

III CONFERENCIA TÉCNICA SOBRE HURACANES Y METEOROLOGÍA TROPICAL
TECHNICAL CONFERENCE ON HURRICANES AND TROPICAL METEOROLOGY

México, D. F., Jun. 6-12, 1963

SESIÓN GENERAL (I) — GENERAL SESSION (I)

*ESTUDIO DE ECO-ALTURAS DE CIERTAS
ONDAS MESOESCALARES EN ALISIOS **

HAROLD P. GERRISH **

RESUMEN

Se han estudiado las alturas de ecos de precipitación convectiva asociados con ciertas ondas mesoescalares en alisios usando datos radaroscópicos RHI y examinando varias etapas del desarrollo del eco. Los resultados de dicho estudio preliminar indican una fuerte preferencia para que los ecos más altos se orienten a lo largo e inmediatamente atrás del eje de ondas para ondas que se mueven más despacio que una corriente uniforme básica. Tal analogía con el modelo clásico de nubes para ondas de escala sinóptica en alisios está de acuerdo con el teorema de conservación de la vorticidad potencial. Se sugiere que los mapas de eco-alturas pueden ser útiles para localizar ondas mesoescalares en alisios de variadas longitudes de onda que no podrían analizarse con datos sinópticos convencionales.

1.0 INTRODUCCION

No hay acuerdo entre los meteorólogos de Itrópico respecto a definición de los términos "mesoescalar" y "ondas de alisios". Para los fines de este trabajo se aplicarán las siguientes definiciones:

"Mesoescalar" se refiere a la escala horizontal de sistemas meteorológicos que oscilan en tamaño de 2 a 500 millas, como lo sugirió Fujita (1962).

"Ondas de alisios" se refiere a oscilaciones levemente sinusoidales en la corriente de alisios tropicales a bajo nivel como lo ha descrito Riehl (1954). Se supone que el ajuste entre vaguadas y crestas en el campo de viento con correspondientes vaguadas y crestas en el campo de presión es bueno para todas las escalas de ondas.

Así, el término "ondas mesoescalares en alisios" se refiere específicamente a ondas de 2-500 mi de tamaño con una estructura básica similar a las descritas por Riehl.

* Esta investigación se hizo por Contrato Núm. DA 36-039 SC-89111 con el U. S. Army Electronics Research and Development Laboratory.

** Sección de Radar Meteorológico, Instituto de Ciencia Marina, Contribución Núm. 462 del Laboratorio Marino, Instituto de Ciencia Marina, Universidad de Miami, Florida.

*AN ECHO-HEIGHT STUDY OF CERTAIN MESO-
SCALE WAVES IN THE EASTERLIES **

HAROLD P. GERRISH **

ABSTRACT

The heights of convective precipitation echoes associated with certain mesoscale waves in the easterlies are studied using RHI radarscope data. Several stages of echo development are examined. Results of this preliminary study indicate a strong preference for the taller echoes to be oriented along and immediately to the rear of the wave axis for waves moving slower than a rather uniform basic current. This is analogous to the classical model of clouds for synoptic-scale waves in the easterlies and is in agreement with the theorem on conservation of potential vorticity. Suggestion is made that echo-height maps may be helpful in locating mesoscale waves in the easterlies of various wavelengths which could not be analyzed from conventional synoptic data.

1.0 INTRODUCTION

Unrest exists among tropical meteorologists relative to the definition of the terms "mesoscale" and "waves in the easterlies". For the purpose of this paper, the following definitions apply:

"Mesoscale" refers to the horizontal scale of meteorological systems which range in size from 2 to 500 miles, as suggested by Fujita (1962).

"Waves in the easterlies" refers to fairly sinusoidal oscillations in the low-level tropical easterly current as described by Riehl (1954). It is assumed that the agreement of troughs and ridges in the wind field with corresponding troughs and ridges in the pressure field is good for all scales of waves.

Thus, the term "mesoscale waves in the easterlies" refers specifically to waves 2-500 mi in size with a basic structure similar to those as described by Riehl.

* This research was conducted under U. S. Army Electronics Research and Development Laboratory Contract No. DA 36-039 SC-89111.

** Radar Meteorological Section, Institute of Marine Science, Contribution No. 462 from the Marine Laboratory, Institute of Marine Science University of Miami, Miami, Florida.

Esta investigación representa un esfuerzo preliminar para examinar las alturas de ecos de precipitación convectiva relacionados con ciertas ondas mesoescalares en alisios.

2.0 PROCEDIMIENTO

En este trabajo se analizaron dos situaciones que abarcaban ondas mesoescalares específicas en alisios como se han definido arriba. El procedimiento consistió en comparar datos de eco-altura en dichas situaciones con posiciones de ondas que se habían examinado antes en estudios de Gerrish y Hiser (1962, 1963). Se hizo así para reducir errores en los resultados, anotándose en la Tabla I algunos períodos de crecimiento y disipación con apoyo en datos RHI disponibles.

TABLA I

SITUACIONES Y PERIODOS ESTUDIADOS
SITUATIONS AND PERIODS STUDIED

Situación Situation	Períodos Estudiados Periods Studied	Comentarios Comments
Agosto 26, 1961 (casi 1800Z)	1737-1741Z 1741-1745Z	a) ondas mesoescalares cerca del sur de Florida; b) pocos ecos PPI.
26 August 1961 (near 1800Z)	1737-1745Z	a) mesoscale waves in the vicinity of southern Florida, b) few PPI echoes.
Agosto 8, 1958 (casi 1800Z)	1643-1647Z 1814-1818Z	a) ondas mesoescalares cerca del sur de Florida; b) gran número de ecos PPI.
8 August 1958 (near 1800Z)	1818-1822Z	a) mesoscale waves in the vicinity of southern Florida, b) large number of PPI echoes.

Se requería un período de aproximadamente 4 minutos para una revolución horizontal de la antena del radar al tomar fotos radaroscópicas con lapsos de tiempo RHI a cada 4 grados de azimut. Fueron escogidos períodos de casi 4 minutos ya que en los trópicos puede haber notable crecimiento y disipación entre 4 y 8 minutos.

2.1 ANÁLISIS DE ONDAS MESOESCALARES CON DATOS CONVENCIONALES.

Las posiciones de ondas se determinaron analizando cuidadosamente datos sinópticos convencionales mediante isobaras 1-mb. Se usaron las reglas standard de análisis aunque sin desear informes por causa de efectos locales, lo cual se relacionaba primordialmente con otros trabajos bajo contrato para comprobar la interpretación de ondulaciones en isobaras más tarde después del análisis. Se puso especial atención en incluir tantos informes posibles dentro del mejor ajuste de análisis tras repetidos ensayos, pues los datos de dudosa exactitud y efectos semidiurnos de presión, dos factores que afectan los análisis tropicales, resultaban extremadamente complicados.

This research represents a preliminary effort to examine the heights of convective precipitation echoes associated with certain mesoscale waves in the easterlies.

2.0 PROCEDURE

Two situations involving specific mesoscale waves in the easterlies as described above are analyzed in this paper. The procedure was to compare echo-height data in these situations with the wave positions which were previously presented in reports by Gerrish and Hiser (1962, 1963). This was done to reduce bias in the results. Several periods of growth and decay based on available RHI data were chosen as listed in Table I.

TABLE I

A period of approximately 4 minutes was required for one horizontal revolution of the radar antenna when taking RHI time-lapse radarscope photos every 4 degrees of azimuth. Neighboring 4-minute periods were chosen since considerable growth and decay can occur in the tropics within 4-8 minutes.

2.1 ANALYSIS OF MESOSCALE WAVES FROM CONVENTIONAL DATA

Wave positions were determined by carefully analyzing conventional synoptic data using 1-mb isobars. Standard rules of analysis were used except that reports were not thrown out because of local effects. This was done in connection with other contractual work primarily for test purposes with interpretation of undulations in the isobars being made later, after analysis. A special effort was made to include as many reports as possible in the best fit of analysis after repeated trials. Data of questionable accuracy and large semi-diurnal pressure effects, two factors which plague tropical analysis, made the analysis extremely complicated.

También se comprobó la adecuada estructura de ondas en lo vertical usando secciones de tiempo como en la Fig. 3. Las ondas mesoescalares aparecen como líneas cuidadosamente dibujadas que se asemejan a líneas de corrientes en dichas secciones (que no deben confundirse con líneas de corrientes de análisis ordinarios a niveles constantes).

2.2 ECO-ALTURAS OBSERVADAS POR RADAR.

Las alturas de ecos de precipitación convectiva para cada período fueron trazadas mediante películas radaroscópicas de 35-mm con lapsos de tiempo PHI tomadas en la Universidad de Miami. El radar MPS-4 usado para obtener estas películas tiene anchura de rayo vertical de 0.8 grados y anchura de rayo horizontal de 4 grados, lo cual significa que los ecos no se estiraban mucho verticalmente aunque el estiramiento horizontal era considerable. El error máximo en la altura a 80 mi n. debido a esa deformación de anchura de rayo por mitad es aproximadamente de 3,000 ps. La atenuación de variación tiene también efectos sobre datos de eco-alturas; sin embargo, Hiser *et al.* (1962) señalaron que tales efectos casi se compensan (dentro de 600 ps entre 40-80 mi n.) por el estiramiento del rayo vertical en el radar MPS-4. Las alturas entre 12-40 mi n. fueron usadas principalmente como guías para análisis ya que la cima del barrido se sitúa en alturas variables en dicho intervalo. Las primeras 12 mi n. de video usualmente quedan suprimidas por el circuito CST (Control de Sensitividad de Tiempo).

Un punto de visión de suficiente intensidad aparecería en los cuadros RHI hasta con azimut de 2 grados o sea casi a 17,000 ps antes y después del enfoque a unas 80 mi n. como resultado de la gran anchura del rayo horizontal en el radar MPS-4. Por ello, algunos cuadros que contienen ecos ficticios resultantes de efectivo estiramiento del rayo horizontal se eliminaron al describir verdaderas eco-alturas.

2.3 MAPAS DE ECO-ALTURAS.

El procedimiento consistió en trazar primeramente un mapa para cada período mostrando las bases y cimas de todos los ecos de precipitación vistos en cada cuadro, dentro de un espacio de 80 mi n. sin tomar en cuenta el estiramiento en anchura del rayo. Aproximadamente había 4 grados de azimut entre cuadros. Después se trazó otro mapa para cada período, mostrando la mayor altura alcanzada por cada eco, lo cual se hizo en una mesa iluminada colocando el primer mapa sobre el dibujo PPI adecuado y anotando las alturas máximas junto con los ecos y asegurándose una correcta asociación entre los datos RHI y PPI mediante tal procedimiento. Cuando varios pequeños ecos exhibían cimas máximas similares dentro de áreas poco menores de 15 mi n. de diámetro, sólo se registraba un valor para simplificar el análisis. Las masas de eco que cubrían áreas relativamente grandes presentaban de hecho problemas de interpretación para la moderadamente intensa situación del 8 de Agosto de 1958. Para dichas masas se hizo el esfuerzo de trazar la máxima altura de áreas convectivas individuales dentro de cada una (El problema de

Waves were further checked for proper structure in the vertical by use of time sections such as in Figure 3. Meso-scale waves were depicted from carefully drawn lines which resembled streamlines on these sections (These lines should not be confused with streamlines of standard constant-level analysis).

2.2 ECHO HEIGHTS AS OBSERVED BY RADAR

Heights of the convective precipitation echoes for each period were depicted by viewing 35-mm time-lapse RHI radarscope film taken at the University of Miami. The MPS-4 radar used to obtain this film has a vertical beam width of 0.8 degrees and a horizontal beam width of 4 degrees. This means that the echoes were not stretched very much in the vertical although the horizontal stretching was considerable. The maximum error in height at 80 n. mi due to this half beam-width stretching is approximately 3,000 ft. Range attenuation also has effects upon echo-height data; however, Hiser *et al.* (1962) point out that these effects are nearly compensated for (within 600 ft between 40-80 n. mi) by the vertical beam-width stretching of the MPS-4 radar. Heights between 12-40 n. mi were used primarily as a guide for analysis since the top of the sweep is at varying altitudes in this range interval. The first 12 n. mi of video are usually suppressed by STC (Sensitivity Time Control) circuitry.

Because of the large horizontal beam width of the MPS-4 radar, a point target of sufficient intensity would appear on RHI frames up to 2 degrees azimuth or as much as 17,000 ft before and beyond the actual target at 80 n. mi range. Thus, some frames contained fictitious echoes as a result of effective horizontal beam-width stretching which were eliminated when describing real echo heights.

2.3 ECHO-HEIGHT MAPS

The procedure was to plot a map first for each period showing the bases and tops of all precipitation echoes as seen on each frame within a range of 80 n. mi regardless of beam-width stretching. There were approximately 4 degrees of azimuth between frames. Another map was then plotted for each period showing the greatest height noted for each echo. This was done on a light table by stacking the first map over the appropriate PPI display and then noting the maximum heights in conjunction with the echoes. Proper associations between RHI and PPI data were assured using this procedure. When several small echoes exhibited similar maximum tops within an area of less than roughly 15 n. mi diameter, one value was recorded for simplicity of analysis. Echo masses covering relatively large areas did present interpretation problems for the moderately intense situation of 8 August 1958. For such masses, an endeavor was made to depict the maximum height of individual convective areas within the masses (The problem of determining the intense cores of echo masses covering sizeable areas could be resolved somewhat by: reducing

determinar los núcleos de intensidad de masas de eco que cubrían áreas de gran tamaño se resolvería casi por reducción de avance del receptor, uso de atenuadores de señales, reduciendo la anchura del rayo horizontal y reducción de longitud de pulso, etc.).

Después se dibujaron las isopletas de las mayores alturas anotadas para cada eco, así como las mayores alturas anotadas dentro de las masas de eco a intervalos de 10,000-ps para los varios períodos de las situaciones seleccionadas.

3.0 DISCUSION DE RESULTADOS

Las isopletas de mapas de eco-alturas parecen orientarse en bandas alternantes de valores de altura máxima y mínima. Para todos los períodos analizados hubo tendencia de las bandas de máxima altura a orientarse a lo largo de o más bien, inmediatamente atrás de los ejes de ondas de superficie, lo cual es bastante análogo al modelo clásico de nubes para ondas de escala sinóptica en los alisios descritos por Riehl (1954).

Las cartas de viento superior para ambas situaciones indican que la corriente básica de bajo nivel era del orden de casi 10-12 nudos, en tanto que las velocidades de onda trazadas por su continuidad de superficie cada 6-horas era de casi 5 nudos, excepto para la onda precisamente al oeste de Miami a las 1800Z, el 26 de Agosto de 1961, que se movía a unos 10 nudos. Las secciones de tiempo indicaban que esta corriente era bastante uniforme con la altura y que se puede usar subjetivamente el teorema de conservación de vorticidad potencial para demostrar que esos resultados en mapas de eco-alturas generalmente deben esperarse en tales condiciones. Así, los resultados son aparentemente razonables.

receiver gain, using signal attenuators, reducing the horizontal beam width, reducing the pulse length, etc.).

Isopleths of the greatest heights noted for each echo and greatest heights noted within echo masses were then drawn at 10,000-ft intervals for the various periods of the chosen situations.

3.0 DISCUSSION OF RESULTS

Isopleths on the echo-height maps appeared to be oriented in alternating bands of maximum- and minimum-height values. For all periods analyzed, there was a tendency for the maximum-height bands to be oriented along or preferably immediately to the rear of the axes of the surface waves. This is somewhat analogous to the classical model of clouds for synoptic-scale waves in the easterlies as described by Riehl (1954).

Upper-wind charts for both situations indicate that the basic low-level current was of the order of about 10-12 knots, whereas the wave speeds as depicted from 6-hourly surface continuity were about 5 knots except for the wave just west of Miami at 1800Z, 26 August 1961, which moved closed to 10 knots. Time sections indicate that this current was rather uniform with height. One can subjectively use the theorem of conservation of potential vorticity to show that the results as indicated on the echo-height maps are generally to be expected under such conditions. Thus, the results appear to be reasonable.

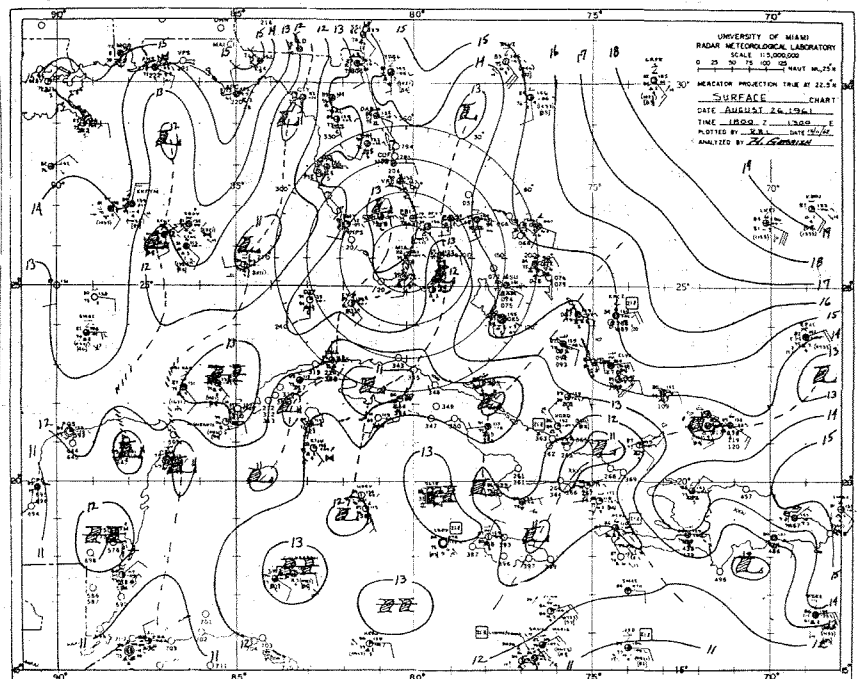
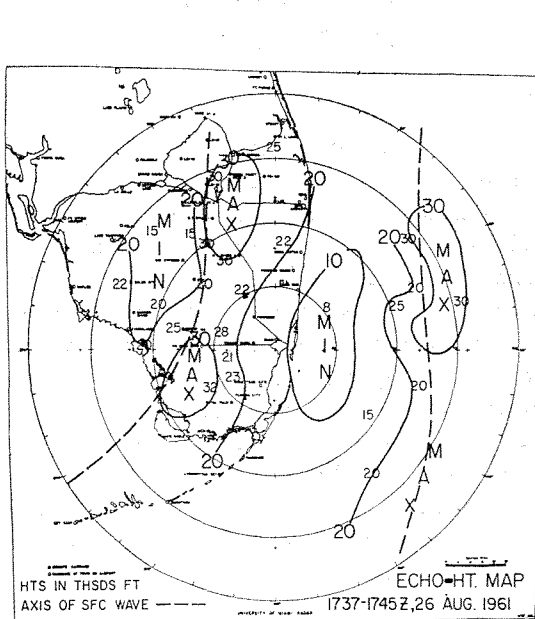


Fig. 1.—Situación en Agosto 26, 1961 a las 1800Z.
Mapa de superficie (a la derecha).
Mapa de eco-alturas (a la izquierda)

Fig. 1.—1800Z, 26 August 1961 situation.
Surface maps (to the right).
Echo-height map (to the left).

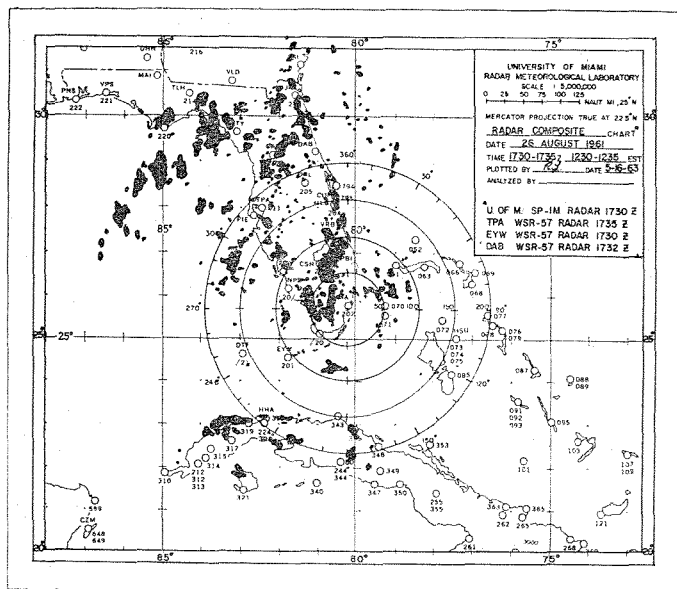


Fig. 2.—Compuesto de radar de Agosto 26, 1961, a las 1730-1735Z.
Fig. 2.—Radar composite 1730-1735Z 26 August 1961.

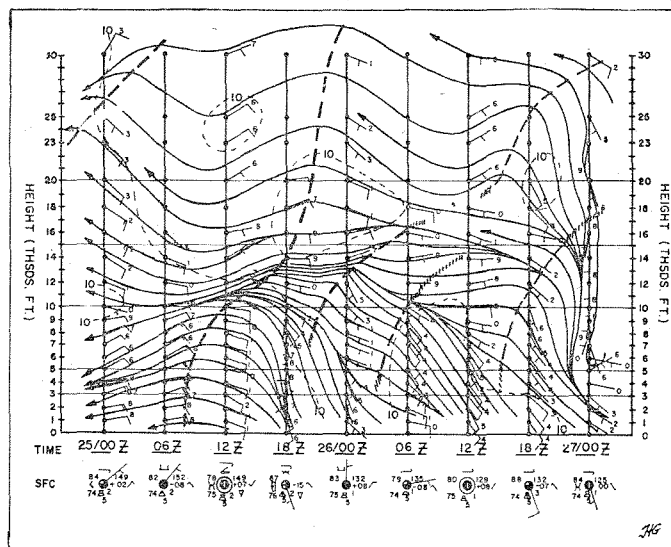


Fig. 3.—Sección de tiempo para Miami, Fla., Agosto 25-27, 1961.
Fig. 3.—Time-section for Miami, Fla., 25-27 August, 1961.

La Fig. 1 presenta la situación del 26 de Agosto de 1961 con resultados de un período, indicando el mapa de eco-alturas que para la relativamente común situación que contiene pocos ecos, la correspondencia entre las bandas de máxima altura y los ejes de las ondas mesoescales es bastante buena. Dichas bandas se separaban aproximadamente 100 mi n., debiéndose las ondulaciones y ligeros cambios en ellas en todas las situaciones al crecimiento y disipación de ecos. Sin embargo, tal cosa no parece afectar la preferencia de los ecos más altos a orientarse a lo largo de e inmediatamente atrás de los ejes de ondas. Debe notarse también que las bandas de máxima altura son casi del mismo orden de magnitud sobre tierra o agua a las 1737-1745Z en tal situación.

Es difícil precisar los efectos de frentes de brisas marinas sobre la banda de máxima altura en tierra en la Fig. 1. Los datos PP obtenidos de varios radares en Florida sugieren que ciertas porciones de esta banda cerca del Lago Okeechobee y justamente al oeste de Miami pueden ser afectados por frentes de brisa marina (Fig. 2). Sin embargo, el aparente frente de brisa marina a lo largo de la costa suroeste simula estar en ángulo recto con la banda. El área de eco al sureste del Lago Okeechobee hasta la costa oriental parece demasiado grande para constituir por completo un frente de brisa marina. La sección de tiempo para Miami (Fig. 3) muestra una vaguada cerca de 11,000-ps a las 18000Z del 26 de Agosto con indicación de haber bajado hasta 3-5,000-ps unas 3 horas más temprano, si se supone estado estacionario. Ya que otras cartas no indicaban una situación de ese tipo, la vaguada probablemente llegó a la superficie cerca de Miami casi a las 1500Z. Un movimiento de 10 nudos colocaría esa posición de la vaguada a más de 30 mi n. al oeste de Miami a las 1800Z. Evidentemente tal vaguada depende de la onda mesoescalar y la banda de máxima altura en cuestión. La sección de tiempo también

Fig. 1 presents the 26 August 1961 situation with the results o one period. The echo-height map suggests that for the relatively common situation containing few echoes, the correspondence between the maximum-height bands and the axes of the mesoscale waves is quite good. These bands are approximately 100 n. mi apart. Wiggles and slight shifts in the bands in all situations were due to growth and decay of echoes. This, however, did not seem to affect the preference of the highest echoes to be oriented along and immediately to the rear of the waves axes. Note also that the maximum-height bands are about the same order of magnitude whether over land or water at 1737-1745Z in this situation.

It is difficult to assess what effects sea-breeze fronts may have on the maximum-height band over land in Fig. 1. PP data composited from various radars in Florida suggest that portions of this band near Lake Okeechobee and just west of Miami may be affected by sea-breeze fronts (Fig. 2). However, the apparent sea-breeze front along the southwest coast appears to be at right angles to the band. The echo area southeast of Lake Okeechobee and extending to the east coast seems too large to be entirely sea-breeze front. The time section for Miami (Fig. 3) indicates a trough near 11,000-ft at 1800Z on 26 August with the suggestion that it would have been as low as 3-5,000-ft 3 hrs earlier, assuming steady state. Since other charts indicated that this was not a steady-state situation, the trough probably did reach the surface near Miami about 1500Z. A movement of 10 knots would put the surface position of the trough some 30 n. mi west of Miami at 1800Z. This trough evidently is associated with the mesoscale wave and the maximum-height band in question. The time section also indicates that the trough extended at least to 16-18,000-ft.

indica que la vaguada se extendía casi hasta 16-18,000-ps. Así, el autor concluye que los efectos de brisa marina se agregarían en ciertas porciones de la banda, pero que correspondían a una onda ya existente en el aire.

Es razonable esperar que cuando existan más datos se encontrarán más bandas de alturas máximas y mínimas, como en la situación del 8 de Agosto de 1958 que se presenta en la Fig. 4. En tal situación hubo casi dos veces más datos de eco-alturas en comparación con la situación de la Fig. 1. El espaciamiento entre bandas de máxima altura era casi la mitad de la cifra anterior o 50 mi n. La banda de máxima altura a lo largo de la costa oriental de Miami correspondía evidentemente con su eje de onda; a pesar de ello no se analizaron otras ondas dentro de 80 mi n. de Miami en correspondencia con otras bandas de máxima altura. Tal vez si se usaran datos de cada hora en vez de cada 6-horas y de continuidad podrían analizarse más ondas. En ciertos casos las ondas mesoescalares o las vaguadas separadas por 50 mi n. puedan analizarse con datos sinópticos convencionales, presentándose un ejemplo en la Fig. 5. Un estudio de eco-alturas de esa situación, apenas anterior a la formación del Huracán Alma (1962), también indicó buena correspondencia entre las bandas de máxima altura y los ejes (ver Fig. 5). Aunque dichas vaguadas mesoescalares estaban asociadas con un vórtice bastante grande en una onda de escala sinóptica en los alisios, no pueden considerarse estrictamente como "ondas mesoescalares de alisios" pues se sitúan a lo largo del lado sur del vórtice con circulación localizada hacia el oeste en el aire. Las ondas incluidas en ese flujo localizado hacia el oeste no tienen la estructura básica definida antes y por

Thus, the author concludes that sea-breeze effects may have been additive in certain portions of the band, but it is also associated with a wave that had history aloft.

It is reasonable to expect that with more data there would be more maximum- and minimum-height bands. Such was the situation of 8 August 1958 as presented in Fig. 4. For this situation there were about twice as many echo-height data as compared to the situation in Fig. 1. The spacing between maximum-height bands was about half of that in the previous figure or 50 n. mi. The maximum-height band along the coast east of Miami corresponded favorably with the wave axis there; however, there were no other waves analyzed within 80 n. mi of Miami for correspondence with the other maximum-height bands. Possibly if hourly rather than 6-hourly data and continuity were used, more waves could have been analyzed. In certain instances, mesoscale waves or troughs approximately 50 n. mi apart can be analyzed from conventional synoptic data. An example of this is presented in Fig. 5. An echo-height study of this situation, which was just a prior to the formation of Hurricane Alma (1962), also indicated good correspondence between the maximum-height bands and the axes (see Fig. 5). Although these mesoscale troughs were associated with a rather large vortex in a synoptic-scale wave in the easterlies, they do not strictly qualify as "mesoscale waves in the easterlies", because they are located along the southern side of the vortex with localized westerly flow aloft. Waves embedded in the localized westerly flow do not have the basic structure defined earlier. Therefore, the example is for illustrative purposes only. This suggests that

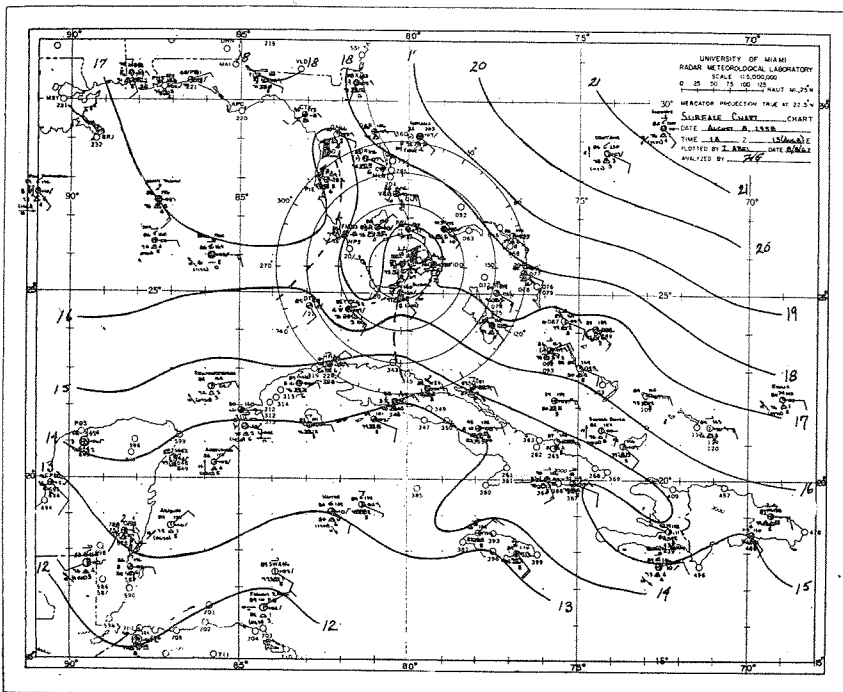


Fig. 4.—Situación en Agosto 8, 1958, a las 1800Z
Mapa de superficie (a la izquierda)
Mapa de eco-alturas (a la derecha).

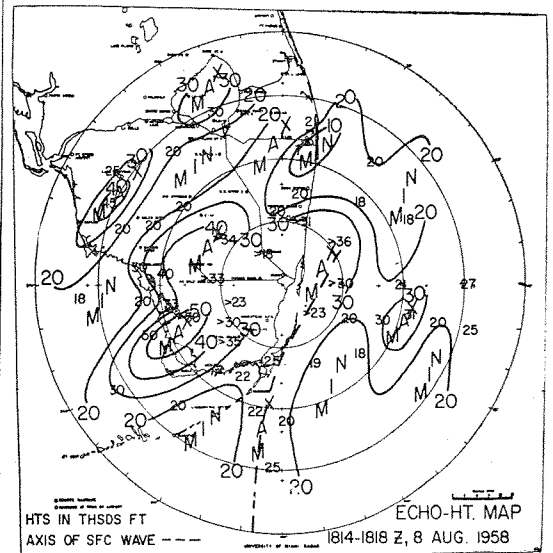


Fig. 5.—1800Z 28 August 1958 situation.
Surface map (to the left)
Echo-height map (to the right).

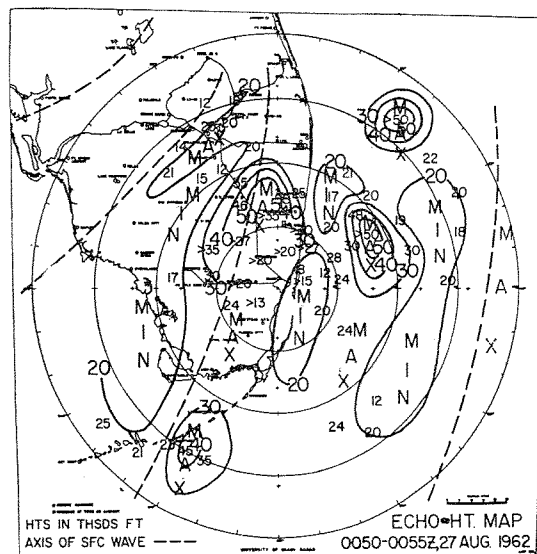


Fig. 5.—Situación en Agosto 27, 1962, a las 0000Z.
 Mapa de superficie (a la derecha)
 Mapa de eco-alturas (a la izquierda).

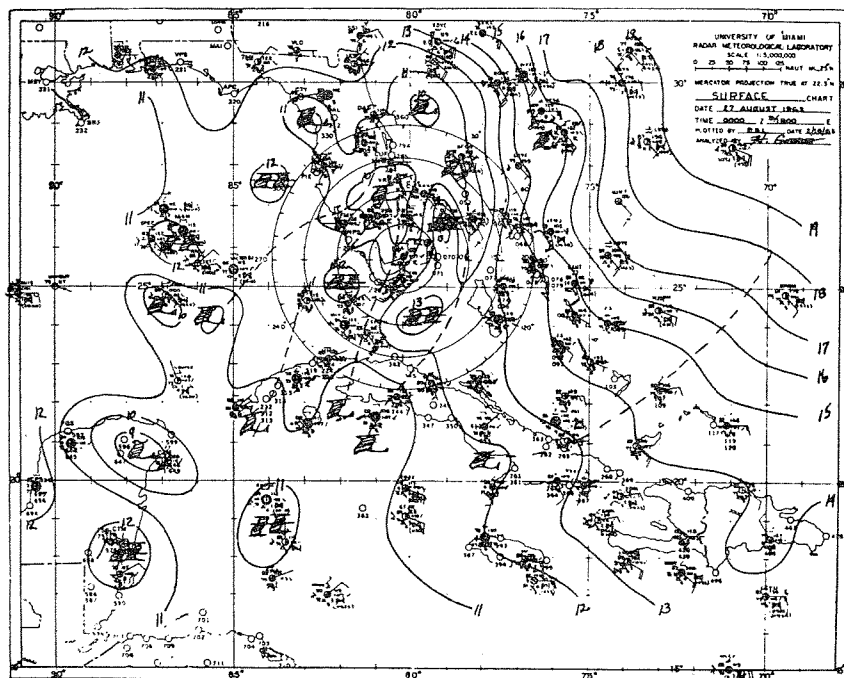


Fig. 5.—0000Z 27 August, 1962 situation.
 Surface map (to the right)
 Echo-height map (to the left).

ello, el ejemplo sólo tiene carácter ilustrativo, sugiriendo que al comprobarse este estudio, las bandas de máxima altura en mapas de eco-alturas ayudaran a situar ondas mesoescalares de varios tamaños en alisios, que no se analizarían con los datos sinópticos convencionales.

En la Fig. 4 también parecen agregarse efectos de brisa marina, pues los altos ecos que se extienden desde la costa cerca de Cape Sable indican que había otra perturbación en el área. Nótese también en esta situación que una banda de máxima altura existe a lo largo de la costa justamente al este de Miami en tanto que en el ejemplo previo había una banda de mínima altura en dicha área.

Seguramente con un creciente y gran número de ecos, las bandas de máxima altura se corresponderían más entre sí, pues por definición la onda mesoescalar más pequeña tendría 2 mi de longitud de onda, que es casi la escala de las "calles de nubes" observada en Florida al principiar las tardes en Agosto.¹ Así, puede señalarse una relación vaga entre ciertas "calles de nubes" que son perpendiculares al viento y a las ondas mesoescalares en los alisios. En esa escala las bandas de máxima altura corresponderían a las filas de nubes y las bandas de mínima altura a las regiones entre dichas filas que casi carecen de nubes.

4.0 COMENTARIOS FINALES

La consistencia de resultados que comprueban esencialmente una bien conocida relación clásica de la mesoescala es alentadora. Deben realizarse estudios más amplios en la

¹ Comunicación personal del Sr. Plank Vernon, Aerophysics Lab., Air Force G.R.D., Cambridge, Mass.

after further verification of this study, maximum-height bands on echo-height charts may assist with the location of various sizes of mesoscale waves in the easterlies which could not be analyzed from conventional synoptic data.

In Fig. 4, sea-breeze affects also may be additive. Rather high echoes extending off the coast near Cape Sable suggest that some other disturbance was in the area. Note also in this situation that a maximum-height band exists along the coast just east of Miami, whereas in the previous example there was a minimum-height band in this area.

Conceivably, with increasingly large numbers of echoes, the maximum-height bands would become correspondingly closer together. By definition, the smallest mesoscale wave would be 2 mi in wavelength. This is roughly the scale of "cloud streets" as observed in Florida during the early afternoon in August.¹ Thus, there may be some remote connection between certain "cloud streets" which are perpendicular to the wind and mesoscale waves in the easterlies. On this scale the maximum-height bands would correspond to the cloud rows and the minimum-height bands would correspond to the regions between the rows which are nearly cloud free.

4.0 CONCLUDING REMARKS

The consistency of the results to essentially substantiate a well known classical relationship on the mesoscale was encouraging. More exhaustive studies should be attempted

¹ Personal communication from Mr. Vernon Plank, Aerophysics Lab., Air Force G.R.D., Cambridge, Mass.

misma dirección con mayores datos que incluyan períodos diurnos y horarios, si es posible. El radar puede ser un buen auxiliar en la localización de ondas mesoescalares de alisios así como en su rastreo.

AGRADECIMIENTOS.

El autor desea agradecer los útiles comentarios de sus colegas, Homer W. Hiser y Harry V. Senn, sobre este trabajo.

along these lines based on a much larger sample involving diurnal and hourly data, if possible. Radar may prove to be very helpful in locating mesoscale waves in the easterlies as well as tracking them.

ACKNOWLEDGEMENTS

The author wishes to acknowledge the helpful comments by his colleagues, Homer W. Hiser and Harry V. Senn, relative to this paper.

BIBLIOGRAFIA

- FUJITA, T. 1962. A Review of Researches on Analytical Mesometeorology. *Research Paper No. 8, Dept. of Geophysical Sci., Univ. of Chicago*. pp. 96-98, Feb.
- GERRISH, H. P. & H. W. HISER. 1962. Meso-Scale Studies of Instability Patterns and Winds in the Tropics. First Interim Tech. Rept., 1 May-31 August 1962, Radar Meteor. Sec., Inst. of Marine Sci., Univ. of Miami, 25 pp., Nov.
- 1963. Mesoscale Studies of Instability Patterns and Winds in the Tropics. Second Interim Tech. Rept., 1 September-31 December 1962, Radar Meteor. Sec., Inst. of Marine Sci., Univ. of Miami, 31 pp., April.
- HISER, H. W., P. E. NORMAN & C. E. STEEN. 1962. Evaluation and Application of a Special Weather Radar Receiver System. Radar Meteor. Sec., Inst. of Marine Sci., Univ. of Miami, pp. 27, March.
- RIEHL, H. 1954. *Tropical Meteorology*. New York (McGraw-Hill Book Co., Inc.), pp. 213 and 218.

BIBLIOGRAPHY