

## 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 --

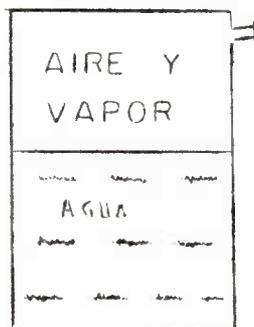


FIG. 1

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.

Quiero 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.

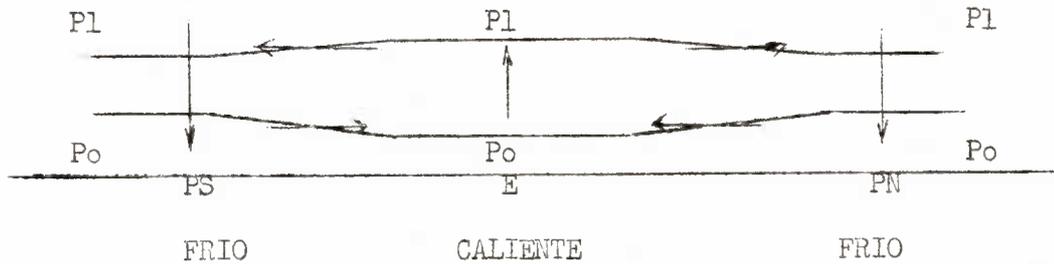


FIG. 2

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  $30^{\circ}$  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  $60^{\circ}$  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.

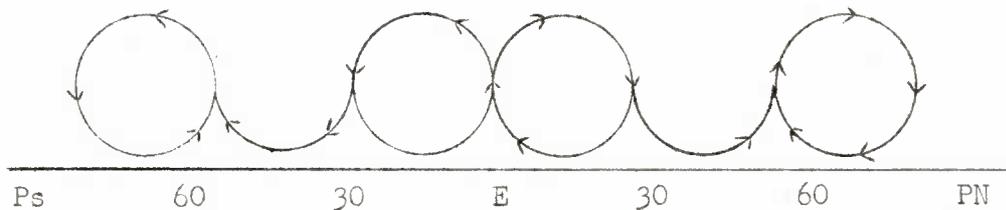


FIG. 3

Como estamos tratando de explicar la climatología de nuestro país nos podríamos preguntar qué ocurre en una latitud de  $13^{\circ}$ . De nuestro análisis podríamos deducir que es muy probable que una latitud de  $13^{\circ}$  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

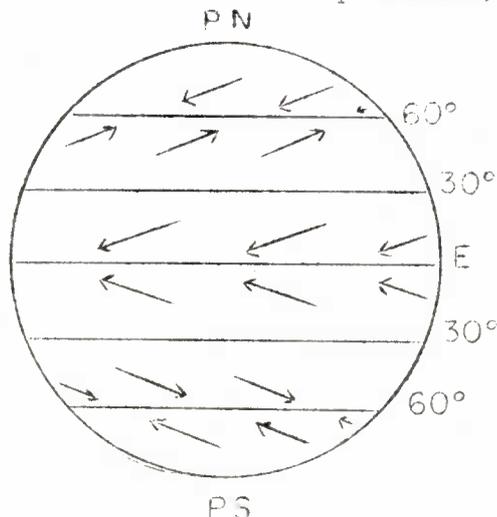
Por razones de simplicidad consideremos la tierra como fija en el espacio y consideremos los movimientos aparentes del sol. En el curso del año vemos que el sol completa un ciclo de ida y regreso de un hemisferio al otro, llegando en ambos hemisferios hasta los  $23^{\circ}27'$  que es su máxima declinación. 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

lo tanto la atmósfera para restablecer el equilibrio produce la convergencia horizontal en superficie. Análogamente para las zonas de divergencia alrededor de los  $30^{\circ}$  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

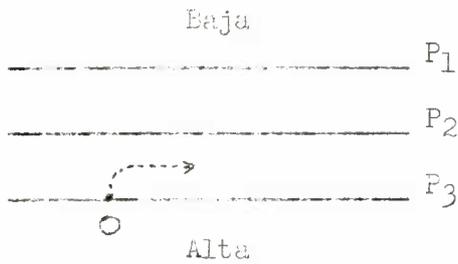


FIG. 5

también empieza a actuar la fuerza de Coriolis desviando su trayectoria hacia la derecha y cuando el 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

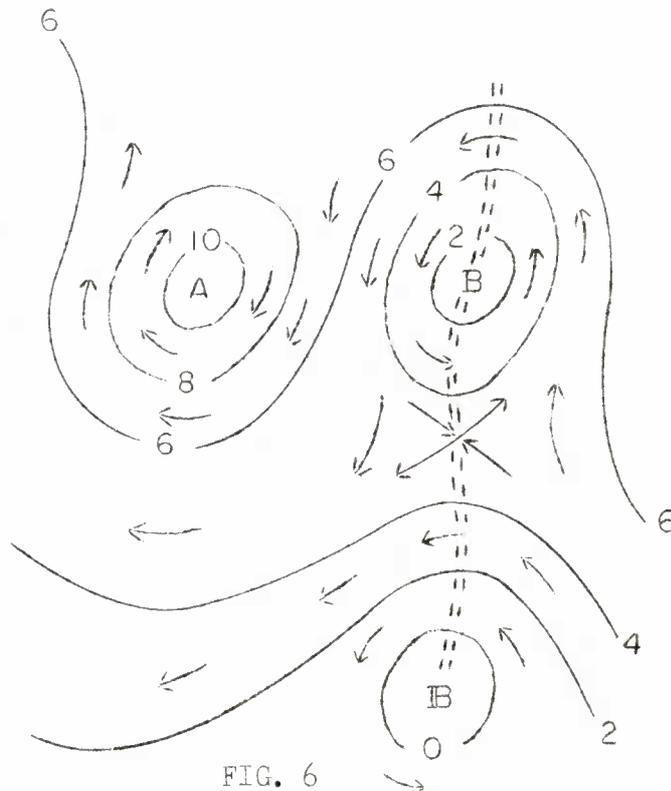


FIG. 6

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

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?

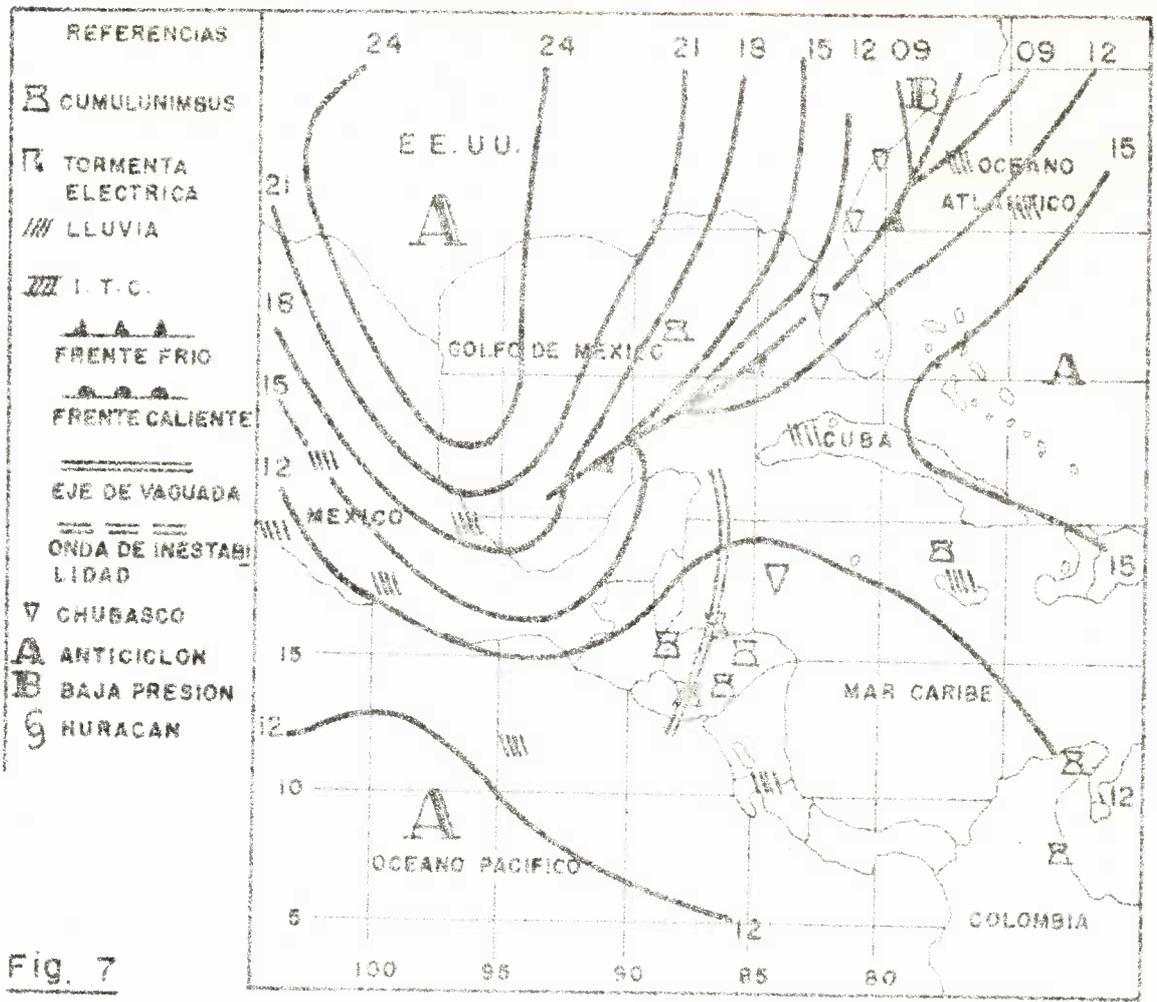
En el primero analizado el esquema de circulación en la vaguada estaba definido hasta la troposfera media, de modo que era una situación bastante consistente, pero por otro lado estaba ocurriendo un avance de aire frío desde la parte central de los Estados Unidos el cual hizo retroceder a la vaguada,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

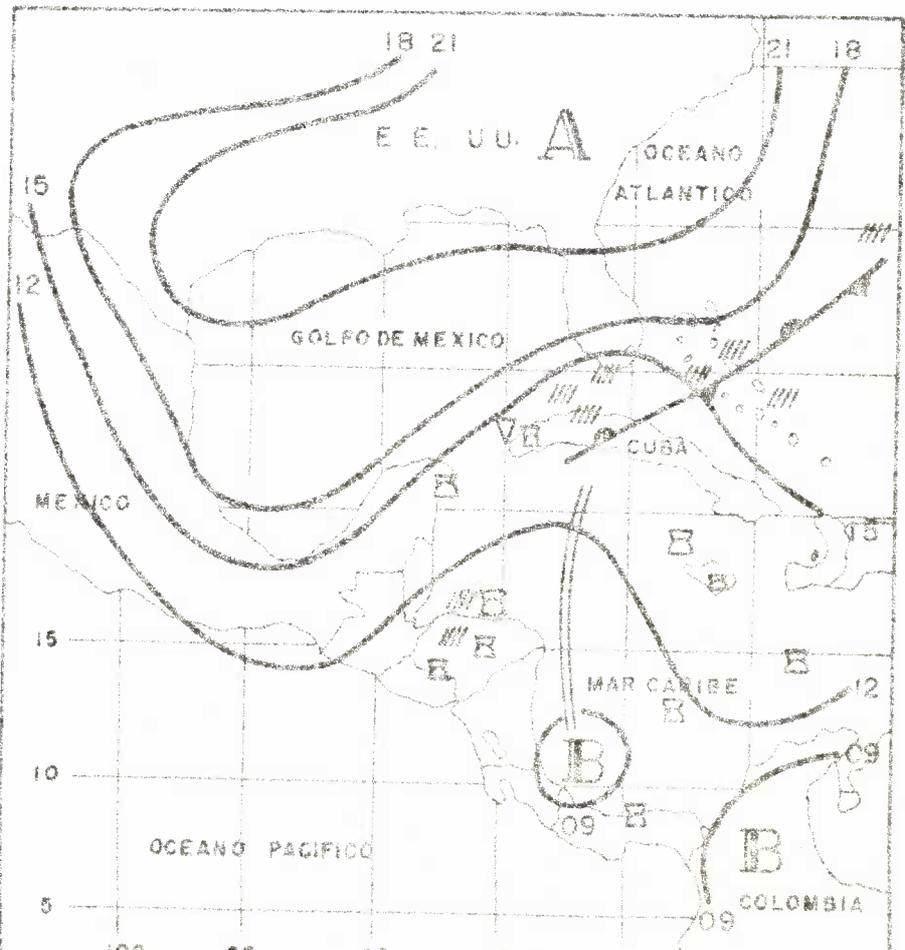
De modo que la aplicación de este modelo a la tarea diaria de pronóstico resulta bastante inconsistente, y el pronóstico resulta de verdadera utilidad cuando dicho sistema está directamente sobre nuestra área y en forma más o menos estacionaria. En estos casos el tipo de

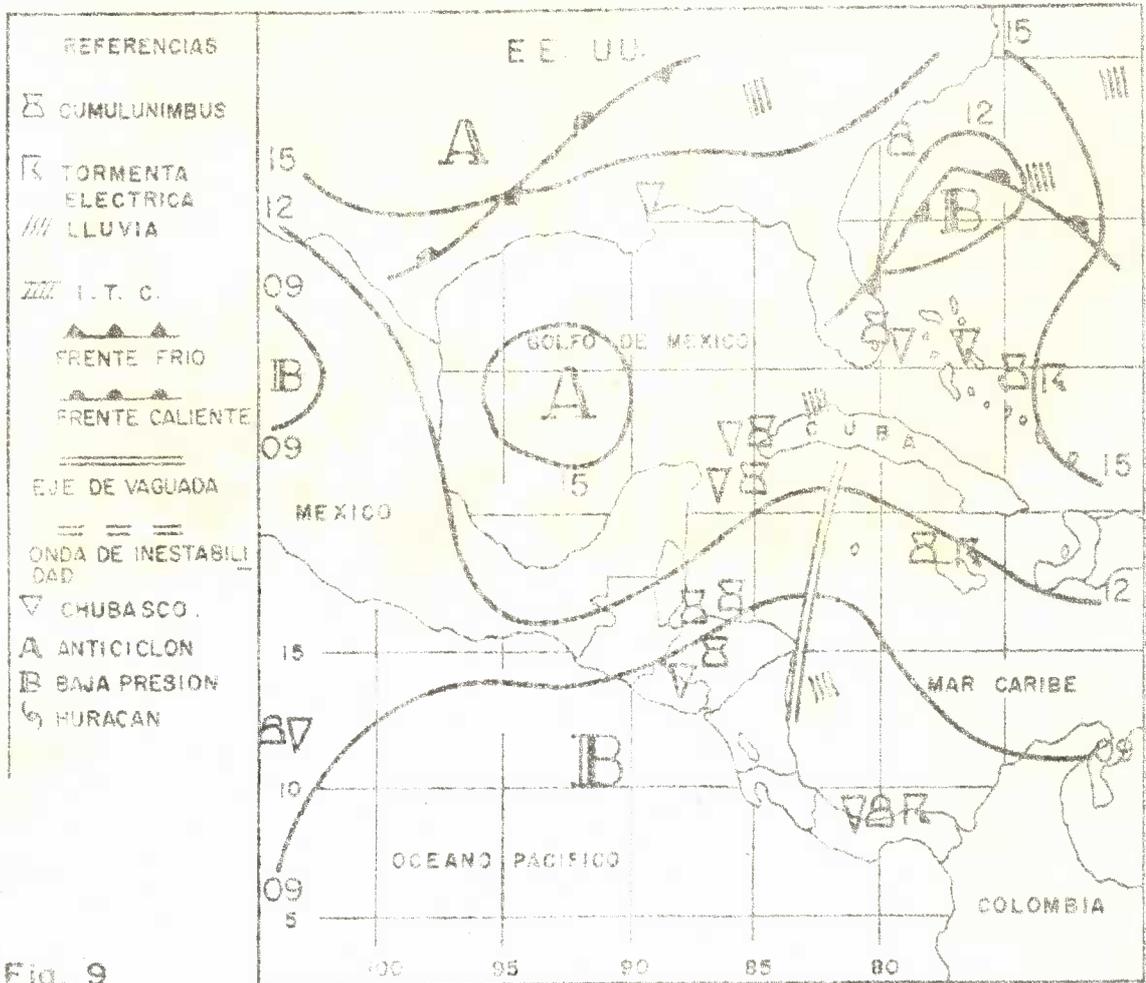
tiempo que se manifiesta es de una aumentada actividad de tormentas eléctricas principalmente en horas nocturnas seguidas de una actividad de lluvias que se prolongan por varias horas. La finalización de una situación como ésta es posible predecirla conforme a los cambios de presión observados en 24 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.

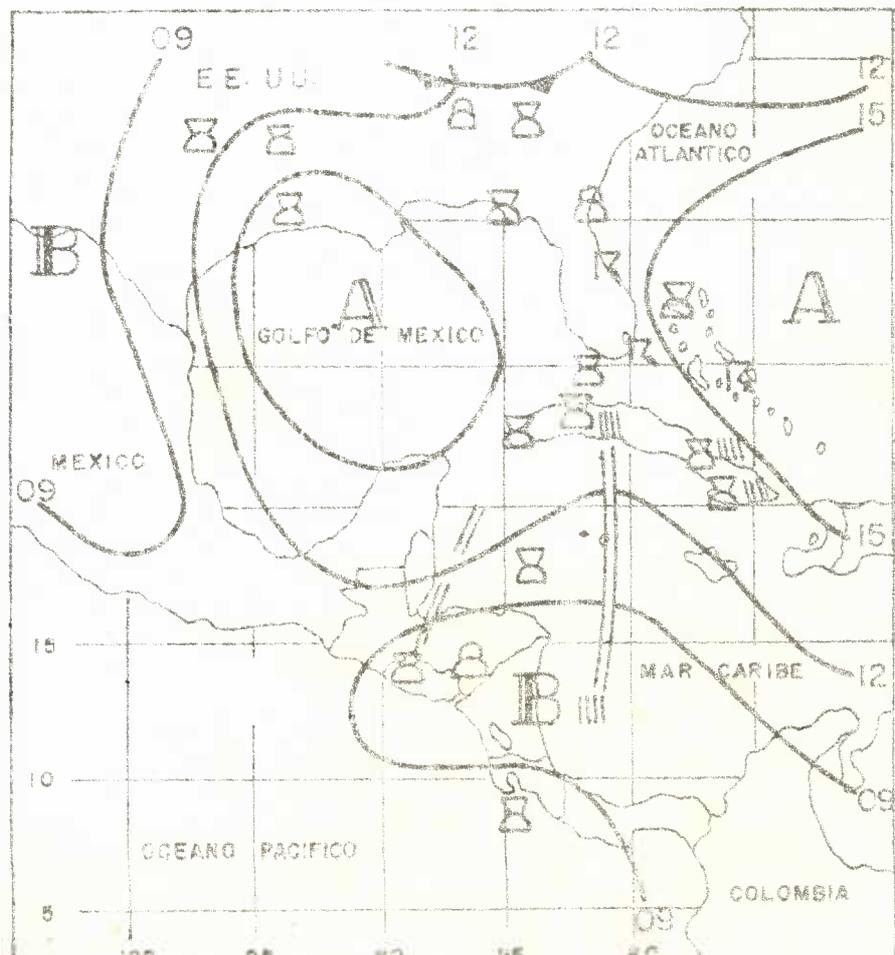


FECHA: 19 DE OCTUBRE 18:00 HORAS





FECHA: 23 DE OCTUBRE 18:00 HORAS



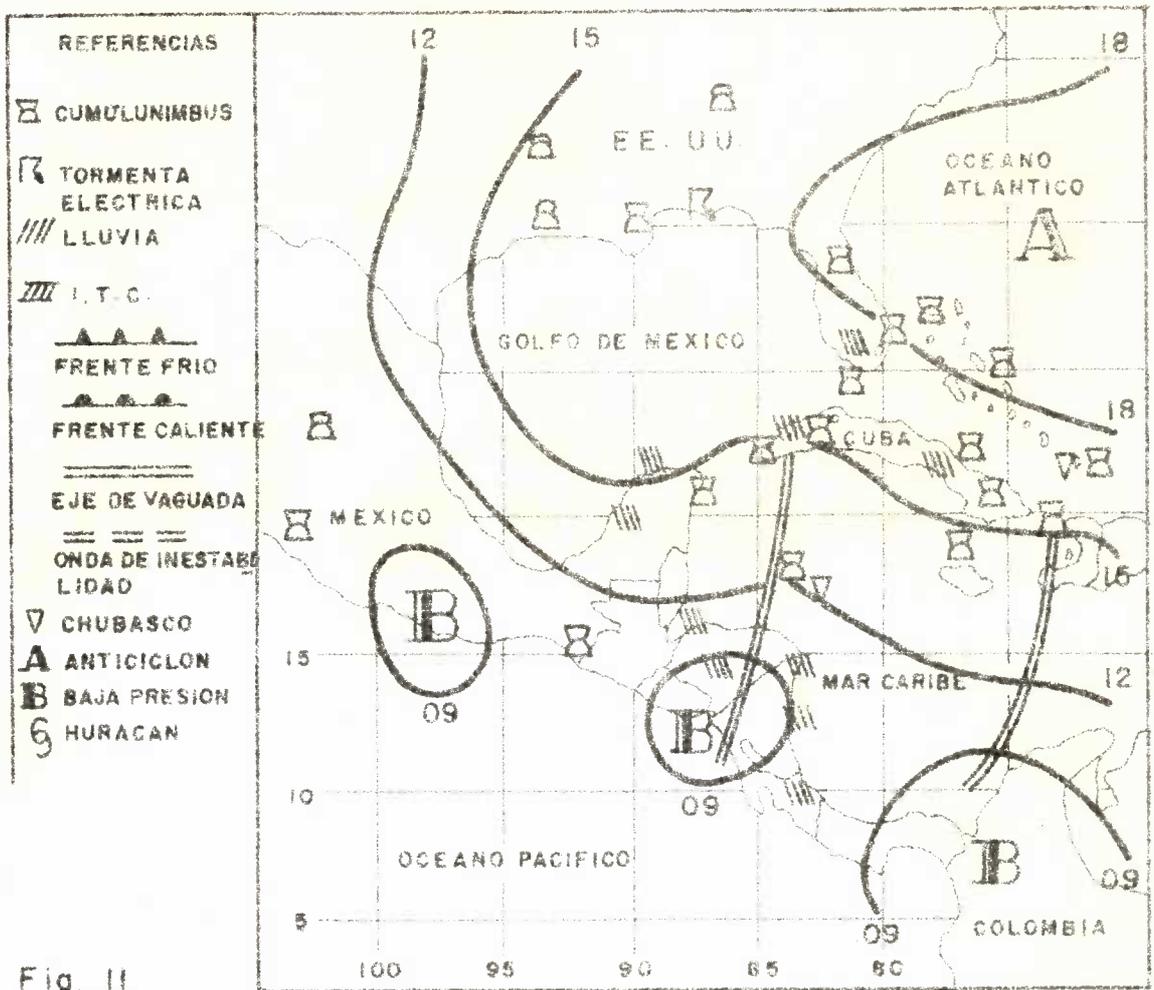
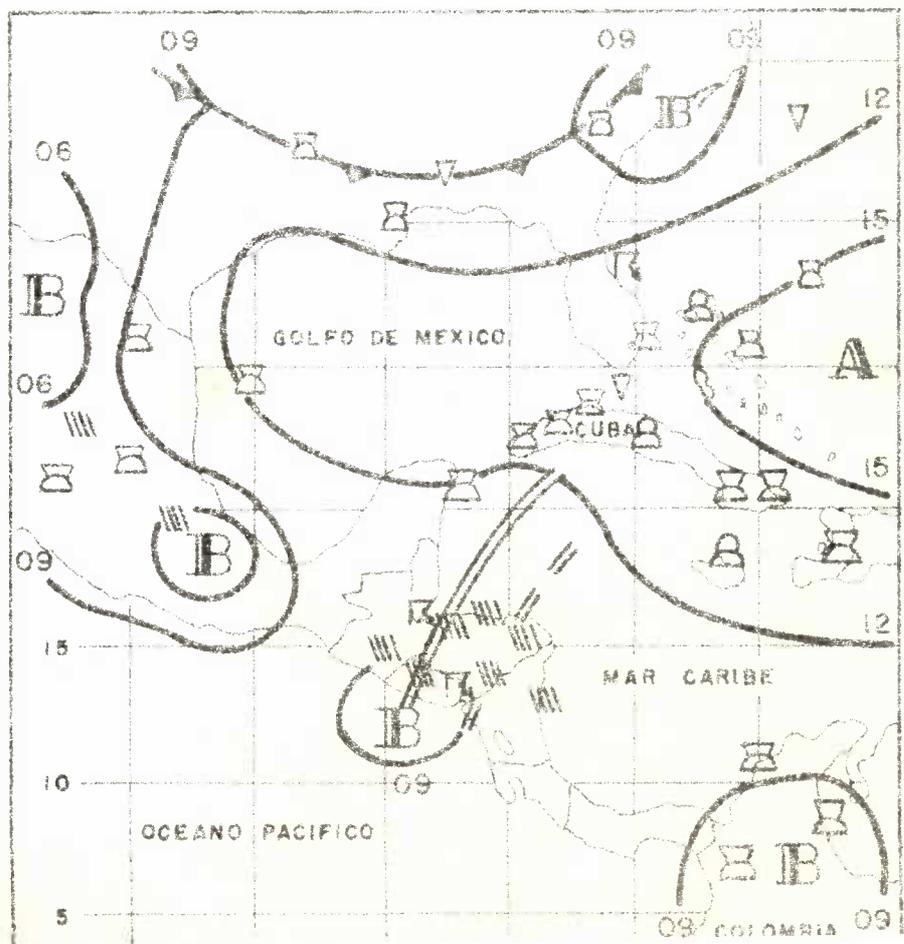
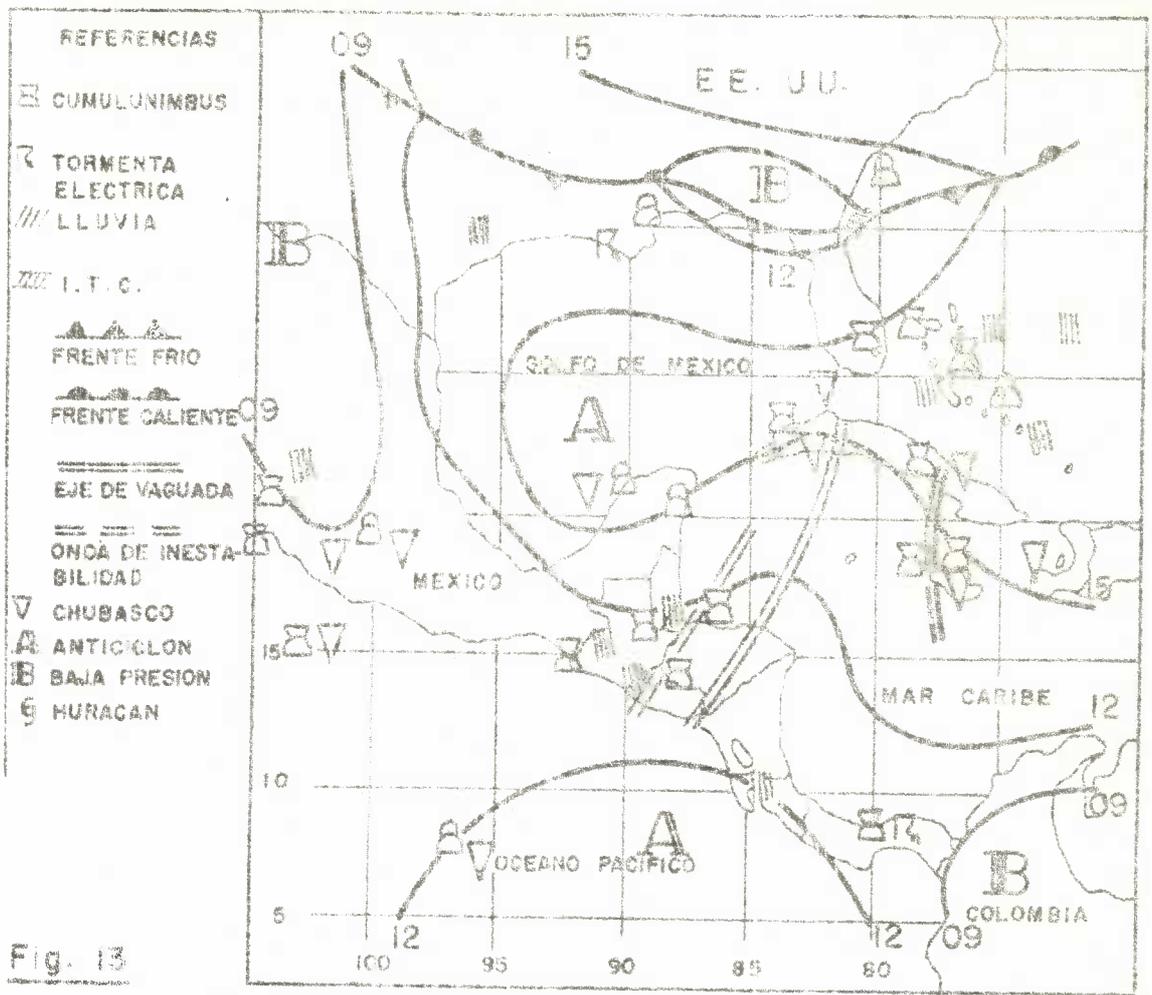


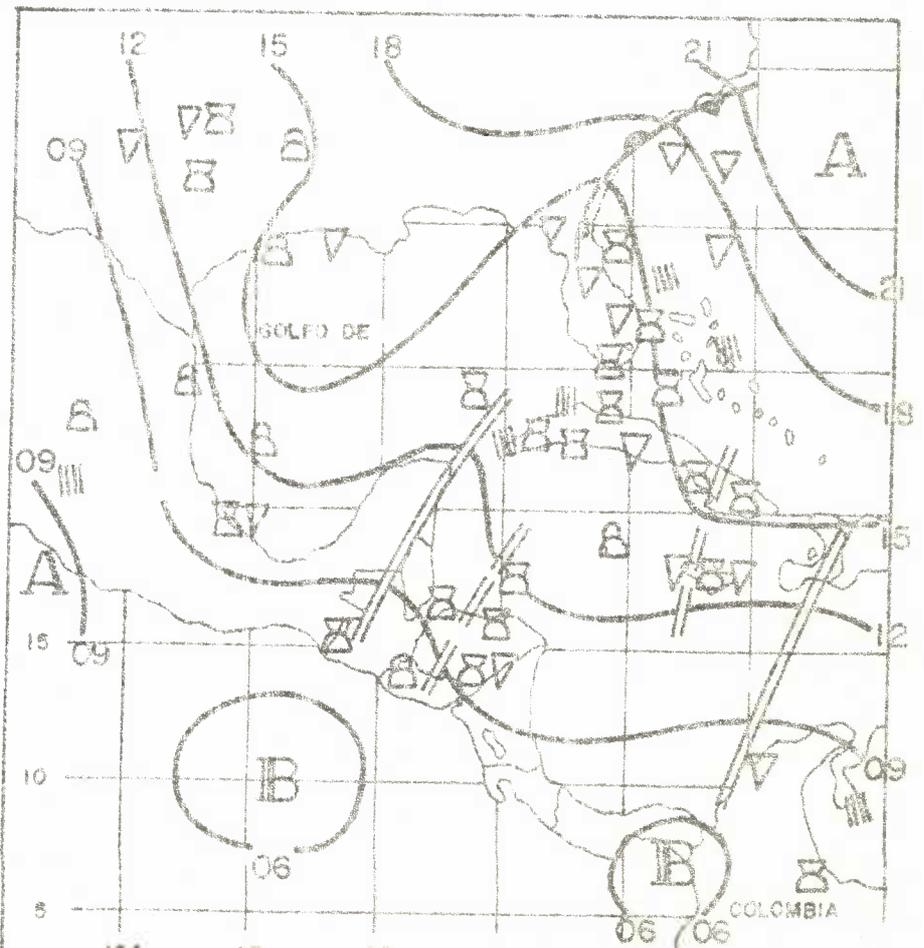
Fig. II

FECHA: 10 DE JULIO 19:00 HORAS





FECHA: 21 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 básica, 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 bórico.

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 bórico, 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.

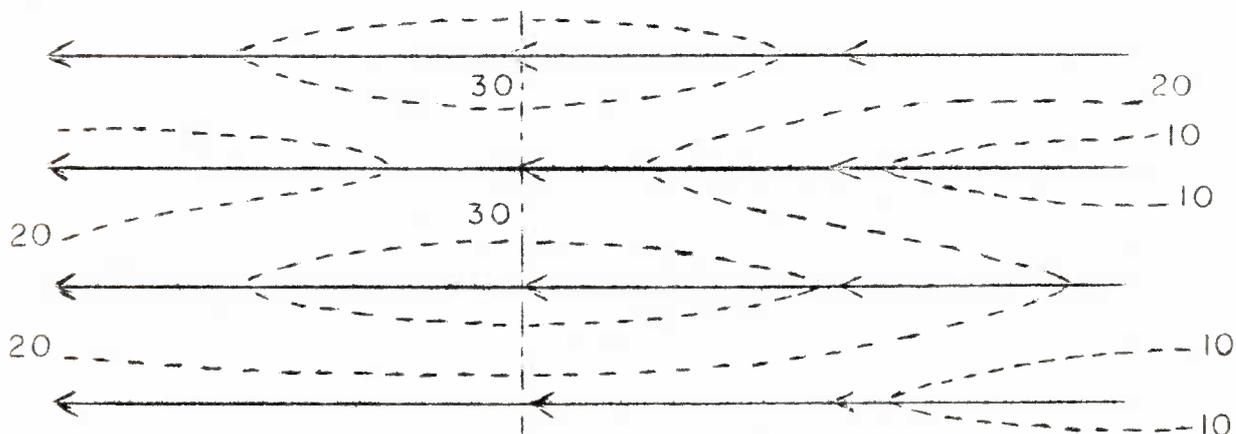


FIG. 15

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.

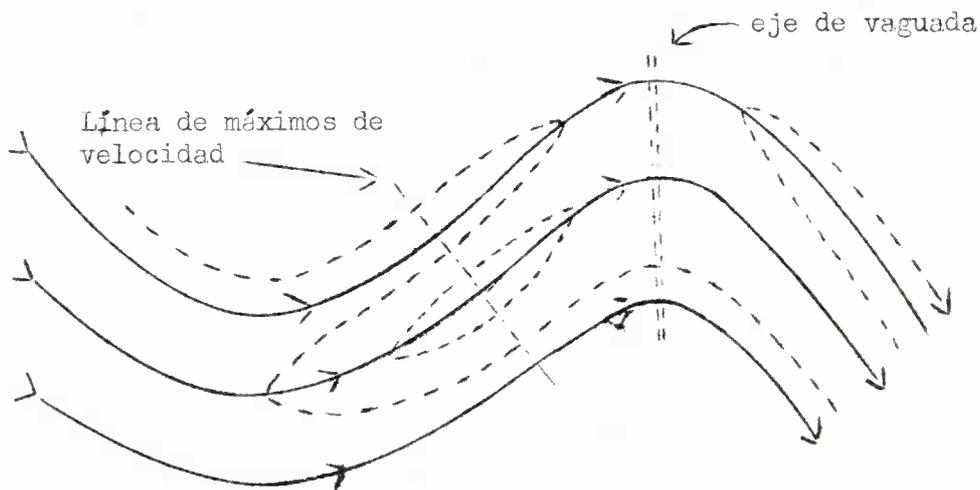
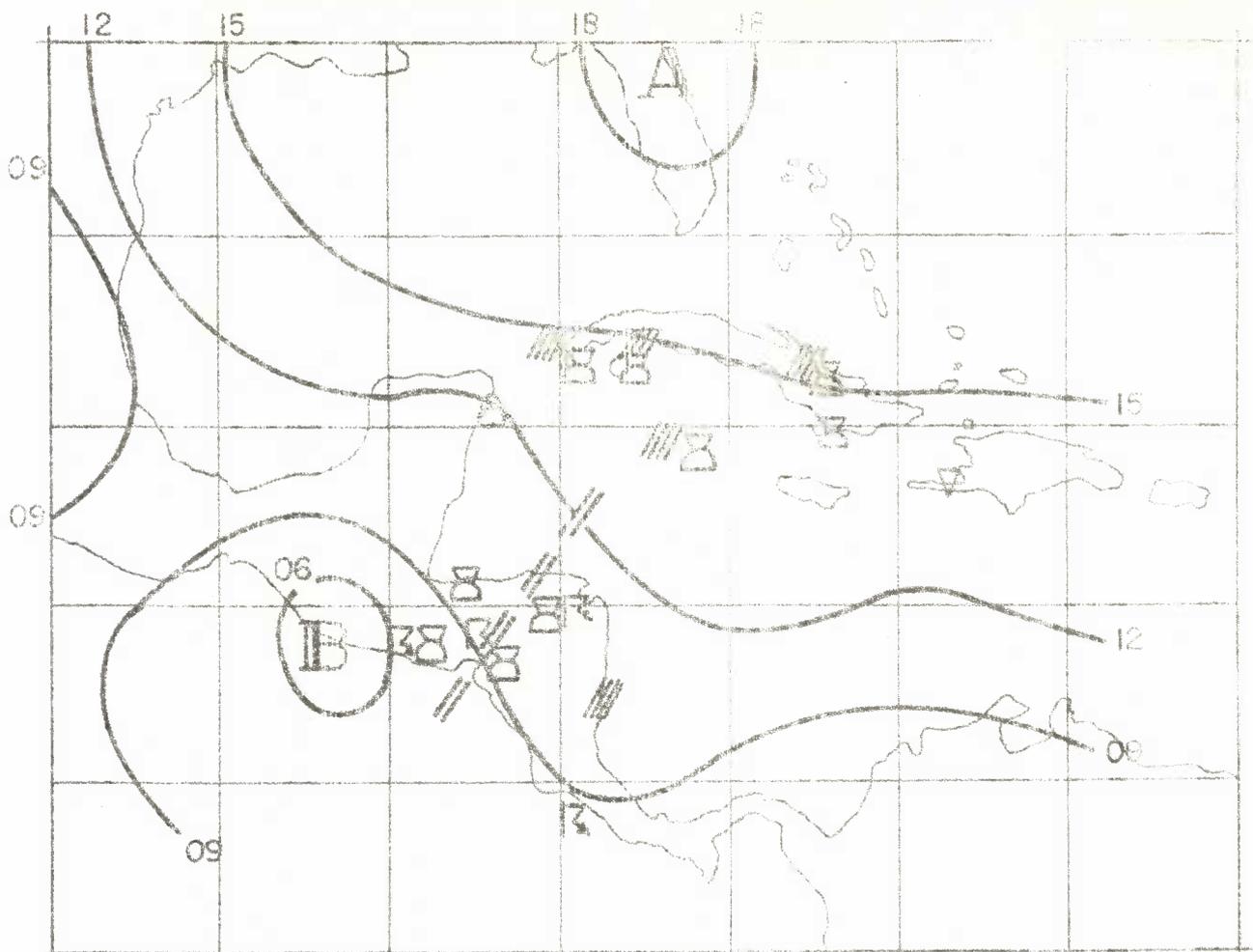


FIG. 16

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.

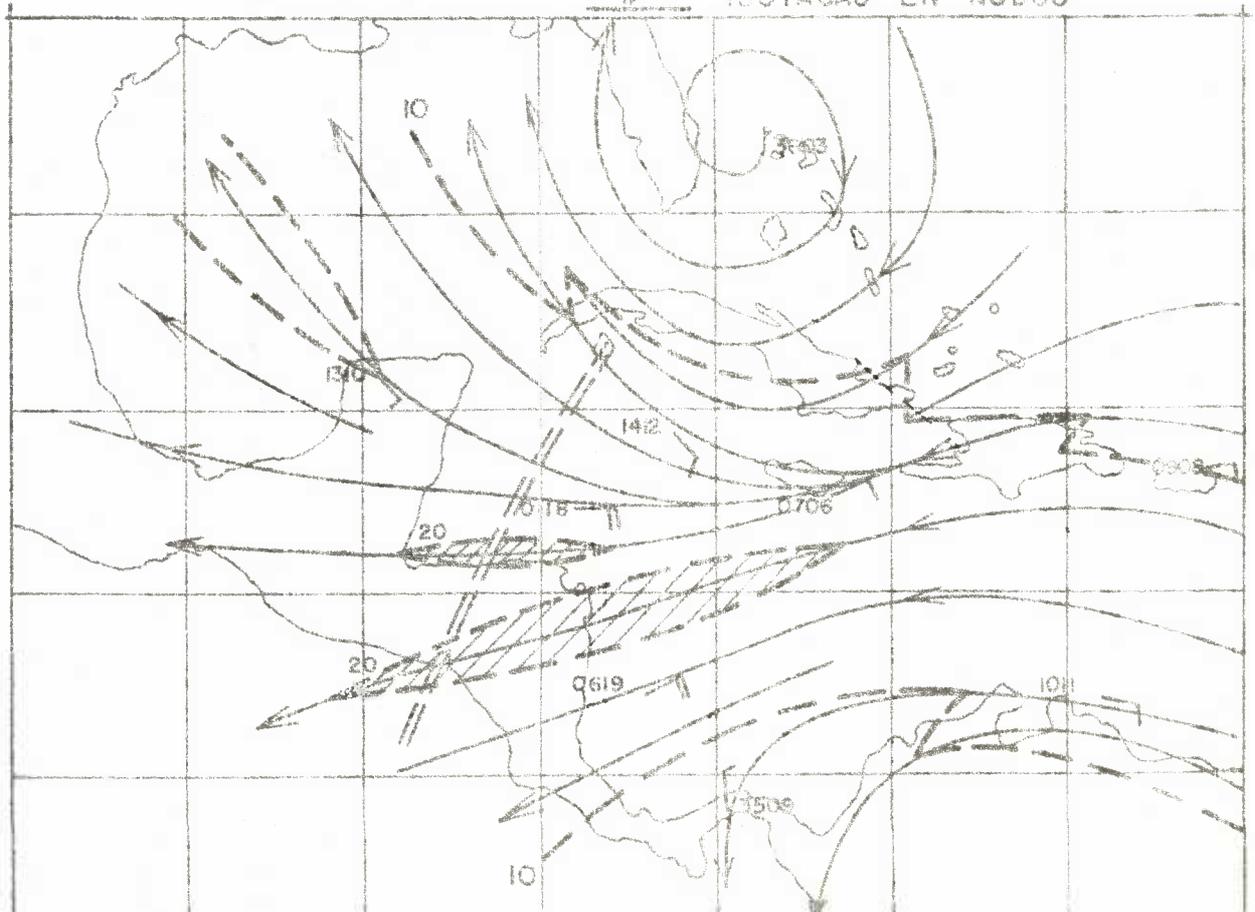
Como se dijo al principio, este modelo ha dado magníficos resultados en su aplicación, y afortunadamente es la condición de tiempo que más prevalece en la Estación Lluviosa, con lo que los pronósticos se han visto sensiblemente mejorados.

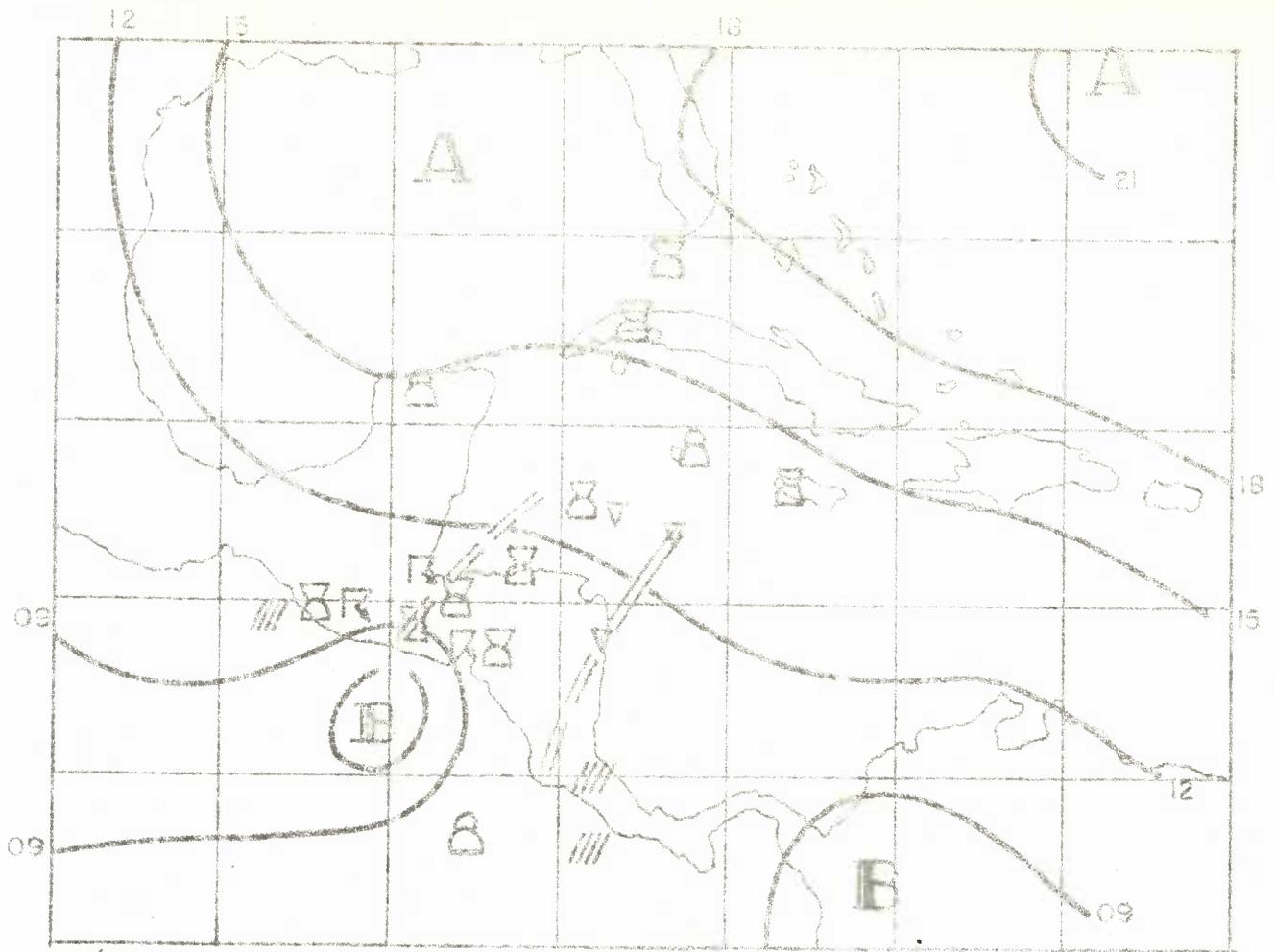


Análisis de Superficie 0000 T.M.G. Fig. 17  
3 de JUNIO /65

NIVEL 850 mb. 0000 T.M.G.  
3 de JUNIO /65

Fig. 18  
Análisis de líneas de Corriente  
ISOTACAS EN NUDOS

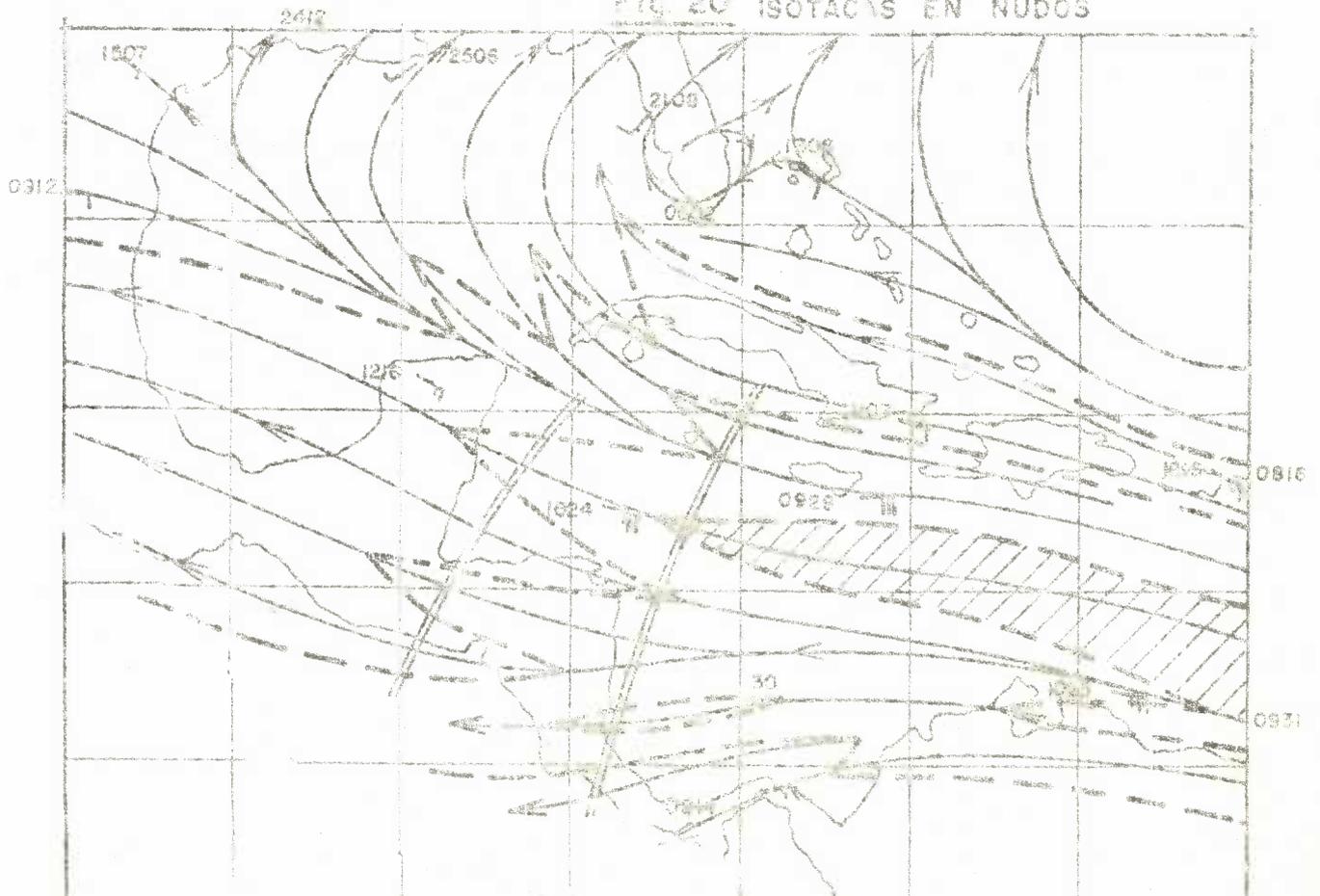




Análisis de Superficie 0000 T.M.G. 09  
 5 de JULIO/65 Fig. 19

NIVEL 850 mb. 0000 T.M.G.  
 5 de JULIO/65

Análisis de líneas de Corriente  
 ISOTACIAS EN NUDOS Fig. 20



## 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 resecaimiento 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 descender 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 segundo 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.

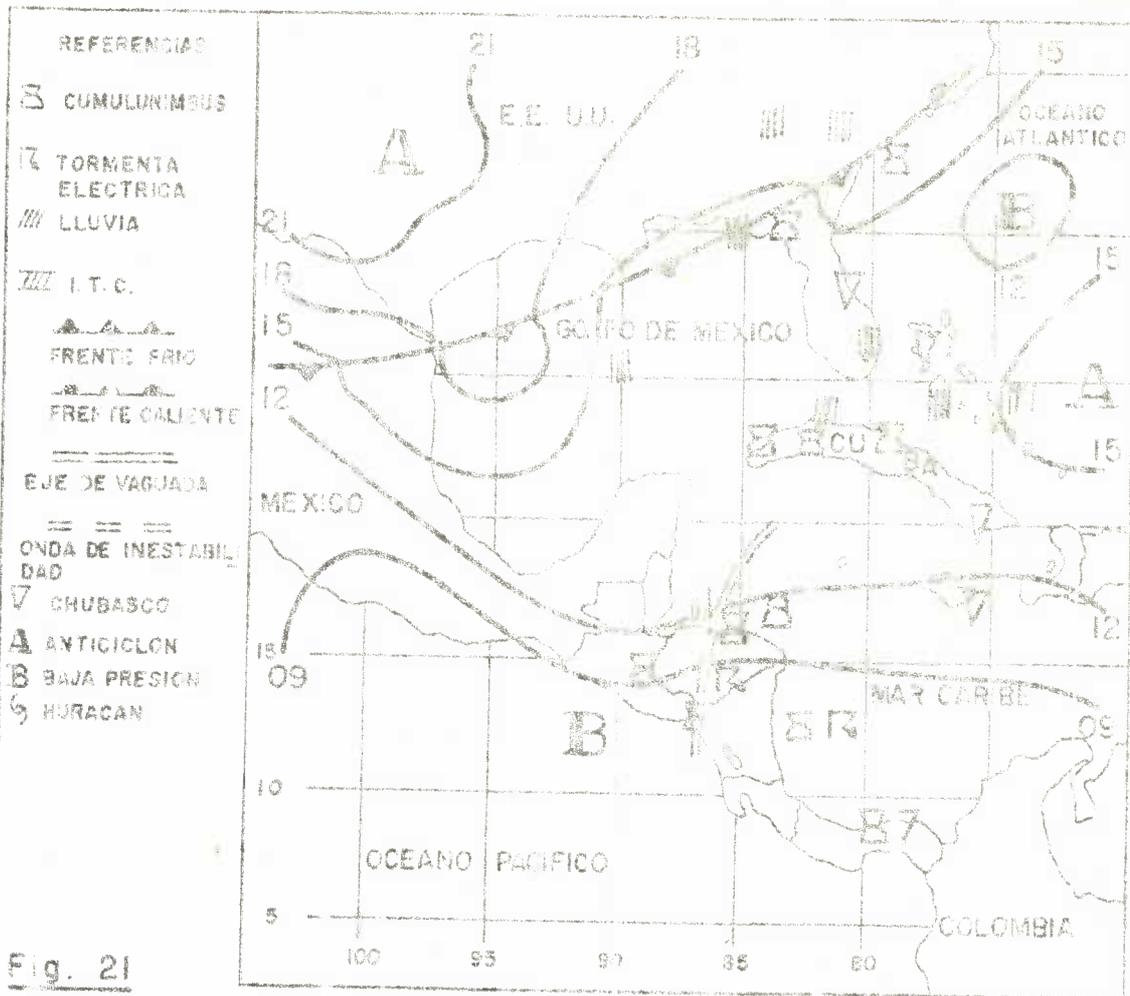
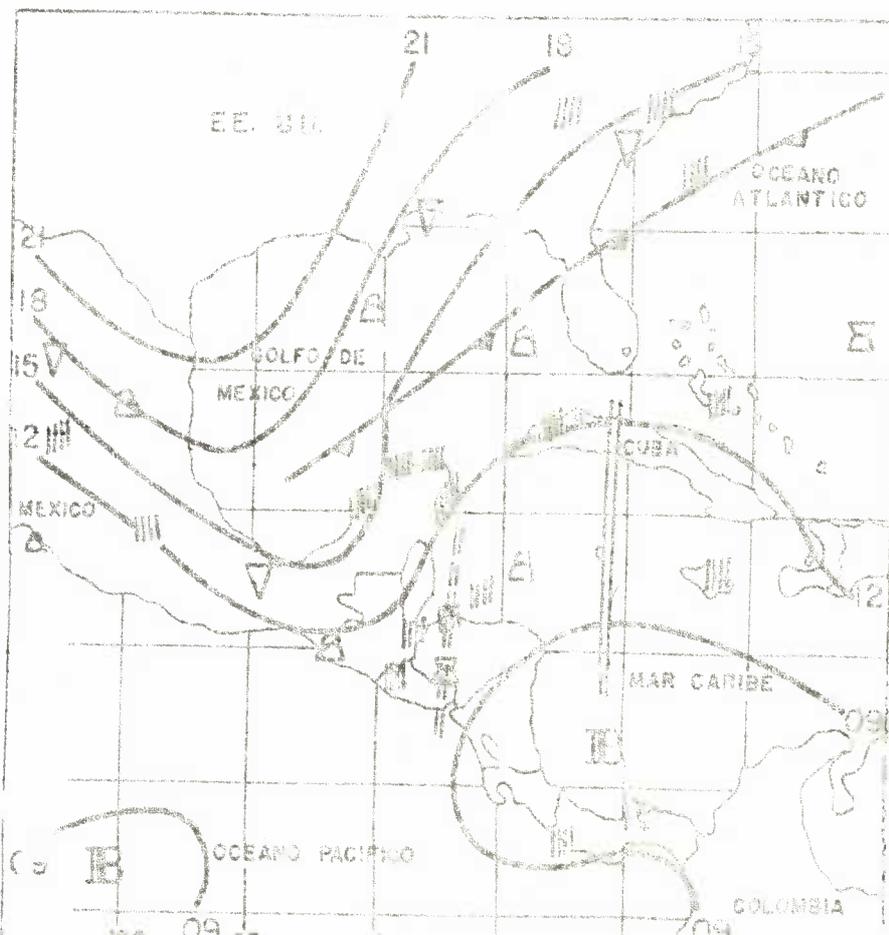
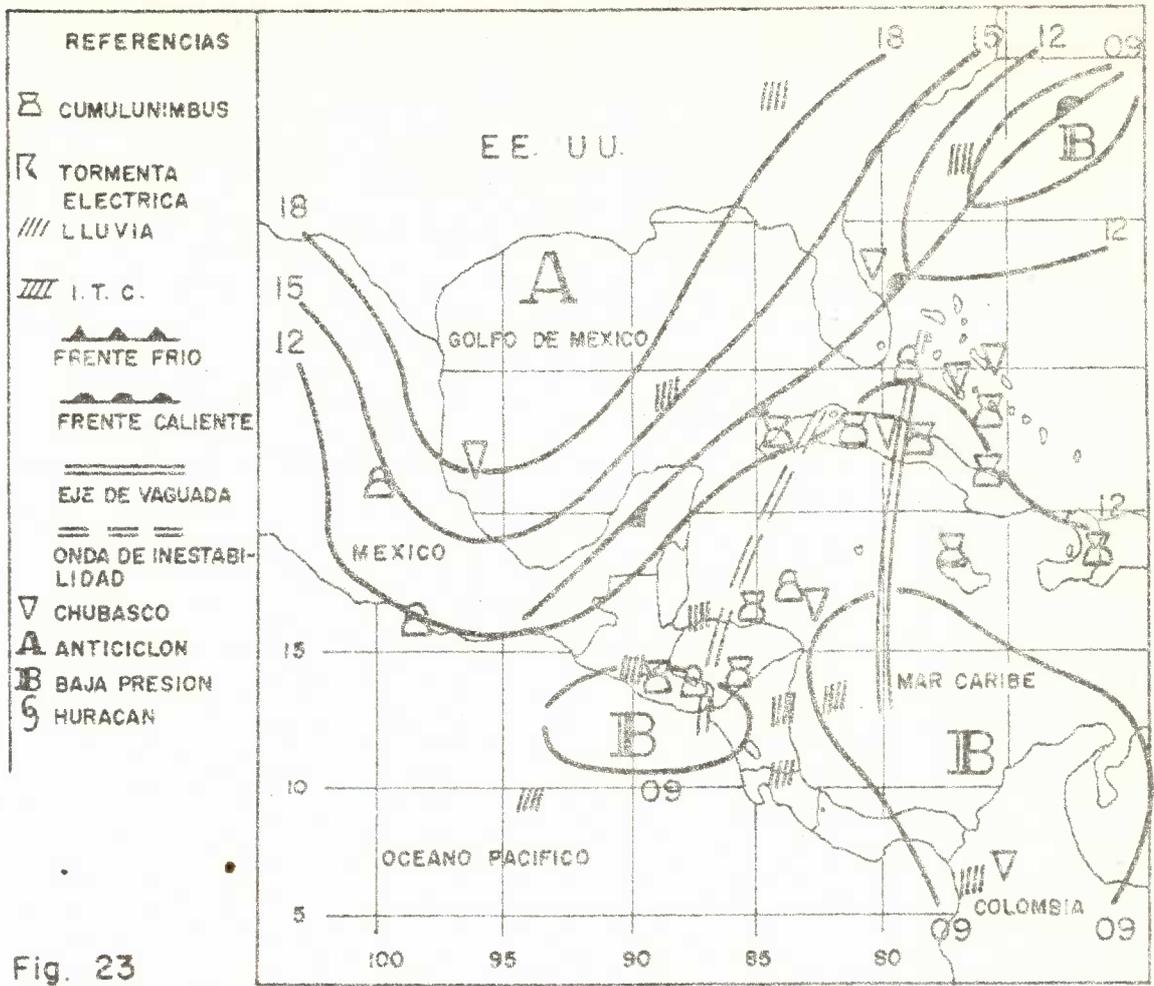


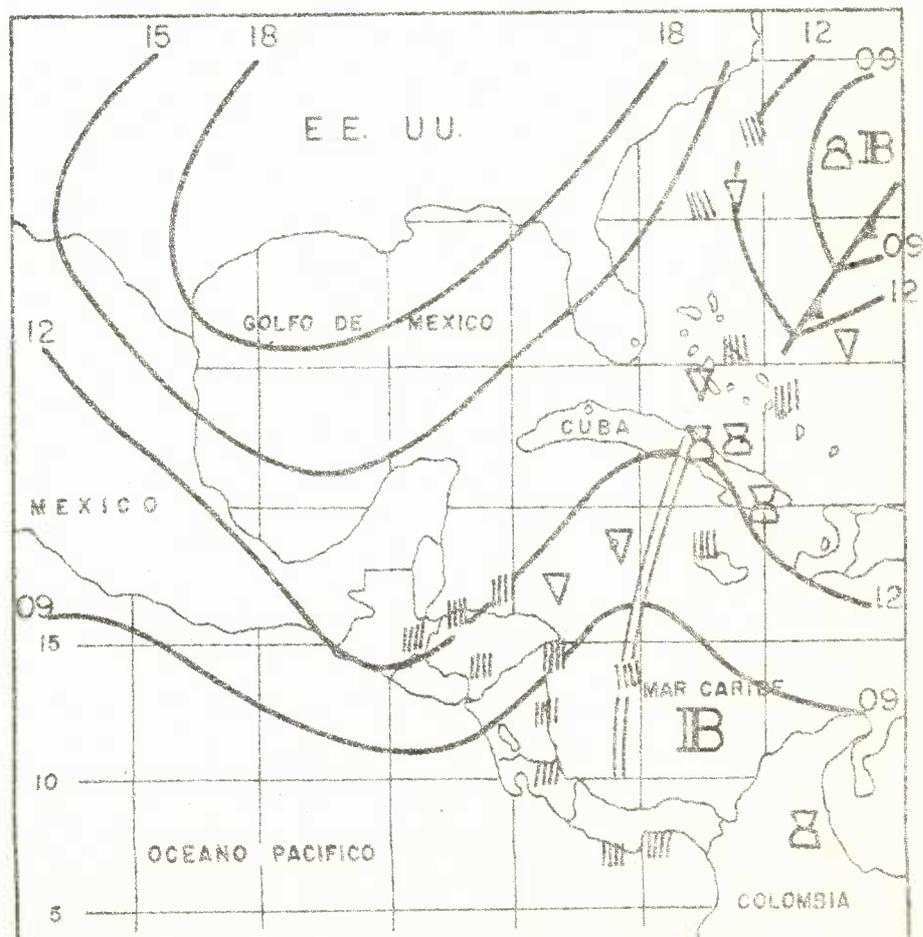
Fig. 21

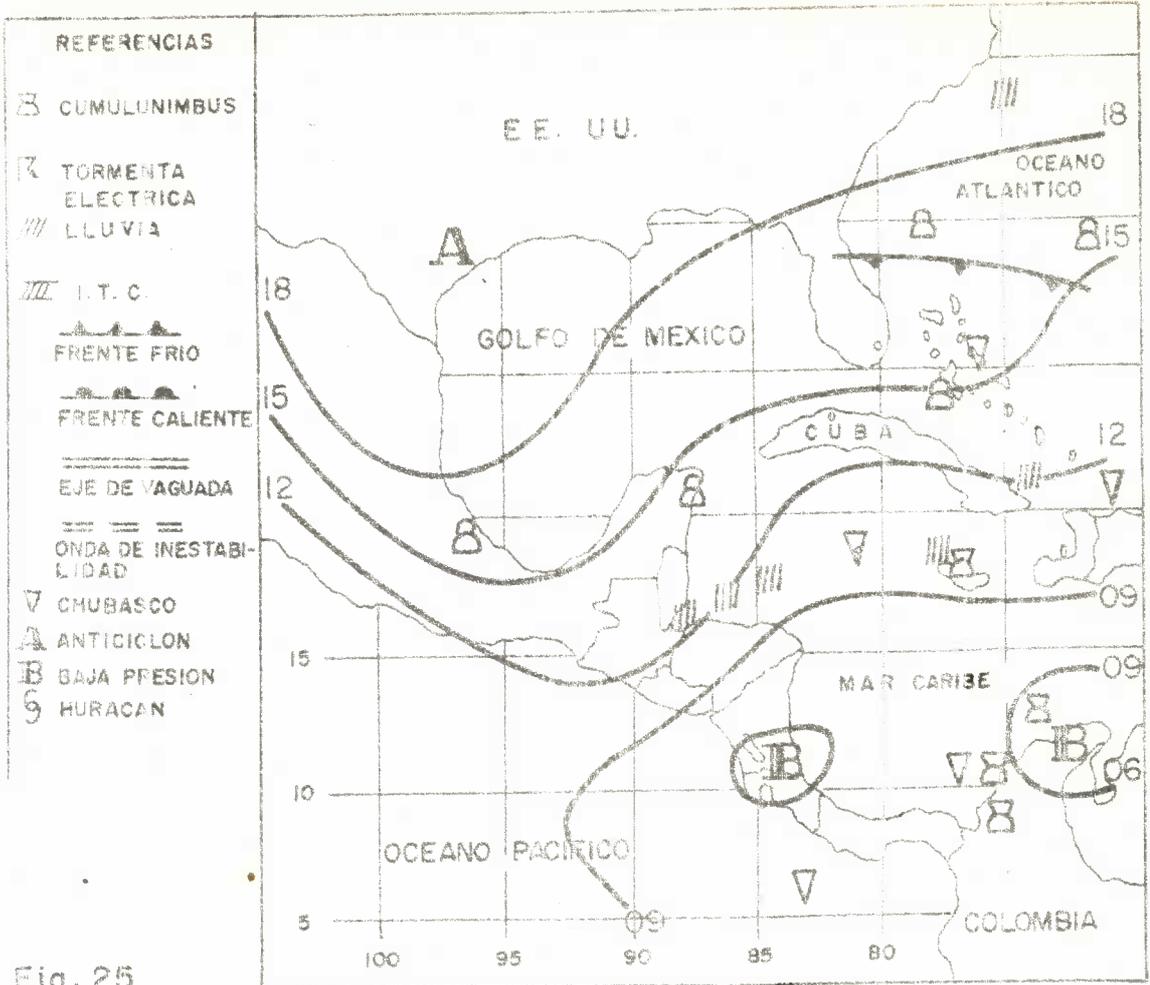
FECHA LUNES 24 18:00 OCTUBRE 1966





FECHA: MIERCOLES 26 18:00 HORAS OCTUBRE 1966





FECHA: DOMINGO 30 18:00 HORAS OCTUBRE 1966

