

# Discusión en torno a la línea de tormentas del 2 de enero de 1978, en Varadero

ARNALDO P. ALFONSO

## RESUMEN

El día 2 de enero de 1978 se registraron vientos de hasta 150 km/h en Varadero, Matanzas, Cuba. Se discute la naturaleza del fenómeno meteorológico que produjo estos vientos, así como la situación sinóptica en que se originó, y los sistemas a mesoescala que afectaron la Provincia de Matanzas ese día. Se concluye que se trató de una tormenta individual muy intensa, incluida en una línea de tormentas prefrontal.

## 1. INTRODUCCIÓN

El 2 de enero de 1978 se registraron valores extremos en algunos elementos meteorológicos, en diferentes regiones de la Provincia de Matanzas. La zona más afectada fue el Municipio de Varadero, en donde hubo vientos con fuerza de huracán, granizada intensa, y lluvia fuerte.

Es propósito de este trabajo analizar la situación meteorológica en que se originó este fenómeno y la naturaleza del mismo, utilizando técnicas conocidas de análisis, a escala sinóptica y a mesoescala, y apoyándonos en la información de los equipos registradores y del radar meteorológico de Punta del Este, Isla de Pinos.

## 2. SITUACIÓN SINÓPTICA

Un frente frío se desplazó sobre el *N* de la Florida el día 1ro, y en la madrugada del 2 sobre su región central. A las 07:00 (hora local) del día 2 el frente se encontraba sobre la porción *S* de la Florida (Fig. 1). En las 12 horas siguientes el frente perdió gradualmente en velocidad de traslación, especialmente en su porción sobre el extremo *SE* del Golfo de Méjico, estacionándose finalmente al *N* y cerca de la región occidental de Cuba a las 19:00.

Manuscrito aprobado el 7 de julio de 1981.

A. P. Alfonso pertenece al Instituto de Meteorología, de la Academia de Ciencias de Cuba.

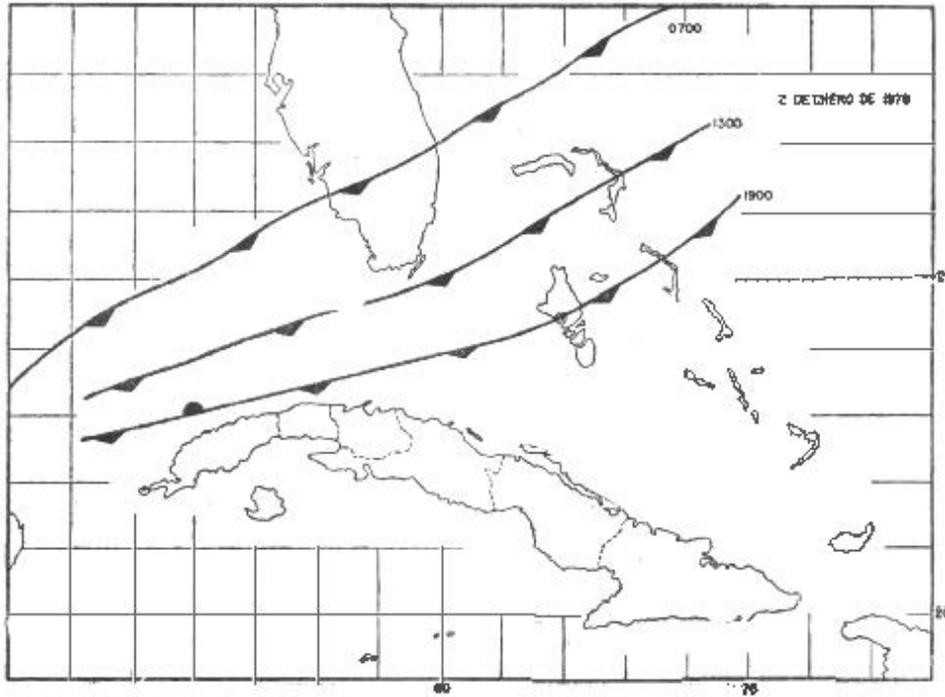


FIG. 1. Posiciones sucesivas del frente frío durante el día 2 de enero de 1978. Se indica la hora local a que corresponde cada posición.

Las fotografías del satélite meteorológico NOAA-5, de la mañana del día 2, mostraban una extensa banda nubosa asociada al frente, pero estaba constituida fundamentalmente por nubes bajas con cúmulonimbus en agrupaciones pequeñas y dispersas, sin ninguna organización apreciable. No fue posible obtener fotos de satélite en horas de la tarde.

En los niveles desde 1 000 mb hasta 500 mb se observaba una onda polar sobre la costa *E* de la Florida y el extremo *SE* del Golfo de Méjico, habiéndose profundizado ligeramente y estando las temperaturas más bajas en el área en todos los niveles, excepto en Cayo Hueso, donde ocurrió un calentamiento a 850 mb (Fig. 2). Esta advección de aire caliente en niveles bajos ha sido señalada como favorable al desarrollo de líneas de tormentas (PENN *et al.*, 1955). Una lengua de aire húmedo estaba situada justo al *E* de la onda, y Cayo Hueso presentaba valores de la humedad relativa próximos a la saturación en toda la capa, desde la superficie hasta 500 mb en ambos sondeos.

Más arriba, de 400 a 200 mb, dominaban corrientes del *W* y *SW*, que se intensificaron durante el día, alcanzando una rapidez entre 80 y 100 nudos sobre el *S* de la Florida, a las 19:00. El núcleo de la corriente a chorro estaba sobre el extremo *N* de la Florida.

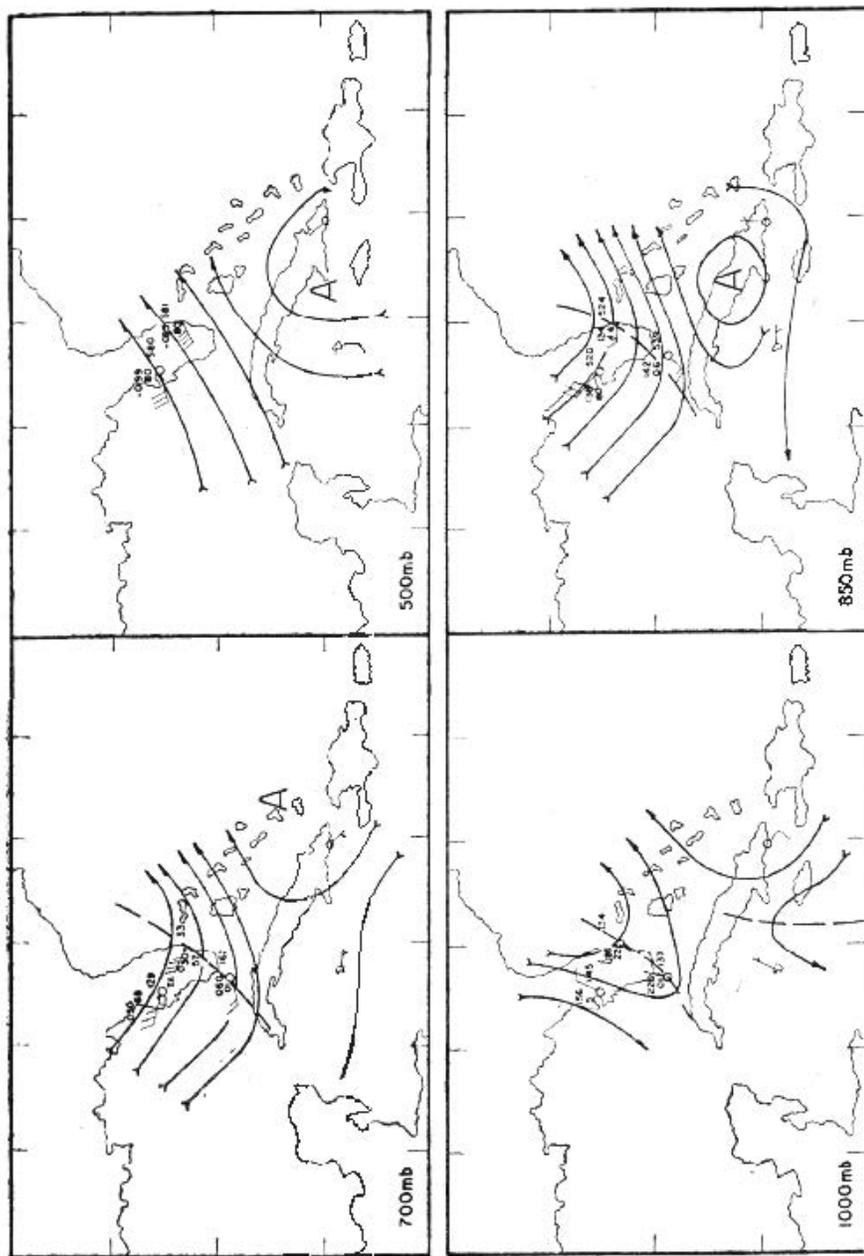


FIG. 2. Líneas de flujo para los niveles significativos (1 000 mb-500 mb) correspondientes a las 19:00 (hora local) del día 2 de enero de 1978.

Esta combinación de factores aumentó la inestabilidad en la región del Canal de la Florida, lo que favoreció la formación de una línea de tormentas el día 2, y posteriormente el desarrollo de otra línea de tormentas, extensa y severa, al siguiente día.

### 3. SITUACIONES DE MESOESCALA QUE AFECTARON LA PROVINCIA

#### 3.1 Red de estaciones

Para el análisis de los fenómenos meteorológicos ocurridos en la Provincia, se utilizó una red de estaciones más densa que la utilizada corrientemente en el trabajo operativo. Además de los datos de las estaciones del Instituto de Meteorología, se contó con la información de la estación meteorológica del Aeropuerto de Varadero, perteneciente al Instituto de Aeronáutica Civil, y la de cinco estaciones hidrometeorológicas pertenecientes al Instituto de Hidroeconomía (Fig. 3).

Todas las estaciones de esta red están equipadas con higrotermógrafos Fischer, excepto Varadero, y todas las estaciones de la red del Instituto de Meteorología y Varadero con barógrafos Fischer y anemorumbógrafos Casella, tipo Dines. Los higrotermógrafos y barógrafos utilizan cartas semanales.

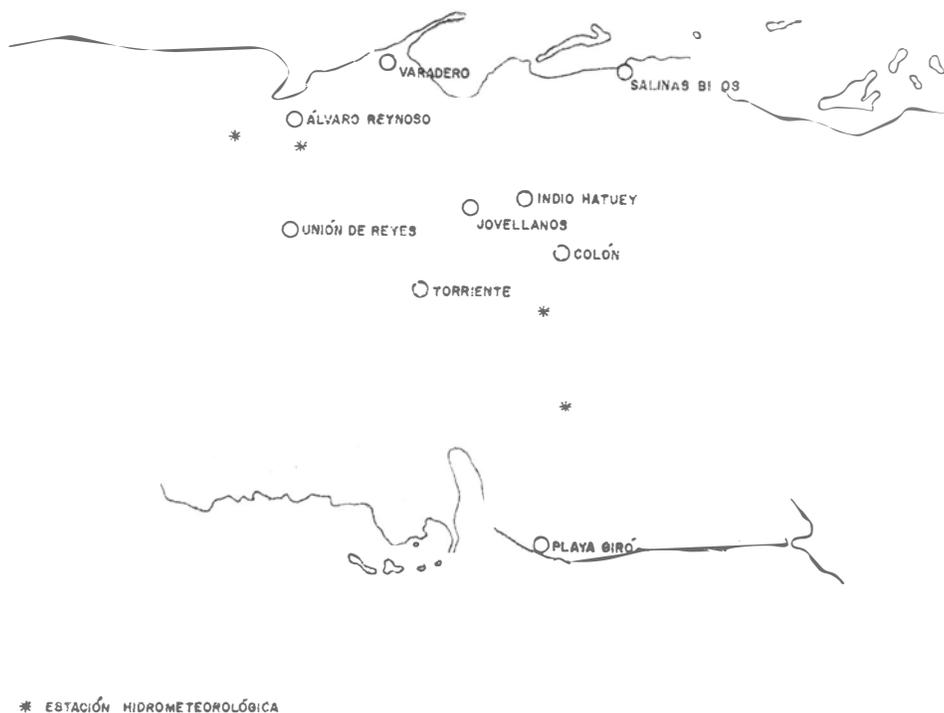


FIG. 3. Ubicación de las estaciones meteorológicas e hidrometeorológicas de la Provincia de Matanzas.

El régimen de trabajo es de una observación cada 3 horas en las estaciones del Instituto de Meteorología (07:00, 10:00, etc.), una observación cada 6 horas (07:00, 13:00, y 19:00) en las estaciones hidrometeorológicas, y observaciones horarias en Varadero.

### **3.2 Técnica de análisis**

A pesar de la densificación de la red convencional, quedaban regiones de la Provincia con poca información para el trazado de isopletas en determinados períodos del análisis. Esta dificultad se resolvió empleando el método desarrollado por FUJITA (1955), transformando las secciones temporales obtenidas a partir de los datos de los registradores en secciones espaciales, tomando en cuenta el movimiento de cada mesosistema, calculado a partir de la información de toda la red. Se utilizaron sólo los valores obtenidos media hora antes y media hora después.

Para la confección de los mapas correspondientes a horarios sin observaciones sistemáticas, se utilizaron los gráficos de los registradores.

Resultó imposible hacer uso de la presión atmosférica como elemento básico del análisis. La incompatibilidad entre los valores de las diferentes estaciones era absoluta; factores de diferente naturaleza se conjugaron para producir este efecto. En primer lugar, los instrumentos empleados en cada estación son diferentes, y en la mayoría de las estaciones no hay barómetro de mercurio; en segundo lugar, las correcciones a nivel del mar en algunas estaciones no están bien establecidas, pues fueron reubicadas recientemente; y finalmente, el gradiente de presión fue muy débil en general.

Una revisión de los datos permitió percatarse de que el elemento temperatura seca resultaba representativa en la situación bajo estudio, y por ello se procedió al trazado de las isopletas correspondientes. Otro elemento representativo, y de interés particular, fue el viento, cuyo análisis se combinó con el de la temperatura para lograr la caracterización y seguimiento de los sistemas de mesoescala.

También se utilizaron secciones temporales de algunas estaciones, en las que se incluyó la presión atmosférica, que sí resultó útil para evaluar los cambios producidos en una estación determinada al paso de la línea de tormentas.

### **3.3 El frente de la brisa**

Después de registrarse temperaturas frías en el período del 26 al 28 de diciembre, ocurrió un calentamiento marcado a partir de fin de año. Temperaturas máximas muy altas para el mes de enero se registraron el día 1ro. El día 2, a pesar de un aumento gradual de la nubosidad, se produjo un calentamiento diurno aún más fuerte. La estación de Indio Hatuey regis-





tró una máxima de 32,7°C, el valor más alto de este elemento para un mes de enero en 12 años de registros, y en la estación de Jovellanos se igualó el valor más alto para el mes. Máximas del orden de 31°C fueron comunes en todo el interior de la Provincia (Fig. 4).

A las 10:55 una ligera brisa (menos de 4 km/h) comenzó a soplar en Varadero y a propagarse tierra adentro. El aire más frío sobre el mar invadió gradualmente toda la zona adyacente a la costa *N*, y, como la temperatura era tan alta en las zonas no afectadas por él, el frente de la brisa se fue haciendo cada vez más definido.

En la Fig. 5 se muestran las posiciones sucesivas de este frente. Alrededor de las 16:00 alcanzó su mayor intensidad (Fig. 6); iba acompañado por rachas de 20 a 30 km/h y un marcado giro del viento, así como por una línea de cúmulos *congestus* a su paso por las estaciones de Indio Hatuey y Jovellanos. Le seguía una zona de cielos claros y un aumento de la bruma ya existente, que ponían en evidencia la subsidencia característica de este tipo de circulación sobre tierra. La profundidad de la brisa era inferior a los 500 m, pues las nubes bajas (con bases a 560 m) no cambiaron su dirección (procedían del SW) al producirse el giro del viento en superficie.

El frente se retrasó algo en su avance sobre la porción *W* de la Provincia, al ser influida la circulación de la brisa por la cadena de elevaciones bajas de esa zona.



FIG. 7. Mapa isoyético (mm) de la Provincia de Matanzas, para el 2 de enero de 1978.

A partir de las 17:00, los procesos convectivos en el frente se intensificaron y una línea de chubascos se desarrolló a lo largo del mismo, desde Torriente hacia el *E* y *NE*. Precipitaciones de hasta 30 mm cayeron a lo largo de una banda de 5 a 10 km de ancho, extendida de *NE* a *SW* con centro en Colón (Fig. 7). Desde entonces el frente se debilitó rápidamente.

### 3.4 La línea de tormentas prefrontal

Como señalamos en el epígrafe 2, la fotografía del satélite no mostraba líneas de tormentas en la mañana del día 2. La observación del radar de Punta del Este de las 13:00 indicaba la presencia de un área de ecos convectivos y estratiformes, de forma alargada, en el Canal de la Florida, a unos 80 km al *NW* de La Habana, con varias líneas convectivas de unos 30 km de largo cada una, al *SE* del área, a 40 km de la ciudad citada. Los topes máximos eran de unos 6 km. Esta observación fue el primer indicio de que se estructuraba una línea de tormentas prefrontal.

El radar permaneció inactivo hasta la observación siguiente (16:00). A esa hora se observaba una línea sólida de ecos convectivos y estratiformes, que se extendía de *ENE* a *WSW* sobre las provincias de La Habana, Ciudad de La Habana, y Pinar del Río (parte de la zona afectada por esta línea se muestra en la Fig. 6). La línea no se prolongaba hacia el *NE* más allá de los mares adyacentes a la costa *N*, tenía una longitud de 280 km y un ancho medio de 50 km, con topes máximos de 6 a 8 km e intensidad débil. La cámara fotográfica permaneció inactiva y no es posible estudiar

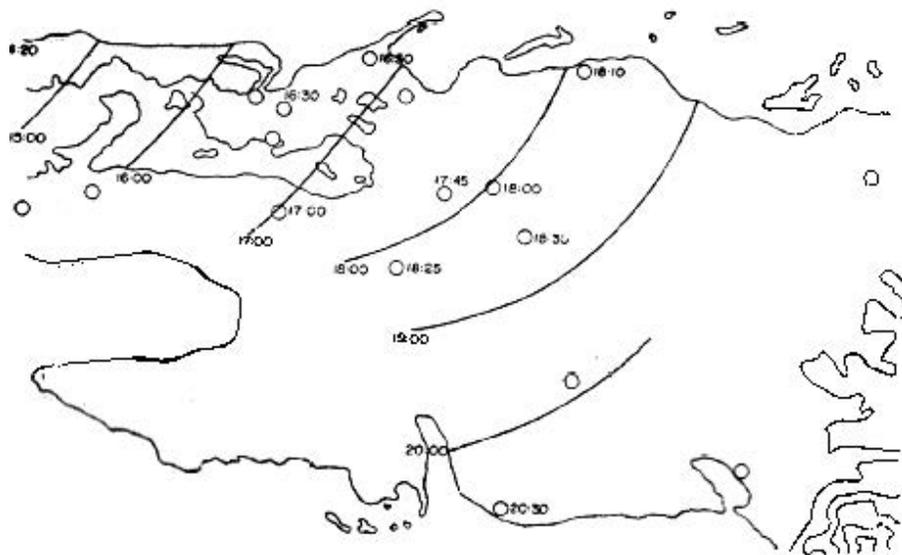


FIG. 8. Isocronas del paso del mesofrente asociado a la línea de tormentas sobre la Provincia de Matanzas. Se indican las horas en que el mesofrente pasó sobre cada estación y la hora a que corresponde cada posición.

más detenidamente la información del radar; pero dado que una línea de chubascos comenzó a afectar la Ciudad de La Habana a las 14:20, con rachas del NW, es posible establecer la identidad de este sistema de ecos con el observado a las 13:00.

Unos minutos después de las 16:00, la línea comenzaba a afectar la Provincia de Matanzas; produjo precipitaciones en toda la porción NW, pero sufrió un proceso de rápida disipación a partir de las 17:15, de manera que las precipitaciones no se extendieron más allá del área antes citada (Fig. 7).

Las isocronas correspondientes al paso del mesofrente asociado con la línea se muestran en la Fig. 8. Puede notarse que éste se aceleró entre las 17:00 y las 18:00, y luego recuperó su rapidez de traslación original de unos 25 a 30 km/h.

Es de destacar cómo el mesofrente continuó existiendo mucho tiempo después de haberse disipado la línea de tormentas que le dio origen, y recorrió una gran distancia. En su recorrido a partir de las 17:15, sólo iba acompañado por una línea de cúmulos *congestus*, que se fue disipando, y al cruzar Jovellanos, a las 17:45, desapareció completamente. Le seguía, como al frente de la brisa, una zona de cielos claros, y un mayor incremento de la bruma. Desde las 17:30 comenzó a confundirse con el frente de la brisa, proceso que culminó a las 19:00, cuando, con ayuda de los datos del radar de Punta del Este (Fig. 9) y el mapa de esa hora, podía detectarse un sólo frente acompañado de actividad dispersa de lluvias

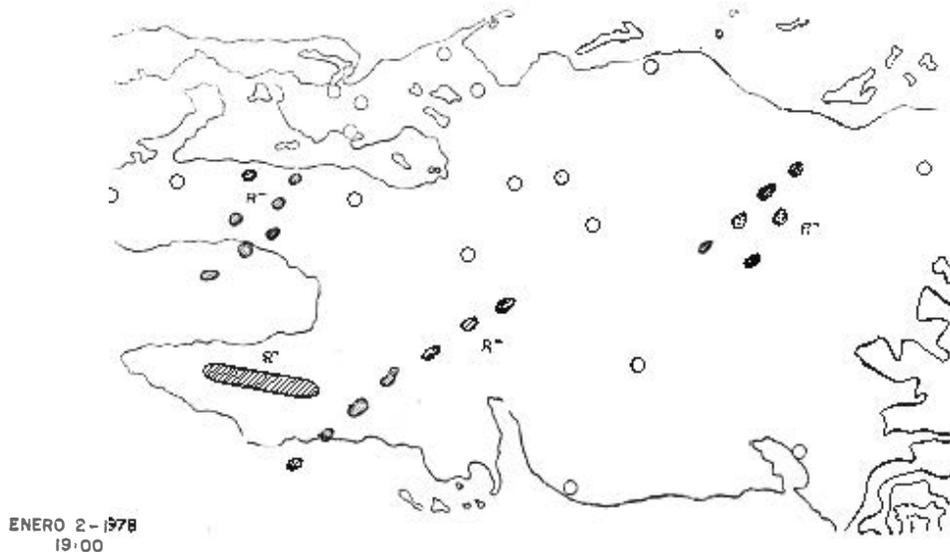


FIG. 9. Ecos de radar sobre la Provincia de Matanzas a las 19:00 del día 2 de enero de 1978. Se indica la intensidad de cada sistema de ecos.

y chubascos. A las 20:30 se le encuentra por última vez, ya en disipación, sobre Playa Girón.

La combinación de los descensos de temperatura relacionados con ambos frentes produjo, en las estaciones del interior de la Provincia, una disminución extraordinaria de las temperaturas, muy pocas veces registrada, en ausencia de precipitación. Entre las 15:50 y las 18:50 la temperatura descendió 9°C en Jovellanós, y entre 6 y 8°C en otras estaciones. En Unión de Reyes hubo un descenso de 6°C en la hora comprendida de 16:50 a 17:50. La sección temporal para la estación de Alvaro Reynoso, en la que el paso de ambos frentes puede apreciarse muy bien, pues influyeron sobre la temperatura independientemente uno del otro, se

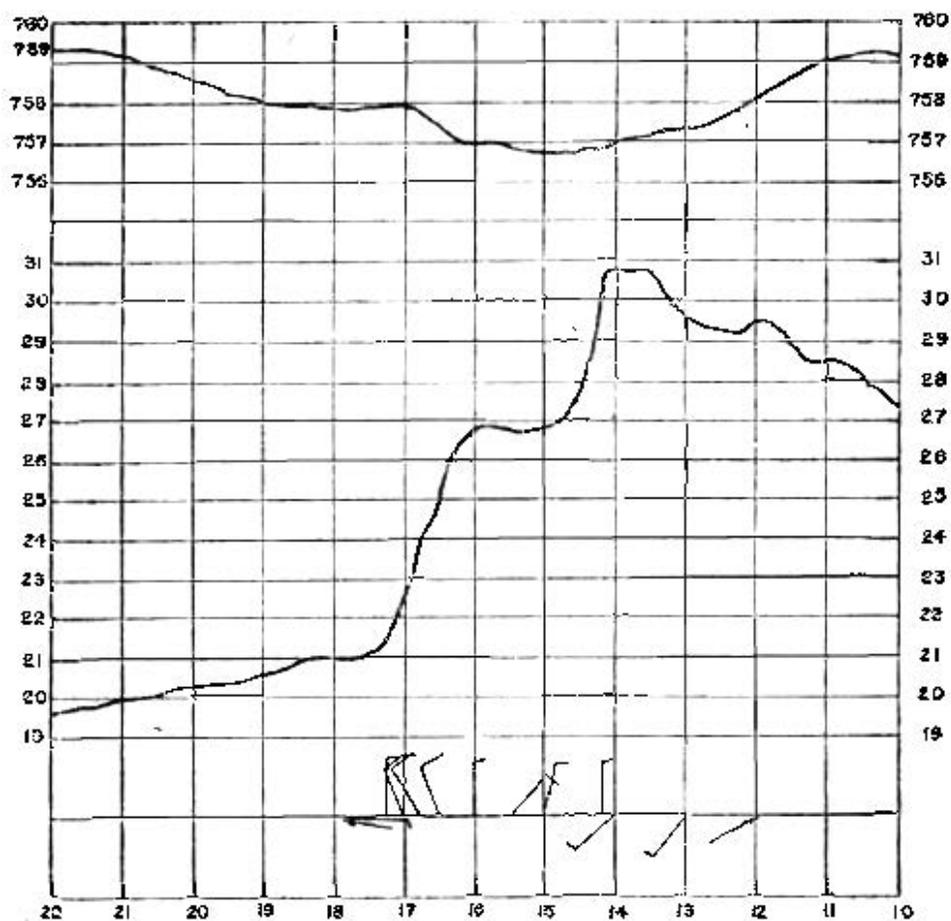


FIG. 10. Sección temporal para el período de las 10:00 a la 22:00 del día 2 de enero de 1978, de la estación meteorológica de Alvaro Reynoso. Se indican la presión atmosférica (mm), la temperatura seca (°C), y la dirección e intensidad del viento, este último dato en horarios específicos de interés.

muestra en la Fig. 10. La correspondencia entre las variaciones del viento y las variaciones de temperatura es muy clara. En las otras estaciones aún persistía el enfriamiento asociado a la llegada de la brisa, cuando llegó el mesofrente de la línea de tormentas, y su paso por ellas se destaca por un aumento de la pendiente en las gráficas de los higrótermógrafos.

Excepto en Varadero, la línea de tormentas no produjo fenómenos meteorológicos notables. A su paso por la estación de Alvaro Reynoso, las rachas sólo alcanzaron los 37 km/h, y la actividad eléctrica se mantuvo por 20 minutos. No hubo reportes de vientos fuertes, granizo, u otros fenómenos, desde otros lugares de la Provincia.

#### 4. LA TORMENTA DE VARADERO

Al alcanzar la línea de tormentas la zona de Varadero, se registraron fenómenos de gran intensidad, que produjeron algunos daños. Los árboles en una zona de unos 4 km de largo, desde el Hotel Oasis, 2 km al *W* del aeropuerto, hasta las afueras de la población, sufrieron mucho por los vientos. Varios pinos fueron tronchados a la mitad, y unos pocos arrancados de raíz. Algunas casas en el poblado de Santa Marta, a 1 km al *S* del aeropuerto sufrieron daños menores. En el aeropuerto hubo daños en los techos y en parte de las estructuras. Las vallas de saludo del aeropuerto quedaron destruidas, y las vigas de acero de 13 cm que las sostenían quedaron dobladas en ángulo recto y retorcidas. Varios automóviles fueron obligados por los vientos a salir de la carretera, pero sin mayores consecuencias.

Según la descripción de los observadores meteorológicos del aeropuerto, un gran cúmulonimbus se desarrolló al *W* y *SW* de la estación, al mismo tiempo que se acercaba la línea de tormentas desde el *NW*. Este cúmulonimbus, descrito por los observadores como de gran desarrollo vertical, parece haber sido el responsable de las severas condiciones meteorológicas registradas.

Algunas personas afirmaron que se había producido “un rabo de nube”, nombre dado en Cuba por el pueblo a los tornados, pero las encuestas realizadas permiten asegurar que la típica nube de embudo no fue vista en el área. Además, los registros de los instrumentos meteorológicos del aeropuerto, si bien indican una tormenta de intensidad extraordinaria, no permiten, como veremos a continuación, sustentar la idea de que un tornado existió en el área.

Una reproducción del registro de la rapidez del viento en Varadero, para el período de las 10:00 a las 21:00 del día 2, aparece en la Fig. 11. La brisa se mantuvo soplando con rapidez inferior a 4 km/h (el umbral del registrador) hasta cerca de las 14:40, en que se intensificó, manteniéndose de un rumbo *NNE*. A las 16:40, al aproximarse la línea de tormentas, se intensificó rápidamente, pero sin cambiar de dirección, hasta

las 16:50 en que, luego de una disminución de la rapidez hasta cero, se produce el giro rápido hasta un rumbo *W* con un aumento enorme en intensidad, alcanzándose rachas de hasta 150 km/h a las 16:58, seguidas por una disminución hasta cero, y luego por vientos del *E* con una racha de 89 km/h. Esta es la mayor rapidez del viento reportada por una estación meteorológica de la Provincia, si bien es necesario aclarar que en el período de existencia de la red no se han producido huracanes que hayan afectado directamente el área.

Está claro que una tormenta procedente del *W*, rumbo del que coinciden todas las descripciones vino la precipitación y fenómenos anexos, puede explicar la secuencia de vientos descrita en el párrafo anterior. La presencia de la brisa provocó que el giro de los vientos fuera por el *N*. No hay indicios de ninguna circulación ciclónica, por pequeña que fuese, en el registro.

Mas notable aún resulta el registro del barógrafo, no mostrado aquí porque su poca resolución, debido al recorrido semanal del tambor, no permite más que apreciar los cambios extremos de este elemento. La presión estaba subiendo muy lentamente en el momento del arribo de la tor-

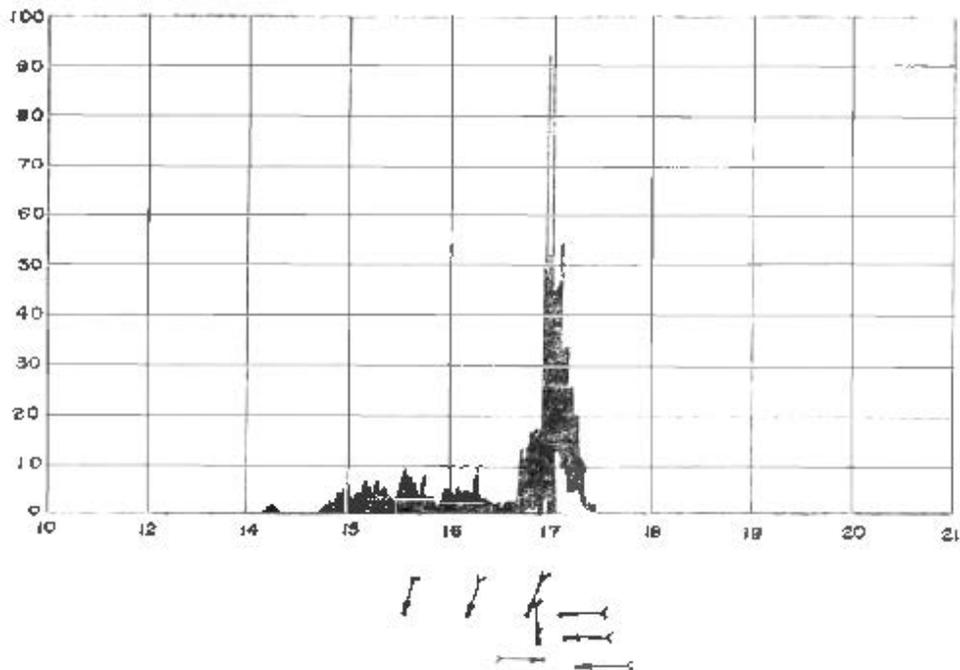


FIG. 11. Reproducción del registro del anemógrafo Dines, del aeropuerto de Varadero, para el período de las 10:00 a las 21:00 del día 2 de enero de 1978. La rapidez se indica en millas/hora como corresponde al registro original. En la parte inferior se indica la dirección del viento. Los puntos a los extremos de las flechas corresponden a la hora en que se registraron las diferentes direcciones.

menta; descendió entonces 3,3 mb en un tiempo no mayor de 5 minutos, e inmediatamente subió 6,0 mb en un período similar, para descender a continuación 1,2 mb muy rápidamente, y luego más lentamente 0,6 mb; por lo que, al terminar el período con vientos y precipitación intensos, estaba 1,0 mb más alto que al comienzo de éstos, o sea, una subida similar a la producida por la línea de tormentas en Alvaro Reynoso, por lo que todos los cambios descritos pueden adjudicarse a la tormenta individual intensa que afectó la zona.

Si se exceptúa la intensidad, todas las descripciones hechas coinciden con la secuencia típica de eventos para una tormenta encontrada para el Proyecto Tormenta por BYERS y BRAHAM (1949), quienes citaron, además, que Andree y Blecker encontraron que, en general, las mayores cantidades de precipitación e intensidades de la misma están asociadas con grandes variaciones de la presión. Por otra parte, BYERS y BRAHAM (1949) señalaron también que “en las tormentas se ha encontrado que si uno de los elementos de superficie, tal como la precipitación o el viento, es intenso, los otros elementos también son severos.” Esto explica las variaciones extremas de la presión, sobre todo en lo relativo al rápido y pronunciado descenso, que sólo se presentan en tormentas muy severas. El pico (“nose”) de subida característico de las tormentas fuertes también parece haberse producido.

Las corrientes verticales asociadas a los cúmulonimbus debieron ser muy intensas. La mayor granizada reportada en la Provincia cayó en combinación con las rachas. Según el observador de guardia, los granizos alcanzaron hasta un diámetro de 2 a 3 cm, y la cantidad fue muy grande, pudiendo observarse el terreno cubierto por los mismos durante algunos minutos. La precipitación fue considerable, pues se mantuvo con gran intensidad por cerca de 20 minutos, continuando luego sólo como ligera continua, y se midieron 36 mm.

La temperatura descendió hasta 20°C al producirse la precipitación, un descenso de sólo 6°C, comparativamente pequeño en relación con los valores observados de los otros elementos. La altura de las nubes bajas se redujo mucho, hasta unos 160 m durante el período de la granizada y las rachas.

## **5. CONCLUSIONES**

Ha quedado establecido que los fenómenos meteorológicos de intensidad extrema registrados en Varadero el día 2 de enero de 1978 pueden explicarse por el desarrollo de una celda convectiva muy intensa dentro de la línea de tormentas prefrontal que afectó la porción NW de la Provincia ese día. Las informaciones iniciales que sugerían la presencia de un tornado no pudieron confirmarse, ni con los registros de los instrumentos ni con la encuesta realizada en el área afectada.

Los restantes eventos meteorológicos notables ocurridos en otras regiones de la Provincia se explican muy bien a partir del calentamiento generado por condiciones sinópticas y locales favorables, y la combinación de los efectos correspondientes a los mesofrentes de la brisa, y de la línea de tormentas.

No es la primera vez que se reportan tormentas locales intensas en el área del Aeropuerto de Varadero y sus vecindades. En 1975, un tornado de corta duración, pero de considerable intensidad, causó daños importantes en el poblado de Santa Marta, hecho que confirmó la encuesta realizada, la que permitió conocer además que este tipo de tormentas intensas se presenta allí con alguna frecuencia, por lo que es posible suponer que las condiciones topográficas de la zona pueden contribuir de alguna manera a reforzar las tormentas allí.

Las variaciones de presión registradas están entre las mayores reportadas en otros lugares, al presentarse tormentas intensas.

### RECONOCIMIENTO

Deseamos agradecer la colaboración de los compañeros de la Aeronáutica Civil de Cuba, en especial de los observadores meteorológicos del Aeropuerto de Varadero, y de los compañeros del Instituto de Hidroeconomía de la Provincia de Matanzas. Los compañeros Oscar Solano, Rubén González, y Rubén Álvarez, prestaron una inestimable ayuda en la confección y reproducción de los gráficos y mapas.

### REFERENCIAS

- BYERS, H. R., y BRAHAM, R. R. (1949): *The thunderstorm*. U. S. Government Printing Office, Washington, D. C., 282 pp.
- FUJITA, T. (1955): Results of detailed synoptic studies of squall lines. *Tellus*, 7: 405-436.
- PENN, S., PIERCE, C., y MCGUIRE, J. K. (1955): The squall line and Massachusetts tornadoes of June 9, 1953. *Bull. Amer. Meteorol. Soc.*, 36(3):109-122.

### ABSTRACT

On January 2nd, 1978, winds of 150 km/h were registered at Varadero, Matanzas, Cuba. The nature of the meteorological phenomena that caused those winds is discussed, as well as the synoptic situation in which it was originated and the systems to mesoscale which affected the Province that day. It is concluded that it was a very intense individual thunderstorm which was included on a line of prefrontal thunderstorms.

**CDU 551.576**