

***PROPAGACION SOBRE CUBA DE LA NUBE DE CENIZA DE LAS
ERUPCIONES DEL VOLCAN CHICHÓN, MARZO-ABRIL, 1982***

E. MOJENA*

O. GARCIA*

RESUMEN

Sobre la base de las imágenes de satélites, datos de sondeos de la atmósfera y la Red de Estaciones Meteorológicas de superficie se hace un análisis de la evolución de la nube de ceniza proveniente de las erupciones del volcán Chichón (17.3°N, 93.20°W), hasta su llegada a Cuba, determinándose su velocidad de propagación y desplazamiento.

ABSTRACT

Using images of circumpolar meteorological Satellites, radiosonde data and The Cuban network of surface meteorological stations, an analisis is made of the characteristics and evolution of the cloud of volcanic ash originated during the eruptions of the Mexican volcano El Chichón (17.3°N, 93.2°W) and its travelling and arrival over Cuba, the velocity of propagation and shifting is determined.

* *Instituto de Meteorología, Academia de Ciencias, Habana, CUBA.*

INTRODUCCION

Además de las aplicaciones más comunes de los satélites en el trabajo meteorológico, como son la determinación del espesor, composición y altura de las nubes, las nieblas, la distribución y edad de los hielos, la localización y estructura de los ciclones tropicales, etcétera, existen otros fenómenos que pueden ser identificados en las imágenes de satélites, que son de gran interés por su efecto sobre los procesos de la atmósfera, tal es el caso de las nubes de polvo o ceniza, ya sean procedentes de grandes zonas desérticas o las originadas por erupciones volcánicas, como es el caso de la nube de ceniza producida por las erupciones del volcán Chichón (México), detectada en Cuba el 3 de abril de 1982, siendo la primera vez que este fenómeno es observado en nuestro país.

Las consecuencias de las nubes de polvo o ceniza u otras sustancias ajenas a la atmósfera son muy grandes y complicadas (Edman y Salin, 1981), pudiendo interferir en los fenómenos físicos de la atmósfera y del clima o influir directamente sobre los hombres, animales y plantas (Ryznar, Weber y Hallaron, 1981), de esto la importancia que tiene el monitoreo y estudio de esas nubes. La dirección de su movimiento, su velocidad de propagación y muchas de las reacciones químicas que ocurren en su seno están íntimamente ligadas a los factores o condiciones meteorológicas imperantes, así la altura efectiva de la nube va a depender de la temperatura del aire, de las condiciones de estabilidad y de la velocidad del viento (Kent y Philip, 1979), y su dirección y velocidad de desplazamiento dependerá del vector velocidad del viento resultante en la capa. A su vez estas nubes de partículas influyen sobre el balance de radiación del sistema tierra-atmósfera, al interferir la radiación de onda corta procedente del Sol, produciendo calentamiento o enfriamiento lo cual depende de las propiedades ópticas de las partículas (aerosoles) que conformen la nube de dispersión de radiación.

Estas nubes también afectan la radiación infrarroja (terrestre) por absorción, emisión y dispersión alterando el balance de radiación y con ello los procesos dinámicos de la atmósfera con sus consecuentes efectos meteorológicos y climáticos.

MATERIALES Y METODOS

Para la realización del presente trabajo se utilizó la información procedente de los satélites meteorológicos de órbitas circumpolares NOAA-6 y NOAA-7. Esta información consistió en imágenes simultáneas de espectros visibles e infrarrojo, las mediciones en el espectro visible se realizaron en el intervalo 0,725-1, 10 micrones mientras que las infrarrojas fueron en el intervalo 10,5 - 11,5 para el NOAA-6 y 10, 3 - 11, 3 para el NOAA-7. Estas imágenes fueron recibidas por una estación APT (Automatic Picture Transmission), la resolución de estas imágenes es de 4 km sin distorsión.

También se utilizó la información de los sondeos aerológicos de la Red Regional y las cartas del tiempo de superficie confeccionadas en el Departamento de pronósticos del Instituto de Meteorología.

ANÁLISIS Y RESULTADOS

La erupción más violenta del volcán Chichón, situado en la frontera entre los estados de Chiapas y Tabasco, ocurrió en la noche del sábado 3 de abril de 1982, aunque estuvo precedida por una semana de actividad, arrojando millones de toneladas de rocas, arenas y cenizas, produciendo una enorme bocanada de fuego que iluminó el cielo acompañada de una lluvia de piedras incandescentes. La extensa nube de ceniza se extendió rápidamente ennegreciendo el cielo.

Según las autoridades mexicanas esta nube de ceniza volcánica afectó directamente a la población produciendo brotes de enfermedades de las vías respiratorias, gastrointestinales y oculares.

Las condiciones meteorológicas imperantes en el área, previas a la primera observación de la nube de ceniza indican la presencia de poca nubosidad con buen tiempo, producto de una cuña anticiclónica que se extiende desde el este de los Estados Unidos hacia el sur produciendo una marcada subsidencia en la zona.

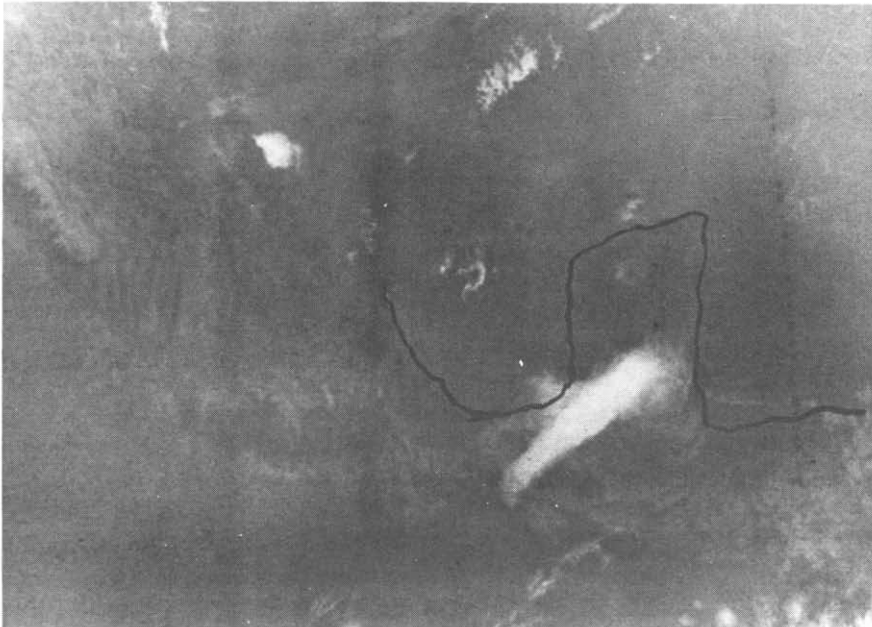


Fig. 1. Muestra la primera observación de la nube de ceniza.

El día 3 de abril a las 14:05 Z (09:05 hora local de Cuba) aparece por primera vez en las imágenes del satélite NOAA-6 la nube de ceniza arrojada en la erupción del volcán Chichón (figura 1) observándose en las imágenes de espectro visible e infrarrojo como una nube alargada extendida sobre Tehuantepec y Yucatán con una orientación suroeste-nordeste. Las características de radiación y la textura de esta nube de ceniza en ambos espectros la hacen muy semejante a una nube del tipo cirrus, aunque los tonos grises claros en infrarrojo manifiestan que la nube aún no ha alcanzado la altura suficiente para que su temperatura descienda notablemente, la poca reflectividad de esta nube a la radiación de onda corta (luz visible) es indicativa de su poco espesor.

El área de la nube fue calculada aproximadamente en 80 000 km² y su orientación responde al campo de flujo de los 300 milibares o niveles superiores. A partir de este momento la nube de ceniza comienza una rápida expansión, moviéndose en un rumbo próximo al nordeste a una velocidad media de 78 km/h. La velocidad de la nube se ha estimado a partir de las posiciones sucesivas del margen delantero (figura 2).

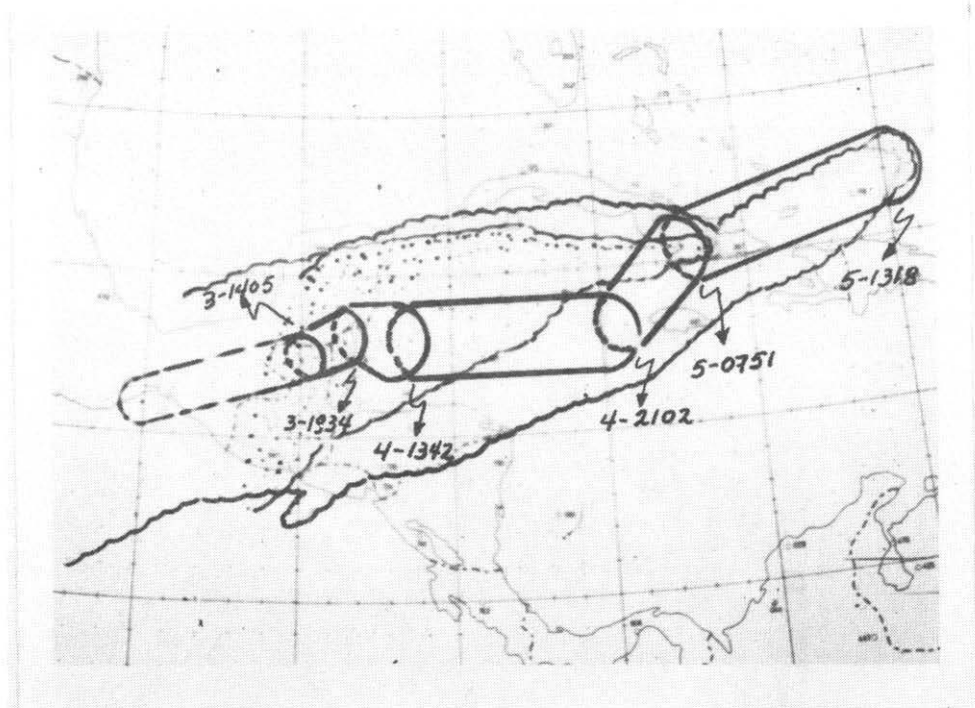


Fig. 2. Trayectoria aproximada de los bordes delanteros de la nube de ceniza. Área de la nube día 5-07:51 Z punteada y 5-13:18 Z.

Una característica interesante observada en las imágenes infrarrojas del día 3 a las 19:30 Z (14:30 hora local de Cuba) es la presencia de una zona mucho más fría dentro del área de la nube y una zona exterior desgarrada de un tono gris claro semejante a cirrus asociados a corrientes fuertes en los niveles superiores.

Durante la noche del día 3 (01:16 Z del día 4), 10:16 hora local de Cuba, el seguimiento de la nube se dificulta por la presencia de una cubierta cirrosa asociada a una corriente a chorro subtropical sobre esta área. Durante la madrugada del día 4 (08:05 Z), 03:05 hora local de Cuba la nube de ceniza experimenta una violenta expansión abarcando una área de 283 300 km², apareciendo como un núcleo compacto muy brillante (figura 3), con sus bordes inferior y superior muy bien definidos. Siendo la magnitud del penacho de la nube un indicativo de la potencia de la explosión, el análisis de la secuencia de imágenes demuestra que ésta corresponde a la erupción más potente.

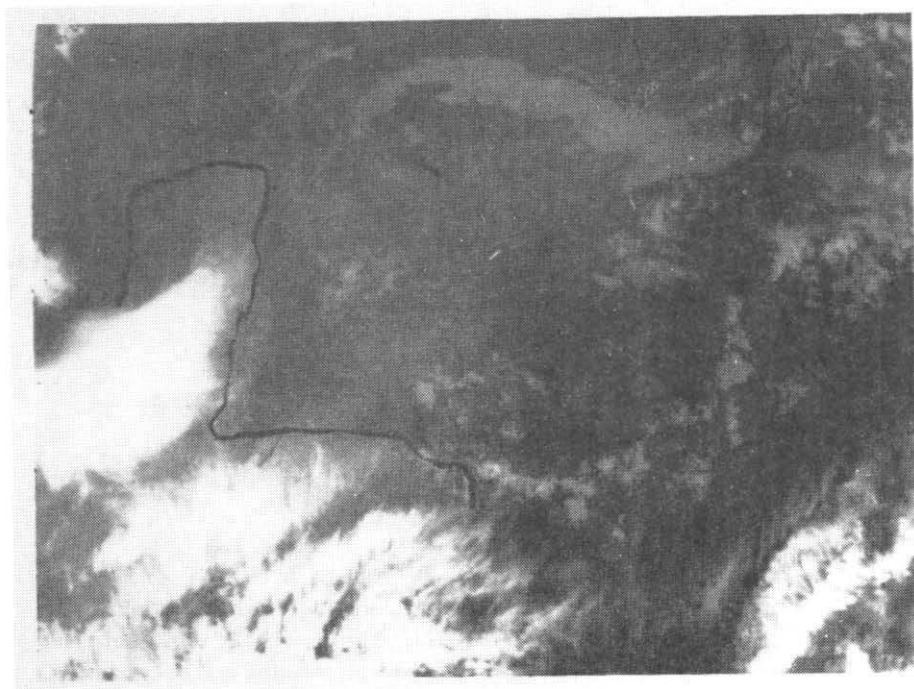


Fig. 3. Nube de ceniza asociada a la erupción más intensa del Volcán Chichón.

La nube se orienta de acuerdo con los patrones de flujo de la capa 200-100 milibares correspondiendo a estos niveles las temperaturas de -55 y -75 grados Celsius respectivamente.

Se observa un marcado contraste en las imágenes infrarrojas de las 13:42 Z del día 4, 08:42 hora local de Cuba, apareciendo dentro de la nube de ceniza una área brillante perfectamente definida semejante por sus características a un núcleo de cúmulonimbos intensos con topes muy elevados y fríos, el resto del área es más tenue y aparece orientada casi al Este (figura 4), sobre esta zona aparece nuevamente una corriente de chorro subtropical que desgarrar parte de la nube, la zona exterior al núcleo central parece encontrarse en niveles más bajos.

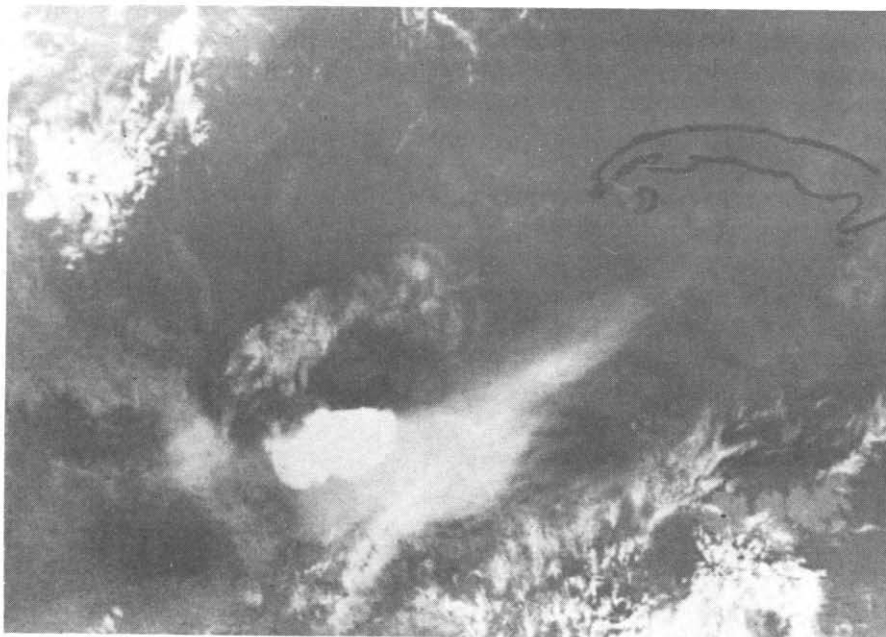


Fig. 4. Muestra del núcleo principal frío y la zona de apariencia cirrosa sobre el Caribe.

La comparación de las imágenes de la tarde y la mañana de este día pone de manifiesto un incremento en la velocidad de desplazamiento de la nube estimándose ésta en 120 km/h, encontrándose a las 21:02 Z (16:02 hora local de Cuba) parte de la nube sobre los mares al sur de Cuba, apareciendo además una mayor expansión del núcleo central frío, cubriendo la nube una área aproximada de 529 800 km² sobre América Central y el Caribe. En este periodo la nube de ceniza es arrastrada por fuertes corrientes superiores a la corriente de chorro subtropical.

Durante las próximas horas la nube se estructura y aparece a las 00:07 Z del día 5 (19:07 hora local de Cuba) como una zona sumamente brillante expandiéndose aún más, ocupando una área de 566 765 km² sobre el Caribe y los territorios antes

mencionados (Tabla 1) produciéndose un movimiento al norte por lo que el borde superior se encuentra muy próximo o sobre las costas de Cuba y la Isla de la Juventud (figura 5).

Tabla 1

Area de la nube a diferentes horas. Velocidad de expansión de la nube en km^2 .

Día	Hora Z	Area km^2	Velocidad de expansión km^2
3	14:05	80,086	
4	08:05	283,382	11,294 km^2/h
4	13:42	381,950	17,921 km^2/h
4	21:02	529,802	19,713 km^2/h
5	00:07	566,765	12,321 km^2/h
5	07:51	653,012	107,808 km^2/h
5	13:18	1'870,000	202,831 km^2/h

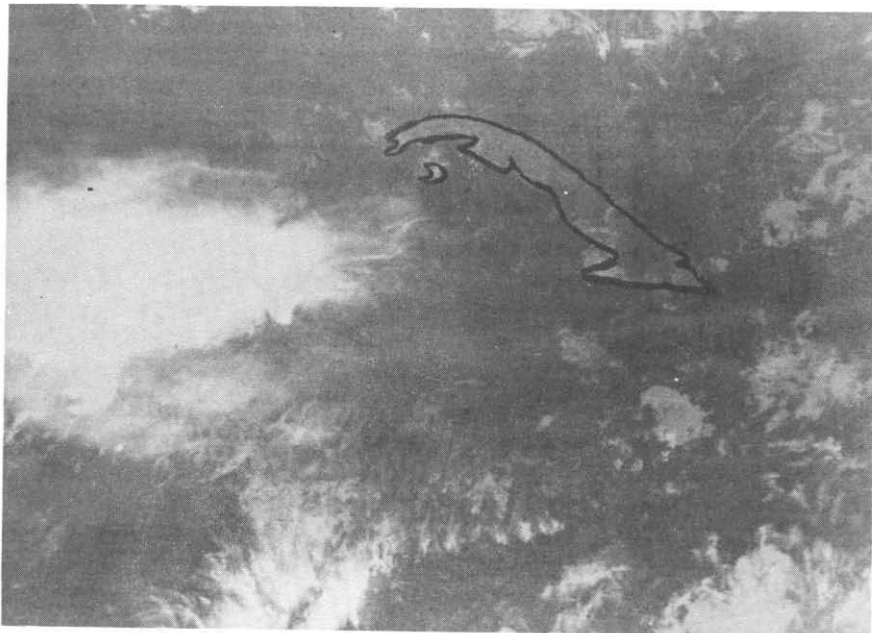


Fig. 5. Aparece la expansión de la zona fría superior y desgarraduras cirriformes.

Señalaremos que dado el poder de resolución de los radiómetros instalados en los satélites y las características de radiación y reflexión de la nube misma, ésta puede estar presente sobre una zona sin ser captada, esto ocurre cuando la nube es tan tenue que no puede bloquear la radiación infrarroja emitida por los niveles inferiores; si además es poco reflectiva será prácticamente imperceptible, por ello es difícil delimitar con exactitud el borde de la nube.

La temperatura promedio para los niveles de arrastre o la capa de espesor con cuyo flujo se mueve la nube (200 - 100 mb) es -55 y -75 grados Celsius, respectivamente, por lo que su definición es muy buena en espectro infrarrojo.

Durante la madrugada del día 5 a las 07:51 Z (02:51 hora local de Cuba) el área de la nube de ceniza cubre gran parte del Caribe occidental apareciendo una banda muy bien definida sobre Camagüey y las provincias Orientales y una zona más tenue sobre la Isla de la Juventud y la región central, haciéndose más difusa al norte de la Isla de la Juventud donde prácticamente no se detecta en las imágenes infrarrojas (figura 6).

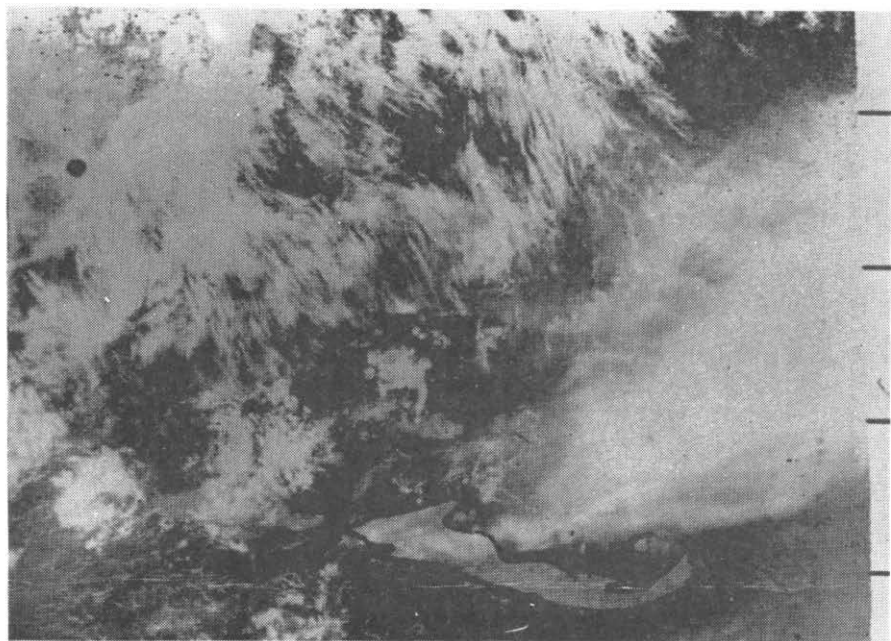


Fig. 6. Llegada de la banda de nube principal a Cuba.

El hecho de que la nube principal se extienda sobre la porción más oriental de Cuba y no afecte directamente las regiones occidental y central es debido a la orientación de la corriente de arrastre que hace más favorable su desplazamiento hacia esa región (figura 7), no obstante las estaciones de superficie de la región occidental reportan la presencia de una bruma densa no usual durante estos días, la presencia de la nube pone de manifiesto el descenso de la nube hasta las capas bajas de la atmósfera al nivel del suelo.

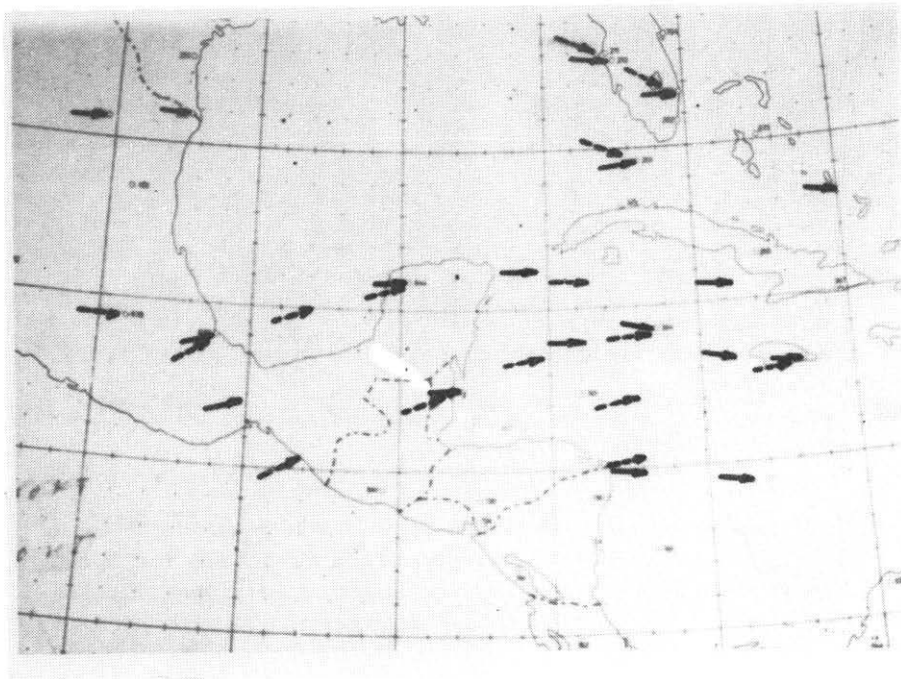


Fig. 7. Campo de flujo del día 5 de mayo de 1982 a las 00:00 Z. Línea continua 100 mb.
Línea de trazo 200 mb.

Dicho descenso se produce por la presencia de corrientes verticales descendentes producidas por un sistema anticiclónico que ocasiona una marcada subsidencia.

En la secuencia de imágenes se puede observar el debilitamiento de la nube de ceniza sobre el Caribe y Cuba apareciendo en la mañana del día 5 (13:18 Z) 08:18 hora local de Cuba, como un velo tenue de aspecto cirriforme sobre esta región, con una zona más fría sobre el Golfo de Honduras, en el espectro visible la nube se hace imperceptible, sin embargo en este período alcanza su mayor amplitud, 1 870 000 km² presentando su más amplia cobertura sobre Cuba y extendiéndose a las Bahamas y el Atlántico (figura 8).

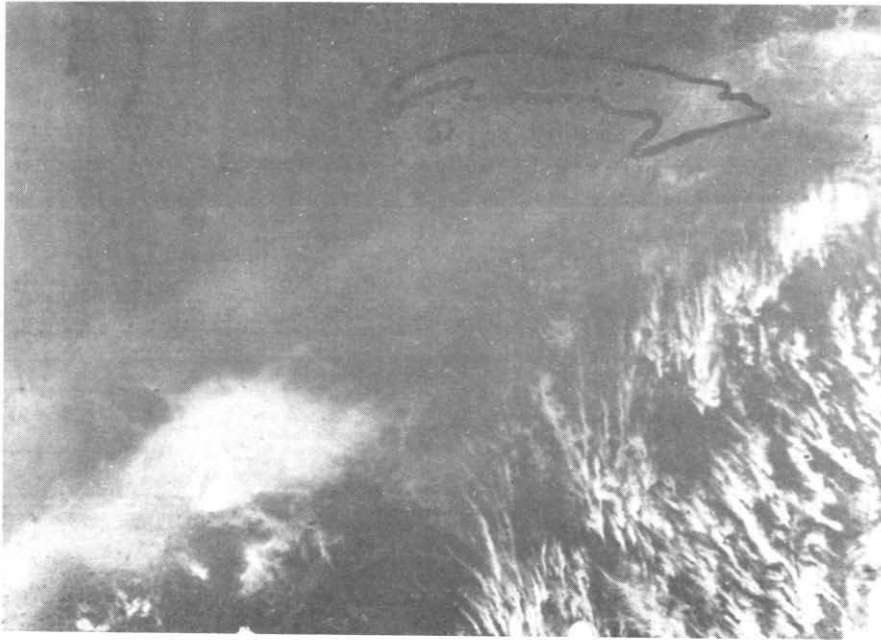


Fig. 8. Muestra la nube de ceniza que aparece como un velo muy tenue sobre Cuba observándose una zona más brillante en su sector sur.

El descenso de la nube interpretado a través de las mediciones en espectro infrarrojo se ve como una disminución de la nitidez de las imágenes, pues la temperatura de la nube se acerca a la del suelo desapareciendo el contraste térmico. Durante este período la presencia de las brumas sigue siendo notable y su importancia principal radica en el hecho de poner de manifiesto el contacto directo de la nube de ceniza volcánica con nuestro territorio.

CONCLUSIONES

- a) La nube de ceniza volcánica se propaga en término medio por las corrientes de los niveles de 200 - 100 mb.
- b) La nube se observa siempre con mayor nitidez en espectro infrarrojo que en visible, lo que pone en evidenciá la poca reflectividad de la nube a la radiación de onda corta.
- c) Las corrientes verticales descendentes producen el descenso de la ceniza volcánica sobre el Caribe y Cuba, pudiéndose observar visualmente por la presencia de

una bruma densa no usual en los niveles bajos, lo que evidencia el contacto directo de las cenizas con nuestro territorio.

- d) Al desplazarse la nube de ceniza por los niveles superiores de la atmósfera, donde en ocasiones predominan corrientes de aire sumamente intensas, estas cenizas pueden afectar territorios a grandes distancias de su región de origen en muy poco tiempo, pudiendo influir sobre la salud y la actividad del hombre.

BIBLIOGRAFIA

- EDMAN, D. A. and R. SALIN, 1981. A note on the Mt. Saint Helens Volcanic Eruption, *Monthly Weather Review*, 109 (5), 1103-1110.
- KENT, G. S. and M. T. PHILIP, 1980. Lidar observations of Dust from the Soufrière Volcanic Eruptions of April 1979, *Jour. Atm. Sci.*, 37 (6), 1358-1362.
- RYZNAR, E., M. R. WEBER and Th. S. HALLARON, 1981. Effect of the Mount St. Helens Volcanic cloud on Turbidity at Ann Arbor, Michigan, *Jour. Appl. Met.*, 20 (11), 1290-1294.