Subcontractor
12200 Kiln Court
Beltsville, MD 20704-1387
March 28, 2002

Blank page retained for pagination

DISTRIBUCION ESPACIAL DE VISIBILIDAD EN LAS BASES DE LAS NUBES CONVECTIVAS TROPICALES SOBRE MONTAÑAS

CARLOS BARCELO y VLADIMIR LOBODIN

RESUMEN. La visibilidad meteorológica fue medida en las bases de las nubes convectivas, por comparación fotométrica, a lo largo de una línea de base, con un sistema de polarización en las horas del día, y con una instalación nefelométrica de retrodispersión durante la noche. Para intervalos de 1500 m del continuo nuboso se concluyó que se podían definir dos patrones de visibilidad asociados a distintos estadios del desarrollo de las nubes. Estos no dependen de la presencia o ausencia de elementos de precipitación, aunque la extensión del área nubosa parece asociarse a las características del patrón. En general, los patrones pueden ser descritos por funciones periódicas. Ello se interpreta como consecuencia de una regularidad de los procesos de mezcla.

ABSTRACT. Visibility range was measured in convective clouds bottoms by photometric comparisson along a base-line with a polarization method during daytime. At night, it was used a back-scattering nephelometric equipment. Measurements were made at steps of 1,5 km of incloud air. Two typical regimes were associated to two differents stages of vertical developments. The regimes do not depend on the presence or abscense of precipitation elements. Although, it seems to be connected to the horizontal surface of the clouds. Both regimes may be expressed in periodical functions. The last was considered a consecuence of some regularity of the mixing process.

1. INTRODUCCION

La dificultad de efectuar mediciones directas sobre las partículas constitutivas de las nubes ha conducido, en casos, a la opción de usar los principios de la óptica atmosférica para arribar al estudio de la microestructura de las nubes, con el fin de explicar los fenómenos de dispersión y extinción de la luz y las microondas en la atmósfera, así como de definir la mecánica de las precipitaciones (Rittberger, 1959; Dickson y Hales, 1960; Zabrodskii y Morachevskii, 1959; Kasten, 1962; Barteneva y Poliakova, 1965).

Al objeto de contribuir a la comprensión de los procesos físicos en las nubes convectivas tropicales sobre montañas, en este trabajo se presentan resultados de las mediciones de visibilidad meteorológica en su interior, a un nivel próximo a sus bases, cuando sus trayectorias cortaron la cordillera de la Sierra Maestra, a principio y fin del verano de 1972.

2. METODOLOGIA

La medición diurna de la visibilidad, en el interior de las bases de las nubes convetivas sobre montañas, fue ejecutada por la comparación fotométrica entre una caja negra y dos pantallas ubicadas a la largo de una línea base de 300 m de longitud, perpendicular a la dirección de movimiento de las partículas de nube, en la Gran Piedra (1100 m de altitud). La comparación se efectuó con un sistema de polarización lineal. La teoría del método ha sido presentada por Savirovskii (1965). Durante la noche, la visibilidad fue medida con una instalación nefelométrica de retrodispersión, cuya teoría fue presentada por Golberg (1965).

Las incertidumbres están asociadas, de una parte, a la distribución espacial no homogénea de las partículas o a la iluminación no uniforme. Según Horvath (1971), su orden es 10%. De otra parte, dependen del espectro de la luz (Ruppersberg, 1966), pero esto último ha sido evitado con el empleo de luz blanca. También la influencia de luces parásitas fue corregida experimentalmente. En las condiciones meteorológicas prevalecientes los litometeoros agregan una perturbación despreciable a la opacidad intranubosa, ya

que en aire claro la visibilidad osciló entre 30-45 km, según las mediciones efectuadas. Con los equipos en régimen de calibración, la raíz media cuadrática de la visibilidad estacionaria está por debajo del 30% en sus valores instrumentales, lo cual acota el error en este orden. Debido a que las nubes estudiadas tenían poca potencia, hemos supuesto cizalladura vertical nula y movimientos verticales poco veloces, de modo que la transferencia de momentum horizontal y la organización de divergencia horizontal pueda ser despreciada, permitiendo suponer el viento intranuboso igual al exterior en el nivel de medición. Así, la variación de la visibilidad en la nube dependería de las traslaciones de poblaciones de gotas. Y dado que esta traslación depende del viento (Wilson, 1970), la caracterización de las poblaciones es mejor hallada en función del corte en el continuo de aire intranuboso y no en el corte geométrico respecto a las paredes. Así, las mediciones fueron tomadas en intervalos de 1500 m de aire intranuboso. Información meteorológica complementaria fue obtenida también en el punto de medición.

3. RESULTADOS

Fueron ejecutadas 334 mediciones en 20 sistemas nubosos, del tipo convectivo principalmente. En el caso de los Cu con no precipitantes, eliminando datos atípicos y suponiendo normalidad por el criterio de la tendencia de la distribución de las medias, los estimados del primero y segundo momentos de la población a un nivel de .95 son:

$$0{,}457 < \mu < 1{,}690 \quad \text{(km)}$$

$$3{,}573 > \sigma > 2{,}689 \quad \text{(km)}$$

En nuestros Cu con la visibilidad promedio está por encima de la reportada para Sc, St y As en otras regiones (Aufm Kampe, 1950) y nuestro valor típico del corte seccional de atenuación está por debajo de los reportados para nieblas de advección en Europa Central, en un 58% de los casos (Meszaros, 1965).

La dependencia lineal de la razón de mezcla, la temperatura virtual y la velocidad del viento, con la visibilidad promedio de cada nube, fue analizada a partir de la significación de las rectas ajustadas por mínimos cuadrados. En la Tabla 1 se aprecia que el coeficiente de correlación está por debajo de 0,5 en todos los casos, lo que determina baja significación del ajuste y la linealidad es rechazada.

El análisis de la información revela dos perfiles típicos de visibilidad. Uno, asociado al crecimiento vertical de las nubes, presenta los valores de visibilidad más altos, con las fluctuaciones heterogéneas en amplitud y período, muy variables. Otro, asociado a condiciones estacionarias en desarrollo o a procesos de estratificación, presenta los valores de visibilidad más reducidos, con fluctuaciones homogéneas en amplitud y período, poco variables. En el estadio más avanzado de disipación de la nubosidad convectiva, aparecen valores elevados de visibilidad con grandes fluctuaciones.

En la Figura 1, aparecen varias distribuciones de visibilidad de nubes Cu con, que no contenían elementos de precipitación en su base. Estas distribuciones son representativas de los dos perfiles típicos, luego la aparición de elementos de precipitación no se asocia a un régimen único de distribución de visibilidad. Asimismo, los sistemas de nubes horizontalmente extensos presentan el patrón estacionario, mientras los Cu aislados suelen presentar el patrón del desarrollo.

En las paredes de las nubes hay una caída lineal de la visibilidad hasta cierta "longitud crítica". En la Figura 2 se aprecia que esta longitud crítica puede ser cuasi-laminar.

La naturaleza periódica de las fluctuaciones pudiera probarse cuando ajustamos funciones del movimiento armónico a los

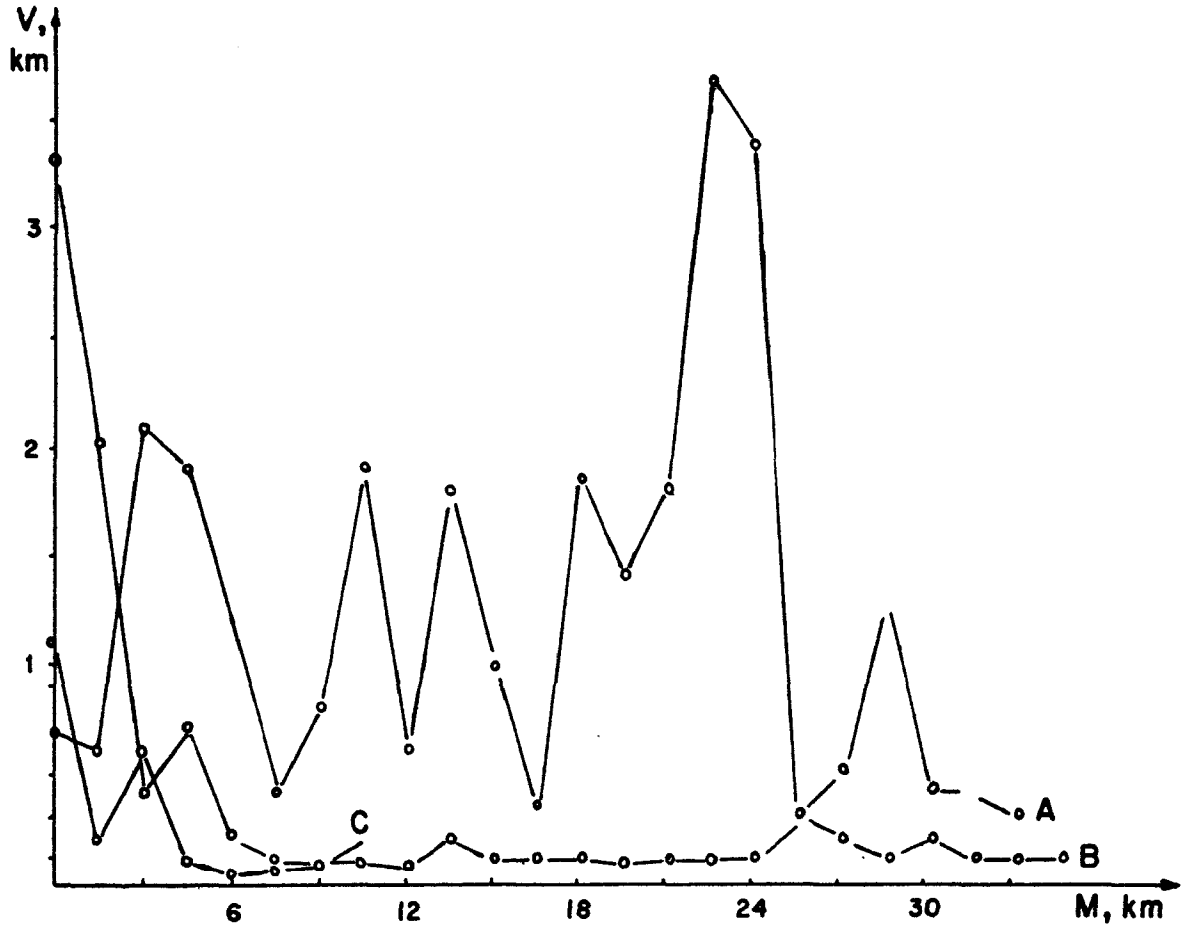

Fig. 1. Aquí se aprecian ejemplos de los dos perfiles característicos. Las nubes que ellos representan no contenían elementos de precipitación en sus bases. En la ordenada aparece la visibilidad V (km) y en la abscisa el continuo de aire intranuboso M (km).

datos experimentales obtenidos. Por el cálculo de valores promedio de la amplitud A, el período T y dando a X_e la ordenada de la posición de equilibrio de la fluctuación, resulta para "t" (la unidad de continuo de aire intranuboso):

a) En masas de Cu con estratificados. Abril 28.

$$X = 7{,}3225\ [\cos\ (1{,}2566\ t + 1{,}23976)] + 57{,}08 \quad [m]$$

Los valores numéricos obtenidos no difieren del valor experimental por un delta mayor que el módulo del error experimental y el modelo resulta muy satisfactorio. La desviación standar de δ es de sólo 3,51 m.

b) En Sc cúmulogenitus. Abril 27.

$$X = 15\ [\cos\ (2{,}094\ t + 1{,}55479)] + 57{,}5 \quad [m]$$

Aquí el 27% de los valores numéricos caen fuera del intervalo del error experimental pero la desviación standar de δ es de sólo 10,36 m.

c) En la transición de las condiciones de contorno en la base al interior de la nube. Abril 28.

$$\begin{cases} t < 5 \ / \ X = 93{,}71\ e^{-0{,}28\,t} \\ \quad [\cos\ (\pi^2 - 0{,}08)^{1/2}\ t] + 400\ e^{-(0{,}1\,t + 0{,}3)} \\ t \geqslant 5 \ / \ X = 93{,}71\ e^{-0{,}28\,t} \\ \quad [\cos\ (\pi/3 - 0{,}08)^{1/2}\ t] + 400\ e^{-(0{,}1\,t + 0{,}3)} \end{cases}$$

En este caso, el 7% de los valores numéricos caen fuera del intervalo del error experimental. La desviación standar de δ es de 14,62 m.

4. DISCUSION

Como es sabido, Stommel (1947) y Austin (1948) plantearon el adentramiento y mezcla isobárica de un "jet" convectivo con variación de momentum, temperatura y humedad. Houghton y Cramer (1951) hablaron de un "efecto de succión" por la aceleración del "jet"; mientras Squires (1958) argumentó los efectos de la mezcla del tope con la periferia y Levine (Malkus, 1960) incluyó en un modelo dinámico la dependencia de 1/R (donde R es el radio de la torre nubosa).

Nuestros datos experimentales sugieren que la mezcla produce una variación lineal

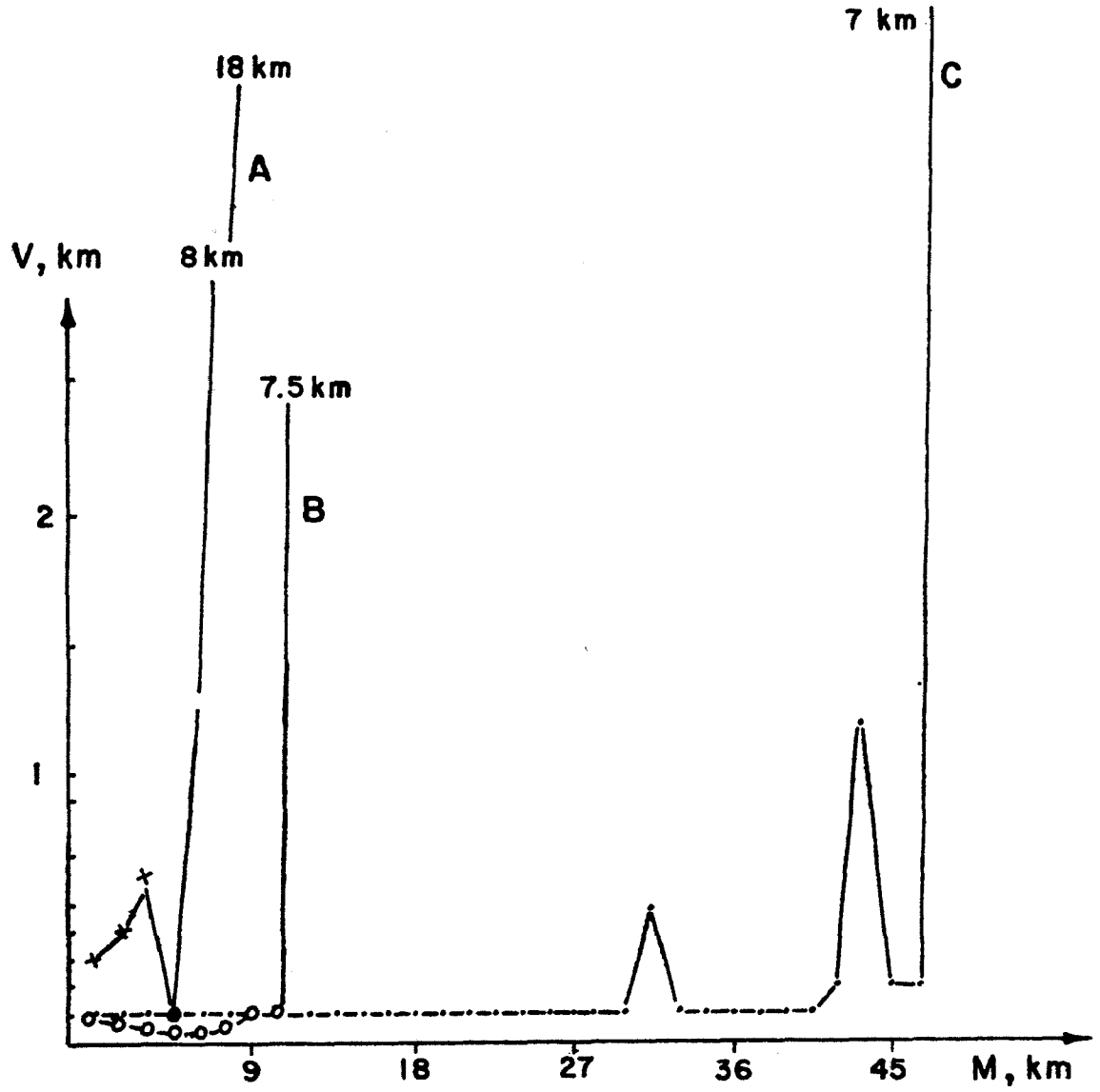

Fig. 2. En los extremos derechos de estos perfiles se observan casos en que la longitud crítica es cuasi-laminar. En la ordenada aparece la visibilidad V (km y en la abscisa el continuo de aire intranuboso M (km). La distancia entre dos puntos, círculos o cruces es de 1500 m y corresponde al intervalo de medición.

TABLA 1. Relación de la razón de mezcla, la temperatura virtual y la velocidad del viento, con la visibilidad *promedio*, en el interior de las bases de nubes convectivas sobre montañas. $Y = a + bX$

Variables	Medias	Varianzas	Coef. corr.	b	a
Visibilidad (Y) (km)	2,6511	0,2651			
Razón de mezcla (mg/kg)	14,964	1,4964	0,3377	0,9261	—11,2067
Temperatura virtual (°C)	18,5064	1,8506	0,4720	1,8158	—30,9528
Velocidad del viento (m/seg)	6,7273	0,6727	—0,2435	—0,2950	4,6357

de los espectros de nube con la distancia a las fronteras laterales hasta la "longitud crítica". Mas allá, el carácter de la mezcla es pulsante, por lo cual no está clara la presencia de convección en burbujas en estas nubes de montaña sino más bien de un 'jet" erosionado. No existe así un núcleo de preservación a lo largo del corte seccional horizontal de las bases de estas nubes. La amplitud y uniformidad de la pulsación da el grado de homogeneidad de la mezcla. En celdas jóvenes, donde la convección es más intensa, la amplitud de la fluctuación es más pronunciada e inestable (la mezcla no es homogénea) y la media con valores altos es una medida de la magnitud del adentramiento. En celdas declinantes, en cambio, la mezcla es más homogénea y menos perceptible.

5. CONCLUSIONES

En las bases de las nubes convectivas tropicales sobre montañas, la distribución periódica de la visibilidad se interpreta como consecuencia de la mezcla de parcelas de aire, cuyas dimensiones y regularidad de paso son funciones del estadio de de desarrollo de las nubes y la extensión horizontal de su masa.

RECONOCIMIENTO

Agradecemos a la administración del Motel Gran Piedra las facilidades brindadas para la instalación y operación de los equipos, así como a los compañeros del Ministerio del Interior y los observadores de la estación meteorológica de Gran Piedra por la ayuda prestada. Hacemos mención especial de la Lic. María Rosa Romero, por su eficiente trabajo.

REFERENCIAS

AUFM KAMPE (1950): Visibility and liquid water content in the free atmosphere. *Journal of Meteorology, 7* (1).

AUSTIN, J. E. (1948): A note on cumulus growth in a nonsaturated environment. *Journal of Meteorology, 5* (3): 103-107.

BARTENEVA, O. D., E. Z. POLIAKOVA (1965): Study of attenuation and scattering of light in natural fog due to its microphysical propperties. *Akademii Nauk SSSR. Izvestiia Fizika Atmosferi I Okeana, 1* (2).

DICKSON, D. R., J. V. HALES (1960): Computation of visual range in fog and low clouds. *Intermountain Weather Inc. Scientific Report Nº. 3.* Salt Lake.

GOLBERG, M. A. (1965): Theory of a back-scattering nephelometer. *Nauchno Issledovatelskii Institut. Gidrometeorologisheskii Priborostroennia. Trudy Nº 13.* Len.

HORVATH, H. (1971): On the applibility of the Koschmieder visibility formula. *Atmospheric Environment, 5* (3): 177-184.

HOUGHTON, H. G., H. E. CRAMER (1951): A theory of entrainment in convective currents. *Journal of Meteorology, 8* (2): 95-102.

KASTEN, F. (1962): Discussion of the problem of visibility inclouds. *Archiv für Meteorologie, Geophysik und Bioklimatologie, 13* (1).

MALKUS, J. S. (1960): Recent developments in studies of penetrative convection and an application to hurricane cumulonimbus towers. *Proc. First Conference on Cumulus Convection. Pergamon Press.* Porthmouth.

MESZAROS, A. (1965): Concentration et distribution dimensionnelle des gouttelettes de brouillards at-

mospheriques. *Journal de Recherches Atmospheriques.* 53-64.

RITTBERGER, W. (1959): On the structure of clouds. *Archiv für. Meteorologie, Geophysik und Bioklimatologie, 11* (3).

RUPPERSBERG, G. H. (1966): Bericht über den derzeitigen stand der sichtmessung mit automatischen geräten. *Deut. Ges. Ortung. Navigation.*

SAVIROVSKII, I. A. (1965): Effect of light polarization on daytime visibility measurements using a polarizing visibility meter. *Nauchno Issledovatelskii Institut. Gidrometeorologicheskii Priborostroennia. Trudy N° 13.* Len.

SQUIRES, P. (1958): Penetrative downdrafts in Cumuli. *Tellus,* 10. (3): 381-389.

STOMMEL, H. (1947): Entrainment of air into a Cumulus clouds. *Journal of Meteorology, 4* (3): 91-94.

WILSON, D. A. (1970): The kinematic behavior of spherical particles in an accelerating environment. *NOAA Technical Report ERL, 187 WPL 13.*

ZABRODSKII, G. M., V. G. MORACHEVSKII (1959): Study of the transparency of clouds and fogs. *Arkticheskii i Antarkticheskii Nauchno Issledovatelskii Institut. Trudy 226* (1).