

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

México, D. F., Jun. 6-12, 1963

CONFIGURACIÓN EN GRAN ESCALA DEL FLUJO EN LOS TRÓPICOS (II) LARGE SCALE FLOW PATTERN IN THE TROPICS (II)

ANÁLISIS POR COMPUTACION Y PREDICCIÓN EN LOS TRÓPICOS

H. A. BEDIENT, * P. R. MOORE **
y J. VEDERMAN **

RESUMEN

Se hicieron análisis objetivos de los campos de viento en el área tropical del Océano Pacífico a niveles de 700, 500, 300 y 200 mb con ayuda de una calculadora electrónica de alta velocidad, usándose observaciones de viento por avión, rawin y pibales. No se emplearon alturas de superficies de presión constante. Los análisis objetivos de viento se compararon con análisis subjetivos, para hacer pronósticos barotrópicos tropicales de carácter experimental y compararlos con pronósticos convencionales.

INTRODUCCION

Durante los años próximos pasados se han realizado análisis por computación y previsión para uno o más niveles de aire superior en la Unidad Conjunta de Previsión Numérica del Tiempo (ahora Sección de Previsión Numérica del Tiempo del Centro Meteorológico Nacional, Suitland, Maryland), la Central del Tiempo Global en la Base Aérea en Offut, el Servicio del Tiempo Numérico de la Flota en Monterrey y la Oficina Meteorológica Japonesa.

El propósito de este estudio es explorar la aplicación de algunas de dichas técnicas a los trópicos.

DATOS EN EL AREA TROPICAL DEL PACIFICO

Algunas veces se ha objetado la posibilidad de realizar análisis objetivos satisfactorios en los trópicos por escasez de datos de aire superior. Sin embargo, sobre grandes porciones tropicales del Pacífico difícilmente tendría apoyo esa objeción y la Fig. 1 muestra nuestra carta para 300 mb a las 1200Z del 11 de Mayo de 1963. Debe notarse que se dispone de mayores datos de aire superior sobre la porción tropical del Océano Pacífico Norte que sobre la porción de latitudes medias, pero ya se han hecho por años satisfactorios análisis por computación sobre esas latitudes en el Océano Pacífico.

* U. S. Air Force.

** U. S. Weather Bureau.

COMPUTER ANALYSIS AND PREDICTION IN THE TROPICS

H. A. BEDIENT, * P. R. MOORE **
and J. VEDERMAN **

ABSTRACT

Objective analyses of the wind fields in the tropical Pacific Ocean area at 700, 500, 300 and 200 mb levels were made with the aid of a high-speed electronic computer. Use was made of pibals, rawins and aircraft wind observations. Heights of constant pressure surfaces were not used. The objective wind analyses are compared with subjective analyses. Experimental tropical barotropic forecasts were also made and compared with conventional forecasts.

INTRODUCTION

For the past several years computer analyses and forecasts for one or more upper-air levels have been made by the Joint Numerical Weather Prediction Unit (now the Numerical Weather Prediction Section of the National Meteorological Center, Suitland, Maryland), the Global Weather Central at Offut Air Force Base, the Fleet Numerical Weather Facility at Monterey and the Japanese Meteorological Agency.

The purpose of this study is to explore the application of some of their techniques to the tropics.

DATA IN THE TROPICAL PACIFIC AREA

One objection sometimes raised against the likelihood of making satisfactory objective analyses in the tropics is the scarcity of upper-air data. However, over large portions of the tropical Pacific this objection can hardly be supported. Figure 1 shows our 300 mb chart for 1200Z May 11, 1963. Note that more upper air data are available over the tropical portion of the North Pacific Ocean than over the mid-latitude portion. Yet satisfactory computer analyses have been made for years over the mid-latitude Pacific Ocean.

* U. S. Air Force.

** U. S. Weather Bureau.

El área cubierta por nuestros análisis se extiende de 130°W a 100°E y de 20°S a 37°N. La distancia entre puntos de la red es de 5° de longitud en el ecuador (300 millas náuticas). La Fig. 2 muestra la red de tales puntos en un mapa en proyección de Mercator, así como las áreas cubiertas por los "barridos" del análisis que se discuten en la siguiente sección.

METODO DE ANALISIS

Los esquemas de análisis objetivos por computación toman ahora en cuenta las alturas y los vientos a niveles apropiados de presión constante. Sin embargo, generalmente se considera que las alturas apenas tienen relación con los vientos en los trópicos (L. E. Worthley Jr., 1959). Por tal razón, el método de análisis que se describe aquí no usa las alturas de las superficies de presión constante y sólo usa los vientos que se han observado de tres modos: informes de avión, rawin y pibales. Tal vez debiera decirse algo sobre los informes de avión, pues por años muchos previsores han dudado de la exactitud de tales informes. No compartimos esa duda ya que nuestra experiencia en el Pacífico apoya la excelente calidad de los informes de avión, aunque ocasionalmente contengan errores. La reciente introducción de equipo Doppler para mediciones de viento en avión ha aumentado nuestra confianza sobre tales informes para vientos superiores.

Se han expresado recientemente algunas dudas sobre la pretendida falla de la relación geostrofica en los trópicos y Reed (1962) dice que: "Se supone comúnmente en Meteorología que la relación geostrofica es nula más abajo de 15° en el ecuador. A pesar de ello, cierto número de investigadores han mantenido recientemente que los rasgos estacionarios o de variación lenta de la circulación ecuatorial están bajo control geostrofico y los resultados aquí presentados parecen confirmarlo". Nuevos estudios podrán revelar que la aproximación geostrofica (sobre la capa friccionalmente influenciada) no es tan baja como se piensa y se intentará usar las alturas de superficies de presión constante así como los vientos en el programa de análisis por computación, lo cual ya hemos experimentado.

Siguiendo a Cressman (1959), el análisis de viento tropical comienza con una primera aproximación al viento en cada punto de la red. Un pronóstico de 12-horas preparado por el método de pronóstico estadístico de Lavoie y Weideranders (1960) se usa para esa primera aproximación. Sus ecuaciones de pronóstico son

$$\begin{aligned} u_f &= (1 - r_u) u_c + r_u u_p \\ v_f &= (1 - r_v) v_c + r_v v_p \end{aligned} \quad (1)$$

donde u y v son las componentes de viento del oeste y del sur, respectivamente, f se refiere al valor pronosticado, c a la climatología, p a la persistencia y r al coeficiente de retardo de correlación, considerándose como una medición provisional. Después de probar un modelo barotrópico para los trópicos y si rinde pronósticos satisfactorios, se usan los vientos

The area covered by our analyses extends from 135° W to 100° E and from 20° S to 37° N. The distance between grid points is 5° longitude at the equator (300 nautical miles). Figure 2 shows the network of grid points on a Mercator projection map. Also shown are the areas covered by the analysis "scans" discussed in the next section.

METHOD OF ANALYSIS

Objective, computer analyses schemes now in use take into account both the heights of and winds on appropriate constant-pressure levels. It is generally considered, however, that the heights are poorly related to the winds in the tropics (L. E. Worthley, Jr., 1959). For that reason the analysis method described here makes no use of the heights of constant-pressure surfaces; it uses winds only. The observed winds are from three sources: rawins, pibals and aircraft reports. Perhaps a word should be said about the aircraft reports. For years many forecasters have been skeptical about the accuracy of aircraft wind reports. We do not share that skepticism. Our experience in the Pacific has been that wind reports from aircraft are of excellent quality, even if occasionally in error. The recent introduction of Doppler wind measuring equipment on aircraft has further increased our confidence in reported winds aloft.

Some doubts have recently been raised about the alleged failure of the geostrophic relation in the tropics. Reed (1962) says that "It is commonly assumed in Meteorology that the geostrophic relationship is invalid within 15° of the equator. However, a number of investigators have maintained recently that the stationary or slowly varying features of the equatorial circulation are under geostrophic control and the results presented here seems to confirm this view." Should further study reveal that the geostrophic approximation (above the frictionally influenced layer) is not as poor as now thought, an attempt will be made to use the heights of constant-pressure surfaces as well as the winds in the computer analysis program. We have already made some experiments along these lines.

Following Cressman (1959), the tropical wind analysis begins with a first approximation to the wind at each grid point. A 12-hour forecast derived from the statistical forecasting method of Lavoie and Weideranders (1960) is used for the first approximation. Their forecasting equations are

where u and v are the west and south wind components, respectively, f refers to the forecasted value, c to climatology, p to persistence and r to the lag correlation coefficient. We look upon this as an interim measure. After a barotropic model for the tropics has been tested and if it yields satisfactory forecasts, the 12-hour barotropic forecast winds



Fig. 1.—Carta de 300 mb a las 1200Z, Mayo 11, 1963. Además de informes de viento de estaciones de radio sonda y pibales, la carta contiene 62 informes de viento de aviones de chorro.

Fig. 1.—300 mb chart for 1200Z May 11, 1963. In addition to wind reports from pibal and radiosonde stations this chart contains 62 wind reports from jet aircraft.

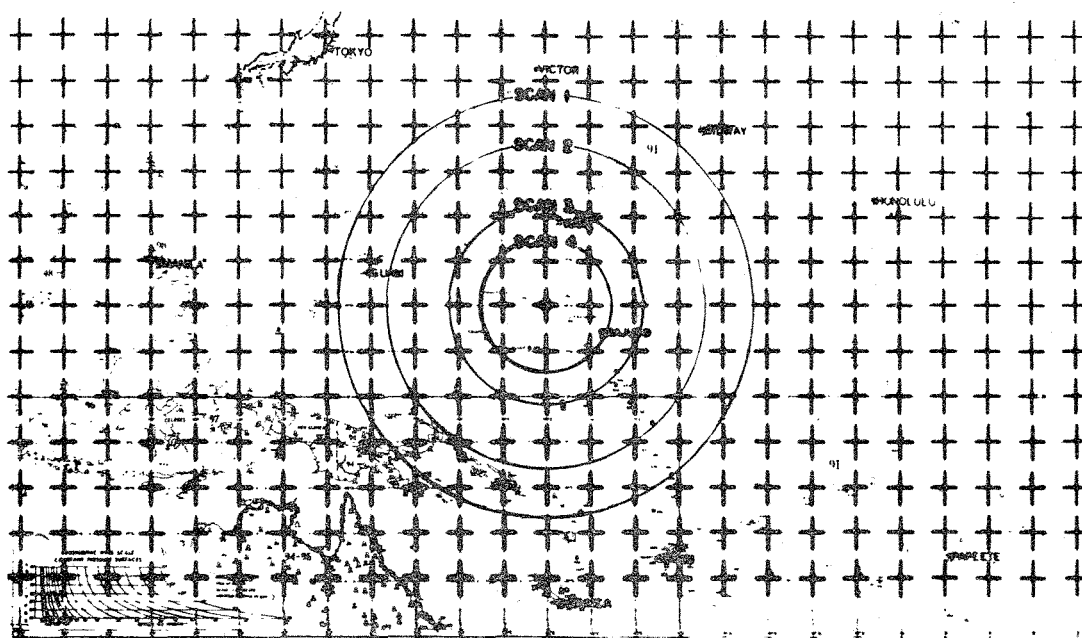


Fig. 2.—La red de puntos usada en el proceso de análisis objetivo tropical. También se muestran las áreas examinadas en cada barrido.

Fig. 2.—The network of grid points used in the objective tropical analysis scheme. The areas examined on each scan are also shown.

del pronóstico barotrópico de 12-horas para la primera aproximación en el análisis.

Entonces se corrigen los vientos de primera aproximación en los puntos de la red por medio de informes de viento observado. La fórmula de corrección es

$$C_u = -W(u_i - u) \quad (2)$$

$$C_v = -W(v_i - v)$$

donde C es la corrección calculada para un punto cercano de la red, u y v son las componentes observadas de viento y u_i y v_i los valores interpolados de la aproximación i -ava en el sitio de observación. El factor de ponderación W se define por

$$W = \frac{N^2 - d^2}{N^2 + d^2} \quad (3)$$

donde d es la distancia entre el punto de la red y el punto de observación y N es la distancia en que la ponderación es cero.

En el proceso iterativo de corrección de la primera aproximación, la calculadora examina o "barre" cuatro veces los datos. En el primer barrido N resulta ser de 4.7 longitudes de red y disminuye hasta 1.5 longitudes de red en el cuarto barrido, como lo muestra la Fig. 2, como efecto de ajustar inicialmente la primera aproximación para los rasgos de la circulación a gran escala y posteriormente para rasgos a escala más y más pequeña en barridos sucesivos.

El programa de análisis tiene también una prueba para detección de errores. Las observaciones de vientos que difieren en más de 50 nudos de la primera aproximación se anulan en el primer y segundo barridos, mientras que si tienen más de 40 nudos se anulan en el tercero y más de 30 nudos en el cuarto. Sin embargo, el analista informador puede usar nuevamente los datos anulados. El diagrama de flujo del sistema de análisis objetivo se muestra en la Fig. 3.

EJEMPLOS DE ANALISIS OBJETIVOS DE VIENTO

En las Figs. 4, 5, 6 y 7 se muestran ejemplos de análisis objetivos de campos de viento en los trópicos realizados con la calculadora IBM 704 y también los correspondientes análisis subjetivos preparados por previsores en servicio en la oficina de Honolulu del Weather Bureau.

Primeramente examinemos el análisis a 700 mb a las 0000 TCG el 1º de Julio de 1962 (Fig. 4). A lo largo de la costa de Asia notamos que los vientos del este calculados sobre las Filipinas cambian al sur sobre China y al oeste al norte de Formosa, siguiendo muy de cerca el análisis subjetivo. Los vientos calculados coinciden con la circulación inferida alrededor de la alta centrada casi a 40°N 167°E. El analista ha dibujado una baja cerca de 25°N 180°W que no concuerda con la circulación calculada de vientos y ningún análisis llega a coincidir con los vientos reportados por avión. Al suroeste de las Islas Hawaii, cerca

will be used for the first approximation to the analysis.

The first approximation winds at the grid points are then corrected by making use of the observed wind reports. The correction formula is

where C is the correction computed for a nearby grid point; u and v are the observed wind components and u_i and v_i are the interpolated values of the i -th approximation at the location of the observation. The weighting factor, W , is defined by

where d is the distance between the grid point and the observation point and N is the distance at which the weight is zero.

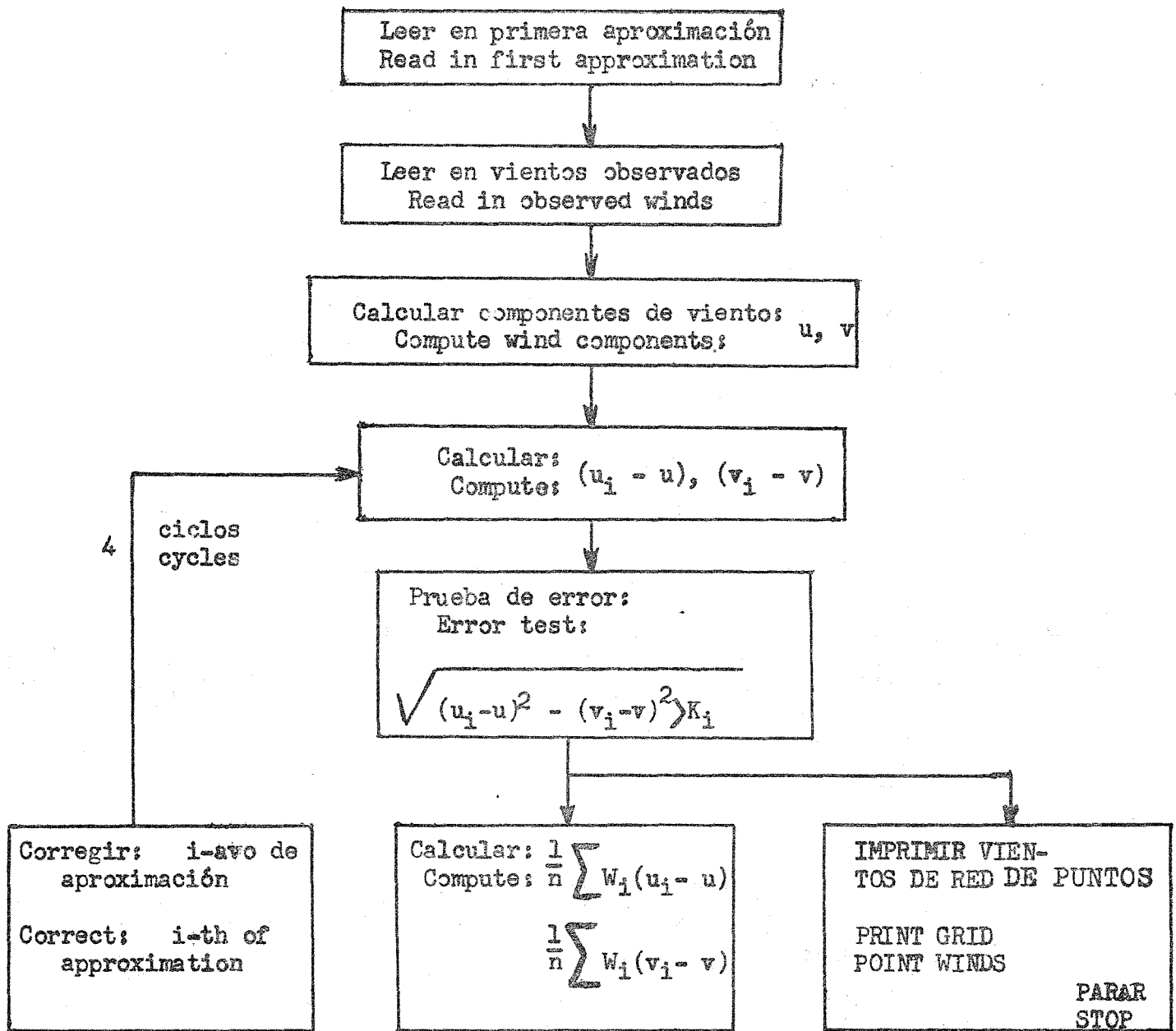
In the iterative process of correcting the first approximation, the computer examines or "scans" the data four times. On the first scan N is taken to be 4.7 grid lengths and it decreases to 1.5 grid lengths on the fourth scan, as shown in Figure 2. This has the effect of initially adjusting the first approximation for the large scale features of the circulation and then for smaller and smaller scale features on successive scans.

The analysis program also has an error detection test. Winds observations differing by more than 50 knots from the first approximation are rejected on the first and second scans, more than 40 knots are rejected on the third scan, more than 30 knots on the fourth scan. However, the monitoring analyst may re-insert rejected data. The flow diagram of the objective analysis system is shown in Figure 3.

EXAMPLES OF OBJECTIVE WIND ANALYSES

Examples of objective analyses of wind fields in the tropics, made with an IBM 704 computer, are given in Figures 4, 5, 6 and 7. Also shown are the corresponding subjective analyses prepared by duty forecasters at the Honolulu office of the Weather Bureau.

Let us, first, examine the 700 mb analysis for 0000 GCT 15 July 1962 (Fig. 4). Along the coast of Asia we notice that the easterly computer winds over the Philippines change to southerly over China and become westerly to the north of Formosa and follow the subjective analyses quite closely. The computer winds agree with the implied circulation around the high centered near 40°N 167°E. The analyst has drawn a low near 25°N 180°W which disagrees with the computer winds circulation and neither analysis quite agrees with the winds reported by aircraft. Southwest of the Hawaiian Islands, near 12°N 165°W, a high circulation has



$K_i = 50; 50; 40; 30$ nudos / knots

$i = 1; 2; 3; 4$

$N = 4.7; 3.6; 2.2; 1.5$

$u, v =$ componentes de viento observado / components of observed winds

Fig. 3.—Diagrama de flujo para el programa de análisis objetivo tropical.

Fig. 3.—Flow diagram for tropical objective analysis program.

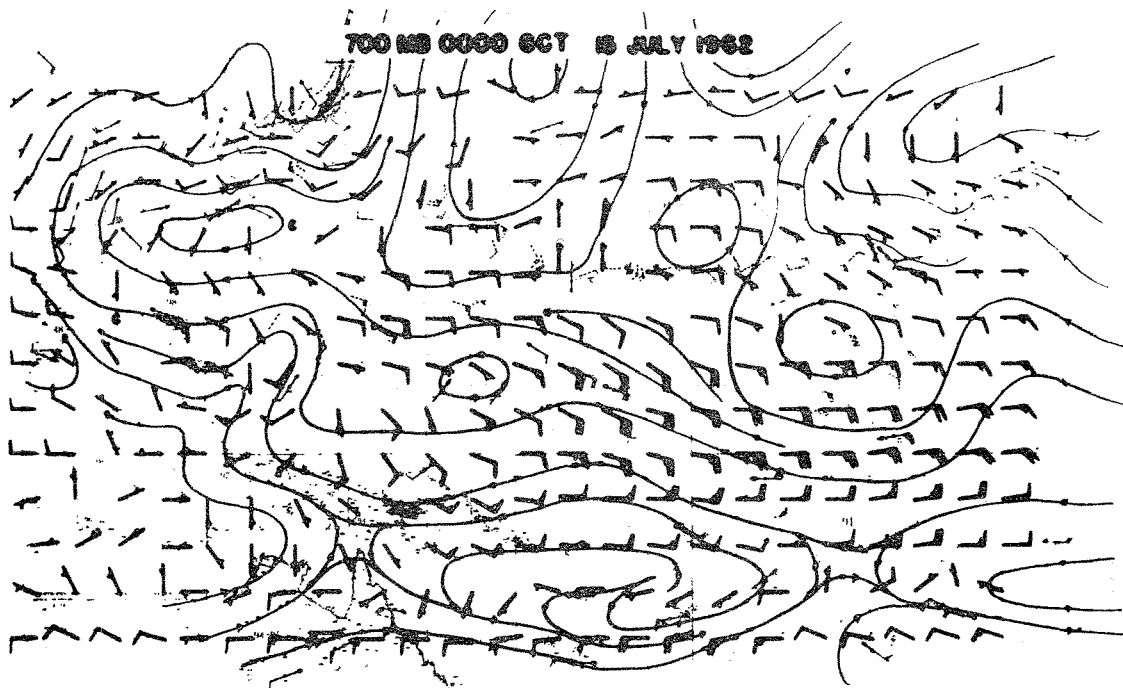


Fig. 4.—Análisis objetivo y subjetivo de la carta de 700 mb, 0000 TCG, Julio 15, 1962. Las líneas de corriente son del análisis subjetivo; los vientos a intervalos uniformemente espaciados son del análisis objetivo. Los vientos con puntas de flecha fueron observados en estaciones de radiosondeo y pibales; los vientos de aviones se indican por líneas interrumpidas.

Fig. 4.—Objective and subjective analyses of the 700 mb chart, 0000 GCT 15 July 1962. Streamlines are from the subjective analysis; the winds at uniformly spaced intervals are the objective analysis. Winds with arrowheads are observed winds at radiosonde or pilot stations; aircraft winds are indicated by dashes.

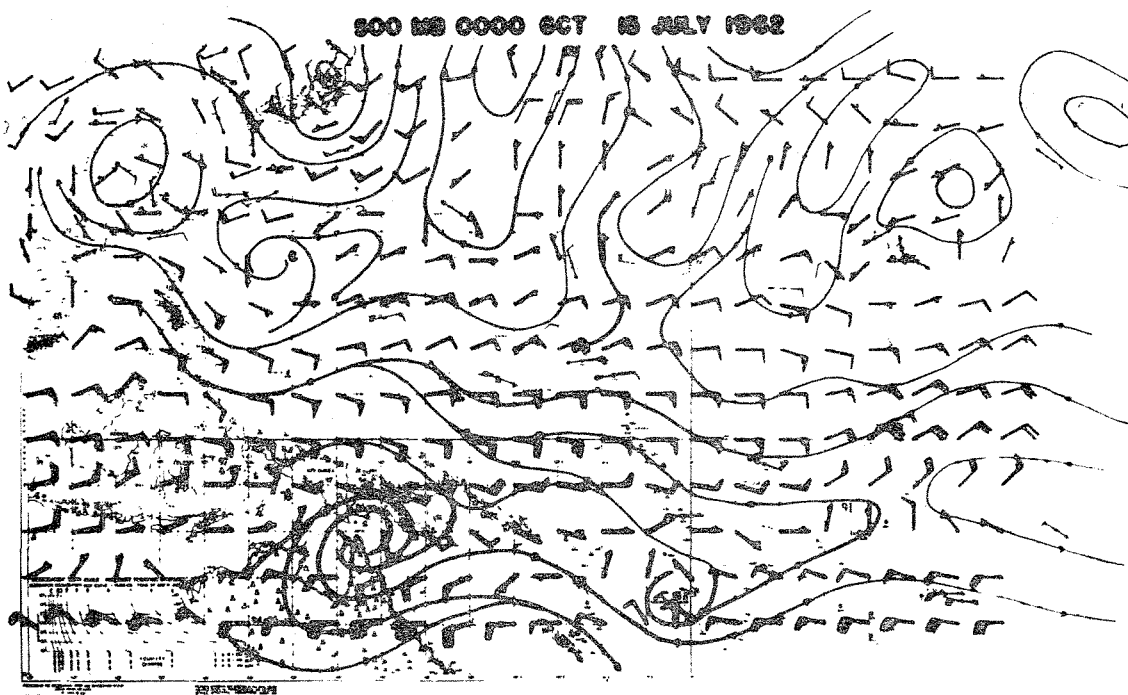


Fig. 5.—Análisis objetivo y subjetivo de la carta de 500 mb, 0000 TCG, Julio 15, 1962. Mismas indicaciones.

Fig. 5.—Objective and subjective analyses of the 500 mb chart, 0000 GCT 15 July 1962. Same indications.

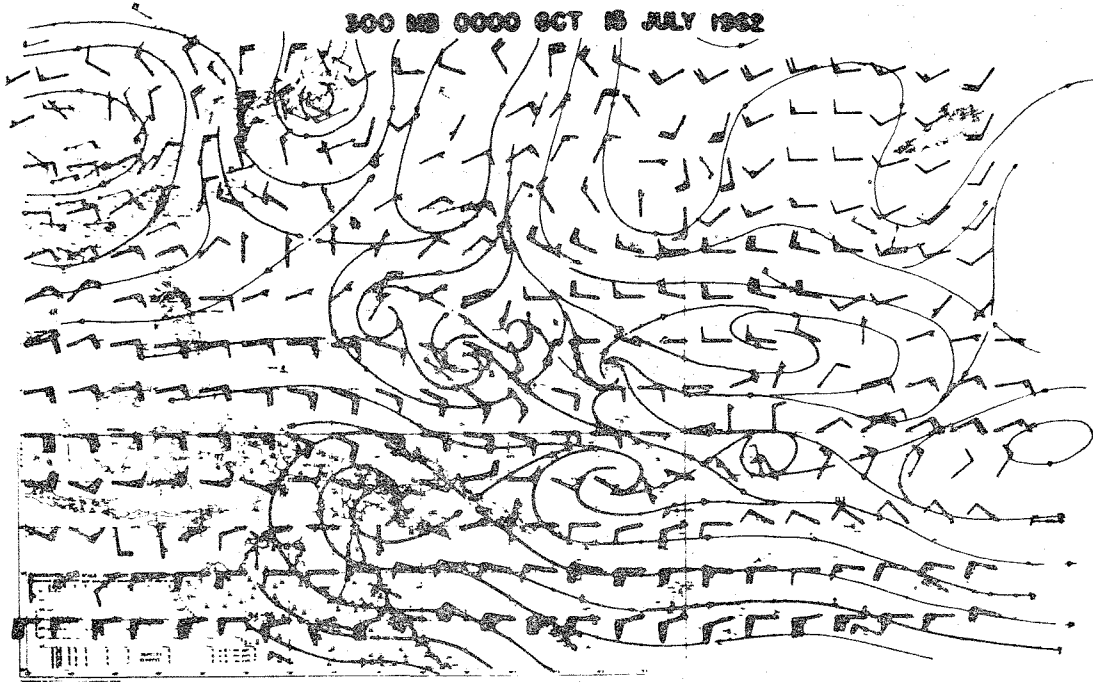


Fig. 6.—Análisis objetivo y subjetivo de la carta de 300 mb, 0000 TCG, Julio 15, 1962. Mismas indicaciones.

Fig. 6.—Objective and subjective analyses of the 300 mb chart, 0000 GCT 15 July 1962. Same indications.

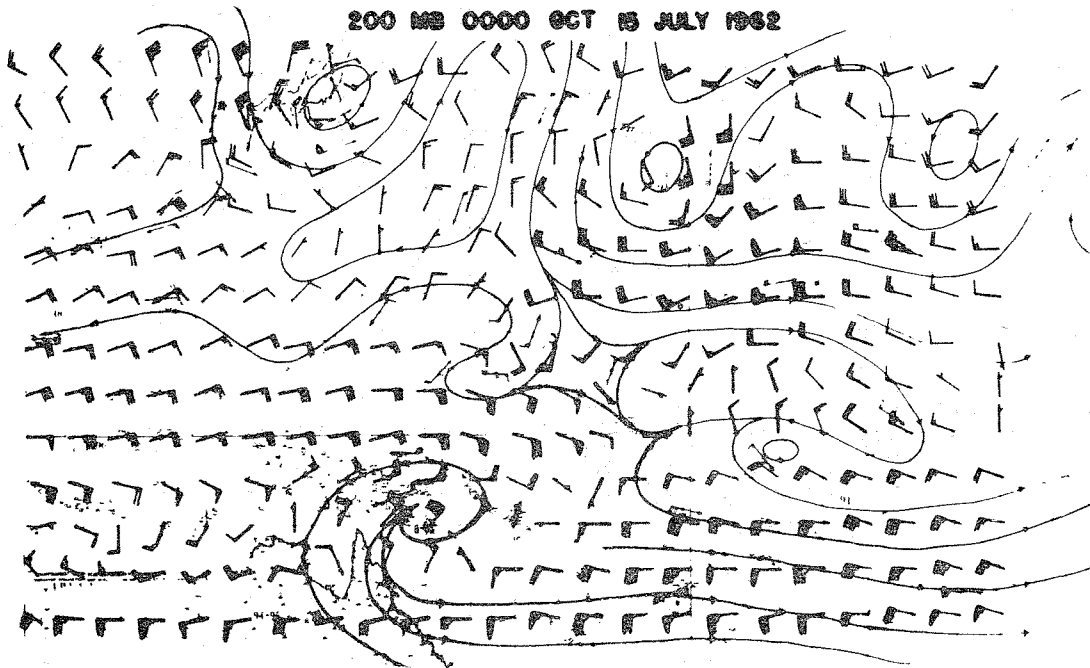


Fig. 7.—Análisis objetivo y subjetivo de la carta de 200 mb, 0000 TCG, Julio 15, 1962. Mismas indicaciones.

Fig. 7.—Objective and subjective analyses of the 200 mb chart, 0000 GCT July 1962. Same indications.

de 12°N 165°W, se ha dibujado una alta circulación que no aparece en los vientos calculados, aunque afortunadamente es más fácil opinar en este caso sobre los méritos relativos de ambos análisis. Una serie de observaciones (líneas interrumpidas) de avión tomadas en la alta unas 6 horas antes mostró solamente vientos del este.

Debe mencionarse que para este grupo de análisis objetivos no se usaron observaciones de avión sino sólo de rawin y pibales. Posiblemente el analista subjetivo usó toda la información disponible.

En la Fig. 5 el análisis subjetivo a 500 mb se comparó con el análisis objetivo. La línea saliente en el hemisferio sur corre entre 10°S y 15°S en ambos análisis. En la cercanía de Papeete (cerca de 17°S 150°W), Nandi (cerca de 18°S 178°E) y Cabo Cleveland (cerca de 19°S 147°E) los vientos calculados se ajustan muy bien a las observaciones. El análisis subjetivo de la vaguada del hemisferio norte, cerca de 20°N 180°W se basó en observaciones de viento por avión y resultó claramente superior al análisis objetivo en esa región. La misma nota se aplica a la baja cerca de 27°N 150°W.

A 300 mb (Fig. 6) los vientos en el navío oceánico estacionario "Victor" (34°N 161°E) e Islas Wake y Midway unidos a vientos de primera aproximación bastaron para permitir a la calculadora definir la vaguada cerca de 20°N 180°W que no se había definido a 500 mb. La calculadora tampoco denunció rasgos detallados a pequeña escala que el analista subjetivo ha dibujado en los Territorios Encomendados cerca de una línea entre Majuro (7°N 171°E) y Guam (14°N 145°E).

Los análisis objetivo y subjetivo están de acuerdo para casi todas las áreas en el nivel de 200 mb (Fig. 7). Sin embargo, la baja cerrada cerca de Tokio ha pasado inadvertida para la calculadora. En especial, hubo una observación de viento a 33°N 140°E de 55 nudos 230° que caía exactamente sobre un punto de la red. La impresión de la calculadora daba 10 nudos 270° en este punto de la red. Pensamos que la razón para tal discrepancia es que nuestro criterio de anulación de viento que parece conveniente para los trópicos resulta restringido para latitudes medias. El viento observado difería por más del total crítico en la primera aproximación y por ello fue anulado por la calculadora, lo cual sugiere que el criterio de anulación debe ajustarse para variaciones en latitud y también que un meteorólogo debe indicar el tipo de su máquina.

El ajuste para latitud puede ser innecesario e intentamos eliminar en el próximo futuro nuestros análisis objetivos al norte de la latitud 25°N. En su lugar se alisará el análisis objetivo del Centro Meteorológico Nacional para latitudes medias en nuestros análisis tropicales.

PRONOSTICOS BAROTROPICOS PARA LOS TROPICOS

Para estudiar la posible utilización de pronósticos barotrópicos en los trópicos hemos usado la versión de la ecuación de vorticidad de Cressman (1959):

been drawn but it does not appear in the computer winds. In this case, fortunately, it is easier to form an opinion about the relative merits of the two analyses. A series of observations (dashed liner) from aircraft flying through the high about 6 hours earlier, showed easterly winds only.

It should be mentioned that for this set of objective analyses no aircraft observations were used, only rawins and pibals. The subjective analyst, presumably, made use of all available information.

In Figure 5 the subjective 500 mb analysis is compared with the objective analysis. The ridge line in the southern hemisphere runs between 10°S and 15°S in both analyses. In the neighborhood of Papeete (near 17°S 150°W), Nandi (near 18°S 178°E) and Cape Cleveland (near 19°S 147°E) the computer winds fit the observations quite well. The subjective analysis of the northern hemisphere trough near 20°N 180°W is based on aircraft wind observations and is clearly superior to the objective analysis in that region. The same remark applies to the low near 27°N 150°W.

At 300 mb (Fig. 6) the winds at ocean station vessel "Victor" (34°N 164°E), Wake and Midway Islands together with the first-approximation winds were sufficient to enable the computer to define the trough near 20°N 180°W which it had failed to define at 500 mb. The computer has failed to disclose the detailed small scale features that the subjective analyst has drawn in the Trust Territories near a line from Majuro (7°N 171°E) to Guam (14°N 145°E).

The subjective and objective analyses are in good agreement in most areas at the 200 mb level (Fig. 7). However, the closed low near Tokyo has been completely missed by the computer. In particular, there is a wind observation at 33°N 140°E of 55 knots 230° which falls exactly on a grid point. The computer print-out gives 10 knots 270° at this grid point. We think the reason for this discrepancy is that our wind rejection criteria, which appear to be suitable for the tropics, are too stringent for mid-latitudes. The observed wind differed by more than the critical amount from the first approximation and so was rejected by the computer. This suggests that the rejection criteria be adjusted for latitude variations. It also suggests the need for a meteorologist to monitor the machine.

The latitude adjustment may not be necessary for it is our intention to eliminate, in the near future, our objective analysis north of latitude 25°N. We will, instead, smooth the National Meteorological Center's mid-latitude objective analysis into our tropical analysis.

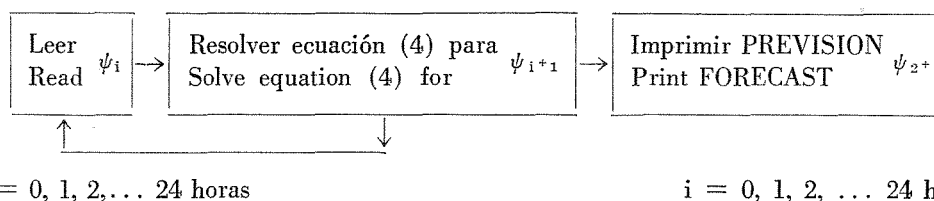
BAROTROPIC FORECASTS FOR THE TROPICS

To study the possible usefulness of barotropic forecasts in the tropics we have made use of Cressman's (1959) version of the vorticity equation:

$$\left(\nabla^2 - \frac{\mu\eta}{\psi}\right) \frac{\partial\psi}{\partial t} + \vec{V} \cdot \nabla (f + \nabla^2\psi) = 0 \quad (4)$$

donde μ equivale a 4, η es la vorticidad absoluta, ψ la función de corriente, \vec{V} el vector de viento horizontal y f el parámetro de Coriolis. Generalmente esta ecuación se resuelve convirtiendo primeramente la altura o geopotencial a una función de corriente por la ecuación de equilibrio y cuando se llega a una solución en términos de dicha función, se calcula e imprime la altura o campo de geopotencial. Puesto que no hemos usado altura sino solamente vientos, podemos evitar la conversión de la altura que lleva tanto tiempo en o por función de corriente.

El programa de cálculo que lleva a la previsión barotrópica puede escribirse esquemáticamente como



Desde que Jordan (1956) estudió la previsión barotrópica en los trópicos muy poco se ha publicado en ese campo. El Proyecto Nacional de Investigación de Huracanes ha realizado algunos experimentos y permitido que el programa barotrópico tropical IBM 704 nos fuera entregado, sirviéndonos para preparar una serie de pronósticos barotrópicos de 12 y de 24-horas a 500 mb para el período del 14 al 31 de Julio de 1962.

La Fig. 8 muestra el análisis objetivo de la función de corriente a 500 mb para las 0000 TCG el 18 de Julio de 1962 y el pronóstico barotrópico de 24-horas. El análisis convencional a 500 mb y el pronóstico para las 0000 TCG del 19 de Julio de 1962 se han incluido para comparación. Sobre las cartas de función de corriente grandes valores positivos se asocian con los anticiclones del hemisferio norte aunque también hay grandes valores negativos asociados con los anticiclones del hemisferio sur. Realmente tuvieron lugar muy pocos cambios durante el período de previsión y sólo se indicaron pequeños cambios en la previsión barotrópica. Aún carecemos de experiencia suficiente para sugerir si el pronóstico barotrópico pudo hacerse cuando los sistemas se movían rápidamente.

El pronóstico barotrópico de 24-horas muestra un anticiclón cerca de 28°N y 120°E que se ajusta favorablemente a lo dicho. La línea saliente en el hemisferio sur se calculó que estaba cerca de 7°S en la porción oriental de la carta inclinándose hasta 15°S en la porción occidental, lo cual también está de acuerdo con el análisis verificador. Pero, la carta de pronóstico no pudo indicar la existencia de vientos del sureste al este de 180°. Además no se advirtió la débil baja cerca de Hawaii y tampoco la que hubo al norte de la Isla Midway. Sin embargo, la carta de pronóstico siempre muestra correctamente una vaguada que se ex-

where μ is taken to be 4, η is the absolute vorticity, ψ is the stream function, \vec{V} is the horizontal wind vector and f is the Coriolis parameter. This equation is usually solved by first converting height or geopotential to stream function through the balance equation. After a solution is reached in terms of the stream function the height or geopotential field is computed and printed. Since we have made no use of heights, but winds only, we are able to by-pass the time-consuming conversion of height to and from stream function.

The computer program leading to the barotropic forecast may be described schematically as:

Since Jordan (1956) studied the barotropic forecasting in the tropics very little has been published in this field. The National Hurricane Research Project has carried out some experiments and has made its IBM 704 tropical barotropic program available to us. We have prepared a series of 12 and 24-hour barotropic forecasts at 500 mb for the period July 14 to July 31, 1962.

Figure 8 shows the objective stream function analysis at 500 mb for 0000 GCT 18 July 1962 and the 24-hour barotropic forecast. The 500 mb conventional analysis and forecast for 0000 GCT 19 July 1962 are shown for comparison. On the stream function charts large positive values are associated with northern hemisphere anticyclones but large negative values are associated with southern hemisphere anticyclones. Actually, very little change took place during the forecast period and only little changes were indicated by the barotropic forecast. We have not had enough experience to suggest how well the barotropic forecast works when systems are moving rapidly.

The 24-hour barotropic forecast shows an anticyclone near 28°N 120°E which compares favorably with what was observed. The ridge line in the southern hemisphere was predicted to lie near 7°S in the eastern portion of the chart and slope to 15° S in the western portion, again in good agreement with the verifying analysis. But the prognostic chart completely failed to indicate the existence of southerly winds east of 180°. In addition, the weak low near Hawaii was missed and so was the closed low northwest of Midway Island. However, the prognostic chart does show, correctly, a trough extending southwestward from 30°N

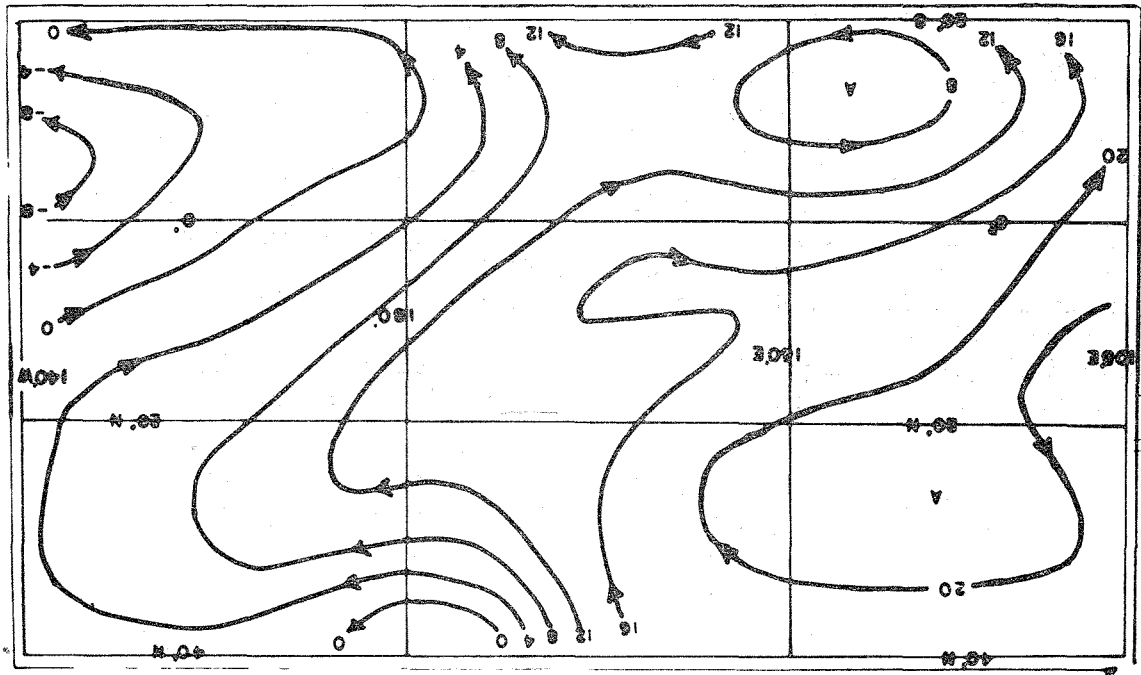


Fig. 8.—Ejemplo de pronóstico barotrópico de 500 mb. (a) Función de corriente, 0000 TCG, Julio 18, 1962; (b) función de corriente para pronóstico barotrópico de 24-horas, comprobando 0000 TCG, Julio 19, 1962; (c) pronóstico subjetivo, verificando 0000TCG, Julio 19, 1962; (d) carta observada de 500 mb, 0000 TCG, Julio 19, 1962.

Fig. 8.—Example of 500 mb barotropic forecast. (a) Stream function, 0000 GCT 18 July 1962; (b) 24-hour forecast stream function, verifying 0000 GCT 19 July 1962; (c) subjective forecast, verifying 0000 GCT 19 July 1962; (d) observed 500 mb chart, 0000 GCT 19 July 1962.

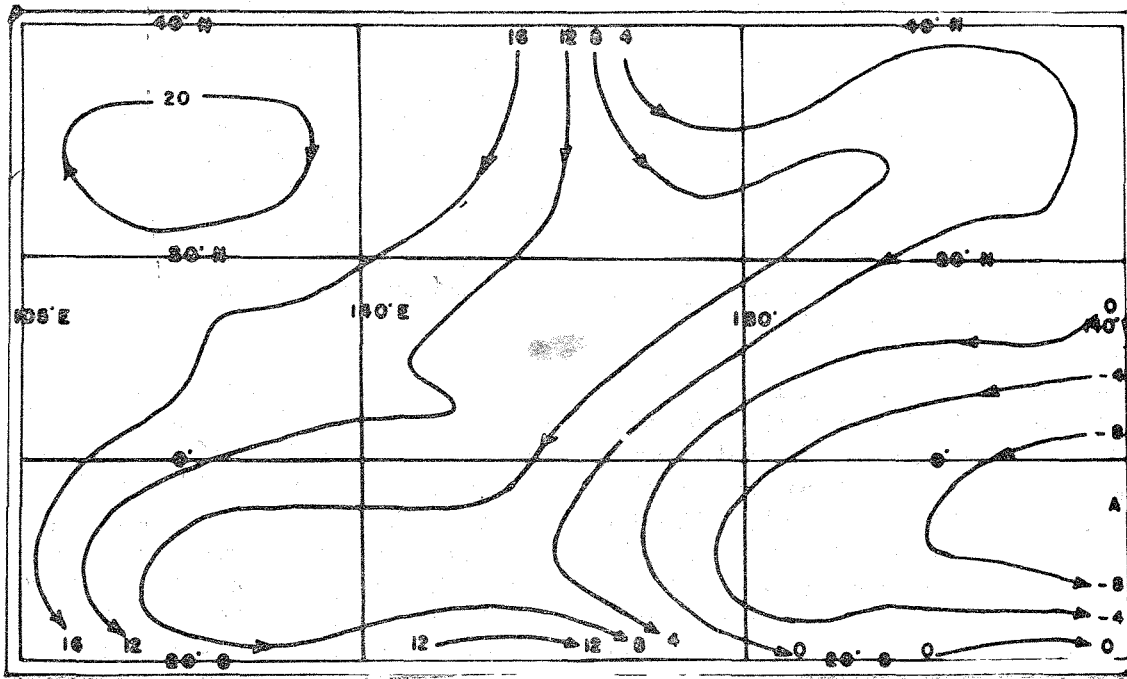


Fig. 8b

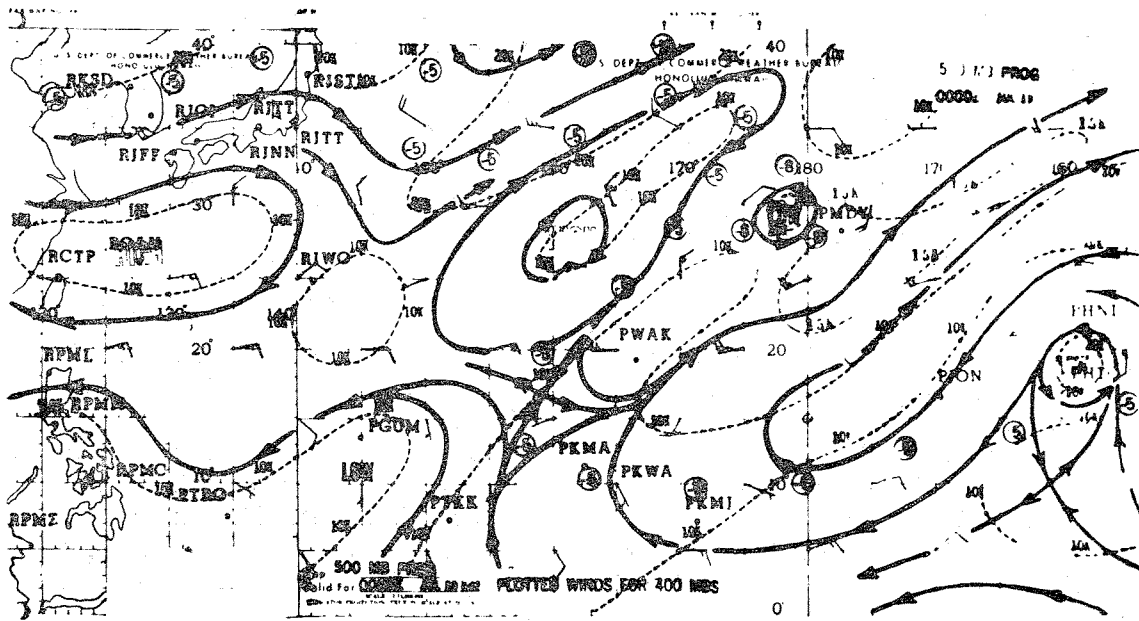


Fig. 8c



Fig. 8d

tiende al suroeste desde 30°N 175°E. Pero, queda completamente claro que el pronóstico subjetivo era mucho mejor que el barotrópico, aunque no podamos decir que siempre sucede así.

Una de las razones que impidieron tener éxito al pronóstico barotrópico en algunos sitios fue que la función de corriente inicial tiene configuración que cambia considerablemente de la configuración de flujo analizado subjetivamente. En parte se debe al hecho de que todas las observaciones de avión no se usaron en ese caso y en parte a que las líneas de corriente de la calculadora no ajustan a los vientos de puntos de la red tan fácilmente como se desearía.

PROBLEMAS Y PLANES

La mayoría de los informes de avión corresponden a 300 y 700 mb y hemos considerado maneras de extrapolar tales datos a otros niveles;

La función de corriente parece ser muy sensitiva a los valores de frontera y a las funciones de ponderación. Ahora investigamos con un control geostrofico.

Estamos tratando de mejorar los análisis y por consiguiente las previsiones, mediante el uso de fotografías de nubes de TIROS.

AGRADECIMIENTOS.

El autor desea agradecer al Dr. M. A. Estoque, del Departamento de Meteorología de la Universidad de Hawaii, por sus muchas discusiones. La idea de que el tiempo ya había madurado para la aplicación de técnicas de computación al problema del análisis objetivo en los trópicos se derivó al leer su contribución sobre análisis objetivos.

Mr. E. J. Manning, de la oficina del aeropuerto del Weather Bureau ayudó considerablemente en las fases tardías de este proyecto.

El Dr. S. L. Rosenthal del Proyecto Nacional de Investigación de Huracanes proporcionó el programa de cálculo barotrópico IBM 704.

175°E. But is quite clear that the subjective forecast was superior to the barotropic. We cannot say if this will usually be the case.

One of the reasons the barotropic forecast failed in places was that the initial stream function pattern differed considerably from the subjectively analyzed flow pattern. This arose partly from the fact that all the aircraft observations were not used in this case and partly from the fact that the computer streamlines do not fit the grid-point winds as closely as desired.

PROBLEMS AND PLANS

Most of our aircraft reports are at 300 and 700 mb and we are considering ways of extrapolating these data to other levels;

The stream function seems to be very sensitive to the boundary values and the weighting function. We are experimenting with a geostrophic control;

We are exploring ways of improving the analyses, and thereby the forecasts, by making use of TIROS cloud pictures.

ACKNOWLEDGEMENT

The authors wish to thank Dr. M. A. Estoque, of the University of Hawaii, Department of Meteorology for many fruitful discussions. The idea that the time was ripe for the application of computer techniques to the problem of objective analysis in the tropics arose from his lectures on objective analysis.

Mr. E. J. Manning, of the airport office of the Weather Bureau, helped considerably in the latter phases of this project.

Dr. S. L. Rosenthal, of the National Hurricane Research Project, supplied the barotropic IBM 704 computer program.

BIBLIOGRAFIA

- CRESSMAN, G. P. 1959. An Operational Objective Analysis System, *Monthly Weather Review*, 87(10):367-374.
- JORDAN, C. L. 1956. An Experiment in Low-Latitude Numerical Prediction with the Barotropic Model. *Journal Meteorology*, 13(3):223-235.
- LAVOIE, R. L. & C. J. WEIDERANDERS. 1940. Objective Wind Forecasting Over the Tropical Pacific, Meteorology Division, Hawaii Institute of Geophysics, Univ. of Hawaii, Scientific Report No. 1, Contract No. AF 19(604-7229, AFCRL-TN-60-832).
- 1958. Barotropic Divergence and Very Long Atmospheric Waves, *Monthly Weather Review*, 85(8):293-297.
- REED, R. J. 1962. Wind and Temperature Oscillations in the Tropical Stratosphere. *Trans. American Geophys. Union*, 43(1):105-109.
- WORTHLEY, JR. L. E. 1959. Deviation of Geostrophic Wind from Measured Wind at 500 mb, Univ. of Hawaii Institute of Geophysics, Meteorology Division, Scientific Report No. 4, Contract No. AF 19(604)-1942.

BIBLIOGRAPHY