

T.
551.63
R457m
1966
F. I. y ARQ UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

084738

Epj: 4.

FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

**MODELOS SINOPTICOS UTILIZADOS EN LA SECCION DE
PRONOSTICOS DEL SERVICIO METEOROLOGICO NACIONAL.-
RESULTADOS DE SU APLICACION. - ESTADO PRESENTE DE
LAS INVESTIGACIONES NACIONALES EN ESTE CAMPO**

TESIS DE GRADO

PRESENTADA POR

LEOPOLDO REYES RIVERA

PREVIA A LA OPCION DEL

TITULO DE

INGENIERO CIVIL



SAN SALVADOR, EL SALVADOR, C. A. DICIEMBRE DE 1966.



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

R E C T O R

Dr. Rafael A. Vásquez

S E C R E T A R I O

Dr. Mario Flores Macal

FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

D E C A N O

Ing. León Enrique Cuéllar

S E C R E T A R I O

Ing. Alonso García Rivera

DIRECTOR DE LA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

Ing. Roberto A. Parker

-+++++--

PRIMER EXAMEN GENERAL DE GRADO

Ing. León Rivas Durán

Ing. Guido Armando Lucha

Ing. Carlos Manuel Umaña Arista

SEGUNDO EXAMEN GENERAL DE GRADO

Ing. León Rivas Durán

Ing. Mario Angel Guzmán Urbina

Ing. Miguel Guillermo Castillo

TERNA ASESORA Y EXAMINADORA DE TESIS

Ing. Salvador Enrique Jovel

Ing. Carlos Manuel Umaña Arista

Ing. Guido Armando Lucha

-++++++-

D E D I C A T O R I A

A MIS PADRES:

Salvador L. Reyes

Concepción Rivera de Reyes

A MIS HERMANOS:

Ana Victoria

Salvador

Rosa Elena

Alicia Angelina

A MIS FAMILIARES, PROFESORES Y AMIGOS

CAPITULO I

I N T R O D U C C I O N

El presente trabajo de Tesis lleva por finalidad exponer el estado de desarrollo alcanzado en materia de pronósticos por el Servicio Meteorológico Nacional a sus doce años de existencia, aunque en realidad el servicio de pronósticos sólo data desde 1955.

Es evidente que a la par del desarrollo económico y social del país el Servicio Meteorológico Nacional ha tenido que superarse en todos sus campos, tanto en el aspecto climatológico, base de toda planificación industrial, así como también en el aspecto sinóptico, para predecir las condiciones de tiempo, que en gran medida ayuda a reducir los daños al tomarse las debidas precauciones en situaciones de mal tiempo, -lo que hace que las actividades humanas sean más seguras, eficaces y económicas.

Un factor importante en el desarrollo sinóptico ha sido el aumento de las necesidades de protección para la Aviación Civil Internacional, que con la apertura de nuestro aeropuerto al tráfico de propulsión a chorro se ha tenido que tomar urgentes medidas en lo que a formación profesional se refiere, así como también al necesario equipo instrumental.

Teóricamente el hecho de efectuar un pronóstico del tiempo significa extrapolar un estado presente de la atmósfera hacia un futuro cercano. Entonces como necesidad primordial para efectuarlo se requiere un completo conocimiento de la atmósfera en un momento determinado. ¿Cómo se logra este conocimiento?

Naturalmente que con una descripción cuantitativa de sus propiedades, el cual es posible mediante la medición de ciertos parámetros representativos de esas propiedades. En general los parámetros más importantes actualmente utilizados son los siguientes: presión atmosférica, temperatura, viento, humedad, nubosidad, visibilidad, radiación, etc.

Cada país posee una red de estaciones sinópticas las cuales tienen un número internacional fijo el cual es asignado por la Organización Meteorológica Mundial. Estas estaciones efectúan observaciones del tiempo a horas especificadas por ese organismo, las cuales son transmitidas a ciertas centrales de telecomunicación, y éstas a su vez distribuyen toda la información colectada ya sea por radioteletipo u otros medios de comunicación. Así es posible plotear en un mapa el estado del tiempo en un momento determinado para una región dada. Además de la red de estaciones sinópticas los barcos mercantes también cooperan en este sentido para efectuar observaciones y transmitir las.

Es un hecho de que con esto se conoce el valor de los parámetros en superficie, y naturalmente que resultaría esta información insuficiente para poder predecir un estado futuro. En otras palabras, necesitamos conocer la variación espacial de estos parámetros, para lo cual se hace necesario la medición de los parámetros a distintos niveles de la atmósfera. Pensando en ello algunas estaciones sinópticas también efectúan observaciones de altura que determinan los valores de la presión, temperatura, humedad y viento a distintos niveles de la atmósfera utilizando para ello equipos de radiosonda y radioviento. Naturalmente que por razones económicas la red de estaciones de altura es mucho menor que la red de estaciones sinópticas.

El problema así planteado es ver de qué medios, qué tipo de análisis, qué modelos usará el meteorólogo para poder extrapolar en el tiempo este estado presente de la atmósfera, y que es justamente el propósito de este trabajo de tesis, al plantear los modelos usados en la Sección de Pronósticos del Servicio Meteorológico Nacional, las dificultades encontradas en su aplicación y el estado actual sobre la naturaleza, formación y desarrollo de las situaciones de Temporal, situaciones que sólo ocurren en Centro América, y que lógicamente nos toca a los centroamericanos investigar sobre estas situaciones de tiempo que nos afectan.

CAPITULO II

CLIMATOLOGIA DE EL SALVADOR

En El Salvador existen dos estaciones principales, la Seca y la Lluviosa, y dos transiciones, la lluviosa-seca y la seca-lluviosa. Erróneamente el público llama a la estación seca, Verano, y a la estación lluviosa, Invierno. Sobre este particular cabe aclarar que para el hemisferio Norte el solsticio de Invierno ocurre el 21 de Diciembre y el solsticio de Verano el 21 de Junio, lo cual no está en concordancia con lo que en nuestro medio se llama Invierno y Verano. La razón fundamental de este error es de considerar de que Invierno significa tiempo lluvioso y verano tiempo seco, cuando en realidad estos términos están relacionados directamente a parámetros de calor.

Hecha esta aclaración es importante conocer una razón termodinámica que nos explique el porqué de las estaciones Seca y Lluviosa en nuestro medio.

En primer lugar, veamos cómo ocurre el proceso físico de la formación de lluvia: Supongamos tener una superficie libre de agua en contacto con aire y vapor de agua a una temperatura y presión determinadas --

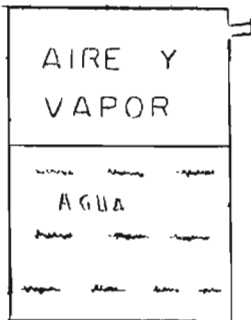


FIG. 1

tal como lo indica la Fig. 1. Si inyectamos más vapor de agua de tal modo de mantener un volumen constante, llegará un momento en que el aire habrá llenado su capacidad para poder contener vapor de agua y cualquier cantidad adicional que inyectemos pasará a la fase líquida. Esta capacidad es específicamente una función de la temperatura y en nuestro caso hemos logrado la saturación del aire a temperatura constante mediante la adición de vapor de agua. Cuanto mayor sea la temperatura mayor será la capacidad del aire, es decir podrá contener mayor cantidad de agua en estado de vapor, e inversamente, cuanto menor sea la temperatura la capacidad será menor.

FIG. 1

Quiere decir que la saturación del vapor de agua puede realizarse mediante dos procesos: uno será por la adición de vapor de agua y otro será mediante un descenso de la temperatura.

Apartémonos ahora de nuestro ejemplo y consideremos una determinada masa de aire. Esta masa de aire tendrá una cierta temperatura y una cierta presión, además de tener cierta cantidad de vapor de agua expresada por su humedad relativa. Si suponemos no tener ninguna fuente de vapor de agua su saturación será alcanzada mediante un descenso de su temperatura. Supongamos además que esta porción de aire está en -- contacto con una superficie que es capaz de calentarse más rápidamente que aquella que está a su derredor por efecto de la radiación solar, consecuentemente el calor absorbido por esta superficie será transmitido a la masa de aire en contacto con ella y aquí ocurre un proceso muy importante: al calentarse la masa de aire ésta se dilata, y consecuentemente se expande, al expandirse disminuye su densidad y entra en desequilibrio con la masa de aire circundante, y como resultado de este desequilibrio esta masa de aire tiende a ascender. Como estamos considerando un volumen finito de aire esta masa de aire lleva consigo en su ascenso el vapor de agua que contiene; pero la masa de aire al ascender se enfría adiabáticamente a la vez que se va adaptando a presiones menores. Naturalmente que llegará a un nivel tal en el cual la temperatura que adquiriera sea la temperatura de saturación correspondiente a la cantidad de vapor de agua que lleva consigo.

Lograda la saturación se formarán inmediatamente pequeñas gotas de agua iniciándose la formación de una nube. Naturalmente que si el ascenso continúa la nube irá adquiriendo un mayor espesor vertical a la vez que las gotas adquieren mayor tamaño hasta que llegará un momento en que la corriente vertical de ascenso será insuficiente para mantener suspendidas o ascendiendo a las gotas de agua, y estas caerán por su propio peso desencadenando el fenómeno de la precipitación.

Entonces para que se produzca el fenómeno de la lluvia se requiere que aire húmedo ascienda, y esto en la atmósfera se da en los siguientes casos:

- a) Calentamiento Diferencial.- Este es justamente el caso analizado en nuestro ejemplo debido al calentamiento irregular de la tierra.
- b) Ascenso frontal.- Este caso se da en latitudes medias donde ocurren los mayores contrastes en temperatura. Las masas de aire caliente y húmedas al encontrar una masa fría y seca ascienden por encima del aire frío por razones de estabilidad.
- c) Ascenso Orográfico.- Este es el caso cuando una corriente de aire choca contra un obstáculo orográfico, como por ejemplo una montaña, con lo que el aire es obligado a ascender por la ladera de la montaña.
- d) Ascenso General Extendido.- Este es el caso cuando una vasta región de superficie más o menos uniforme es sometida a calentamiento, como decir una extensa región del Océano. Con ello el ascenso es en general uniforme produciéndose nubes del tipo estratiforme. Los casos a) y c) en cambio producen nubes del tipo cumuliforme, en tanto que en el caso b) se dan ambos tipos de nubosidad.

De acuerdo con lo que podemos observar en nuestro país el proceso predominante de ascenso es el calentamiento diferencial, y en casos especiales, como en situaciones de Temporal el ascenso general extendido.

Para poder llegar a un completo entendimiento del por que de las Estaciones Lluviosa y Seca en nuestro país, consideremos primero un corte meridional de la atmósfera como el indicado en la Fig. 2, en el cual tenemos aire caliente en el Ecuador y aire frío en el Polo.

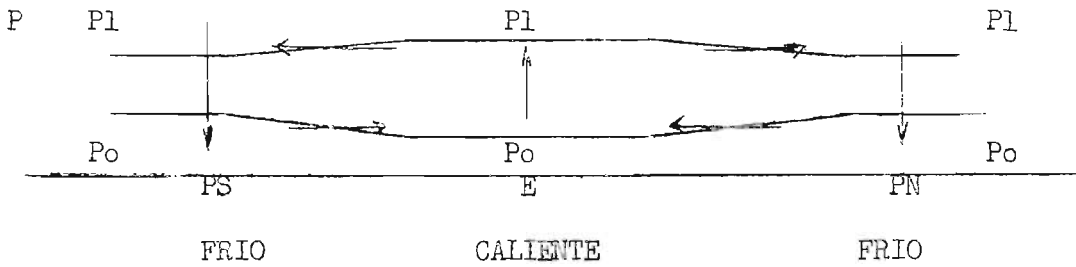


FIG. 2

Dos superficies isobáricas P_o y P_l , dado que el aire está más enrarecido en el Ecuador que en el Polo como consecuencia de tener aire caliente en el Ecuador y aire frío en el Polo, estarán más separadas en el Ecuador que en el Polo, y si asumimos una variación uniforme de calentamiento del Ecuador al Polo, podemos unir los valores de P_l y P_o por medio de rectas continuas para conformar las superficies isobáricas de la manera indicadas en la figura. Podemos analizar con ello que de esta manera se establece un gradiente de presión que en superficie va del Polo al Ecuador y en niveles superiores del Ecuador al Polo. Esta fuerza de gradiente de presión tiende a mover las parcelas de aire en el sentido del gradiente con lo que se establece una corriente de aire que en superficie va del Polo al Ecuador y en altura del Ecuador al Polo. Como esto ocurre en ambos hemisferios resulta una convergencia horizontal de aire en el Ecuador en superficie, que por razones de continuidad es obligado un ascenso de aire en esa zona. Análogamente y con un razonamiento similar podemos establecer que en el Polo se tendrán movimientos verticales descendentes.

¿Qué significa este resultado?

Si efectivamente esto ocurre, por las corrientes verticales ascendentes se tendrá en el Ecuador un cinturón de lluvias permanentes, y en el Polo una carencia absoluta de lluvias.

¿Qué pasa verdaderamente en la atmósfera?

Efectivamente existe un cinturón de lluvias ecuatoriales, y una carencia casi total de lluvias en el Polo. Pero nuestro idealizado esquema no nos dice nada respecto a las condiciones que ocurren en latitudes

medias, -de modo que resulta necesario hacer ciertas modificaciones a nuestro esquema para adaptarlo a las condiciones reales.

La observación ha demostrado que alrededor de los 30° de latitud en ambos hemisferios existen ciertas regiones de muy escasa producción de lluvias y que justamente coinciden o más bien representan zonas desérticas. Y haciendo uso de los principios expuestos en estas zonas deben existir corrientes verticales descendentes para producir una divergencia horizontal en superficie. También la observación ha demostrado que alrededor de los 60° de latitud, también en ambos hemisferios existen otras zonas bastante lluviosas gobernadas por frentes y ciclones extratropicales, y que si también usamos los principios expuestos es necesario la existencia de corrientes verticales ascendentes, naturalmente que el ascenso en este caso se hará sobre superficies frontales.

Consecuentemente, si combinamos la observación y la teoría el esquema de circulación quedará modificado de la manera indicada en la Fig. 3.

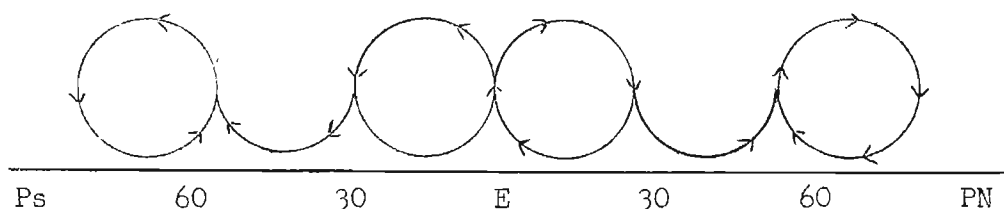


FIG. 3

Como estamos tratando de explicar la climatología de nuestro país nos podríamos preguntar qué ocurre en una latitud de 13° . De nuestro análisis podríamos deducir que es muy probable que una latitud de 13° podría estar incluida en el cinturón de lluvias ecuatoriales, en tal caso tendríamos lluvias permanentes, o bien gobernada por la divergencia horizontal de la zona desértica, en tal caso tendríamos sequía durante todo el año. Sin embargo no es así pues tenemos ambas cosas.

La razón de esta incongruencia estriba en el hecho de no haber considerado las diferentes posiciones relativas que ocupa la tierra respecto del sol en el curso del año.

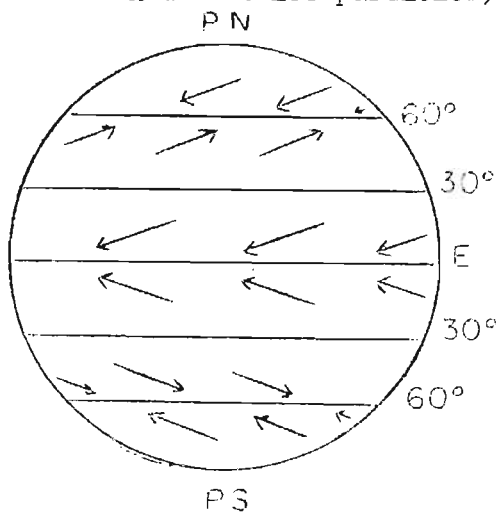
Por razones de simplicidad consideremos la tierra como fija en el espacio y consideremos los movimientos aparentes del sol. En el curso del año vemos que el sol completa un ciclo de ida y regreso de un hemisferio al otro, llegando en ambos hemisferios hasta los $23^{\circ}27'$ que es su máxima declinación. Por ejemplo el 21 de junio el sol se encuentra en la latitud de $23^{\circ}27'$ originando el verano en el hemisferio Norte. Como lógica consecuencia la zona de máximo calentamiento también se ha desplazado hacia el Norte llevando consigo todas estas células de circulación y todos los fenómenos de tiempo asociados. Quiere decir entonces que un lugar de latitud de $13^{\circ}N$, en esta época estará formando parte de esa zona de máximo calentamiento y consecuentemente estará incluido en ese cinturón de lluvias, y tal es el caso para nuestro país, en junio tenemos uno de los períodos más lluviosos del año. Siguiendo el curso aparente del sol el 23 de septiembre está pasando por el Ecuador en su equinoccio de Otoño para el hemisferio Norte y de Primavera para el hemisferio Sur; en esta época todavía nuestro país está incluido en ese cinturón de lluvias, las cuales empiezan a disminuir a mediados de Octubre al entrar la transición Lluviosa-Seca a medida que el sol se aleja hacia el hemisferio Sur, de tal modo que para el 21 de Diciembre, solsticio de Verano para el Hemisferio Sur, nuestro país ha salido totalmente de ese cinturón de lluvias, estando perfectamente definida la Estación Seca gobernada por los movimientos verticales descendentes los cuales han invadido el área desde el Norte.

Cabe mencionar que cuando el sol viene de regreso hacia el Hemisferio Norte al pasar de nuevo por el Ecuador el 21 de Marzo, todavía no se ha iniciado la Estación Lluviosa en El Salvador, a pesar de ocupar la misma posición que ocupaba en el equinoccio de Septiembre. La explicación de ello radica en un retraso de las máximas por el hecho de que la tierra necesita suficiente tiempo tanto para enfriarse como para calentarse. Resulta entonces de que las mínimas temperaturas no ocurren justamente el día del solsticio de Invierno sino que se dan un mes o mes

y medio después; igualmente las máximas temperaturas no ocurren el día del solsticio de verano, sino que vienen con un atraso similar. Para mejor comprensión podríamos analizar la ocurrencia de la temperatura máxima del día, esta no ocurre exactamente a las 12 del día, sino entre las 2 y las 3 de la tarde; esto mismo ocurre también en gran escala.

De nuestros análisis podemos deducir que habrán ciertas regiones muy próximas al Ecuador las cuales siempre formarán parte de la zona de máximo calentamiento y consecuentemente tendrán lluvias todo el año; tal es el caso de las selvas tropicales del Brasil y del Africa. A medida que nos alejamos del Ecuador ciertas zonas en determinada época del año estarán fuera del cinturón de lluvias originándose una Estación Seca, cuya duración será una función de la latitud. Nuestro país está en una latitud tal que prácticamente las estaciones Seca y Lluviosa tienen la misma duración, no así por ejemplo Costa Rica que tiene una Estación Seca más corta. Y naturalmente habrá otras regiones mucho más alejadas del Ecuador las cuales siempre estarán gobernadas por las circulaciones de descenso en donde la producción de lluvia será muy escasa constituyendo zonas desérticas.

Como complemento a este capítulo se podría ver en base a las corrientes meridionales establecidas como resulta la circulación zonal (en el sentido de los paralelos). Tomemos como referencia la Fig. 4.



En el Ecuador se estableció una convergencia horizontal, y este hecho significa que la atmósfera ha perdido masa en niveles superiores debido a la divergencia horizontal, por lo tanto ha disminuido el peso total de la atmósfera, lo que se traduce en una bajada de la presión, y por

FIG. 4

lo tanto la atmósfera para restablecer el equilibrio produce la convergencia horizontal en superficie. Análogamente para las zonas de divergencia alrededor de los 30° existirá una alzada de la presión provocada por una convergencia de aire en niveles superiores, y la atmósfera misma para deshacerse de ese exceso de aire origina la divergencia horizontal en superficie. Se demuestra con la teoría del viento geostrófico que el viento sopla dejando las altas presiones a la derecha en el hemisferio Norte y a la izquierda en el hemisferio Sur, de lo que resulta que tendremos componentes zonales del Este en el cinturón ecuatorial, vientos del Oeste en latitudes medias y vientos del Este en los casquetes polares.

El hecho de que el viento sopla dejando las altas presiones a la derecha en el hemisferio Norte no es más que el resultado de un equilibrio entre la fuerza del gradiente de presión y la fuerza de Coriolis, ya que si la tierra no rotara el flujo de aire estaría dirigido en el sentido del gradiente de presión, mas con la rotación de la tierra interviene una fuerza aparente que tiende a desviar la dirección original del movimiento.

CAPITULO III

VAGUADAS U ONDAS DEL ESTE

De lo analizado hasta el momento se puede deducir un hecho muy importante, y es la estrecha relación que existe entre el parámetro denominado Presión Atmosférica y los fenómenos del tiempo.

Naturalmente que la fuente de energía para la ocurrencia de los fenómenos atmosféricos proviene exclusivamente del sol. El calor absorbido por la superficie terrestre es transmitido al aire circundante, esto introduce cambios en la presión atmosférica originándose gradientes horizontales de presión lo que pone en movimiento el aire, de lo que resulta zonas de convergencia y divergencia horizontal y esto se traduce en movimientos verticales ascendentes y descendentes sucediéndose luego los procesos ya descritos.

Pero lo importante es que las bajas presiones pueden relacionarse a situaciones de mal tiempo y las altas presiones a situaciones de buen tiempo.

Este es entonces el primer paso para un trabajo de análisis sinóptico, un conocimiento completo del campo de presión.

Como las observaciones regulares de las estaciones sinópticas incluyen este parámetro, resulta entonces adecuado construir isolíneas de presión (isobáras) en la carta a analizar. Con ello obtendremos entonces un mapa isobárico en el cual habrán centros de altas y bajas presiones y en el cual es posible dibujar ciertas líneas que unen puntos de máxima presión y puntos de mínima presión. Las primeras son llamadas cuñas y las segundas vaguadas. Lo que en realidad nos determina las condiciones del tiempo es la convergencia o divergencia horizontal del aire en superficie; por otra parte al estar relacionada la presión atmosférica con el campo de divergencia es necesario que en la carta isobárica a analizar se establezca el sentido de los vientos. Para ello supongamos tener un campo de isobaras rectilíneas como el mostrado en la figura 5 en el plano horizontal en el cual $P_1 < P_2 < P_3$.

Una parcela de aire cualquiera como O estará obligada a moverse de la alta a la baja presión, pero inmediatamente que empieza su movimiento

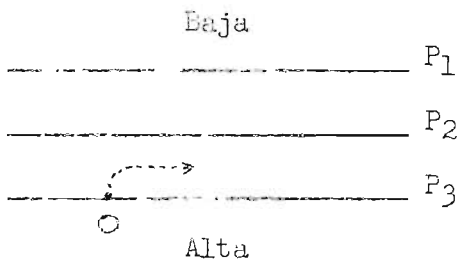


FIG. 5

también empieza a actuar la fuerza de Coriolis desviando su trayectoria hacia la derecha y cuando la gradiente de presión está equilibrado con la fuerza de Coriolis la parcela se desplaza paralelamente a las isobaras.

Mas cuando las isobaras están deformadas, o sea que por algún otro proceso han adquirido cierta curvatura, interviene otra fuerza para establecer el equilibrio llamado fuerza Centrífuga y el viento resultante de este equilibrio se denomina viento gradiente, el cual también tiene la propiedad de soplar paralelamente a las isobaras. Entonces si construimos un mapa isobárico de él podemos deducir cómo es el campo de movimiento si asumimos un equilibrio gradiente, y en tal caso el viento estará fluyendo por los canales isobáricos con una velocidad proporcional a la fuerza del gradiente de presión. Supongamos tener un campo de presión como el mostrado en la Fig. 6, en el cual los valores escogidos para las isobaras son arbitra

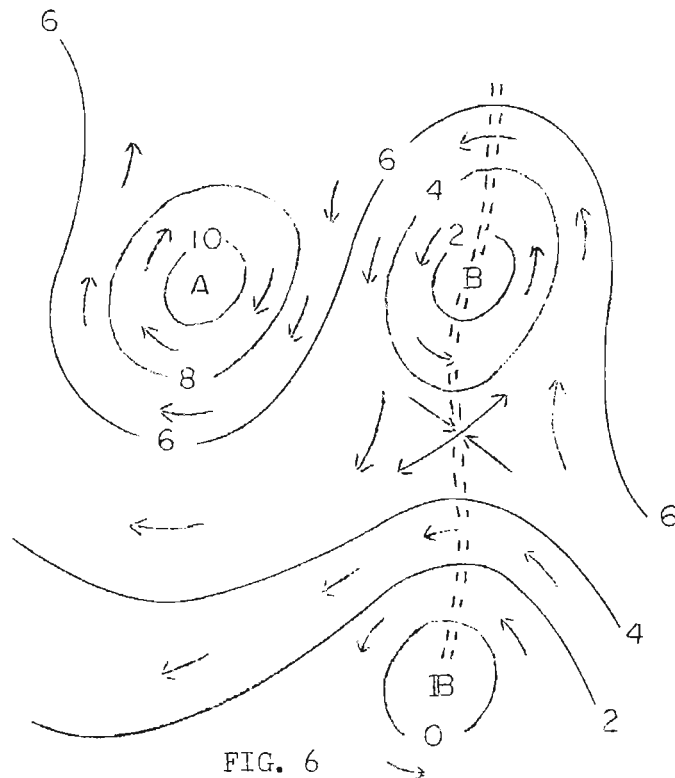


FIG. 6

rios con fines únicamente explicativos.

Tenemos en la parte superior un centro de Alta Presión y otro de Baja, y que de acuerdo con lo hasta ahora expuesto el correspondiente campo de movimiento en el indicado por las flechas.

Resulta que el sentido de circulación en la Baja presión coincide con el sentido de rotación de la tierra, y por este hecho a tales circulaciones se les denomina Ciclónicas. Así también por el hecho de que en la Alta Presión el sentido de la circulación resulta contraria a la de la rotación de la tierra, tales circulaciones se denominan Anticiclónicas. La línea marcada a trazos representa un eje de mínima presión y consecuentemente es una vaguada. Estas vaguadas pueden naturalmente formar parte de una circulación del Oeste o del Este.

Nuestro modelo ahora a analizar son vaguadas formadas en el flujo del Este, ya que justamente la parte de la circulación general que nos corresponde es la del cinturón de los Estes Tropicales o Alisios.

RIEHL (1) ha descrito en detalle esta clase de perturbaciones ondulatorias en la corriente del Este. Según su tratamiento los cambios asociados de viento y presión están en conformación con una vaguada de presión abierta hacia el Ecuador, desplazándose hacia el Oeste, sistema en el cual el aire se mueve mucho más rápido que la perturbación. La línea de vaguada en el plano vertical tiene una inclinación de Oeste a Este del orden de $1/50$ pero esta línea no representa una discontinuidad de masas de aire. Estos sistemas están acompañados de una zona de mal tiempo que tiende a concentrarse inmediatamente por detrás del eje de la vaguada; por delante el flujo es divergente en capas bajas y convergente en altura lo que trae aparejado una subsidencia frenando todo desarrollo vertical de la nubosidad.

Esta distribución de divergencia y movimientos verticales es consistente con los resultados derivados de la aplicación del teorema de

la conservación de la vorticidad potencial a una onda en la corriente del Este, la cual se desplaza mucho más lento que la corriente básica en capas bajas y más rápido que la corriente básica en las capas superiores (1).

En el tratamiento dinámico del modelo hecho por RIEHL deduce una fórmula para el cálculo de la velocidad de desplazamiento de dichas ondas, y resultados de su experiencia en el Caribe indican valores de desplazamiento de un promedio de 12 y 15 nudos.

Sin embargo este modelo es bastante inconsistente en su aplicación al pronóstico en nuestro país. Si es posible localizar los ejes de vaguada, pero hasta el momento no ha sido posible de una manera satisfactoria poder predecir su desplazamiento ya que en general ocurre de muchas maneras. Tomemos el caso de la situación ocurrida del 19 al 23 de octubre de 1966. En la carta del 19 de octubre a las 18 horas (tiempo local), Fig. 7, aparece muy definido un sistema de vaguada extendiéndose desde el Golfo de Honduras hasta la parte oriental de nuestro país, aparece por otra parte asociado a dicho sistema una aumentada actividad de nubes convectivas del tipo cumulonimbus las cuales son productoras de chubascos y tormentas a ambos lados del eje de la vaguada, esto está en contradicción con la teoría dinámica del modelo ya que éste establece la actividad de mal tiempo inmediatamente por detrás de la vaguada (hacia el Este en el dibujo) y buen tiempo por delante de la misma. Siendo este un sistema de Onda del Este la aplicación de la teoría indicaría para este caso un desplazamiento del sistema hacia el Oeste. Sin embargo 24 horas más tarde, según puede verse en la carta del Jueves 20 de Octubre a las 18:00 horas (Fig. 8) la vaguada se encuentra desplazada hacia el Este también contrario a la teoría del modelo, y por otra parte también puede verse que continúa una actividad de nubes convectivas por delante de la vaguada en el área de Honduras. En tanto que en las siguientes 48 horas la vaguada permaneció más o menos estacionaria observándose siempre una actividad de nubes convectivas por delante de la vaguada, -como puede verse en la Fig. 9.

El caso ocurrido entre el 7 y 10 de julio de 1966 sí ha respondido más a la dinámica del modelo ya que el desplazamiento observado según las figuras 10 y 11 resultó hacia el Oeste, pero su actividad de mal tiempo se localizó por delante de la vaguada.

El caso ocurrido del 20 al 24 de julio fue muy peculiar: el 20 de Julio la vaguada estaba pasando por la parte central de nuestro país, dinámicamente muy bien conformada por el hecho de observarse una mayor actividad por detrás de la misma (Fig. 12); 24 horas más tarde la vaguada habíase desplazado unos 100 Kms. hacia el Este, observándose en este caso que la zona de mal tiempo está localizada por delante de la vaguada, dos hechos que no responden a la dinámica del modelo (Fig. 13); sin embargo 48 horas más tarde la vaguada se había desplazado hacia el Oeste unos 400 Kms. y con su zona de mal tiempo por detrás de la misma (Fig. 14) respondiendo así a las características del modelo.

¿Qué conclusiones se pueden sacar de los casos presentados?

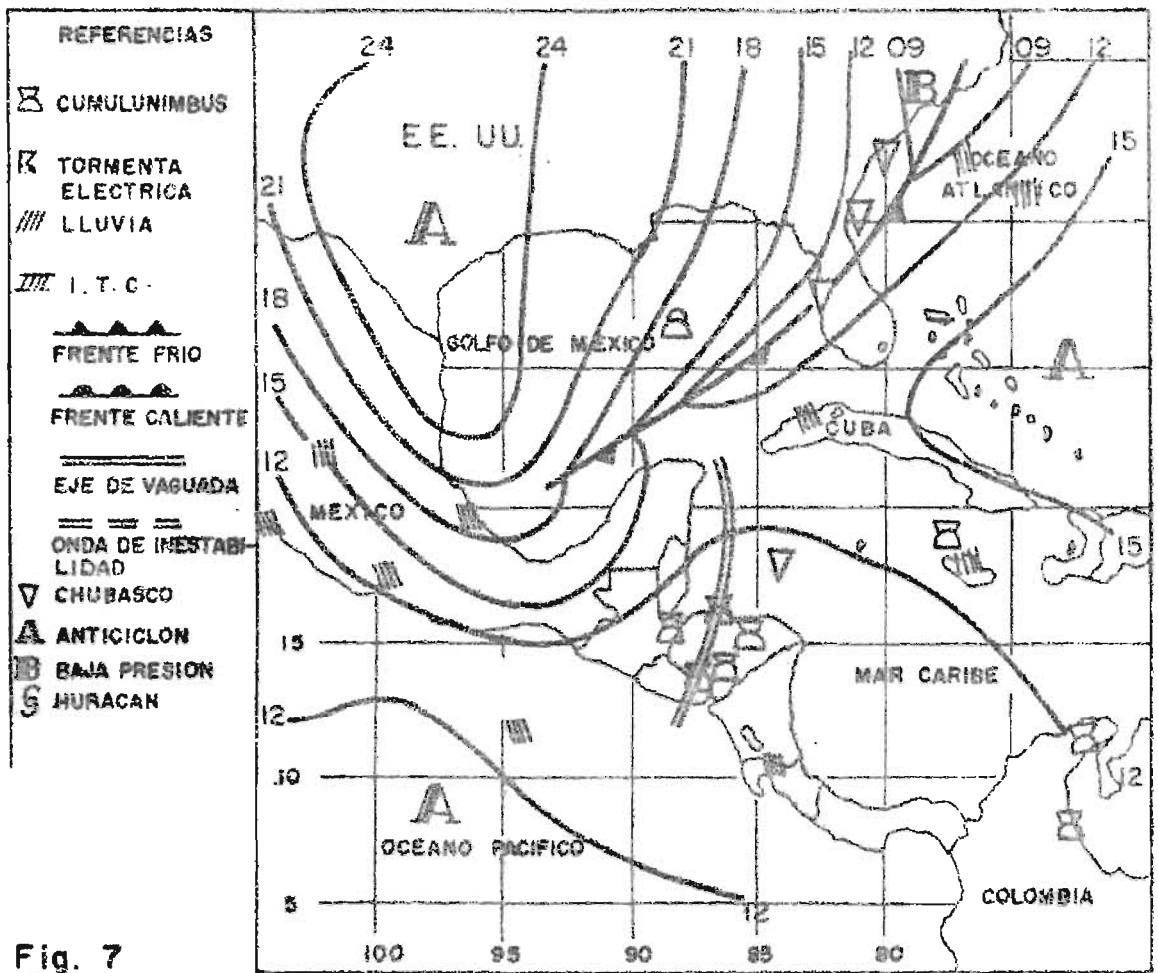
En el primero analizado el esquema de circulación en la vaguada estaba definido hasta la troposfera media, de modo que era una situación bastante consistente, pero por otro lado estaba ocurriendo un avance de aire frío desde la parte central de los Estados Unidos el cual hizo retroceder a la vaguada, impidiendo que ésta se comportara de acuerdo al modelo idealizado.

El segundo caso respondió bastante bien, únicamente quedó la incógnita del por qué de la zona de mal tiempo por delante de la vaguada. Y el tercero, queda aún más incomprensible por el desplazamiento tan irregular del sistema.

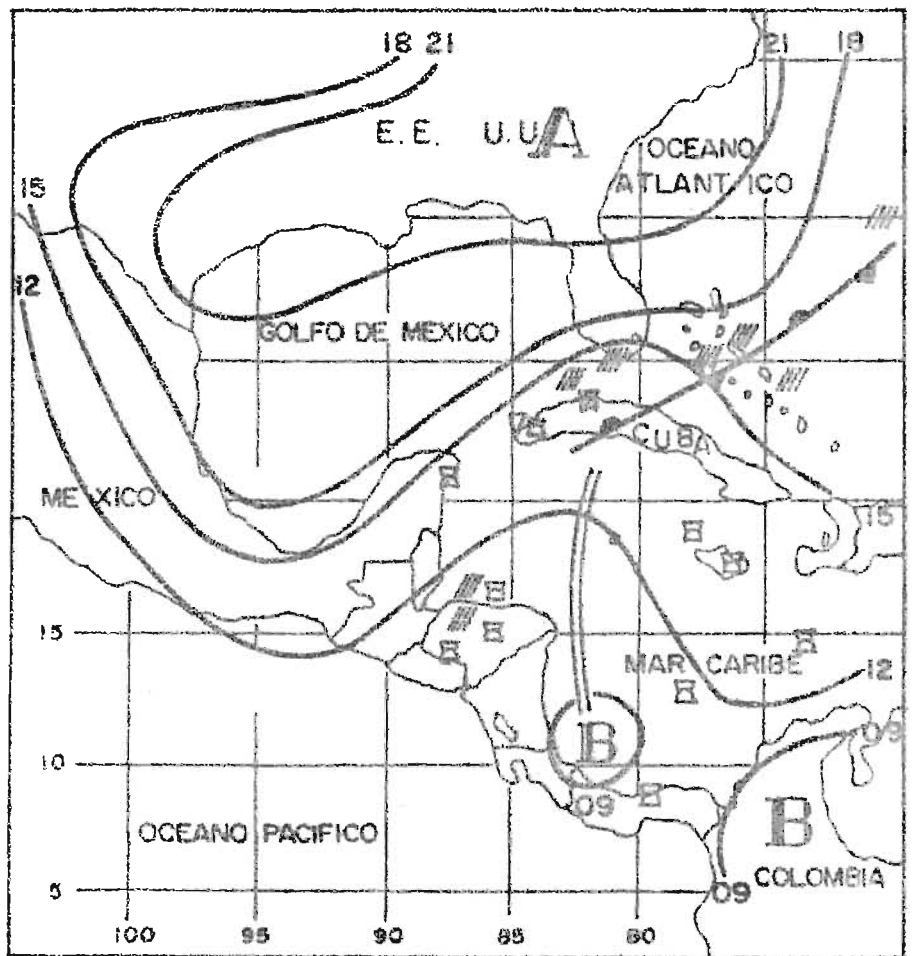
De modo que la aplicación de este modelo a la tarea diaria de pronóstico resulta bastante inconsistente, y el pronóstico resulta de verdadera utilidad cuando dicho sistema está directamente sobre nuestra área y en forma más o menos estacionaria. En estos casos el tipo de

tiempo que se manifiesta es de una aumentada actividad de tormentas eléctricas principalmente en horas nocturnas seguidas de una actividad de lluvias que se prolongan por varias horas. La finalización de una situación como ésta es posible predecirla conforme a los cambios de presión observados en 24 horas de lo que se puede analizar un debilitamiento del sistema. En los otros casos el azar juega un papel muy importante debido al irregular desplazamiento de dichos sistemas.

Sin embargo hay ciertos tipos de vaguada que responden a una dinámica muy especial y son aquellas asociadas a situaciones de mal tiempo atemporalado o temporal, lo cual será objeto de un capítulo especial en el desarrollo de esta tesis.



FECHA: 19 DE OCTUBRE 18:00 HORAS



FECHA 20 DE OCTUBRE 18:00 HORAS

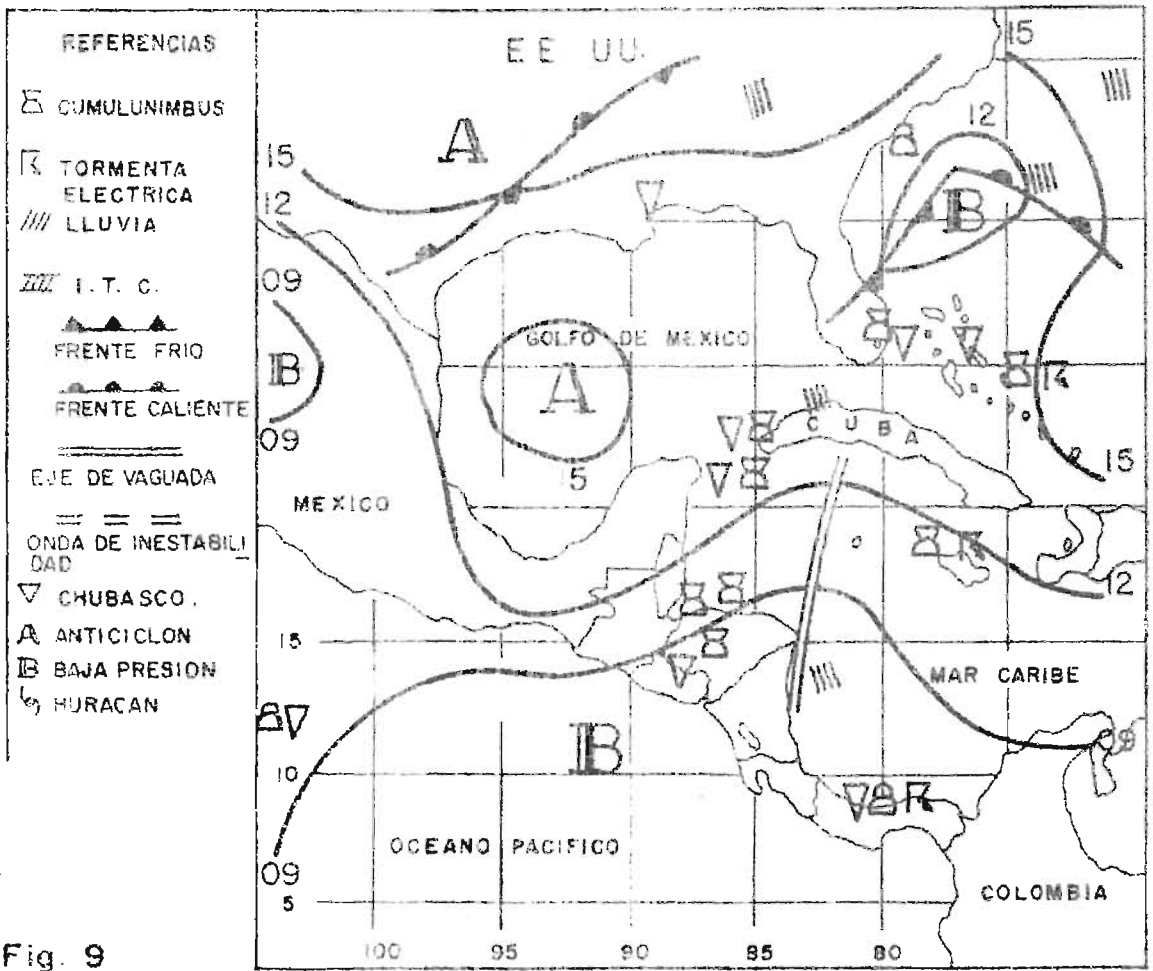


Fig. 9

FECHA: 23 DE OCTUBRE 18:00 HORAS

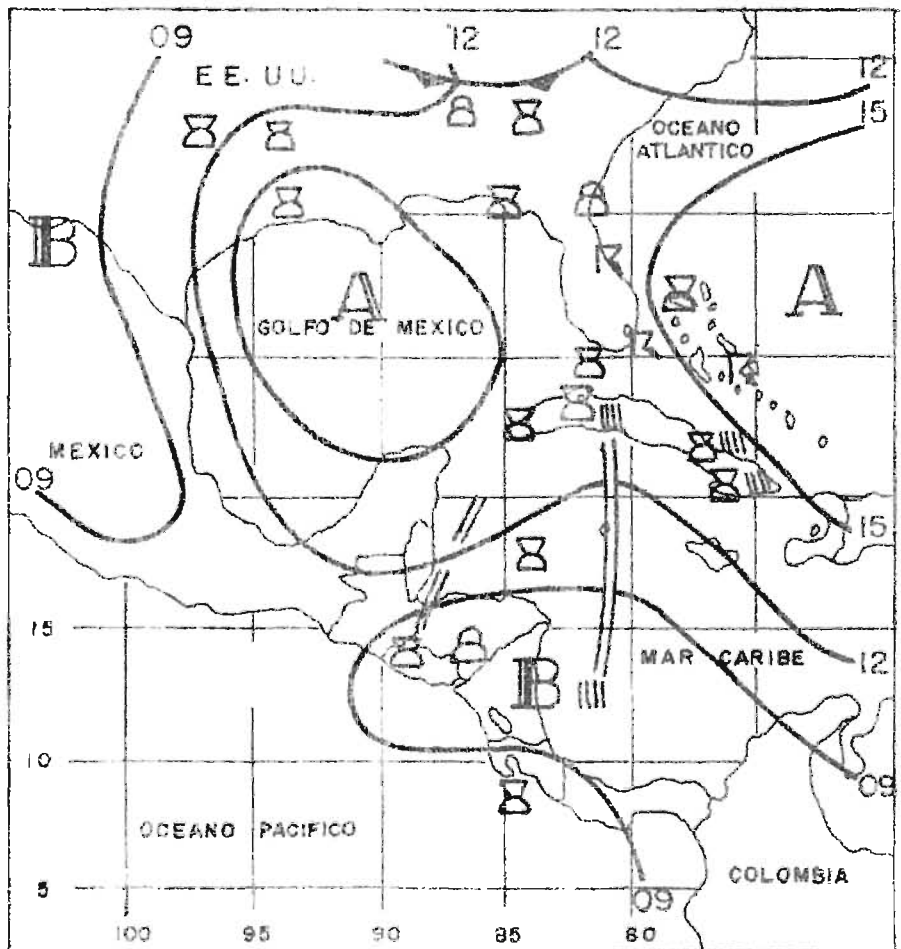
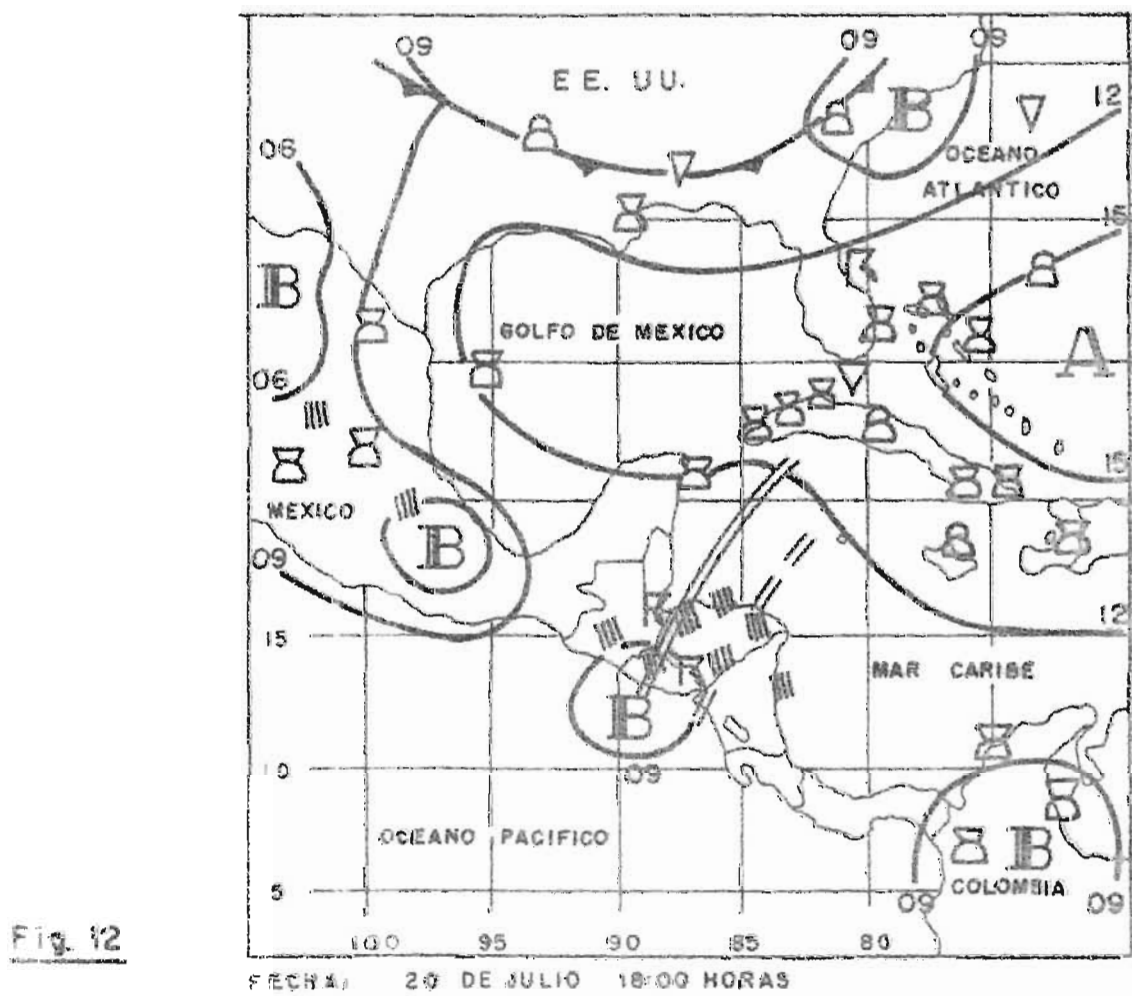
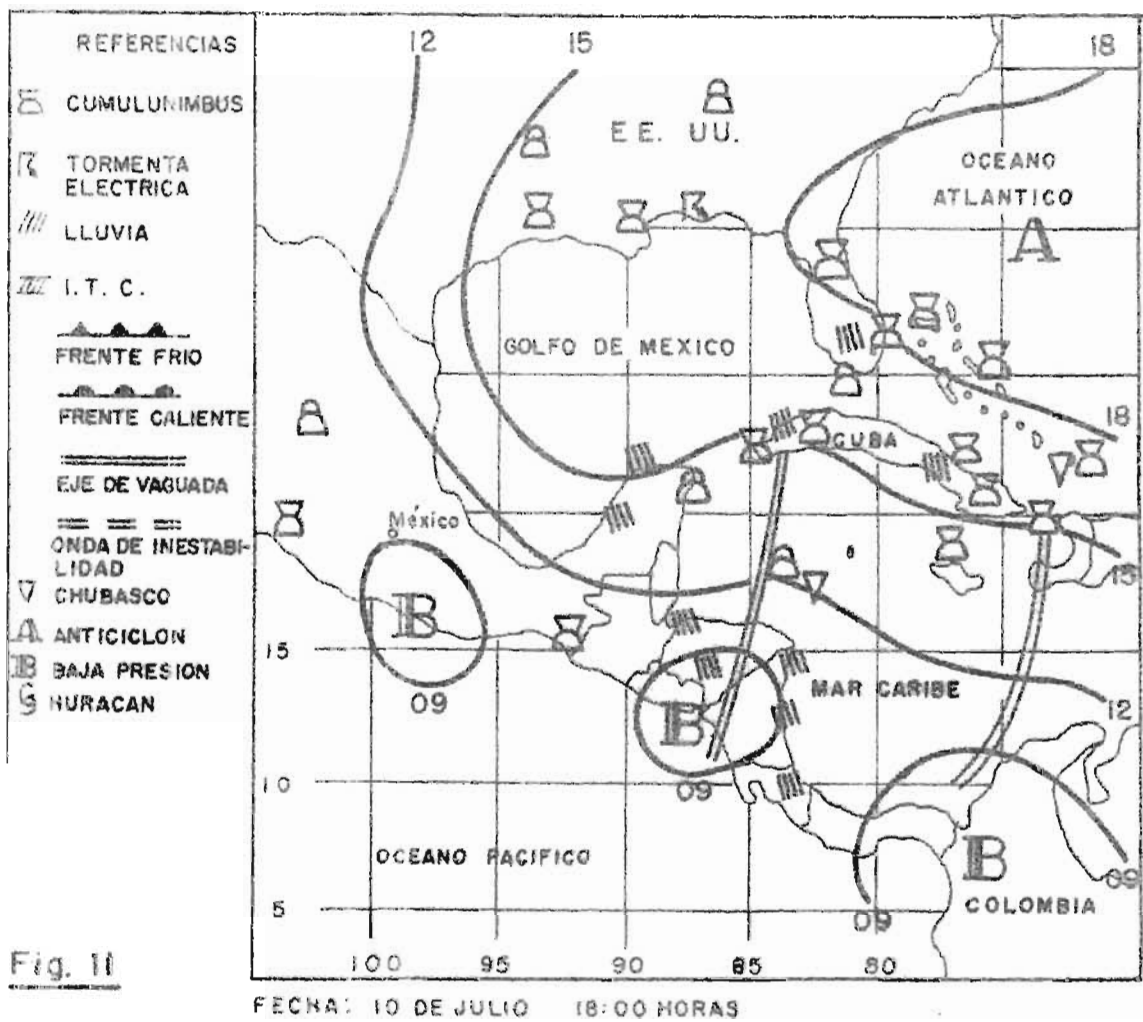


Fig. 10

FECHA: 7 DE JULIO 18:00 HORAS



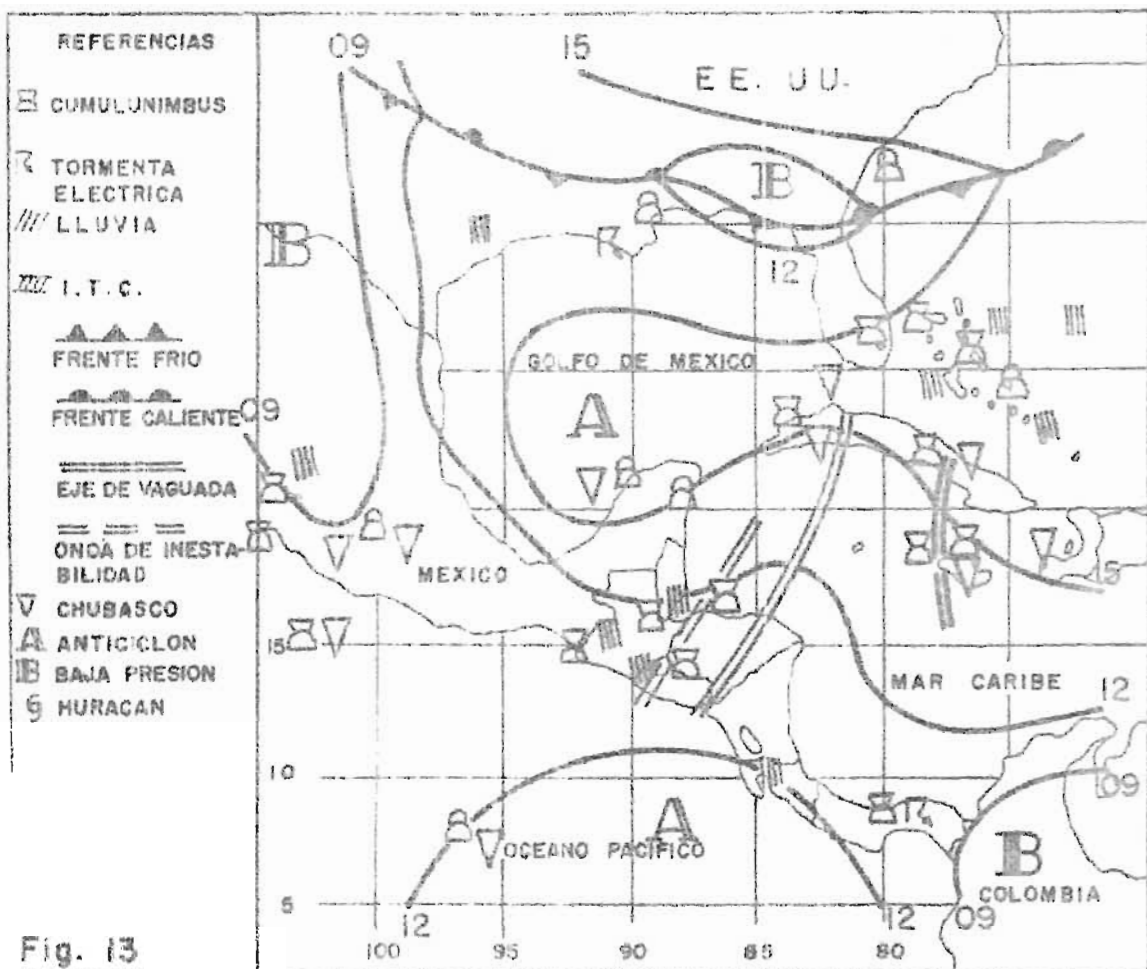


Fig. 13

FECHA: 21 DE JULIO 18:00 HORAS

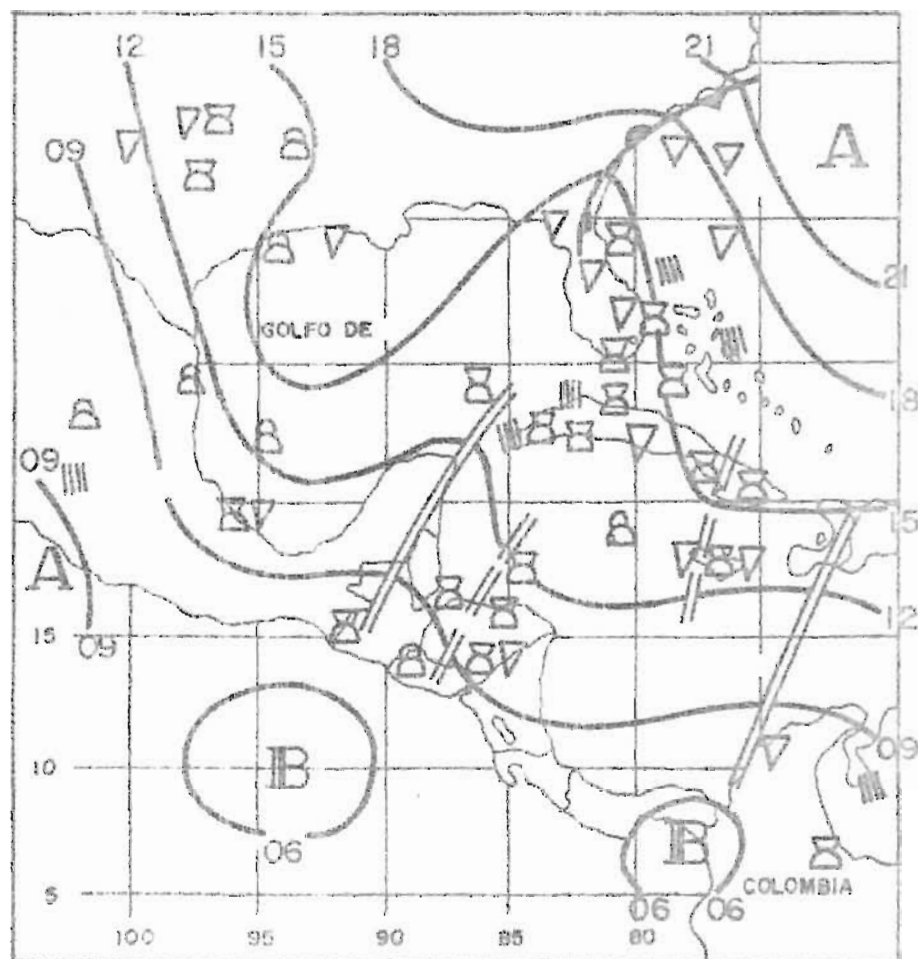


Fig. 14

FECHA: 24 DE JULIO 18:00 HORAS

CAPITULO IV

ONDAS DE INESTABILIDAD

Este es el modelo cuya aplicación ha dado resultados verdaderamente satisfactorios. La configuración del flujo más frecuente en la Estación Lluviosa es predominantemente del Este, y en él se han observado, aparte de las clásicas Ondas del Este descritas por RIEHL (1) otro tipo de perturbaciones que se propagan en el flujo mismo a una velocidad mucho mayor que esta corriente bérica, entre los 60 y 70 Km/hora y que ofrecen la peculiaridad de no estar asociadas a una deformación del tipo de vaguada en el campo bérico.

W. Portig (2) hizo un estudio detallado de estas Ondas de Inestabilidad describiéndolas como pulsaciones de la tropósfera que se trasladan con una velocidad mayor que la corriente básica en todos los niveles participantes. Portig también hace mención que este tipo de Onda es similar a la descrita por J. C. Freeman en 1948. Este autor, según Lessmann (3) hace mención, analiza esta onda como un salto en la inversión de los Alisios y que ocurre cuando una masa de aire por debajo de la inversión se mueve contra otra masa de aire estacionaria, o con una velocidad menor, asumiendo que el flujo es monodimensional y que la fuerza de Coriolis es pequeña o cerca de cero. Lessmann (3) también considera que es muy probable que las cordilleras del Istmo Centroamericano favorezcan estas condiciones para originar una aceleración de los Estes en comparación a la masa de aire que se encuentra al lado Pacífico, la cual suele tener un flujo débil del Este, o corre contra la primera como un sistema de brisa marina bien desarrollado. Lessmann (3) dice además que el "salto" ocurre de inmediato rompiéndose la inversión y la masa de aire húmedo y caliente que se encuentra debajo sufre un rápido ascenso vertical formándose nubes convectivas, tormentas eléctricas y chubascos.

El reconocimiento de una onda de este tipo en una carta sinóptica, dado que no están asociadas a ninguna deformación del campo bérico, es

sólo posible desde un punto de vista fenomenológico. Estas ondas aparecen como bandas organizadas de tormentas, chubascos y nubes convectivas orientadas casi en una forma meridional.

Durante algún tiempo la Sección de Pronósticos del Servicio Meteorológico Nacional sólo usó los resultados prácticos de Portig, y con muy buenos resultados, al localizar tales sistemas ya formados y predecir su desplazamiento. Sin embargo no se había intentado el poder predecir la formación de dichos sistemas.

El autor, sin embargo, al introducir desde 1963 el análisis de líneas de corriente e isotacas, descubrió la utilidad de estos campos para el análisis de estas ondas, -en lo que al pronóstico de su formación se refiere.

El flujo del Este en general no es uniforme, sino que en el análisis de isotacas parecen ciertos núcleos de máxima velocidad y otros de mínima velocidad. La Fig. 15 muestra en general como estos campos aparecen. Para el caso tenemos dos máximos de 30 nudos y dos mínimos de 10 nudos.

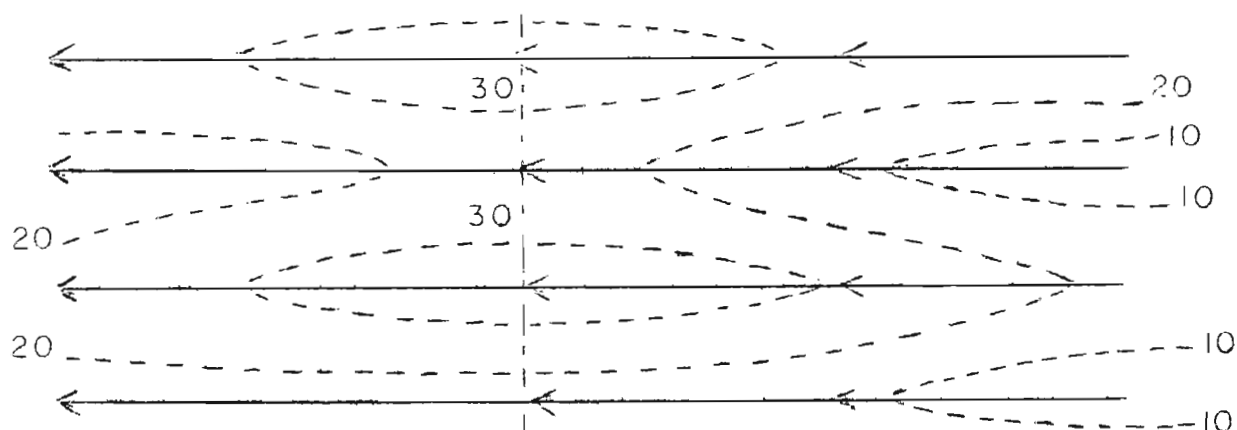


FIG. 15

Analicemos qué ocurre por delante y por detrás de la línea de trazos la cual es una línea de máxima velocidad. Por detrás de esta línea la velocidad del viento está aumentando gradualmente en el sentido del flujo, quiere decir que cada vez hay un mayor transporte de masa, y este

aumento en el transporte de masa requiere por continuidad un descenso vertical como fuente. Por delante del eje en cambio la velocidad cada vez está disminuyendo en el sentido del flujo; quiere decir que en la dirección del flujo está saliendo mucho menos masa de la que está entrando; mas como la atmósfera siempre tiende al equilibrio, por continuidad es obligado un movimiento vertical ascendente. La Onda de Inestabilidad se forma entonces inmediatamente al Oeste de la zona de máxima velocidad en el flujo del Este.

Este resultado ha venido a proveer por medio de un análisis muy simple una técnica en la pronosticación de Ondas de Inestabilidad. Los ejemplos del 3 de junio y 5 de julio de 1955 (Figs. 17, 18, 19 y 20) muestran muy claramente el funcionamiento de este modelo.

Con la ayuda también de este modelo es también posible explicar la ocurrencia de mal tiempo por delante de un sistema de vaguada. Por ejemplo supongamos que tenemos una configuración de flujo como el mostrado en la Fig. 16.

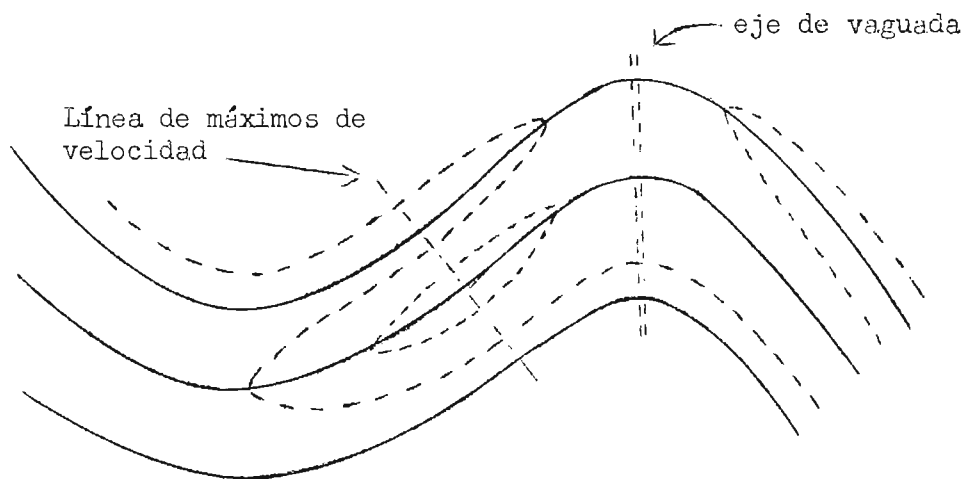
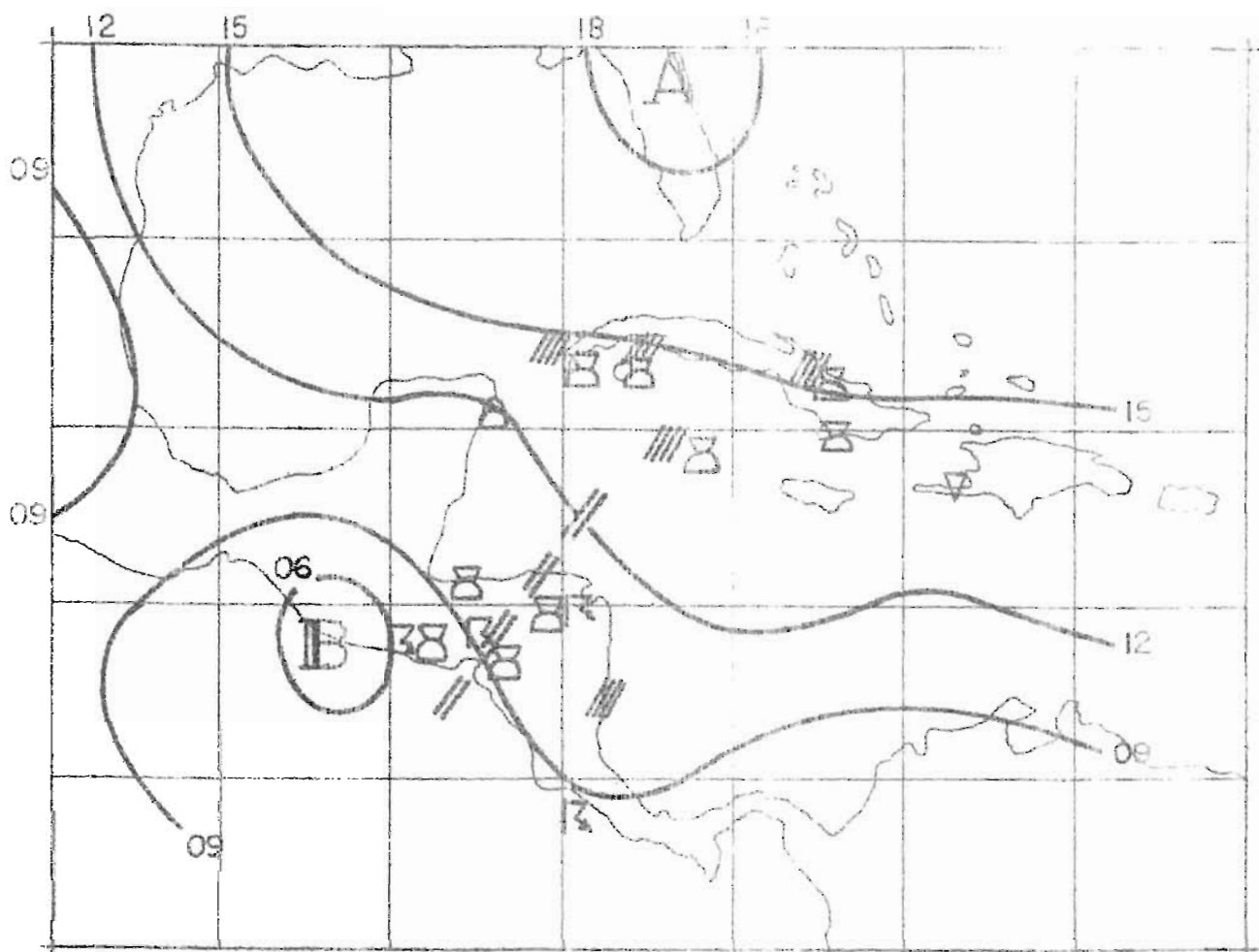


FIG. 16

En este caso tenemos un máximo de viento inmediatamente por delante del eje de la vaguada, entonces la Onda de Inestabilidad se formará inmediatamente por delante de la línea de máxima velocidad la cual se desplazará como un sistema separado e independiente de la vaguada con una velocidad mucho mayor que el flujo. Es importante hacer notar que

el mantenimiento de estas ondas exige también el desplazamiento de estos máximos, y esto ocurre no como dos hechos separados, sino que simultáneamente en un sólo proceso. La energía que alimenta a estas ondas estará dada esencialmente por la energía del flujo básico y su disipación vendrá acompañada con una disminución en la velocidad del flujo mismo.

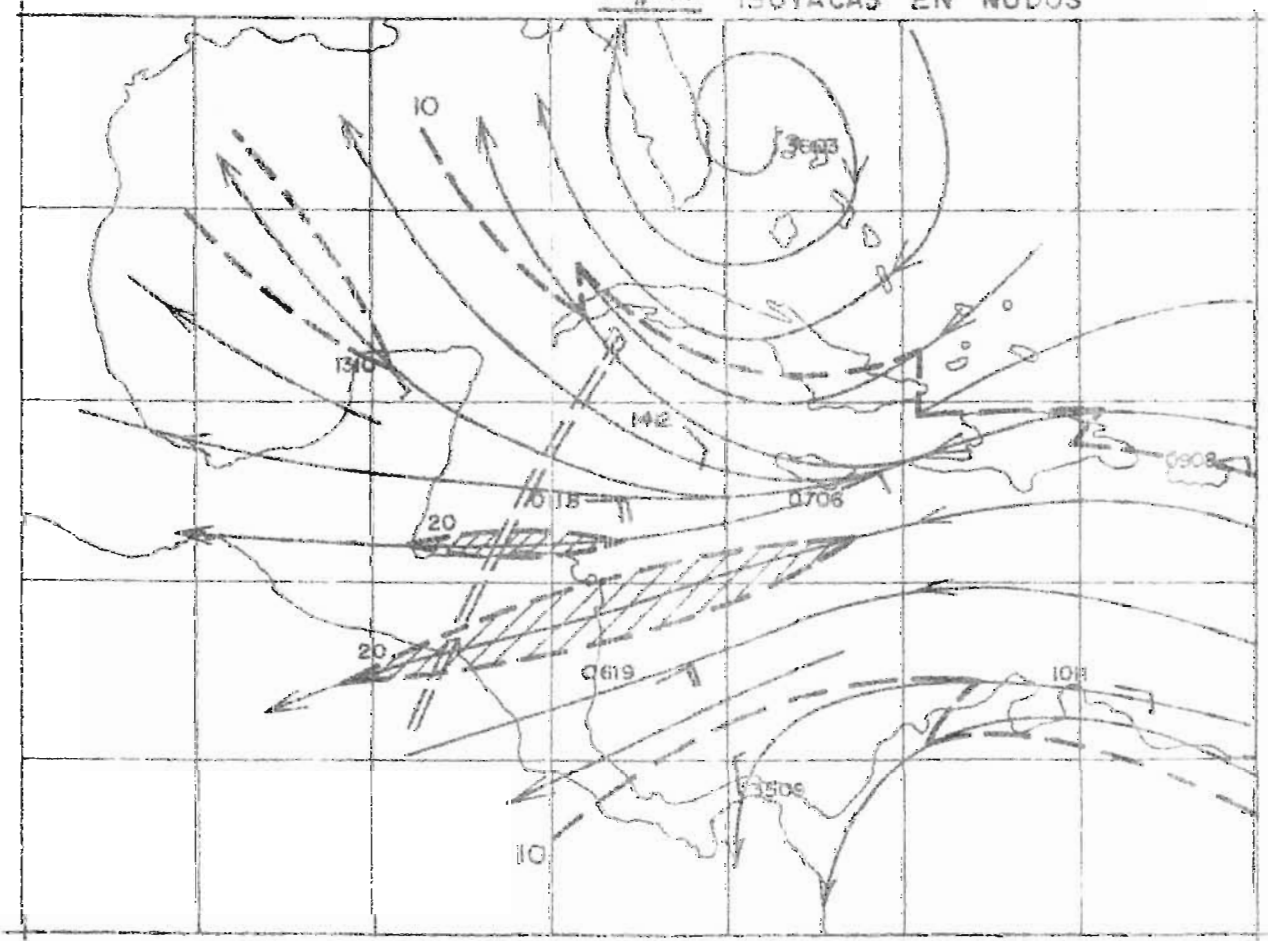
Como se dijo al principio, este modelo ha dado magníficos resultados en su aplicación, y afortunadamente es la condición de tiempo que más prevalece en la Estación Lluviosa, con lo que los pronósticos se han visto sensiblemente mejorados.

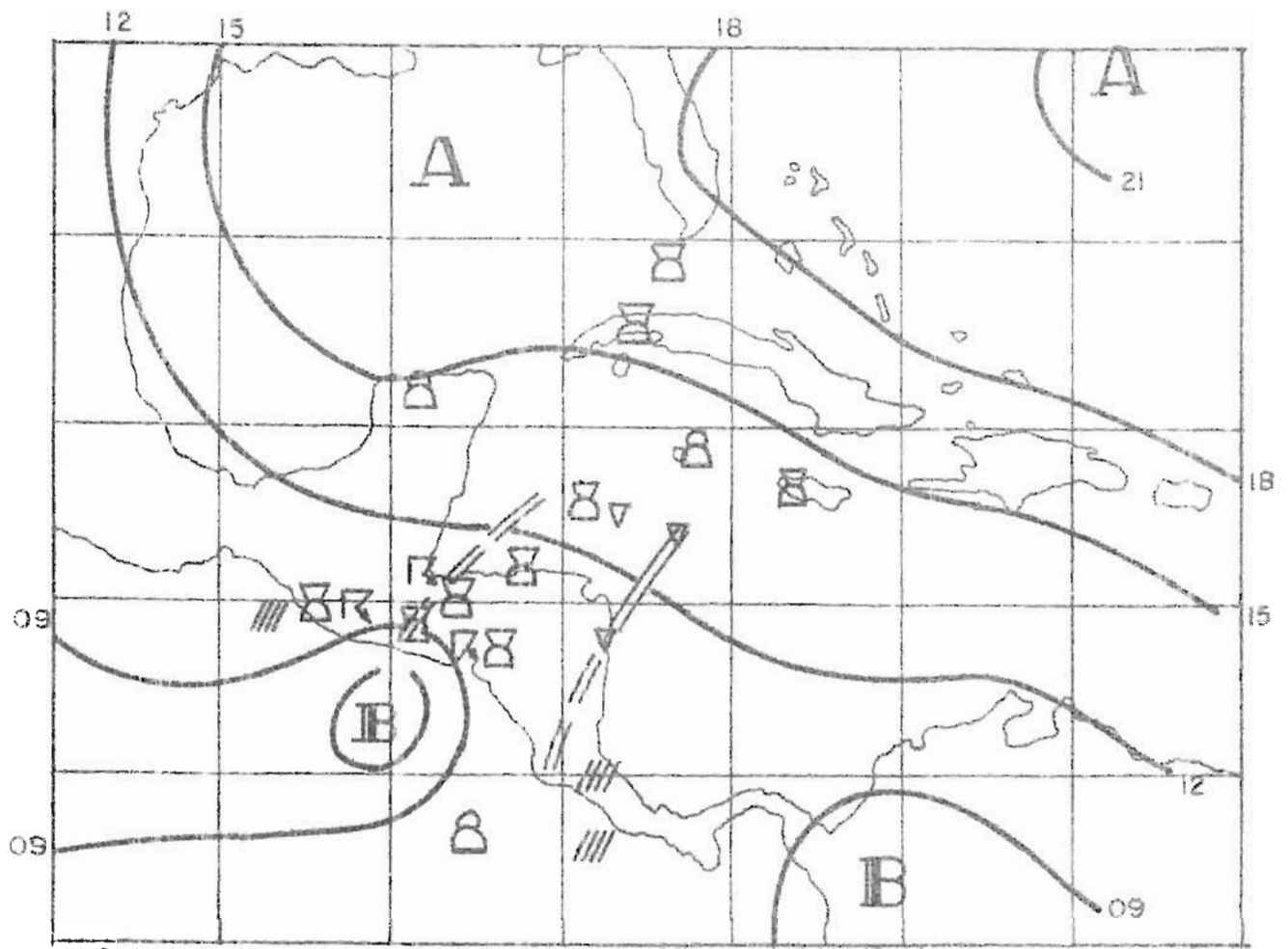


Análisis de Superficie 0000 T.M.G. 3 de JUNIO /65 Fig. 17

NIVEL 850 mb. 0000 T.M.G. 3 de JUNIO /65
Análisis de líneas de Corriente ISOTACAS EN NUDOS

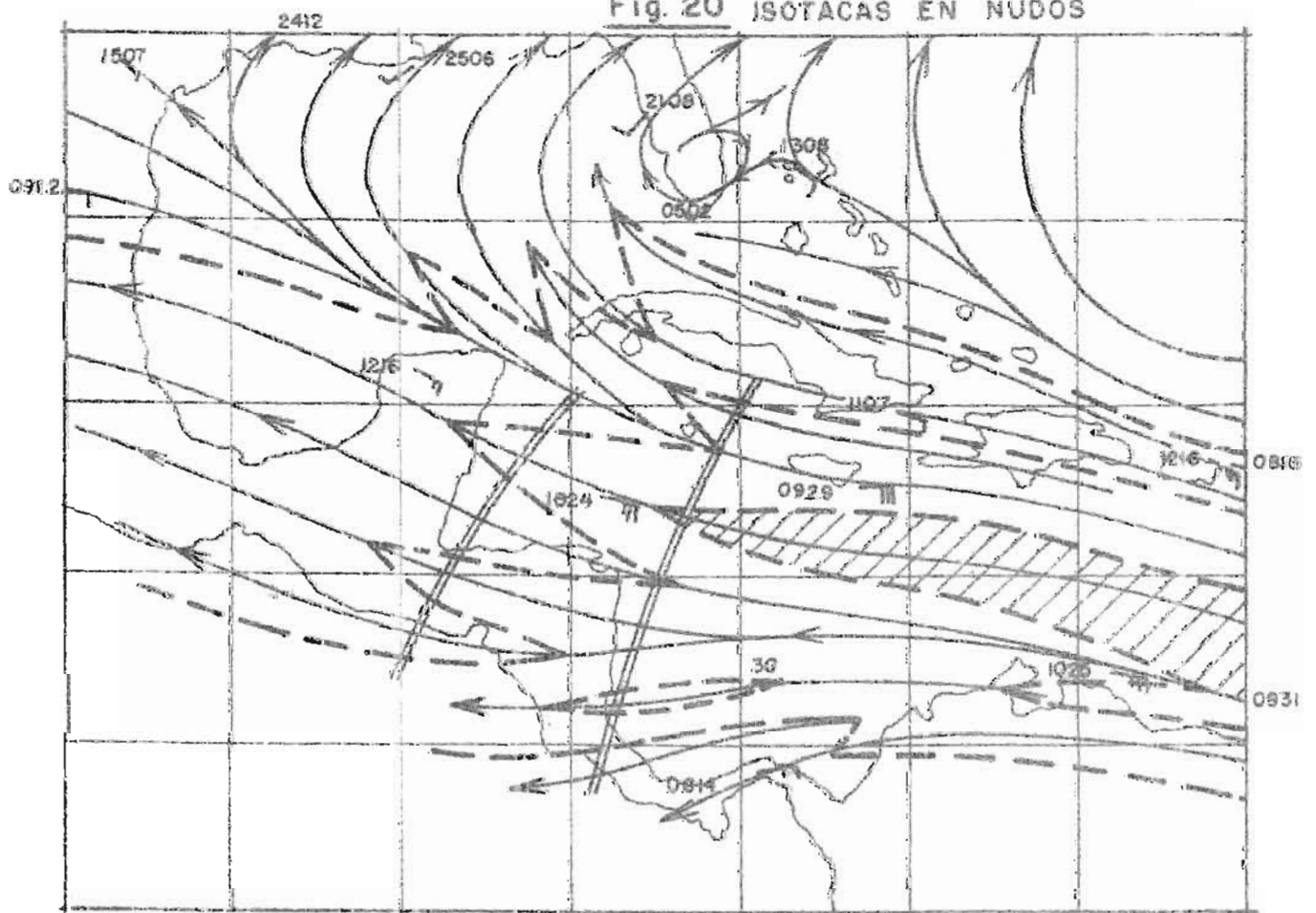
Fig. 18





Análisis de Superficie 0000 T.M.G. **Fig. 19**
 5 de JULIO/65

NIVEL 850 mb. 0000 T.M.G.
 5 de JULIO/65
 Análisis de líneas de Corriente
ISOTACAS EN NUDOS



CAPITULO V

FRENTES FRIOS Y CUNAS ANTICICLONICAS

Trataré ahora sobre los modelos utilizables en la transición Lluviosa-Seca y en la Estación seca, los que proporcionan una solución al pronóstico de "Nortes".

La transición Lluviosa-Seca siempre se inicia con la primera invasión de aire frío, y que en promedio ocurre en la segunda quincena del mes de octubre. En esta época es cuando la circulación general de los Oestes de latitudes medias invaden esta parte de las regiones tropicales, y es entonces cuando son aplicables en cierta medida restrictiva los modelos usados en latitudes medias.

Los conceptos de frentes y superficies frontales fueron introducidos en la literatura meteorológica por J. Bjerkness en 1918 y desde entonces han sido objeto de mucho estudio por otros investigadores. Según Petterssen (4) una superficie frontal es una superficie inclinada de discontinuidad o zona de transición entre dos masas de aire de diferente densidad, y el término frente, la intersección de esta superficie frontal con la superficie terrestre. Los frentes que nos interesan son los llamados frentes fríos, en los cuales el aire frío desplaza al aire caliente, obligándose de esta manera un ascenso del aire caliente por encima del aire frío por condiciones de estabilidad, y con el ascenso viene la condensación y posteriormente la formación de nubes, y se manifiesta como una larga franja de mal tiempo desplazándose en la dirección del movimiento de la masa de aire frío.

Al formarse células anticiclónicas (alta presión atmosférica) en las regiones nevadas de Canadá y los Estados Unidos, éstas son transportadas por el flujo de altura que en general coincide con un sistema de vaguada de los Oestes, y en consecuencia el desplazamiento tiene una cierta componente hacia latitudes tropicales.

Con el avance de esta célula anticiclónica transportadora de la masa de aire frío, se inicia la formación de una superficie de discontinuidad o superficie frontal al encontrar en su avance una masa de aire tropical caliente, y consecuentemente se asocia a esta superficie frontal los fenómenos de tiempo que le caracterizan en su condición de frente frío. Sin embargo este frente frío al introducirse en las aguas calientes del Golfo de México empieza a perder su identidad y se manifiesta como una amplia zona de transición entre ambas masas de aire, lo que es un resultado del mezclamiento de las mismas por lo que el frente va perdiendo su energía potencial.

Por otra parte, cuando la masa de aire frío está llegando al Golfo de México, la masa de aire caliente y húmeda existente en esa región es desplazada más hacia el Sur, se organiza una cuña anticiclónica como una prolongación del sistema principal cuyo eje normalmente está dirigido hacia el Oeste de Centro América, y comienza en nuestra región a soplar un viento "Norte" que no es más que la masa de aire inicialmente existente en el área del Golfo de México. En consecuencia, el descenso de temperatura es insignificante en nuestra zona, y la sensación de frescura que se siente obedece al hecho de la reducción de la humedad relativa, ya que se interrumpe el aporte de aire húmedo desde el Pacífico por la brisa marina, y a la evaporación misma de la humedad del cuerpo provocada por el viento.

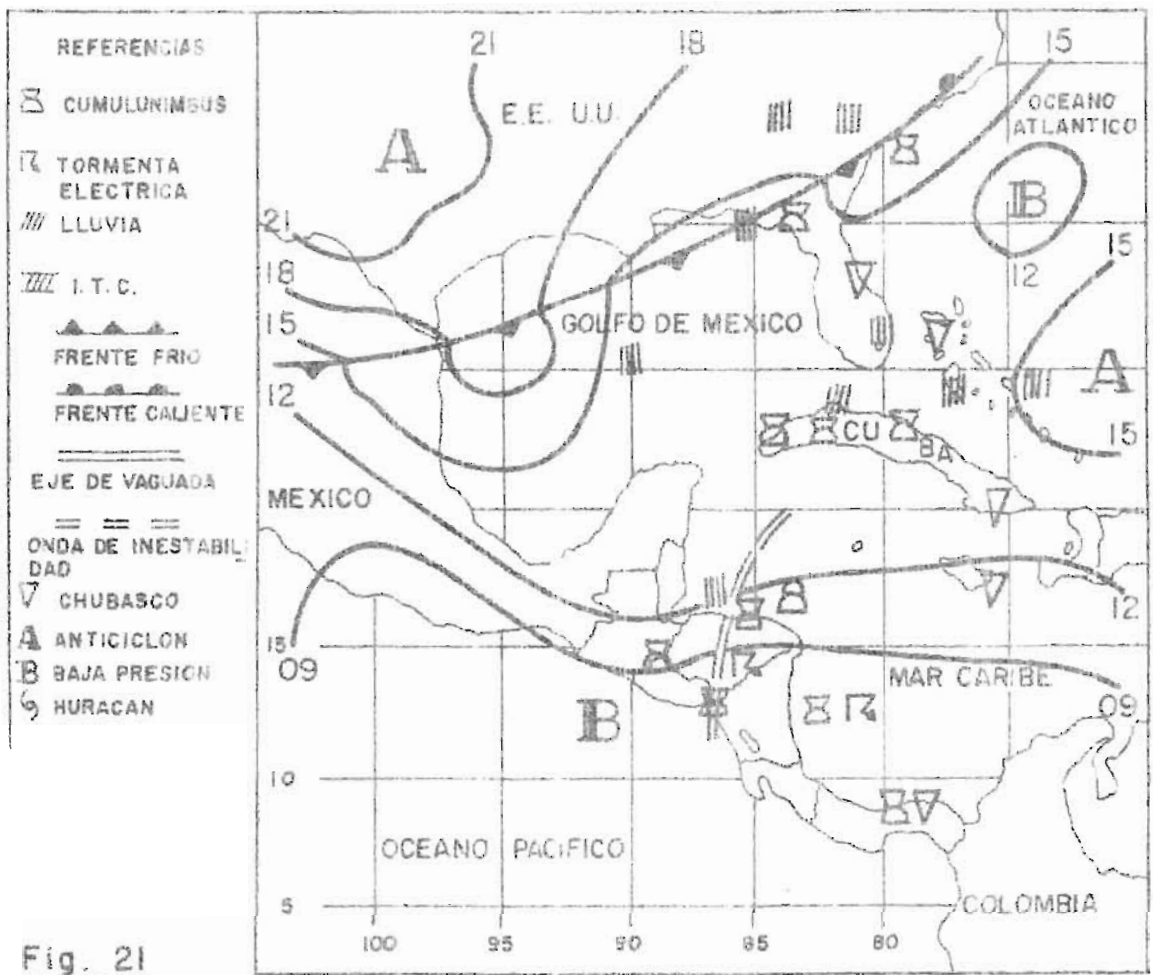
Desde este momento la localización del frente se vuelve cada vez más difícil, ya que en general ha perdido la mayoría de sus propiedades y el paso de tales frentes por nuestro país se manifiesta solamente en un mayor resecamiento y en un aumento en la velocidad del viento.

Es importante hacer mención que las mínimas temperaturas ocurren al calmarse los vientos, por el hecho de que cesa el calentamiento adiabático sufrido por el aire (aunque imperceptible) al ascender por las montañas de Honduras.

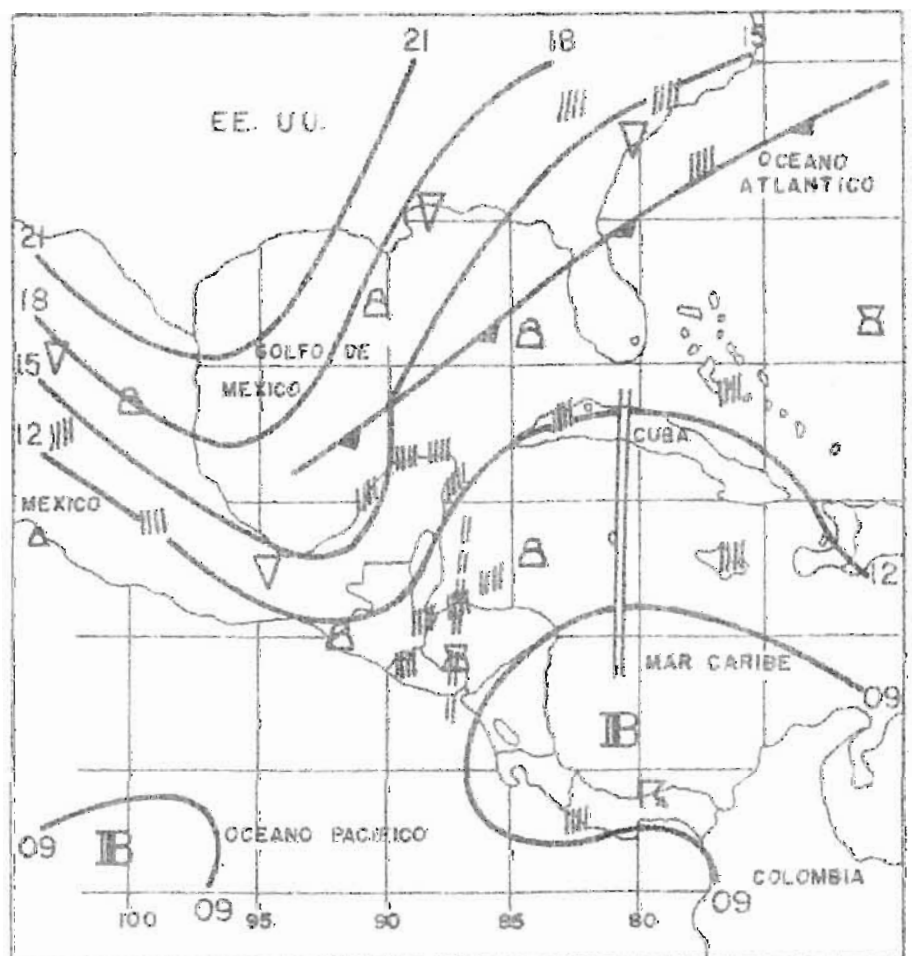
El pronóstico de la terminación de una situación de "Nortes" se basa esencialmente en el desplazamiento zonal de la célula anticiclónica, ya que hay que recordar que ésta está siendo transportada por el flujo del Oeste en niveles superiores.

Un ejemplo bastante ilustrativo es la situación ocurrida del 24 al 31 de octubre del presente año, período en que se tuvo la primera situación de "Nortes". En la carta del 24 a las 18:00 horas, Fig. 21 el centro de la célula anticiclónica se encuentra en los Estados de Texas y Oklahoma, el frente frío está pasando por la parte Norte de Florida y Sur de Georgia, así también como en la parte Noroeste del Golfo de México; en nuestra área existe una Onda de Inestabilidad pasando por el Golfo de Fonseca y parte Central de Honduras. Las estaciones pluviométricas del Oriente del país, así también como los departamentos de San Vicente y La Paz reportaron actividad de tormentas eléctricas con máximas cantidades de 51 mm. en Olomega y Zacatecoluca, respondiendo a las condiciones del modelo de la Onda de Inestabilidad. 24 horas más tarde, o sea el martes 25 a las 18:00 horas (Fig. 22), la célula anticiclónica ya se manifestaba mejor organizada y el frente frío se encontraba a sólo unos 300 Kms. al Noroeste de Mérida, Yucatán; sin embargo en nuestra zona ocurrieron precipitaciones chubascosas en todo el país originadas por una Onda de Inestabilidad formada por delante de la vaguada localizada en el Caribe; esta Onda de Inestabilidad responde al segunda caso analizado de máximos vientos localizados por delante de la vaguada. 24 horas más tarde, o sea el miércoles 26 a las 18:00 horas (Fig. 23), la célula anticiclónica se manifestaba mejor organizada y el frente frío ya estaba pasando por la Península de Yucatán, también en este día ocurrieron precipitaciones chubascosas en horas de la tarde en el Oriente del país producidas por la Onda de Inestabilidad allí marcada, la cual responde a la misma dinámica de la Onda de Inestabilidad del día anterior. Sin embargo en base a esta carta se pronosticó para el día jueves 27 y subsiguientes una definida situación de "Nortes" rafagosos con tempera-

turas nocturnas levemente disminuidas. De acuerdo con los registros de viento se pudo determinar que el pasaje del frente ocurrió alrededor de las cuatro de la mañana del día jueves, siendo imposible continuar su secuencia en las cartas sinópticas posteriores, como puede verse en la carta del jueves 27 a las 18:00 horas (Fig. 24). En esta carta el centro de la célula anticiclónica se encuentra ya en el Suroeste de los Estados Unidos y el eje de la cuña pasando directamente por Guatemala. Esta situación de "Nortes" continuó muy activa durante el fin de semana, y no fue sino hasta el lunes 31 (Fig. 26) que la situación llegó a su fin al haberse trasladado la célula anticiclónica hacia el Atlántico y con ello cesó todo transporte de aire frío hacia nuestra zona.



FECHA LUNES 24 18:00 OCTUBRE 1966



FECHA MARTES 25 18:00 HORAS OCTUBRE 1966

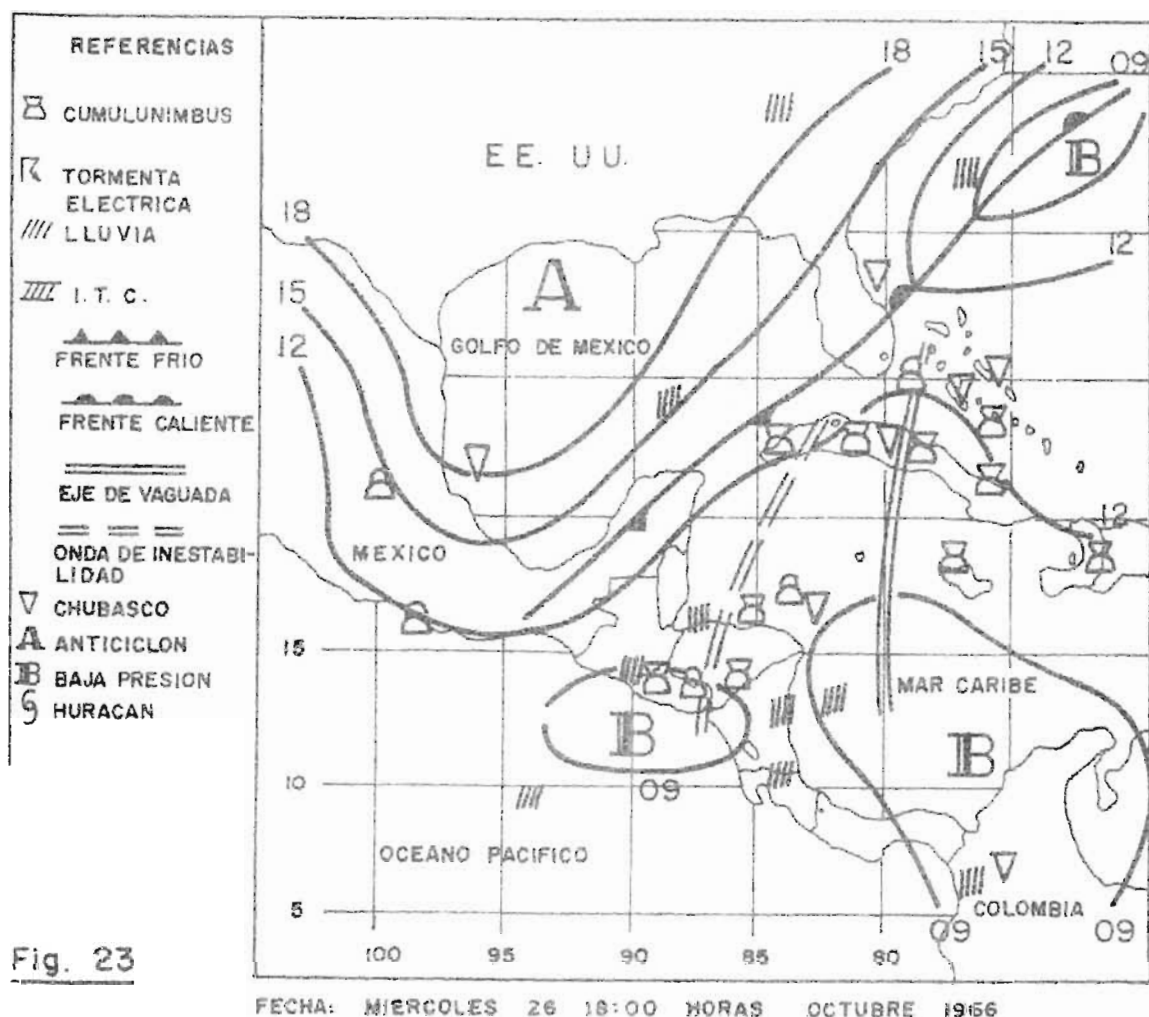


Fig. 23

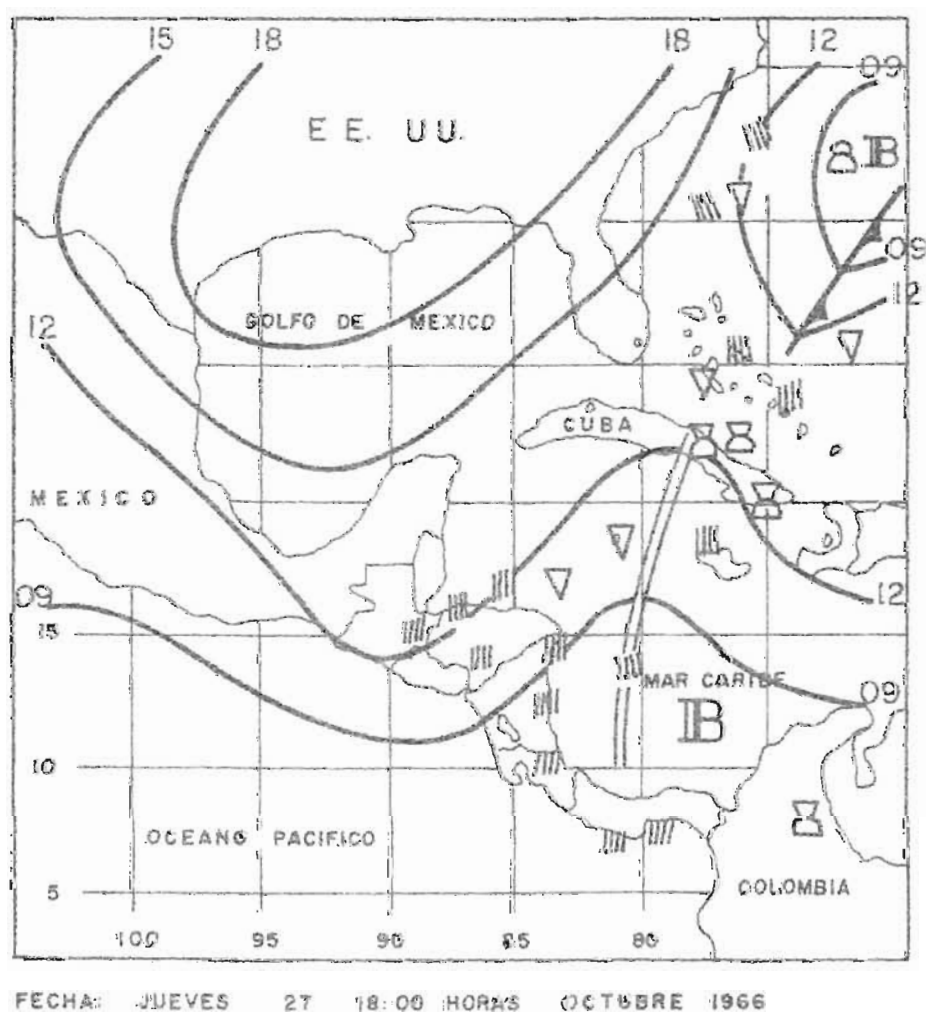


Fig. 24

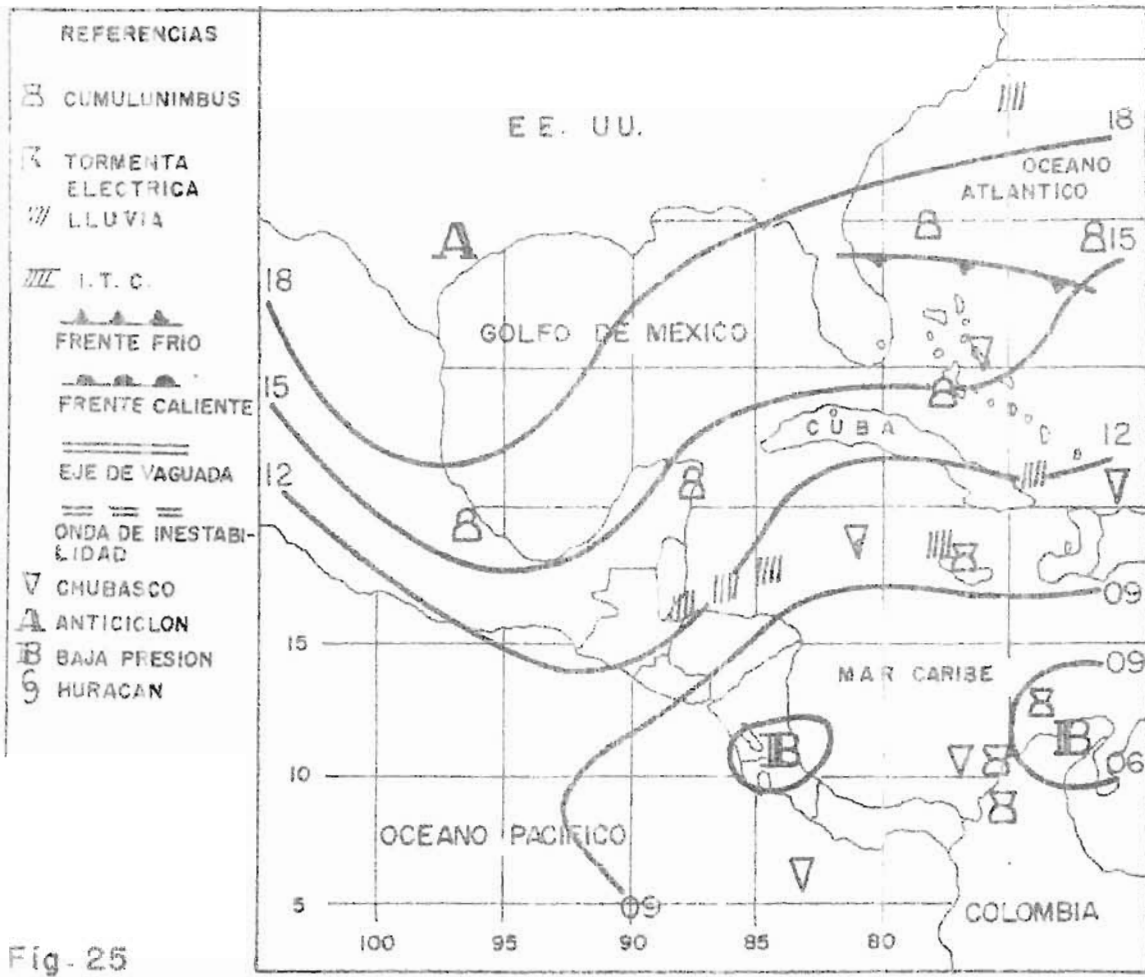


Fig. 25

FECHA: DOMINGO 30 18:00 HORAS OCTUBRE 1966

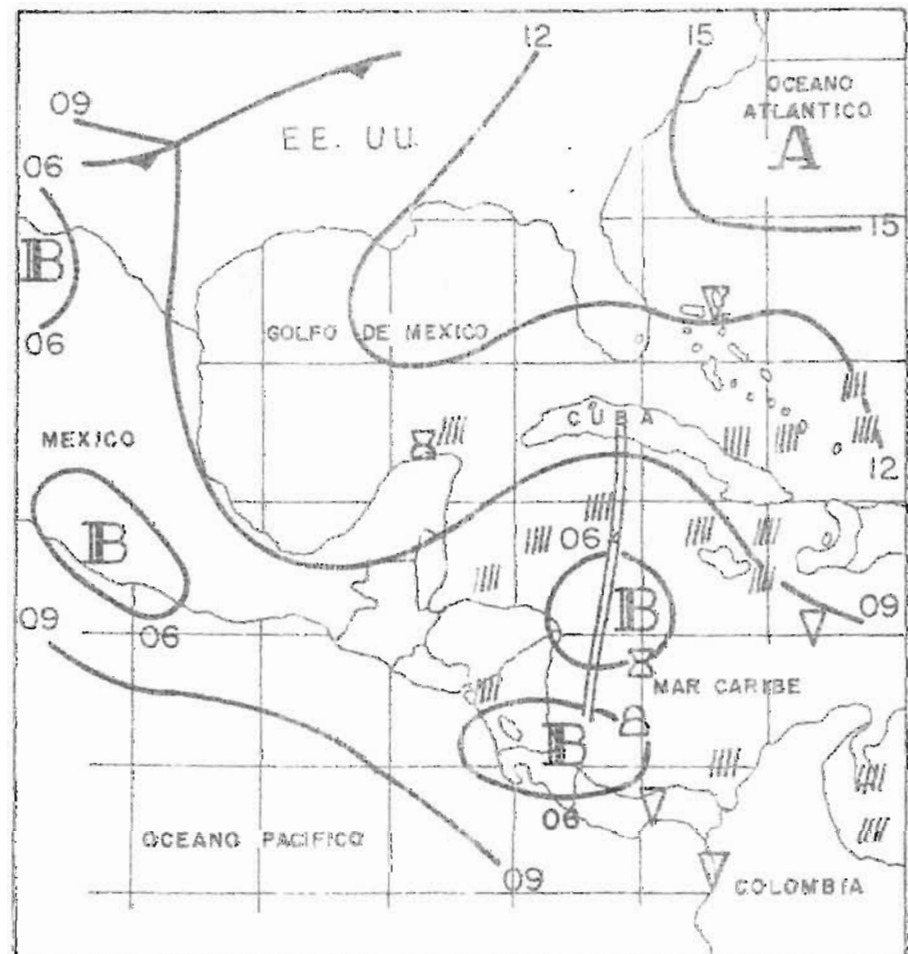


Fig. 26

FECHA: LUNES 31 18:00 HORAS OCTUBRE 1966

CAPITULO VI

INFLUENCIAS DEL PACIFICO: ZONA DE CONVERGENCIA INTERTROPICAL - PERTURBACIONES CICLONICAS SECUNDARIAS - PERTURBACIONES CI- CLONICAS DEL TIPO TEMPORAL

En capítulos anteriores se expuso que hacer un pronóstico significa extrapolar en el tiempo un estado determinado de la atmósfera. Por lo que resulta imperativo conocer en una forma completa ese determinado estado de la atmósfera. La manera de abordar el problema así planteado era entonces la de medir ciertos parámetros representativos de las propiedades atmosféricas para luego aplicar los análisis y técnicas de pronósticos.

Una planificación adecuada de una red de estaciones meteorológicas viene a resolver el problema en áreas continentales, pero en el caso de Centro América, que limita en su parte Sur por una vasta extensión oceánica donde el tráfico de barcos es mínimo y donde no existen islas donde instalar estaciones meteorológicas, el problema de medir estos parámetros viene a ser más agudo, y consecuentemente más difícil la predicción del tiempo cuando perturbaciones originadas en estas áreas influyen en nuestras condiciones sinópticas.

Cuando se explicó la climatología de El Salvador en el Capítulo II, se dedujo la existencia de una zona de convergencia en la Zona Ecuatorial, la cual tenía desplazamientos estacionales siguiendo el movimiento aparente del sol. Se dedujo también que esta zona de Convergencia Intertropical estaba asociada a una baja presión atmosférica, y por tal motivo esta zona también ha sido llamada como Depresión Bórica Ecuatorial o simplemente Vaguada Ecuatorial.

En regiones continentales como el Africa, la zona de Convergencia Intertropical ha sido objeto de un mejor estudio. Flöhn (5) ha dado una excelente descripción, construyó un corte meridional de esa zona y de los sistemas adyacentes en el Norte de Africa, para los meses de julio y agosto. Sin embargo modelo se refiere a la configuración de

la Zona de Convergencia Intertropical sobre un continente, el cual no está en concordancia con la situación observada en diferentes lugares del Océano.

Según Dunn (6) la latitud media de esta zona es de 5°S en enero y de 12° a 15°N en julio. La media anual de latitud está más próxima a los 5°N que a la línea ecuatorial. Sostiene además que una de las razones alegadas para explicar la posición septentrional de esa latitud media es la mayor fuerza de los vientos del Oeste en el hemisferio Sur.

Respecto a la naturaleza de la Zona de Convergencia Intertropical, distribución y características de sus fenómenos, todavía existe una gran confusión. Palmer (7) después de consultar a varios investigadores sobre sus observaciones y estudios de esta zona pudo concluir que sus formaciones nubosas:

- 1o.) Están dispuestas en un solo frente continuo,
- 2o.) Están dispuestas en dos frentes,
- 3o.) Están dispuestas en uno o dos frentes, según las regiones,
- 4o.) Están dispuestas en múltiples frentes ecuatoriales,
- 5o.) Saltan sin transición de una posición a otra,
- 6o.) Desaparecen en una posición para disponerse en una nueva línea de posición diferente.

Lessmann (8) en un trabajo basado en un vuelo efectuado el 22 de noviembre de 1963 entre Papéeté y Los Angeles describe la Zona de Convergencia Intertropical como una larga zona de cumulonimbus y sistemas asociados de nubes que encontró en un ancho de unos 60 Kms. estimando el desarrollo vertical de los cumulonimbus entre 12 y 15 Kms. Seguidamente encontró un área nublada de unos 80 Kms. de ancho demostrando forma de mamatus. Siguió entonces otra área de cumulonimbus de unos 260 Kms. de ancho que demostró un desarrollo vertical más fuerte que la primera. El área total de la zona activa, incluyendo la zona de menor nubosidad de cumulonimbus tuvo una anchura total de unos 400 Kms. orientada de WNW a ESE.

Entre el 28 de septiembre y el 14 de octubre de 1957 se realizaron observaciones aéreas de la Zona de Convergencia Intertropical en el Océano Pacífico de Centro América, y en el reporte presentado por ROTH (9) se obtuvieron los siguientes datos:

- 1o.) La Zona de Convergencia Intertropical en el período estudiado se localizó al Sur del istmo de Panamá.
- 2o.) Se observaron ocasionales y rápidos desplazamientos de la zona de convergencia hacia el Norte, sin embargo no hubo ninguna indicación de que los sistemas de tiempo regresaran hacia el Sur, al contrario, los sistemas se disiparon. Después de algunos días nuevos sistemas de tiempo comenzaban a formarse en su posición normal al Sur de Panamá.
- 3o.) La Zona de Convergencia Intertropical aparece como dos bandas de cumulonimbus separadas unas 100 millas aproximadamente.
- 4o.) Existen épocas en que la Zona de Convergencia Intertropical es mucho más activa que en otras.
- 5o.) La actividad convectiva asociada a la Zona de Convergencia se dividió en tres categorías generales: a) continua, b) ocurrente al mediodía y c) nocturna, inclusive al atardecer y tempranas horas de la mañana.

Según Dunn (6), todavía no existen técnicas adecuadas para predecir los movimientos del tiempo en la Zona de Convergencia Intertropical. Dice además que ello requeriría datos suficientes sobre el campo de movimiento a ambos lados de las líneas de tiempo y que actualmente no se dispone de ellos.

Es un hecho indiscutible entonces la existencia de esta Zona de Convergencia Intertropical la cual ha sido objeto de mucho estudio, y para nuestro caso en particular, los desplazamientos hacia el Norte demostrados por ROTH (9) o perturbaciones que se originan en la misma en forma de pequeños vórtices, afectan nuestro país con verdaderas situaciones de mal tiempo.

Durante la Estación Lluviosa, en muchos casos, aparte de tenerse los sistemas de inestabilidad originados en el flujo del Este, aparecen en los análisis pequeños centros de baja presión en las aguas adyacentes de nuestro Pacífico los cuales hemos denominado como perturbaciones ciclónicas secundarias. Estas perturbaciones no necesariamente se forman en la Zona de Convergencia Intertropical, pero sí se podría decir que forman parte de la vaguada ecuatorial.

Al actuar conjuntamente con las Ondas de Inestabilidad se manifiesta un notable incremento de la actividad lluviosa en forma de chubascos y tormentas muy desarrolladas.

Estas perturbaciones pocas veces conservan su identidad de un mapa a otro y podría decirse que su formación y su disipación ocurren en una forma bastante rápida, -de tal modo que carecen de una consistencia dinámica.

No obstante existe otra clase de perturbaciones cuya apariencia es similar en los análisis pero que sí tienen una consistencia dinámica, de tal modo que pueden seguirse de un mapa a otro. Estas perturbaciones al presentar una convergencia mejor organizada, vienen a aumentar la inestabilidad vertical al aportar masas más calientes y húmedas como consecuencia de su circulación, y aún más, también se manifiesta un aumento de la nubosidad estratiforme. Lessmann (8) dice al respecto que las Zonas de Inestabilidad procedentes del Caribe muchas veces son fortificadas por una advección de masas de aire marítimo tropical caliente y húmedo desde la atmósfera vecina del Pacífico, lo que da como resultado un considerable aumento de la nubosidad convectiva y estratiforme, con una alta inestabilidad adiabática húmeda hasta las capas más arriba del nivel de cristalización del agua. Ello origina chubascos y tormentas eléctricas ya temprano de la tarde sobre todo en la parte Sur del país, y los chubascos que ocurren durante el anochecer y la noche son más extendidos, de manera que su segunda parte adopta el carácter de una lluvia persistente de tipo "frente caliente" de las latitudes medias.

La advección a que Lessmann se refiere puede realizarse mediante un flujo del Sureste en la tropósfera baja conformando una circulación de vaguada, o bien por la circulación de una perturbación ciclónica como la que estamos analizando.

Una perturbación de este tipo puede en determinadas ocasiones llegar a convertirse en una perturbación ciclónica de tipo Temporal. Este es el caso más difícil de predecir ya que está asociado a procesos que pueden ocurrir en el área vecina del Caribe o en la Costa Mexicana del Pacífico, y que en verdad representa la situación de tiempo que más daño causa a la economía nacional.

Se ha definido Temporal (10) como un disturbio atmosférico tropical sin descargas eléctricas dignas de mención, que suelen acontecer en Centro América y sus mares vecinos, el cual se distingue por lluvias permanentes (duración media de dos a tres días) de vez en cuando acompañadas de vientos fuertes hasta tempestuosos.

Presentaré a continuación el caso de una situación de tiempo "Atemporalado" ocurrido en la primera década de junio de 1965, para exponer la forma en que se abordó el problema de su pronóstico con los limitados medios de que disponemos. He escogido esta situación por el hecho de que posteriormente se recibieron fotos de satélite TIROS que cubren el área de disturbio lo que me ha permitido hacer una comparación entre la información proporcionada por las fotos y la información de que se dispuso en el momento.

De modo que la situación aquí presentada no es específicamente una de Temporal como la antes definida, sino que se trata de una situación que presentó algunas de las características principales, pero que en total su duración fue relativamente corta.

Se le llamó Situación Atemporalada por el carácter continuo de las precipitaciones que en algunos lugares tuvieron una duración hasta de 20 horas, prolongándose luego en forma intermitente por algunas horas más.

Muchas veces situaciones de este tipo son el preludio de situaciones definidas de Temporal, o en otras palabras la transición a fuertes desarrollos de Temporal; otras veces el desarrollo se interrumpe, o bien cuando el disturbio está perfectamente organizado ya puede estar bastante lejos de nuestras costas.

Lessmann (11) se refiere a situaciones de "Tiempo Atemporalado" y Temporal estableciendo la distinción principalmente en la duración y en las intensidades de precipitación. Dice que en el tipo "Tiempo Atemporalado" el cielo se presenta cerrado de Nimbostratus y Altostratus con lluvias persistentes del tipo de frente caliente de latitudes medias, con intensidades por lo general débiles, pero en algunos casos conteniendo sistemas convectivos embebidos. Dice además que la duración de las lluvias alcanza un poco más de 20 horas con pequeñas interrupciones o sin ellas. Luego establece para la situación de Temporal una duración de 30 a 70 horas con lluvias más extendidas y persistentes conservando el resto de las características del tipo de "Tiempo Atemporalado".

Resulta evidente que las causas que originan situaciones de "Tiempo Atemporalado" o "Temporal" serán las mismas ya que como se estableció antes su diferencia solamente estriba en la magnitud del fenómeno.

Pero antes de analizar las causas es necesario abordar una interpretación meteorológica del fenómeno. Lessmann (11) dice al respecto que tales disturbios casi siempre parecen originarse en la Zona de Convergencia intertropical y por ello son en si ciclones de núcleo caliente.

Sin embargo esta especulación no había podido comprobarse debido a la limitada información en el área del Océano Pacífico que nos concierne, y también al limitado instrumental de que dispone el Servicio Meteorológico Nacional, pero afortunadamente se lograron recibir, aunque posteriormente, fotos de satélite TIROS de la situación, lo que vino a confirmar las sospechas acerca de su naturaleza. Podemos decir entonces que son depresiones tropicales o ciclones de núcleo caliente originados

en la Zona de Convergencia Intertropical que luego se acercan a la costa del Pacífico de Centro América.

Al analizar las causas, tenemos que ver que procesos originan estas perturbaciones en la Zona de Convergencia Intertropical.

En los casos que el autor ha tenido la oportunidad de analizar, siempre ha existido en la troposfera baja, y a veces hasta la troposfera media un sistema de vaguada bastante profundo, el que organiza por efectos de su circulación un intenso transporte de aire caliente y húmedo desde las vecinas regiones del Pacífico.

Sin embargo no todos los sistemas de vaguada perturban la zona de Convergencia Intertropical para producir "Temporales". El tiempo que generalmente acompaña a estos sistemas, como se vió en el Capítulo III, es el de una aumentada actividad de tormentas eléctricas, en horas nocturnas preferentemente que debido al extraordinario desarrollo vertical que se genera, hay formación de densas capas de altostratus, produciéndose una actividad de post-lluvias prolongadas hasta de una duración de unas seis horas en promedio.

Quiere decir que el sistema de vaguada que desarrolle una situación de Temporal o Atemporalada, debe tener características especiales capaces de poder perturbar la Zona de Convergencia Intertropical. La principal característica es sin duda alguna el grado de profundización de la vaguada.

Lessmann (11) se refiere a las causas que pueden originar "Temporales de la siguiente manera: 1o.) Cuando un huracán cruza el Caribe Occidental (Carla, Septiembre 1961); 2o.) Cuando un huracán cruza el istmo Centroamericano (Hattie, Noviembre 1961); 3o.) Cuando en los primeros avances de aire frío en Octubre o Noviembre, aire frío cruza el istmo de Tehuantepec, México, perturbando la zona de Convergencia Intertropical (Octubre, 1957).

Los dos primeros casos se pueden agrupar dentro del enfoque principal que el autor da a las causas que generan "Temporales". Se trataría entonces de intensos sistemas de vaguada asociados a perturbaciones del tipo de tempestades tropicales o huracanes. Sobre el último caso a que Lessmann se refiere, el autor lamenta no haber tenido la oportunidad de enfrentarse a situaciones de ese tipo; sin embargo Portig (12) elaboró un trabajo muy bien detallado sobre el Temporal de Octubre de 1957 el cual tuvo ese origen.

En el caso de los intensos sistemas de vaguada asociados a Tempestades Tropicales o Huracanes, se requiere que la perturbación principal (el Huracán o la Tempestad Tropical) se encuentre o pase al Sur de Cuba en el Caribe Occidental, según la experiencia ha podido comprobar, y cuanto más cercana a la costa Atlántica de Centro América se encuentre, mayor es la posibilidad de perturbar la Zona de Convergencia Intertropical para dar origen a la depresión tropical tipo Temporal, y más aun si dicha perturbación cruza el istmo centroamericano.

Intensos ciclones extra tropicales en la parte Central y Oriental de los Estados Unidos, cuando invaden las latitudes más tropicales, pueden también organizar un sistema de vaguada que perturbe la Zona de Convergencia Intertropical, tal fue el caso del Temporal de Noviembre de 1963.

Existen casos también en los cuales sólo se manifiesta una vaguada profunda como una perturbación del flujo del Este, sin llegar a contener en sí Huracanes o Tempestades Tropicales, los que pueden ser capaces de perturbar la Zona de Convergencia Intertropical.

Este es el caso que presenta más dificultades en el pronóstico por su propia naturaleza, ya que generalmente el pronosticador estimará la intensidad de una vaguada por la clase de perturbaciones a que ya haya dado origen. El caso que a continuación se presenta está clasificado en este último grupo.

Situación Atemporalada de Junio de 1965

La Situación Atemporalada comenzó alrededor de las 12:00 horas (tiempo local del meridiano 90°W.) el día 9 de junio de 1965. Se ha escogido para el análisis las cartas representativas de la situación pre-atemporalada, atemporalada y post-atemporalada. Como representativas de la primera están las cartas del 9 de junio a las 0000 y 1800 TMG; de la segunda las cartas del 10 a las 0000 y 1200 TMG, y de la tercera del 10 a las 1800 Z.

En el primer grupo la carta de las 0000 (Fig. 27) es bastante significativa; la configuración general en superficie muestra un sistema organizado de vaguada en el flujo del Este orientada desde la parte Central de Cuba hasta la costa Atlántica de Nicaragua; por otra parte se pudo definir una perturbación ciclónica a unos 300 Kms. al Sur Suroeste de San Salvador con un radio de acción de unos 200 Kms. desde su centro. La circulación general de vaguada también era manifiesta en 850 mb y 500 mb. (Figs. 29 y 30).

El texto de la carta del tiempo del día 9 editada a las 09 horas (tiempo local, 1500 TMG) se redactó de la siguiente manera: "En la troposfera ya es mejor manifiesta una circulación de vaguada la que se extiende hasta la troposfera media, y con ello ha persistido un acrecentado transporte de aire húmedo desde las vecinas regiones del Pacífico.

Por otra parte dos pequeños vórtices ciclónicos desprendidos de la Zona de Convergencia Intertropical aparecieron en nuestro análisis de ayer a las 18 horas (tiempo local), uno en la costa del Pacífico de Costa Rica y otro a unos 300 Kms. al Sur Suroeste de San Salvador sobre el Océano Pacífico; este último vórtice aparentemente se está desplazando hacia el Noroeste y nuestro país está entrando en el radio de acción de la Zona de mal tiempo, con ello se espera para el futuro próximo que la actividad lluviosa se vea notablemente incrementada, caracterizándose por la presencia de lluvias abundantes y prolongadas a cualquier hora del día."

En base a los análisis de las 1200 y 1800 TMG (06 y 12 horas tiempo local) (Figs. 28 y 31) se elaboró un boletín informativo para la prensa-radio y televisión editado a las 1600 horas (tiempo local) que textualmente dice: "Por la circulación de una vaguada muy bien organizada en la troposfera baja y media, ha persistido un aporte continuo de aire caliente y húmedo desde las vecinas regiones del Pacífico, a parte que la vaguada misma ha provocado el desprendimiento de dos pequeños vórtices ciclónicos de la Zona de Convergencia Intertropical, uno de los cuales ya se ha acercado a las aguas vecinas de nuestro Pacífico, y nuestro país ha entrado en el radio de acción de su zona de mal tiempo, condiciones que están causando la presente situación atemporalada.

El tiempo en el futuro próximo se caracterizará por la ocurrencia de lluvias extendidas intermitentes y continuas de larga duración, principalmente en las regiones costeras de la Zona Oriental del país."

Lamentablemente los análisis en que este boletín se basó tuvieron serias deficiencias debidas a la escasa información recibida principalmente del lado del Pacífico Centroamericano; esto, evidentemente, trajo enormes dificultades en la elaboración de los pronósticos y boletines del día; sin embargo fue bastante notable un aumento de la curvatura ciclónica de la vaguada en el análisis de superficie de las 1800 TMG.

No obstante, antes de obtener este análisis de las 1800 TMG se elaboraron los respectivos de altura correspondientes a las 1200 TMG y en el análisis de líneas de corriente al nivel de los 850 mb (Fig. 33) también se notó un aumento de la curvatura ciclónica quedando nuestro país en la zona de más activa convergencia. Esta vaguada también continuó organizada hasta los 500 mb (Fig. 34) resultando en la troposfera baja y media por efectos de esta circulación un aumento en el transporte de aire caliente y húmedo desde las vecinas regiones del Pacífico.

Análisis Pluviográficos

De los registros pluviográficos del país se analizó que el día 9 en la mayoría de las estaciones ocurrieron lluvias de tipo intermitente desde horas de la mañana, para luego desarrollarse una lluvia continua, que en promedio se inició alrededor de las 1800 horas (tiempo local), con duración en algunas estaciones hasta de 20 horas, para continuar durante el día 10 con lluvias también intermitentes.

La figura 35 muestra las cantidades de lluvia medidas entre las 07 horas del día 9 a la misma hora del día 10; en ese lapso de 24 horas las cantidades máximas ocurrieron en el litoral de las zonas Central y Oriental, principalmente alrededor del macizo volcánico de San Vicente y Bajo Río Lempa con cantidades de lluvia mayores de 170 mm.

Análisis Sinóptico al inicio de la Precipitación más prolongada

Es este el análisis de las 0000 TMG del día 10 (1800 horas del día 9, tiempo local), (Fig. 32). La información disponible también fue deficiente para esta hora tanto de los países Centroamericanos como del Pacífico adyacente, de tal modo que no fue posible seguir con precisión la secuencia de la perturbación localizada en el análisis de las 0000 TMG del día anterior. Sin embargo con los escasos datos el análisis fue elaborado y el centro de la perturbación se estimó a unos 150 Kms. al Sur de San Salvador.

El texto de la Carta del Tiempo elaborado en base a este análisis y al de las 1200 TMG del día 10 (Figs. 32 y 36), editado a las 09 horas (tiempo local) se redactó así: "El pequeño vórtice ciclónico desprendido de la Zona de Convergencia Intertropical se acercó bastante a nuestras costas, localizándose su centro ayer a las 1800 horas a unos 150 Kms. al Sur de San Salvador, quedando nuestro país en el radio de acción de su zona de mal tiempo. Ello ha venido a causar una situación atemporalada, produciéndose lluvias altamente torrenciales principalmente en la Zona Central del país.

Durante las últimas 24 horas hasta las 07 horas de hoy las máximas cantidades de lluvia reportadas han sido las siguientes: 169 mm. en Santa Cruz Porrillo, 142 mm. en Tehuacán, 140 mm. en San Marcos Lempa y 130 mm. en San Vicente.

Hoy a las 06 horas el pequeño vórtice se había desplazado hacia el Noroeste alcanzando la costa Pacífica de Guatemala. Sin embargo otro disturbio de la misma naturaleza se localizó a la misma hora frente a la costa Pacífica de Nicaragua, el cual se espera empiece a afectar nuestra zona a partir de esta tarde. Con ello habrá un leve mejoramiento en horas de la mañana, reiniciándose una aumentada actividad de lluvias en horas de la tarde."

El análisis de las 1200 TMG también fue bastante pobre en información para Centro América y el Pacífico vecino, razón por la cual el meteorólogo pronosticador asumió la existencia de una nueva perturbación frente a Nicaragua que no existía, lo que vino a producir una falla en el pronóstico del día. El tiempo en general empezó a mejorar a partir de la segunda mitad de la mañana, dándose solamente la ocurrencia de lluvias intermitentes; pero para la noche de ese día por lo general reinaba buen tiempo en todo el país.

Análisis de las fotos de Satélite TIROS

Posteriormente se solicitó al Laboratorio Nacional de Satélites del Servicio Meteorológico de los Estados Unidos, información de fotos referentes a la situación. Afortunadamente se dispuso de fotos para el día 8 de julio a las 1640 TMG, para el día 9 de junio a las 1706 TMG y para el día 10 de junio a las 1657 TMG.

El nefoanálisis correspondiente al 8 de junio a las 1640 TMG (Fig. 38), unas 24 horas antes del inicio de la situación Atemporalada, muestra la zona de Convergencia Intertropical en las cercanías de la costa del Pacífico de Centro América; el pequeño vórtice ciclónico que apareció en el análisis sinóptico del 9 a las 0000 TMG parece estar embebido en la inmensa zona de actividad de la Convergencia Intertropical.

Por otra parte en la Costa Atlántica de Honduras y frente a la Península de Yucatán puede apreciarse la normal actividad de la perturbación de vaguada en el flujo del Este. Se nota en el nefoanálisis definidas zonas de intensa actividad convectiva, apreciándose por la orientación de las bandas un definido flujo del Sur en la troposfera baja. El nefoanálisis correspondiente al 9 de junio a las 1706 TMG (Fig. 39), hora promedio en que se inició la situación atemporalada en El Salvador, muestra la pequeña perturbación ya desprendida de la Zona de Convergencia Intertropical afectando directamente nuestras costas. Por otra parte, la Zona de Convergencia Intertropical sigue mostrando definidas zonas de intensa actividad.

Es de notar que el análisis sinóptico del 9 de junio a las 1800 TMG reveló una profundización del sistema de vaguada, el nefoanálisis también revela este fenómeno al mostrar una intensa banda convectiva desde la parte Este del Golfo de México hasta la Península de Yucatán y Caribe Occidental. Así también la orientación de las bandas en el lado Pacífico Centroamericano siempre reveló el intenso flujo del Sur.

El nefoanálisis correspondiente al 10 de junio a las 1706 TMG (Fig. 40), hora cercana al inicio del mejoramiento del tiempo en El Salvador, muestra una definida tempestad tropical con sus características bandas espiraladas, pero afortunadamente nuestro país quedó fuera del radio de acción de dicha tempestad, y el pequeño vórtice que había causado la situación atemporalada se integró a la tempestad tropical. Los disturbios de Temporal o Atemporalado, que son los fenómenos que más daño causan a la economía nacional y así mismo a la vida de las personas, no podrán estar sujetos a pronósticos que satisfagan al máximo las verdaderas necesidades preventivas si no se llenan los siguientes requisitos:

- a) Comunicaciones eficaces en la red Centroamericana de intercambio de datos meteorológicos;
- b) Suficiente y adecuada información meteorológica en el Área del Océano Pacífico adyacente.

Naturalmente el tráfico de barcos generalmente ocurre a lo largo de la costa y pocas son las rutas que se adentran en el Océano. He aquí la valiosa ayuda que las fotos de satélite pueden proporcionar, ya que si las fotos utilizadas en este trabajo hubieran estado disponibles en el momento de la elaboración de los pronósticos, los resultados hubieran sido más efectivos.

Sin embargo, en cierta medida, los actuales análisis solucionan el problema de pronóstico siguiendo adecuadamente el proceso de profundización de la vaguada.

Las Figs. 41, 42 y 43 son las fotos de satélites correspondientes a los términos de los nefoanálisis y en ellas se puede observar todo lo descrito para los mismos.

Un hecho de verdadera satisfacción es el de que en el proyecto de modernización de nuestro aeropuerto, fue incluido un equipo meteorológico moderno e indispensable para satisfacer las necesidades tanto de la Aviación Internacional, como la de los pronósticos generales. Y en tal instrumental, que se espera tener en los primeros meses de 1967, está incluido un equipo de radiofacsimil, por medio del cual se podrán recibir nefoanálisis desde la Oficina Meteorológica de Miami. Además, posteriormente, se solicitará al Gobierno la adquisición de una antena especial, que adaptada a este equipo podrá recibir las fotos directamente desde los satélites.

Las técnicas en la interpretación de tales fotos ha progresado mucho en los últimos años, y actualmente está en vías de investigación el poder describir el campo de movimiento en base a la orientación de los sistemas nubosos.

Esto únicamente viene a servir de complemento a la información básica fundamental de las estaciones sinópticas y de altura y de ninguna manera éstas serán desplazadas, por lo tanto es necesario, imprescindible, la instalación de una estación de Radioviento en el país, equipo

todavía no incluido en el proyecto de modernización de nuestro aeropuerto, lo que vendría a proporcionar un conocimiento básico del campo de movimiento en nuestra atmósfera superior, -el cual es el responsable del desplazamiento de los sistemas en superficie.

También el uso del radar es de mucha utilidad en Meteorología Sinóptica, ello ha permitido un estudio muy completo en combinación con vuelos de reconocimiento y fotos de satélites sobre la naturaleza y estructura de los huracanes. La adquisición de un radar meteorológico por parte del Servicio Meteorológico vendría a ser de una indiscutible utilidad esencialmente para el pronóstico de corto plazo, ya que por ejemplo pueden, o más bien ocurren formaciones de tormentas en forma rápida y violenta acompañadas de fuertes vientos hasta tempestuosos, que no es posible identificarlos en las cartas sinópticas, primero, por la separación en tiempo que existe entre una carta y otra, y segundo porque ocurren en una escala mucho menor que la escala sinóptica, que en la literatura meteorológica se denominan fenómenos de meso escala, y que únicamente pueden ser detectados por medio de radar.

El trabajo aquí presentado sobre la situación atemporalada de Junio de 1965 naturalmente que fue una de las situaciones más benignas que hemos tenido, pero por otra parte fue para la cual se dispuso de una información de fotos de satélite. Respecto de otros temporales ocurridos antes de la fundación de la Sección de Pronósticos del Servicio Meteorológico Nacional la información disponible es naturalmente muy escasa. Revisando por ejemplo los Anales del Observatorio Meteorológico Nacional para Junio de 1934, mes en que una verdadera Tempestad Tropical azotó nuestro país, no se hace ninguna referencia a este disturbio. Sin embargo en un trabajo de G. E. Dunn (13) referente a esta situación, dice que el día 4 de junio se notaron condiciones de disturbio en el Golfo de Honduras asociadas a una depresión tropical, y que a medida que la depresión se profundizó se desplazó hacia la costa de Belice el día 5 con vientos de 34 nudos del Noroeste. Durante la tarde de ese día y la noche cambió

su desplazamiento hacia el Suroeste o Sur. En la mañana del día 6, Tapachula reportó una lectura barométrica de 29.6 pulgadas y una caída de la presión de 0.18 pulgadas en 24 horas. El día 7 la estación meteorológica de la Pan American Airways en San Salvador reportó el siguiente mensaje:

"Una severa tormenta afectó este lugar en tempranas horas de hoy con lluvias torrenciales y vientos mayores de 50 millas por hora. Viento presente es del Sur con 30 millas por hora. Daños considerables se han reportado debido a las fuertes lluvias."

Dunn dice además que debido a la escasa información recibida se tuvo que hacer considerables conjeturas, pero que el disturbio se movió hacia el Suroeste o Sur desde Belice hacia la costa de Guatemala o El Salvador, intensificándose luego en esta área, recurvándose tierra adentro sobre El Salvador, cruzó Honduras internándose en el Golfo de Honduras donde definitivamente se localizó el día 8.

De todas maneras, situaciones como ésta son extraordinariamente raras, no así la de temporales fuertes como el ocurrido del 6 al 8 de Septiembre de 1961, para el cual los registros pluviográficos indicaron lluvias sin interrupción hasta de 426 mm. caídos durante 22 horas 40 minutos, y que en total el Temporal estuvo activo durante unas 70 horas.

-*****-

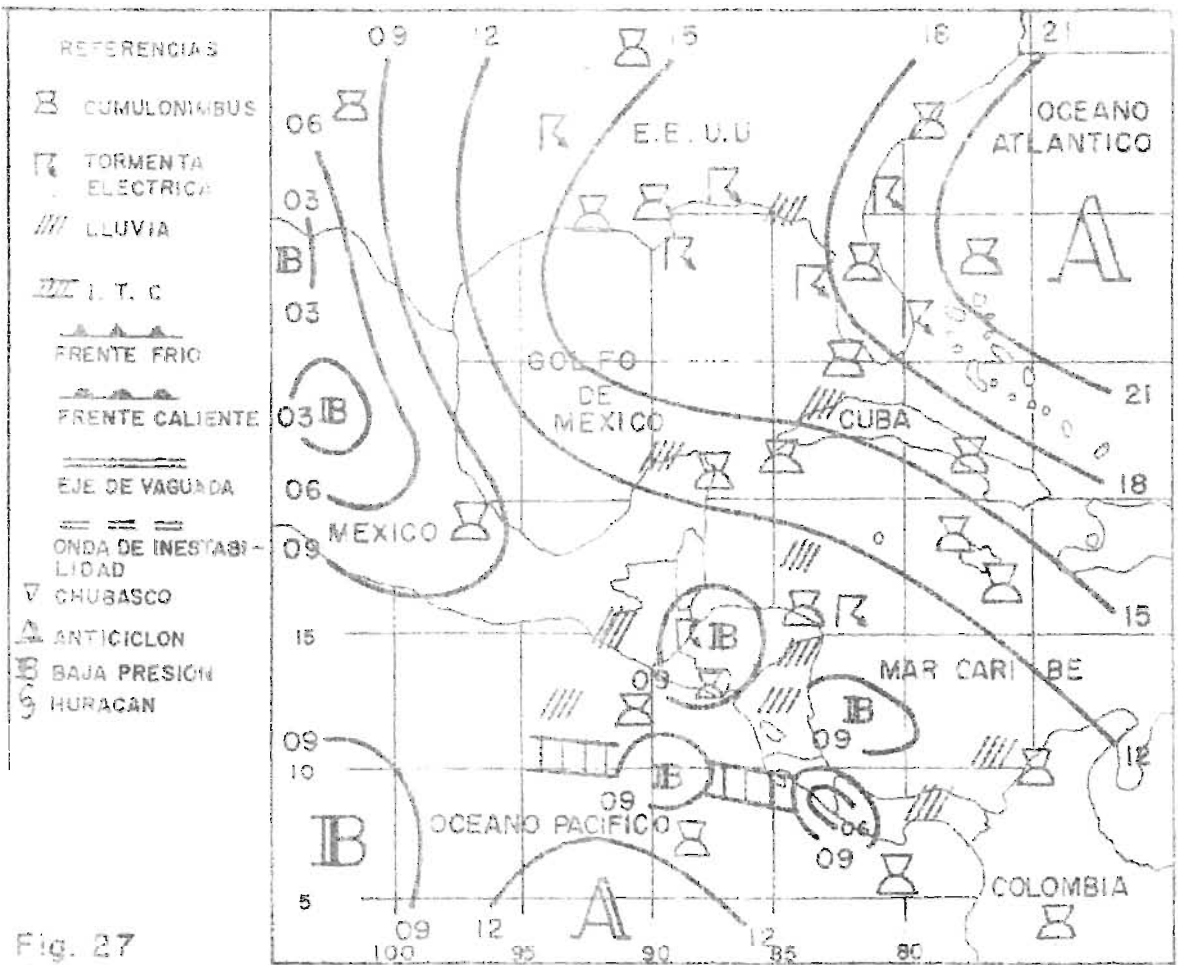


Fig. 27

FECHA 9 - JUNIO - 1965 HORA GMT 00:00

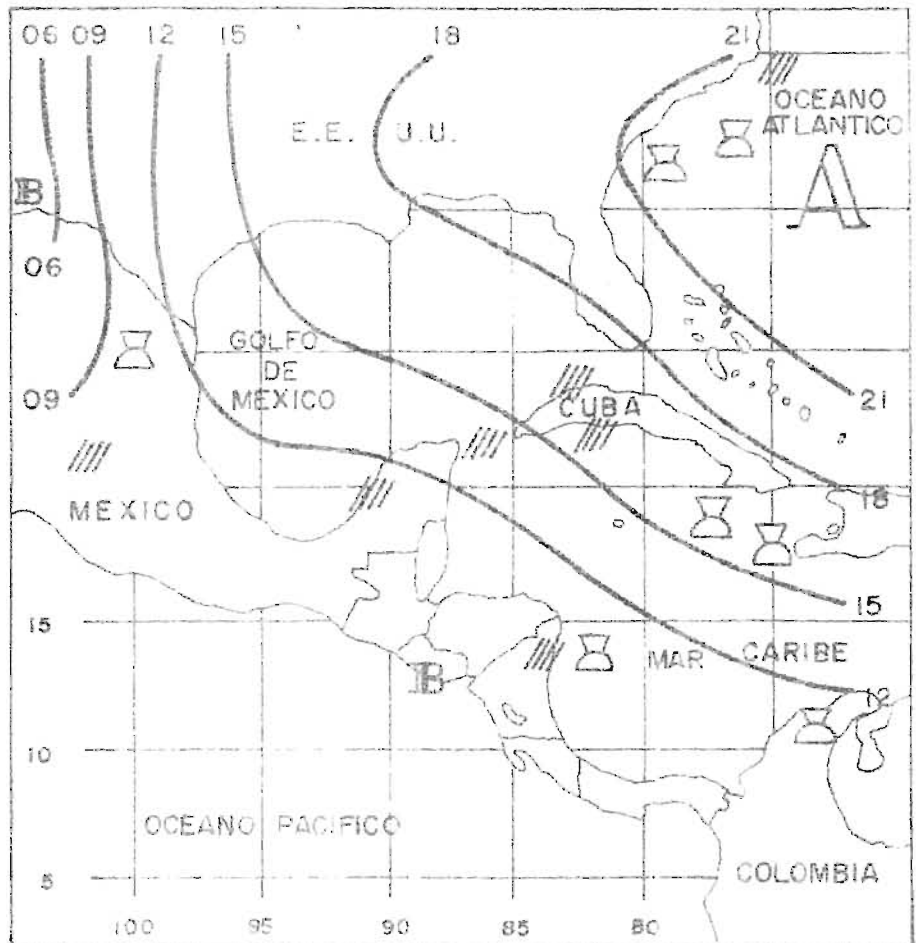
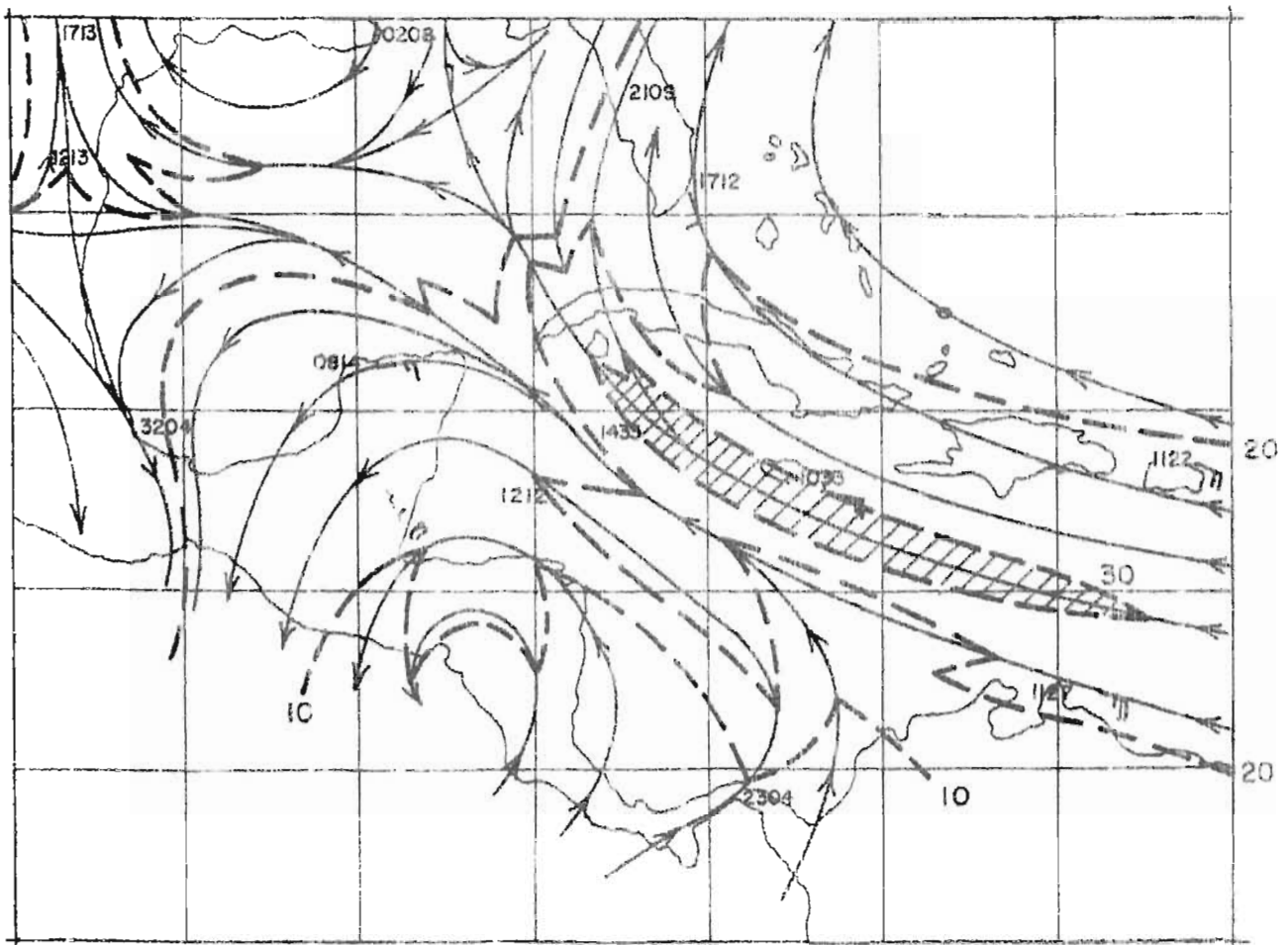


Fig. 28

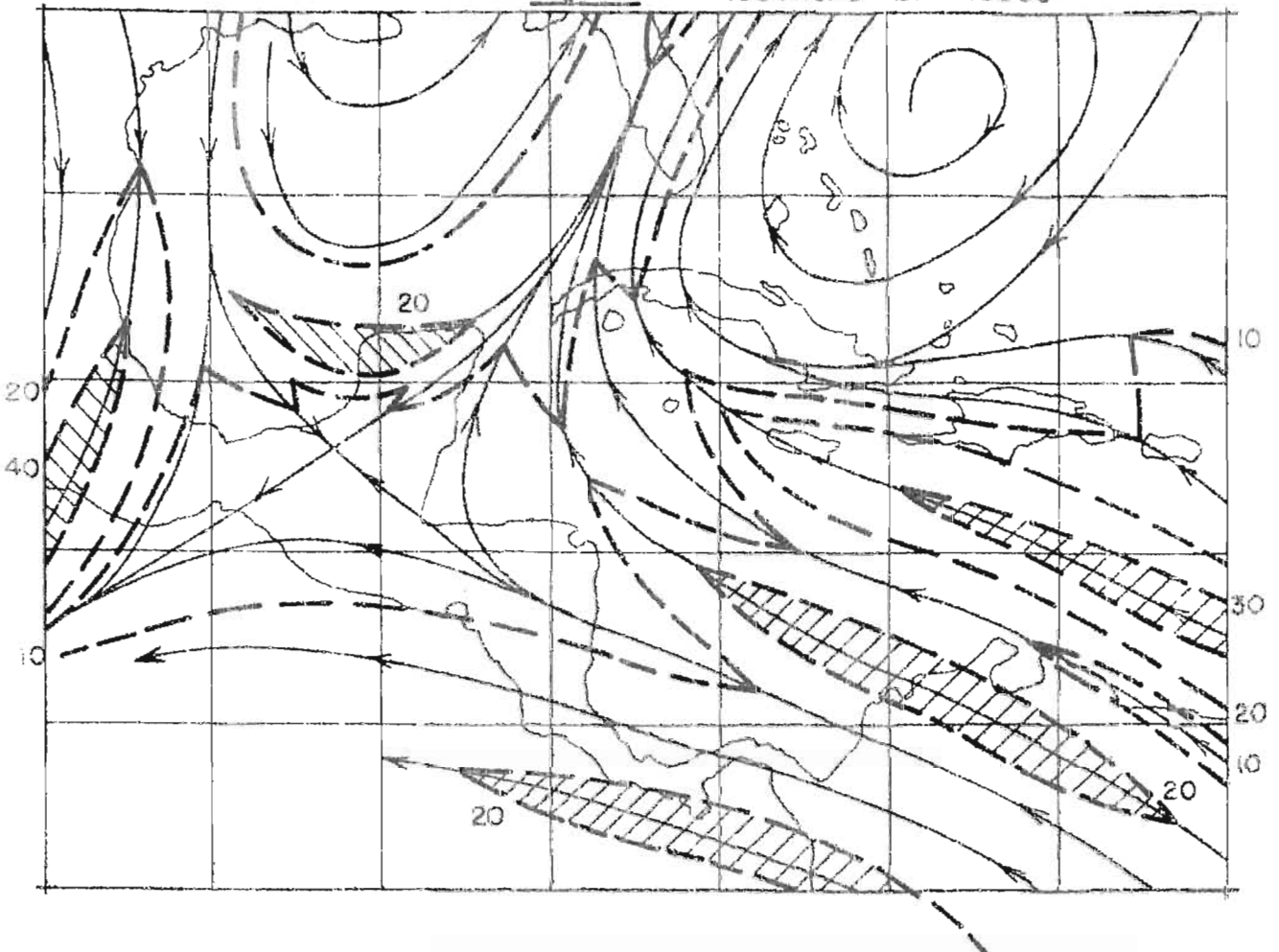
FECHA 9 - JUNIO - 1965 HORA GMT 12:00



NIVEL 850 mb. 0000 T.M.G. **Fig. 29**
 9 de JUNIO /65
 Análisis de líneas de Corriente
 ISOTACAS EN NUDOS

NIVEL 500 mb. 0000 T.M.G.
 9 de JUNIO /65
 Análisis de líneas de Corriente
 ISOTACAS EN NUDOS

Fig. 30



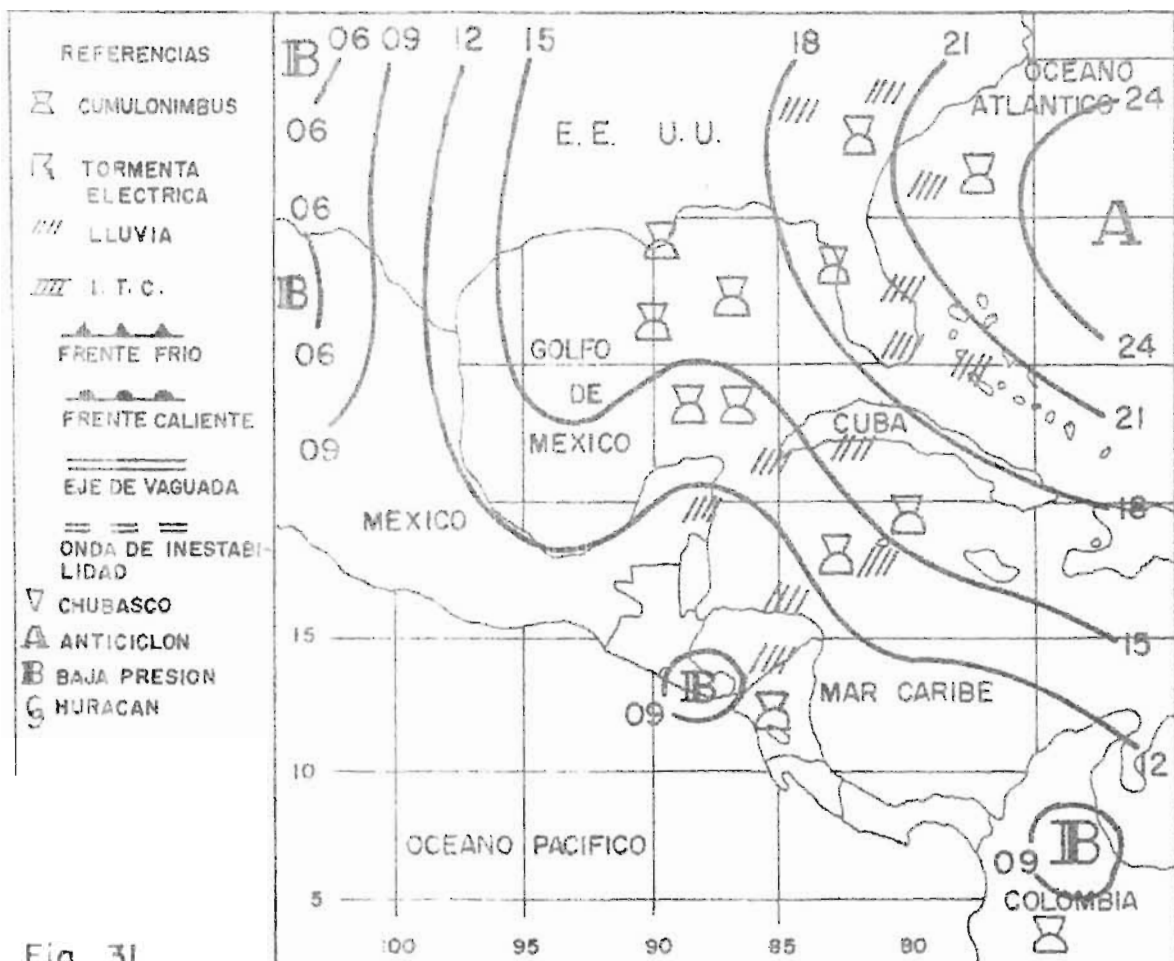


Fig. 31

FECHA 9 JUNIO 1965 HORA GMT 18:00

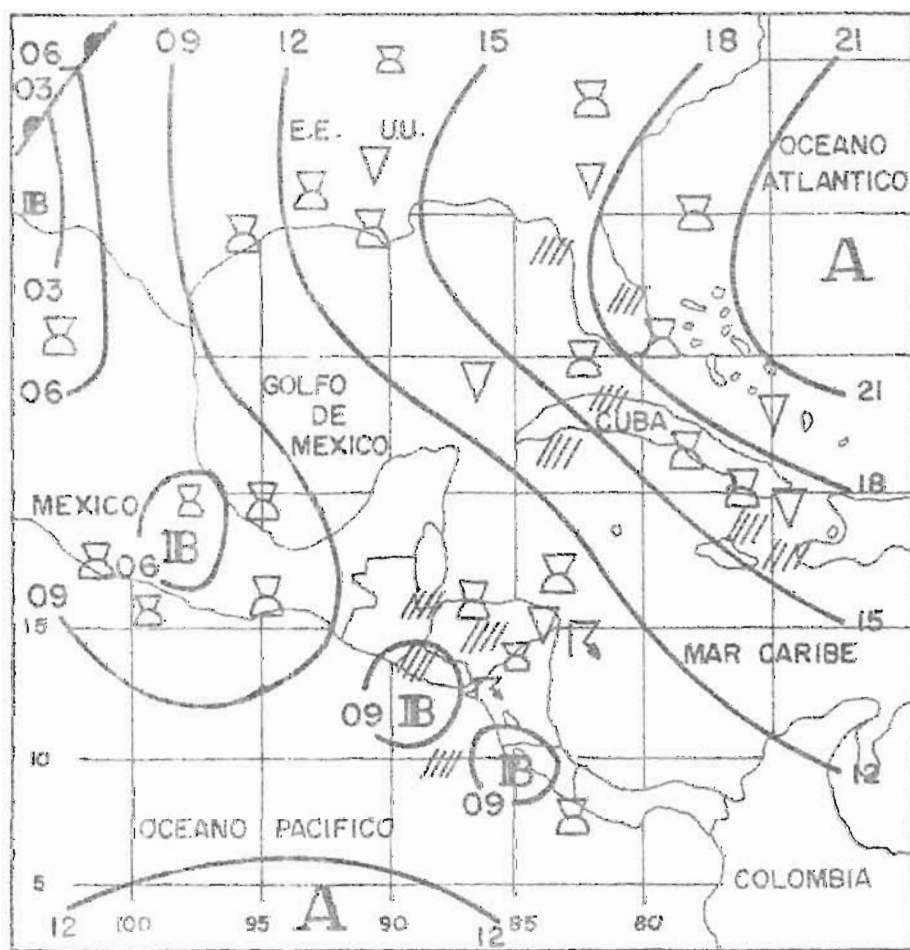
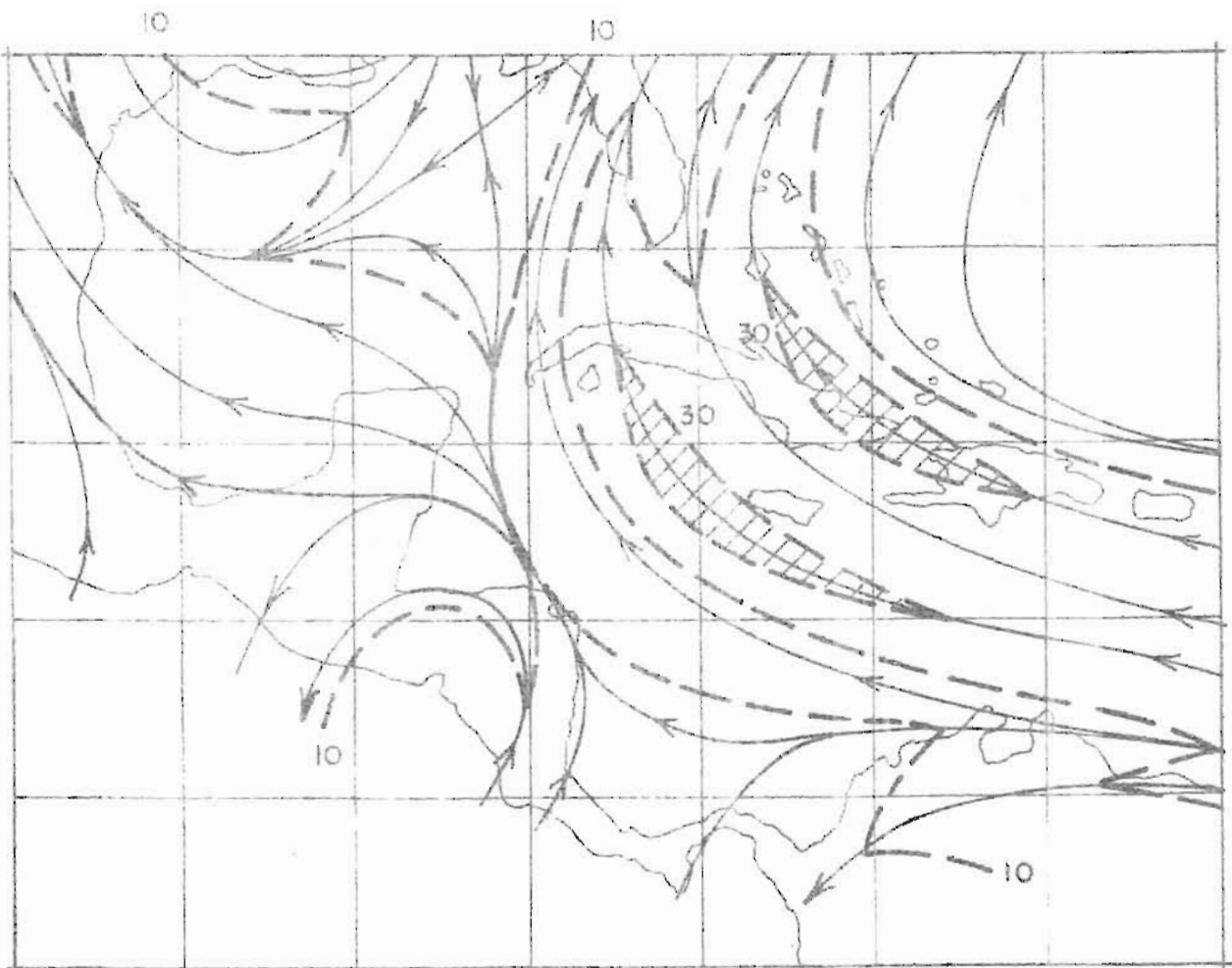


Fig. 32

FECHA 10 JUNIO 1965 HORA G.M.T. 00:00



NIVEL 850 mb. 1200 T.M.G. **Fig. 33**

9 de JUNIO / 65

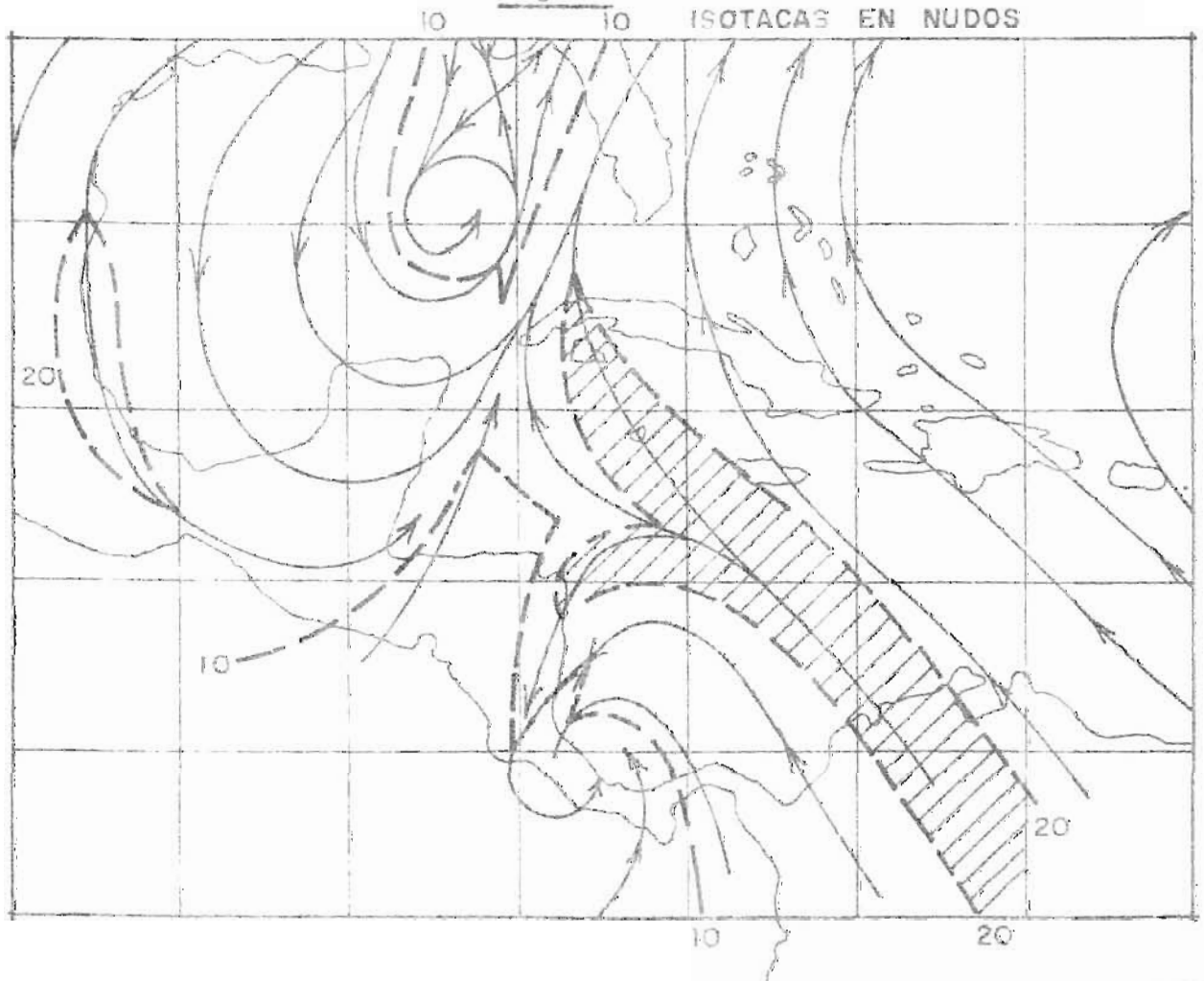
Análisis de líneas de Corriente
ISOTACAS EN NUDOS

NIVEL 500 mb. 1200 T.M.G.

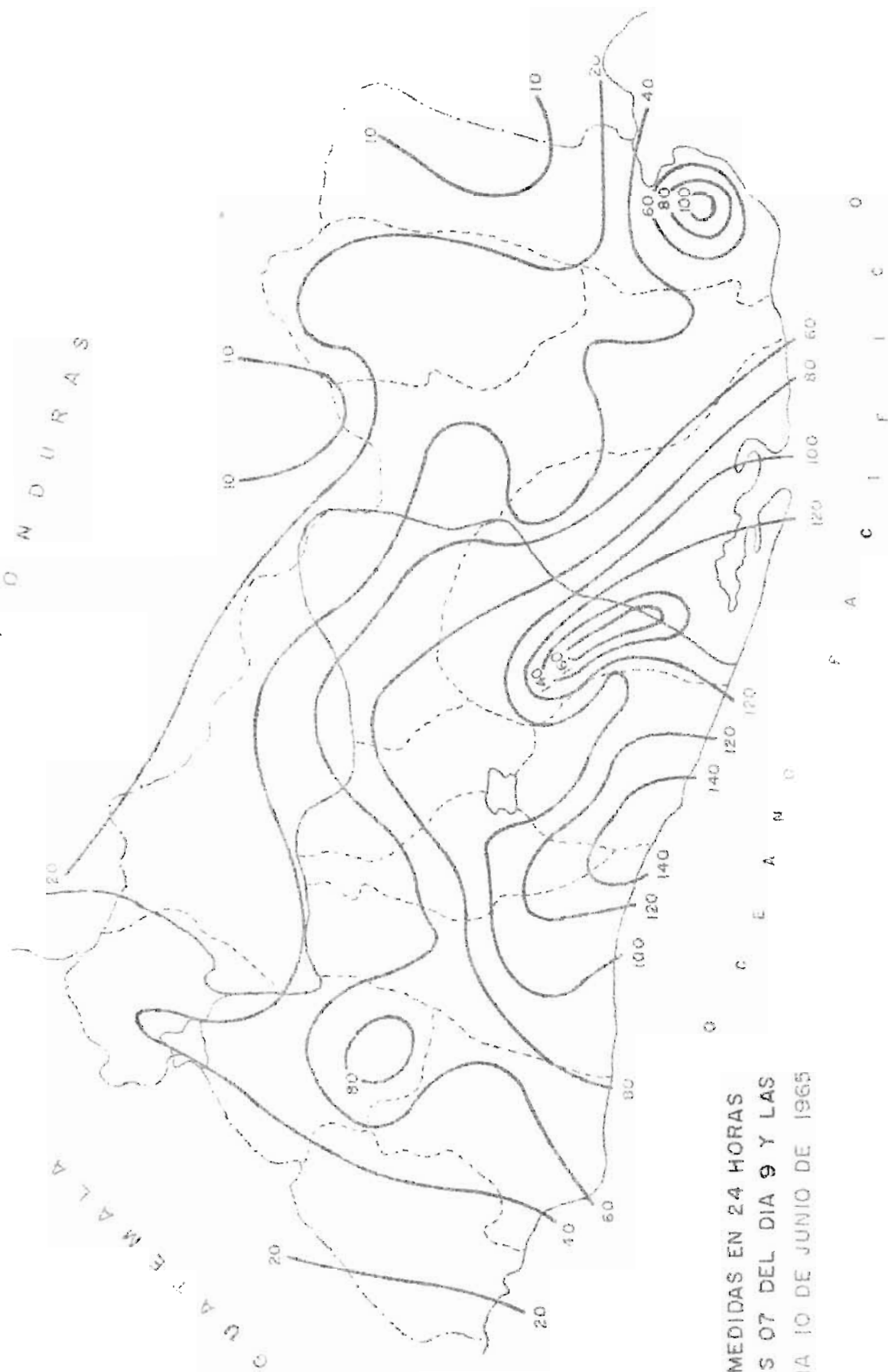
9 de JUNIO / 65

Fig. 34

Análisis de líneas de Corriente
ISOTACAS EN NUDOS



I
D
N
D
U
R
A
S



ISOYETAS MEDIDAS EN 24 HORAS
ENTRE LAS 07 DEL DIA 9 Y LAS
07 DEL DIA 10 DE JUNIO DE 1965

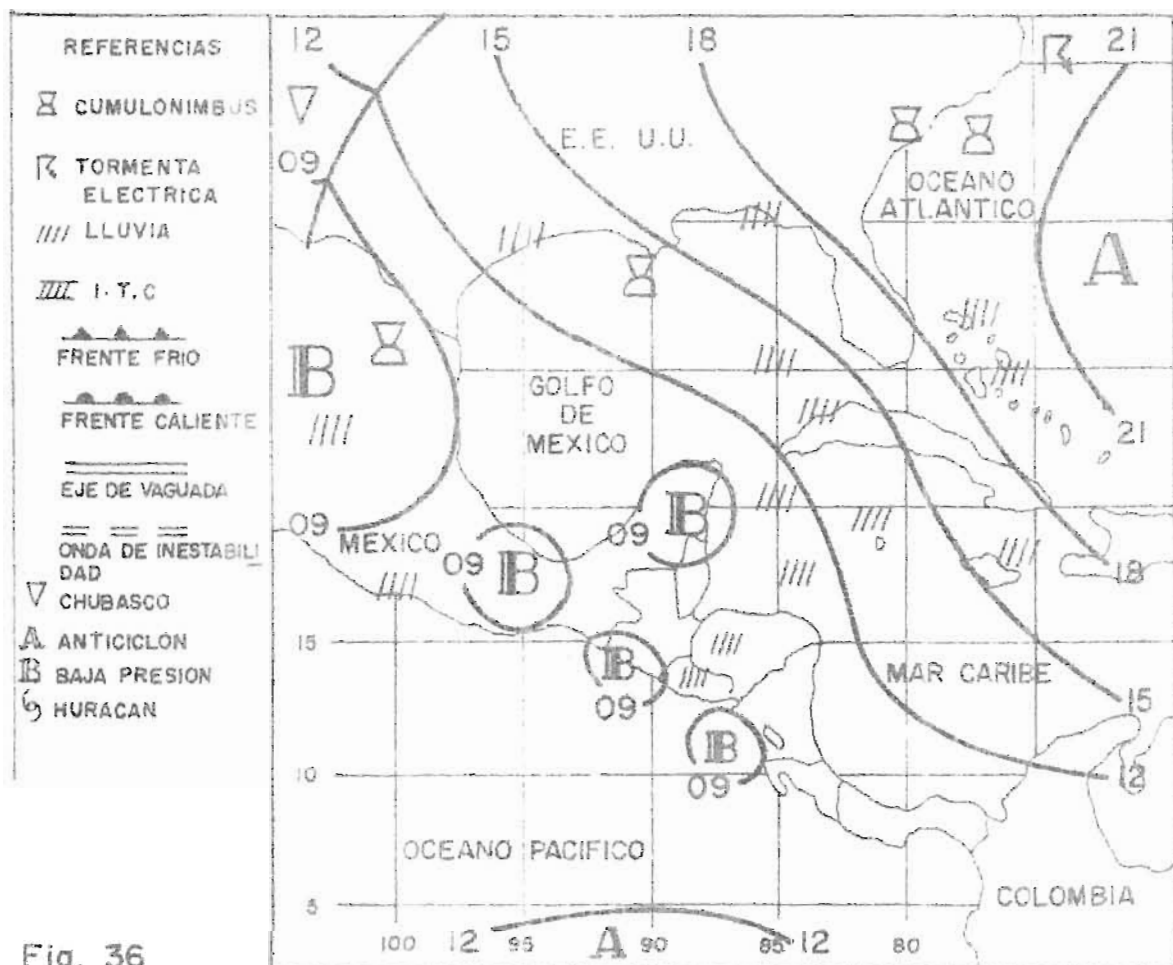


Fig. 36

FECHA 10 JUNIO 1965 HORA GMT 12:00

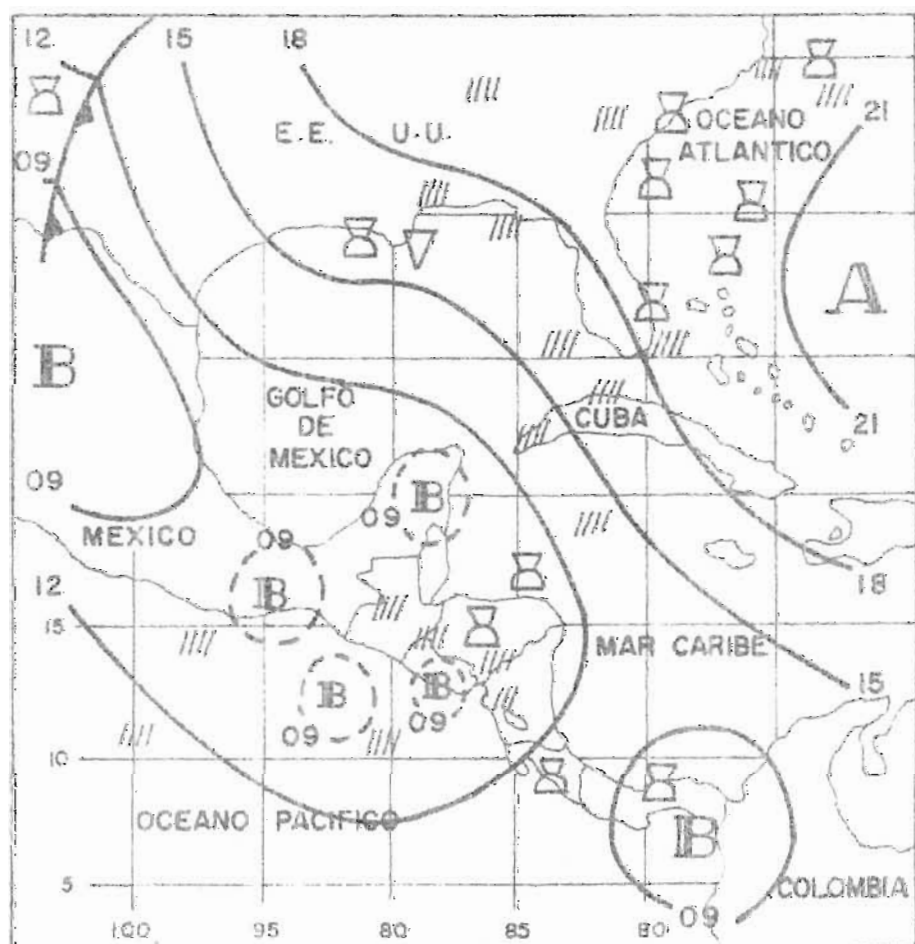


Fig. 37

FECHA 10 JUNIO 1965 HORA GMT 18:00

8 June 1965
16.40 Z

EL SALVADOR FORECAST CALLS FOR TEMPORAL

15.16 Z

Fig. 38

REFERENCIAS

MOP — Mayor parte despejado
(20% a 50% del cielo)

MCO — Mayor parte cubierta
(50% a 80% del cielo)

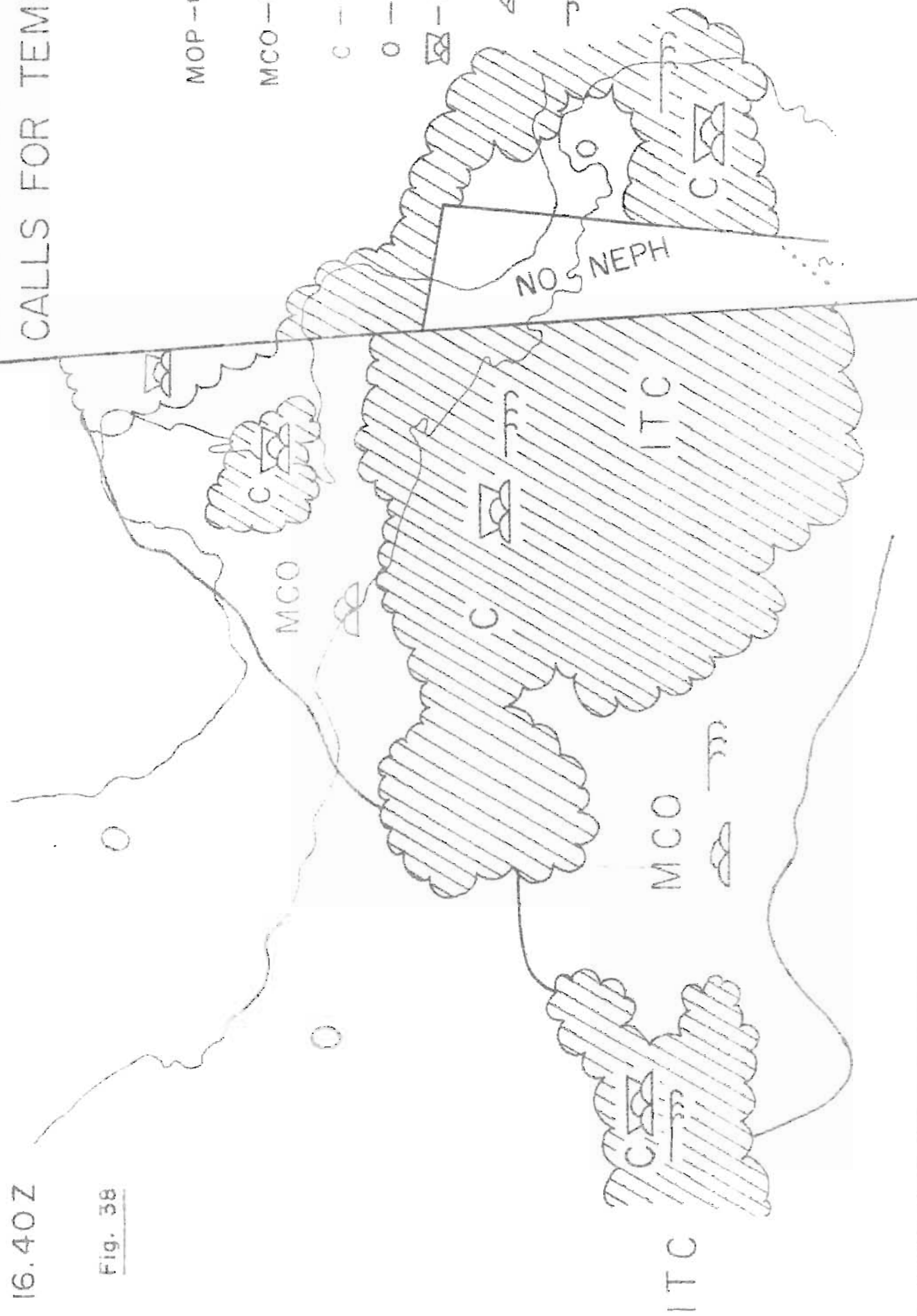
C — Cubierto (más de 80%)

O — Despejado (menos de 20%)

☒ — Nubes de cúmulus y cumu-
lunimbus.

☁ — Nubes de cúmulus

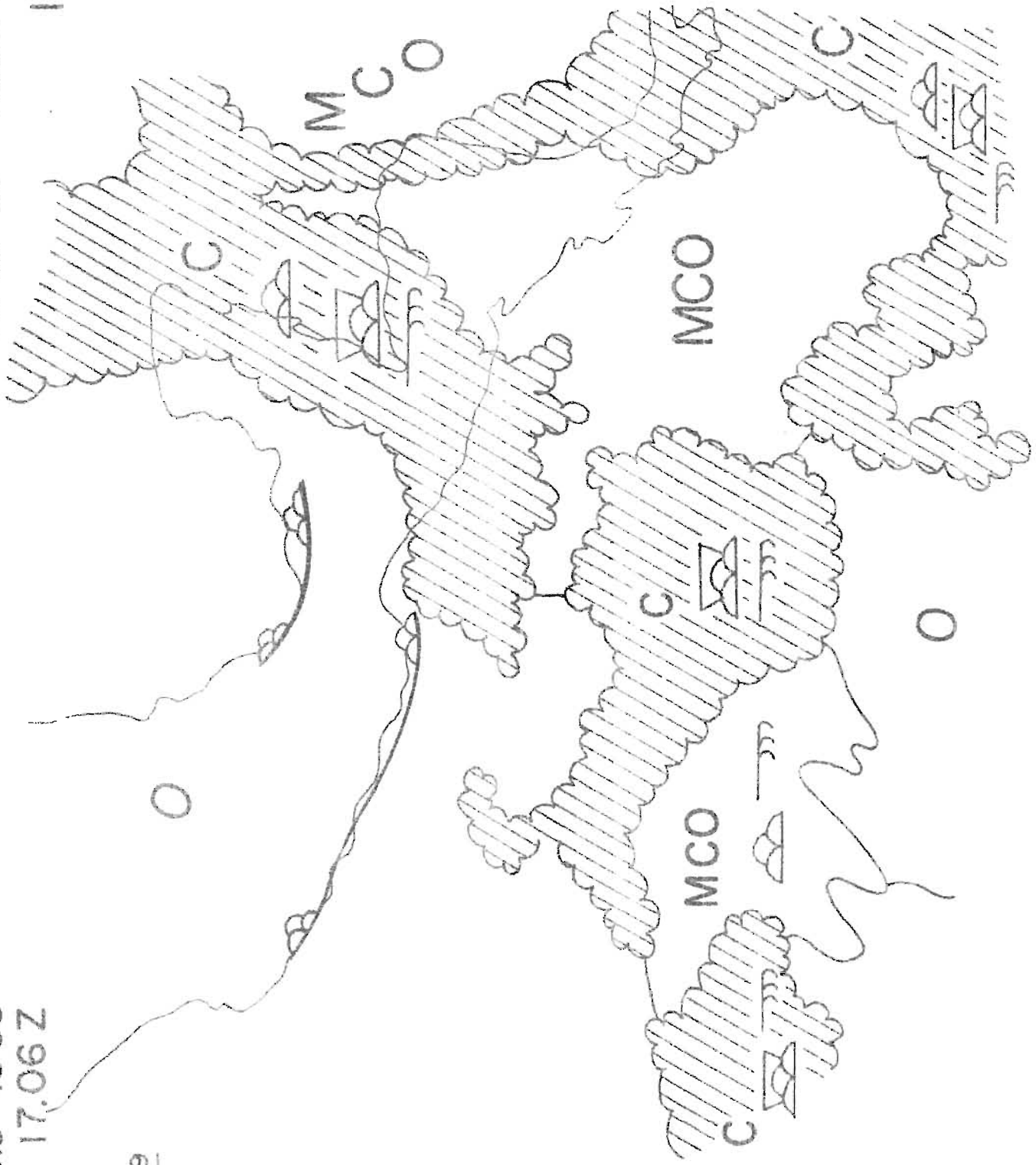
☁☁ — Nubes cirriformes



9 June 1965
17.06 Z

TIME OF TEMPORAL BEGINNING
IN EL SALVADOR

Fig. 39



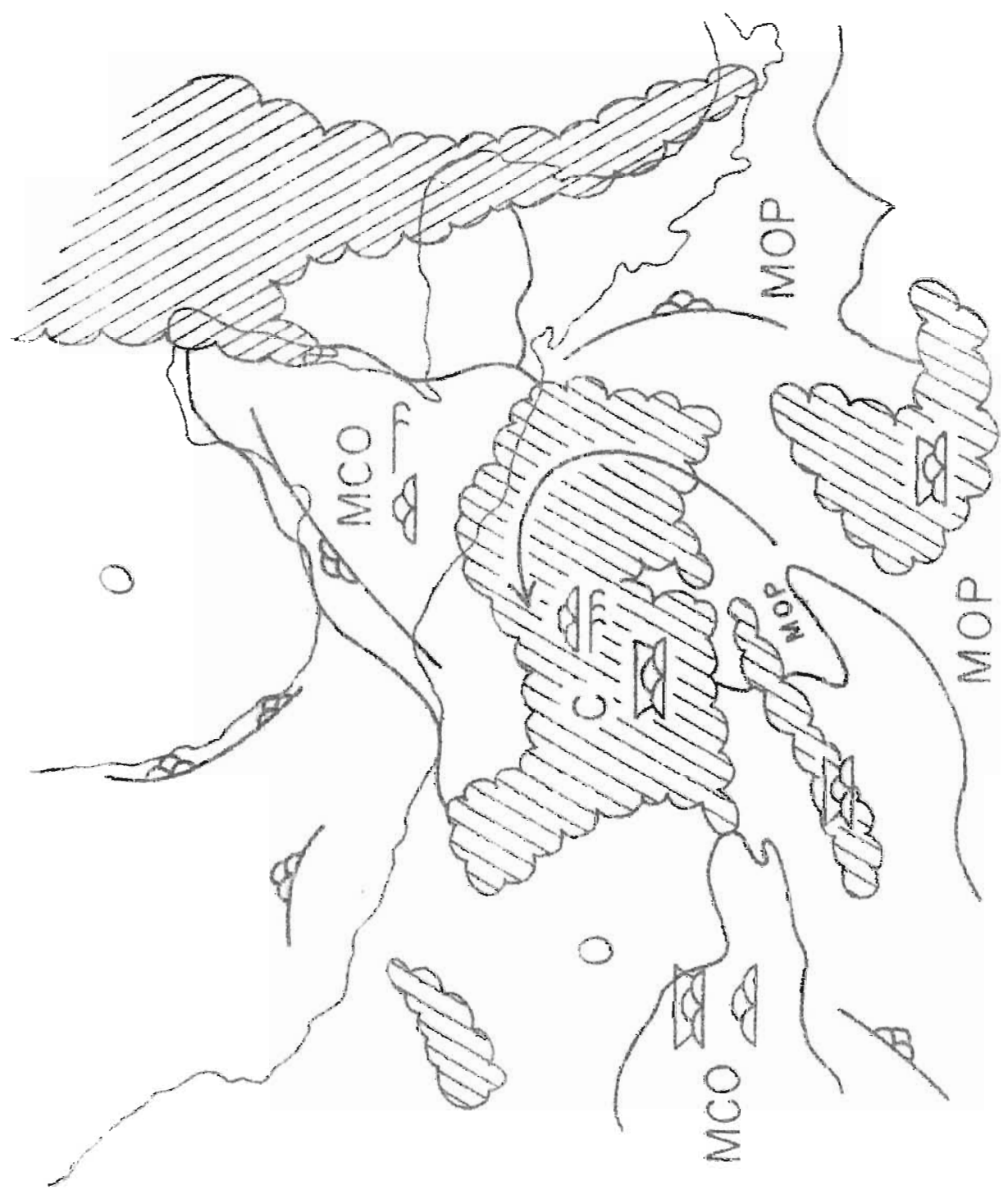
REFERENCIAS

- MOP—Mayor parte despejado (20% a 50% del cielo)
- MCO—Mayor parte cubierta (50% a 80% del cielo)
- C — Cubierto (más de 80%)
- O — Despejado (menos de 20%)
- ☼ — Nubes de cúmulus y cumu-
lunimbus.
- ☁ — Nubes de cúmulos
- ☽ — Nubes cirriformes

10 June 1965
16.57 Z

TIME NEAR THE END OF THE
EL SALVADOR

Fig. 40



REFERENCIAS

- MOP — Mayor parte despejado (20% a 50% del cielo)
- MCO — Mayor parte cubierta (50% a 80% del cielo)
- C — Cubierto (más de 80%)
- O — Despejado (menos de 20%)
- ☐ — Nubes de cúmulus y cumulonimbus.
- ☁ — Nubes de cúmulos
- ☉ — Nubes cirriformes

NA

8 4

1

X

Fig. 41.-- JUNIO 8, 1965.-- 1716 TMG.

TAPE

1

2

CAMERA

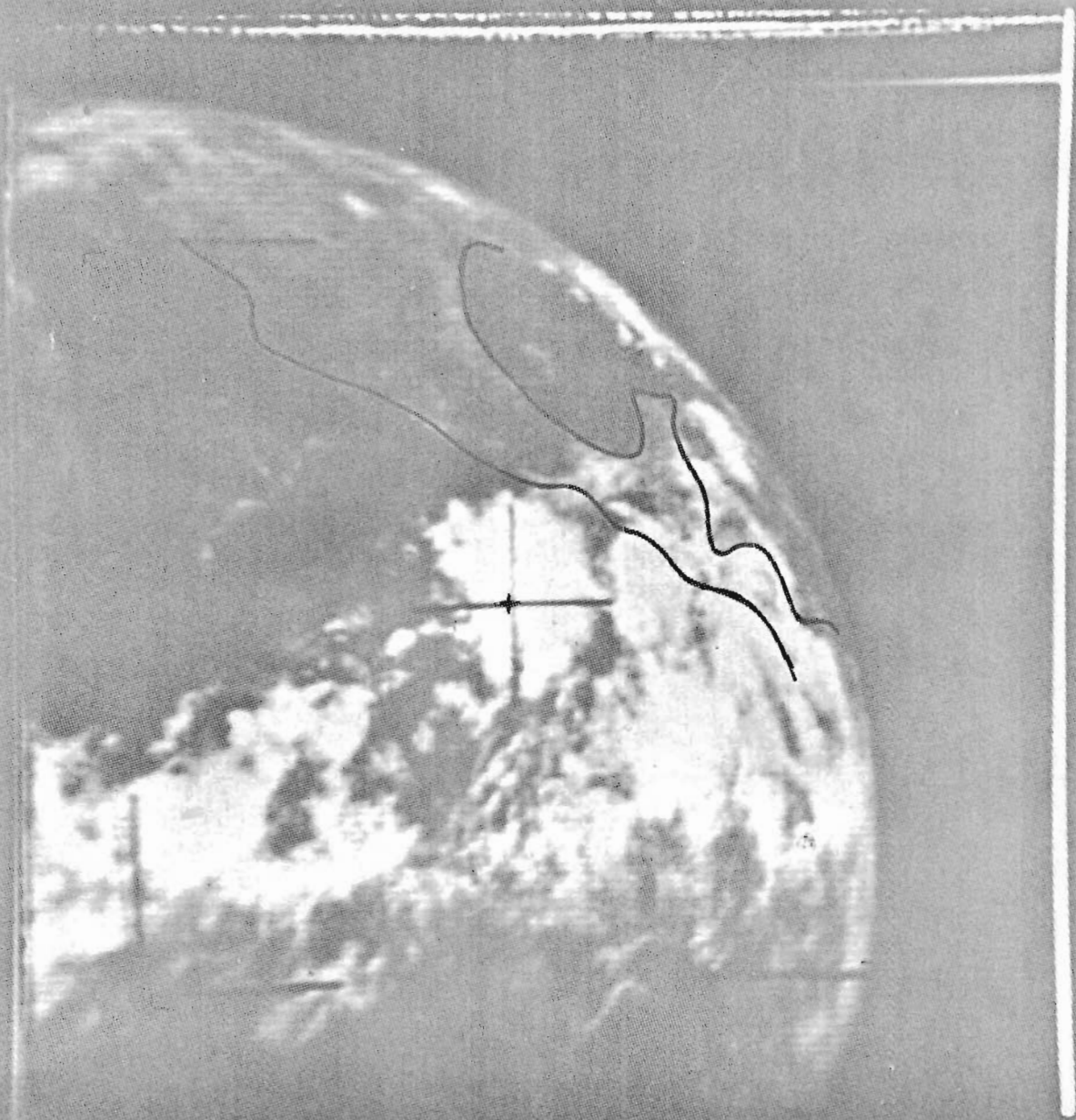


FIG. 42.- JUNIO 9, 1706 TMG.

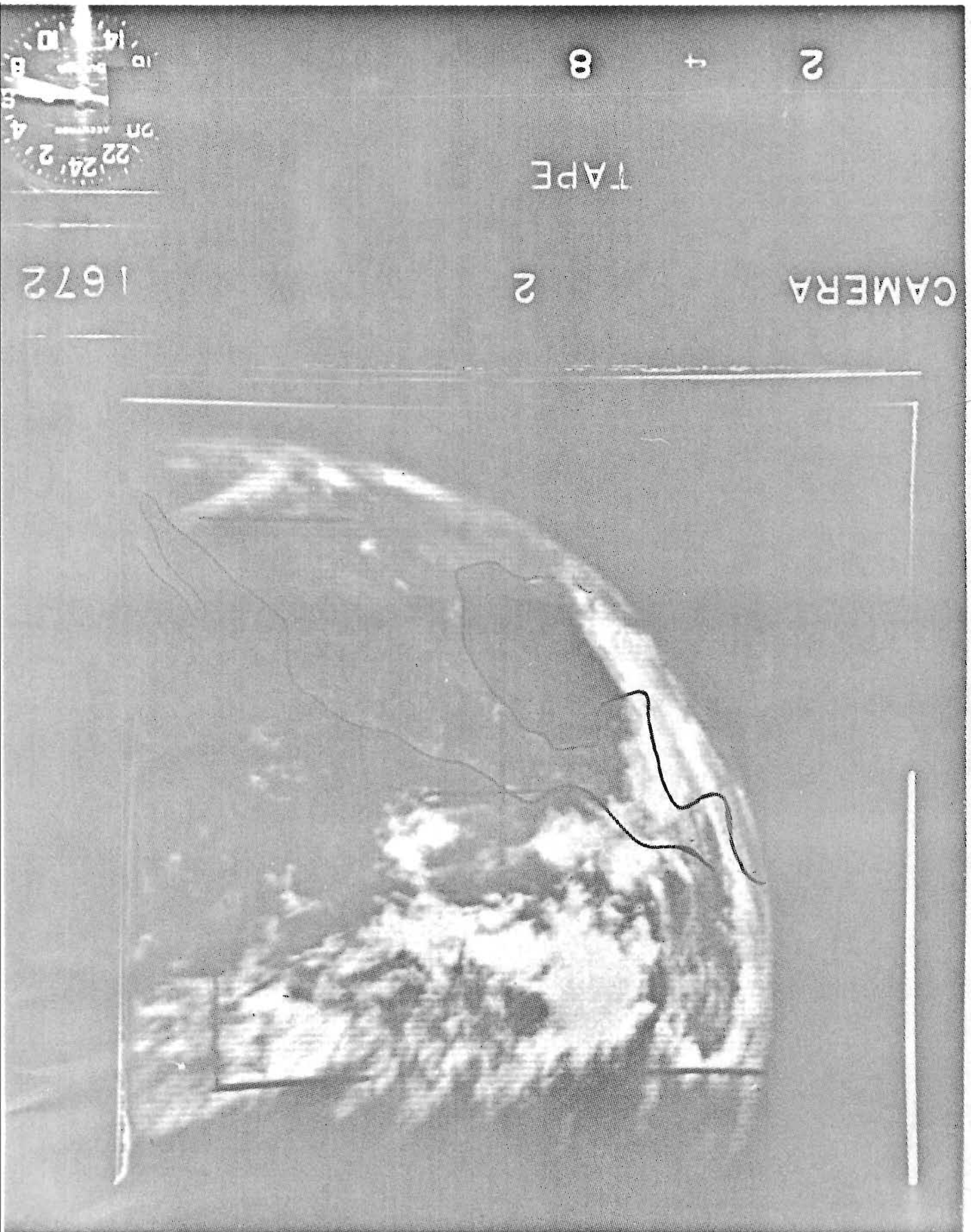
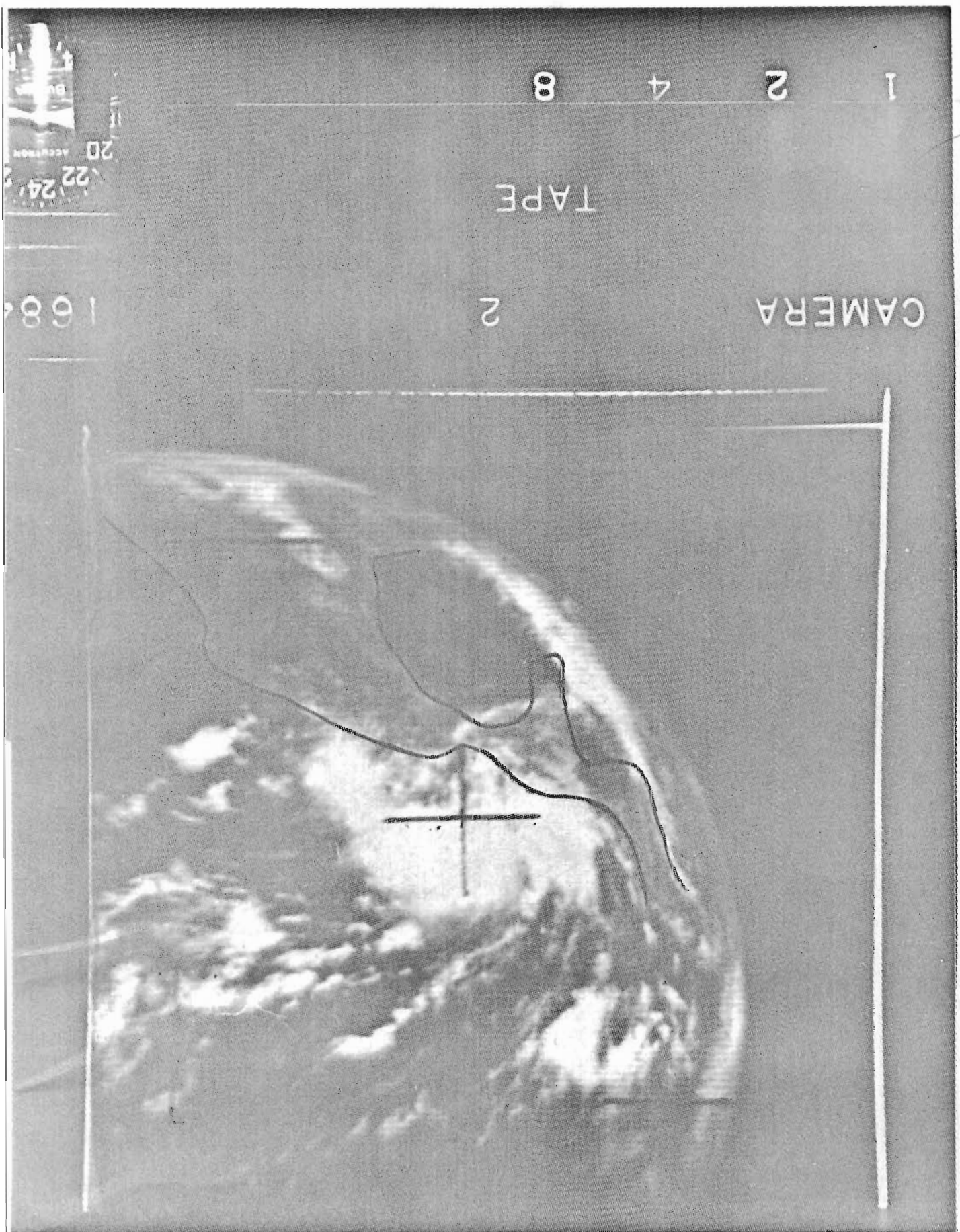


Fig. 43.- Junio 10, 1965.- 1657 TMG.



CAPITULO VII

C O N C L U S I O N E S

Es un hecho indiscutible que la predicción del tiempo requiere:

- 1o.- Un conocimiento completo tridimensional de la atmósfera en un momento dado.
- 2o.- Un conocimiento completo sobre la naturaleza y comportamiento de los fenómenos que nos afectan.
- 3o.- Una aplicación adecuada de los modelos.

Respecto al primer numeral, el establecimiento adecuado de una red de estaciones sinópticas y de altura, la adquisición de equipos para la recepción de fotos de satélite, así como también la de radares meteorológicos, junto con una eficiente red de telecomunicaciones meteorológicas, vendría a satisfacer las necesidades exigidas por este numeral.

Una constante investigación y estudio sobre nuestros fenómenos atmosféricos utilizando la información proporcionada por el numeral (1), vendría a satisfacer las necesidades de los numerales (2) y (3). Esto naturalmente requiere la formación de más profesionales en este campo, por lo que el Gobierno de la República debe incluir en sus programas de becas, como una urgente necesidad para el desarrollo económico y social del país, la formación profesional meteorológica.

San Salvador, Diciembre de 1966

B I B L I O G R A F I A

- (1) H. Riehl, 1954 ----- TROPICAL METEOROLOGY - McGraw Hill Book Company, Inc. - Cap. 9 - Pág. 210-234.
- (2) W. H. Portig, 1960 --- "Beiträge zur Meteorologie Mittelamerikas" (insbesondere El Salvador) (Contribuciones a la Meteorología de Centro América, especialmente en El Salvador) Deutscher Wetterdienst, Seewetteramt, Einzelveröff No. 28.
- (3) H. Lessmann, 1963 ---- "Características Sinópticas de la Lluvia al lado Pacífico de Centro América". Procedimientos del Primer Seminario Regional sobre Meteorología Aeronáutica en América Latina, San José, Costa Rica, Nov.-Dic. 1965. (Documento pronto a publicarse por la Organización Meteorológica Mundial).
- (4) S. Pettersen, 1956 --- Weather Analysis and Forecasting, Second Edition, Vol. 1 - McGraw-Hill Book Company, Inc. - Cap. 11 - Pág. 189.
- (5) H. Flohn, 1961 ----- "Intertropical Convergence Zone and Meteorological Equator".- Proceedings of the Joint ICAO/IMO Seminar, Cairo-Nicosia, 1961.
- (6) G. E. Dunn, 1965 ----- "La Zona Intertropical de Convergencia o Depresión Bórica Ecuatorial".- Procedimientos del Primer Seminario Regional sobre Meteorología Aeronáutica en América Latina, San José-Costa Rica, Nov.-Dic. 1965 (Documento pronto a publicarse por la Organización Meteorológica Mundial).
- (7) C. E. Palmer, 1951 --- "Tropical Meteorology".- Compendium of Meteorology, American Meteorological Society, Boston, Mass. 1951.

- (8) H. Lessmann, 1965 ---- "Una Contribución a la Zona de Convergencia Intertropical sobre el Océano Pacífico".- Procedimientos del Primer Seminario Regional sobre Meteorología Aeronáutica en América Latina, San José-Costa Rica, No.-Dic. 1965. (Documento pronto a publicarse por la Organización Meteorológica Mundial).
- (9) H. S. Roth, 1958 ----- "Intertropical Convergence Zone Meteorology". The John Hopkins University, Applied Physics Laboratory Silver Spring, Maryland 1958.
- (10) ----- "Almanaque Salvadoreño 1966" Servicio Meteorológico Nacional de El Salvador.
- (11) H. Lessmann, 1964 ---- "Synoptic and Climatological Views on Rainfall in Central America (especially in El Salvador). Proceedings of the Symposium on Tropical Meteorology, New Zealand Meteorological Service, Wellington, N. Z. 1964.
- (12) W. H. Portig, 1958 --- "Der Temporal von Ende October 1957" (El Temporal de fines de octubre de 1957), Meteorologische Rundschau, Vol. II, No. 5, 1958.
- (13) G. E. Dunn, 1934 ----- "The Tropical Disturbance of June 5-23, 1934".- Monthly Weather Review, June 1934, Vol. 62, No. 6. Weather Bureau, Washington, D. C.

-+++++-----

I N D I C E

- Capítulo I - Introducción
- Capítulo II - Climatología de El Salvador
- Capítulo III - Vaguadas u Ondas del Este
- Capítulo IV - Ondas de Inestabilidad
- Capítulo V - Frentes Fríos y Cuñas Anticiclónicas
- Capítulo VI - Influencias del Pacífico:
Zona de Convergencia Intertropical,
Perturbaciones Ciclónicas Secundarias,
Perturbaciones Ciclónicas del Tipo Temporal.
- Capítulo VII - Conclusiones
- Bibliografía

-*****-