

I - ATMOSFERA

EL PRONOSTICO DEL TIEMPO EN LA REPUBLICA MEXICANA

PEDRO MOSIÑO ALEMÁN *

RESUMEN

Este trabajo describe la posición actual de los estudios meteorológicos en la República Mexicana respecto a los nuevos desarrollos ocurridos en la gran corriente mundial del pensamiento meteorológico, como resultado de las últimas dos grandes contiendas mundiales. Se han indicado los hechos más destacados en la evolución del pronóstico a corto plazo, haciendo ver la importancia de ciertos hallazgos en la atmósfera superior, como la Vaguada

Polar y el *Jet Stream*, en los cambios de puntos de vista y toda la filosofía detrás de los desarrollos recientes en el pronóstico del tiempo en nuestro país. La contribución del autor consiste en haber tomado parte activa en la aplicación de los modernos conceptos dinámicos de la atmósfera a la República Mexicana y sido el primero en demostrar los efectos de la Vaguada Polar sobre el tiempo de la Altiplanicie Mexicana.

INTRODUCCION

El problema principal que confronta el previsor a corto plazo es emitir un pronóstico de las condiciones del tiempo para el inmediato futuro y por consiguiente, con tal rapidez que su predicción no llegue demasiado tarde a las manos de personas que van a usarlo. Esto depende, en primer lugar, de los medios de comunicación disponibles, a través de los cuales recibe los datos que

le servirán en la elaboración del pronóstico; en segundo lugar, de los métodos de trabajo utilizados en la propia elaboración y en tercer lugar, de los medios con que cuenta para su difusión.

Por estas razones se hará una breve referencia a cada aspecto antes de decir *cómo* se hace y en base a *qué* se hace el pronóstico a corto plazo en la República Mexicana.

LOS SERVICIOS METEOROLOGICOS EN MEXICO

En México existen varios sistemas u organizaciones casi independientes dedi-

cadas a observar el tiempo, coleccionar las observaciones y emitir pronósticos me-

* Departamento de Meteorología, Instituto de Geofísica, U.N.A.M.

teorológicos, a saber: el Servicio Meteorológico Nacional, dependiente de la Secretaría de Agricultura y Ganadería; el de la Fuerza Aérea Mexicana (FAM) de la Secretaría de la Defensa y el Servicio Meteorológico para la Aviación Civil, suministrado por la Oficina Central Meteorológica de la Radio-Aeronáutica Mexicana, S. A. (RAMSA), que resultó de la fusión de las antiguas oficinas de Pronósticos Meteorológicos de las Compañías Aéreas. En el pasado dichas compañías mantenían redes de observatorios ubicados principalmente en los aeropuertos y encargados de hacer observaciones que eran reunidas en las respectivas oficinas de pronósticos de cada compañía. Esto naturalmente era anti-económico y en 1951, en virtud de modificaciones a la ley que así lo exigían, se fundieron dichas oficinas en una sola: la ahora Oficina Central Meteorológica de RAMSA. Los observatorios, en su mayoría, quedaron al cuidado de las propias compañías que hacen y transmiten por sus canales de radio-comunicación las observaciones meteorológicas a la oficina de RAMSA en el Aeropuerto Central de la Ciudad de México para elaborar los pronósticos y más tarde distribuirlos a las propias compañías para la preparación de los planes de vuelo.

El Servicio Meteorológico Nacional reúne sus datos principalmente por telégrafo y cuenta con una tupida red de observatorios distribuidos en todo el territorio nacional. En la carta de la Fig. 1 se muestra la distribución de los ob-

servatorios meteorológicos de ambos sistemas. Nótese cuán escasos son los observatorios en que se hacen sondeos de la atmósfera superior; estos son de dos clases: aerológicos y de radiosonda-radioviento. Los primeros permiten conocer la dirección y fuerza del viento (vector viento o velocidad del aire) a varios niveles dentro de la atmósfera. Los segundos, la estructura bórico-térmica y el estado higrométrico del aire también a varios niveles. Los observatorios que hacen estos dos tipos de observaciones conjuntas son en total siete¹ y la frecuencia de ellas es menor que la de las observaciones aerológicas. Una de las dificultades que presenta nuestra atmósfera para su mejor conocimiento es que no se cuenta con observaciones sobre los océanos próximos al territorio mexicano. Debe mencionarse la grandísima utilidad que prestaría a la meteorología del país y en particular a la navegación marítima, el establecimiento de un observatorio del tipo A en alguna de las islas del Archipiélago de las Revillagigedo.

El Servicio Meteorológico para la Aviación Civil dispone de observaciones *horarias*, es decir, que se efectúan cada hora y *sinópticas*, que son las horarias que se efectúan simultáneamente con otros sistemas meteorológicos del mundo. El Servicio Meteorológico Nacional cuenta con observaciones sinópticas de algunos observatorios de Cooperación Internacional suplementadas por observaciones tri-horarias. Las observaciones de los vientos superiores se hacen simultánea-

¹ en 1965

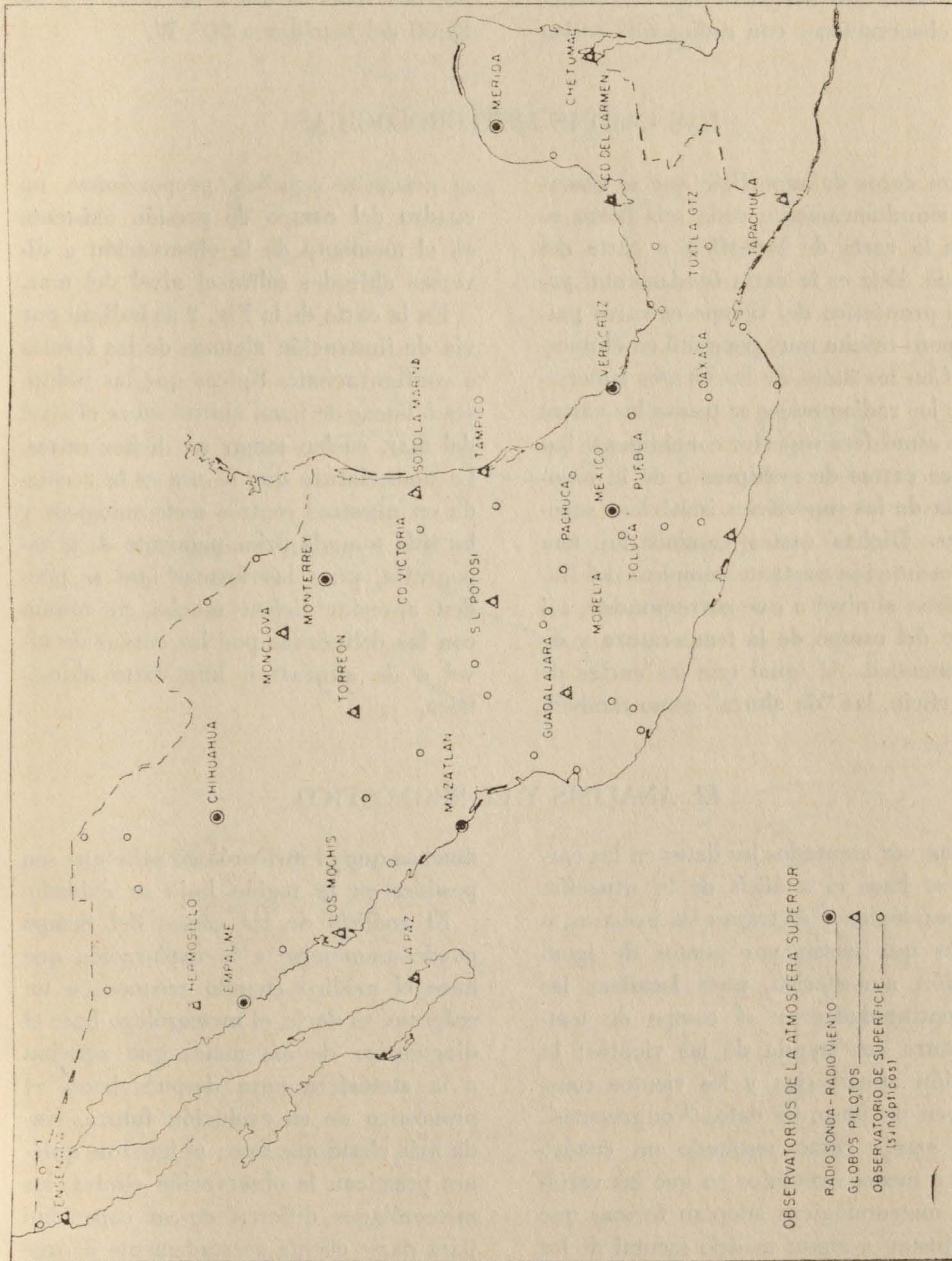


FIG 1 - DISTRIBUCION DE LOS OBSERVATORIOS METEOROLOGICOS

mente con otros sistemas cada seis horas. Las observaciones con radiosonda se ha-

cen dos veces al día a las 6:00 y a las 18:00 del meridiano 90° W.

LAS CARTAS METEOROLOGICAS

Con datos de superficie que se observan simultáneamente cada seis horas se traza la carta de superficie o carta del tiempo. Esta es la carta fundamental para el pronóstico del tiempo en otros países, pero resulta muy poco útil en el nuestro. Con los datos de los vientos superiores y los radiosondeos se trazan las cartas de la atmósfera superior comúnmente llamadas cartas de isohipsas o de la topografía de las superficies isobáricas superiores. Dichas cartas suministran una representación bastante completa del flujo aéreo al nivel a que corresponden, así como del campo de la temperatura y de la humedad. Al igual que las cartas de superficie, las "de altura" como también

se designan aquellas, proporcionan un cuadro del campo de presión existente en el momento de la observación a diversas altitudes sobre el nivel del mar.

En la carta de la Fig. 2 se indican por vía de ilustración algunas de las formas o configuraciones típicas que las isohipsas o líneas de igual altitud sobre el nivel del mar, suelen tomar en dichas cartas. La nomenclatura que se usa es la aceptada en nuestros centros meteorológicos y ha sido tomada principalmente de la topografía, pues las formas que se pueden apreciar tienen mucho en común con las delineadas por las curvas de nivel o de alturas en una carta altimétrica.

EL ANALISIS Y EL PRONOSTICO

Una vez asentados los datos en las cartas, se hace el análisis de la situación meteorológica y se trazan las isobaras, o líneas que pasan por puntos de igual presión atmosférica, para localizar las discontinuidades en el campo de temperatura con ayuda de los vientos; la presión atmosférica y los vientos constituyen un juego de datos "congruentes" que arroja como resultado un cuadro más o menos armónico en que las variables meteorológicas adoptan formas que se ajustan a algún modelo mental de los

muchos que el meteorólogo sabe que son posibles en la región bajo su cuidado.

El análisis de las cartas del tiempo puede asemejarse a la exploración que hace el médico cuando reconoce a un enfermo, es decir, el meteorólogo hace el diagnóstico de los males que aquejan a la atmósfera para después hacer el pronóstico de su evolución futura. Nada más cierto que esto; al igual de quienes practican la observación clínica, los meteorólogos difieren en su capacidad para darse cuenta acertadamente de qué

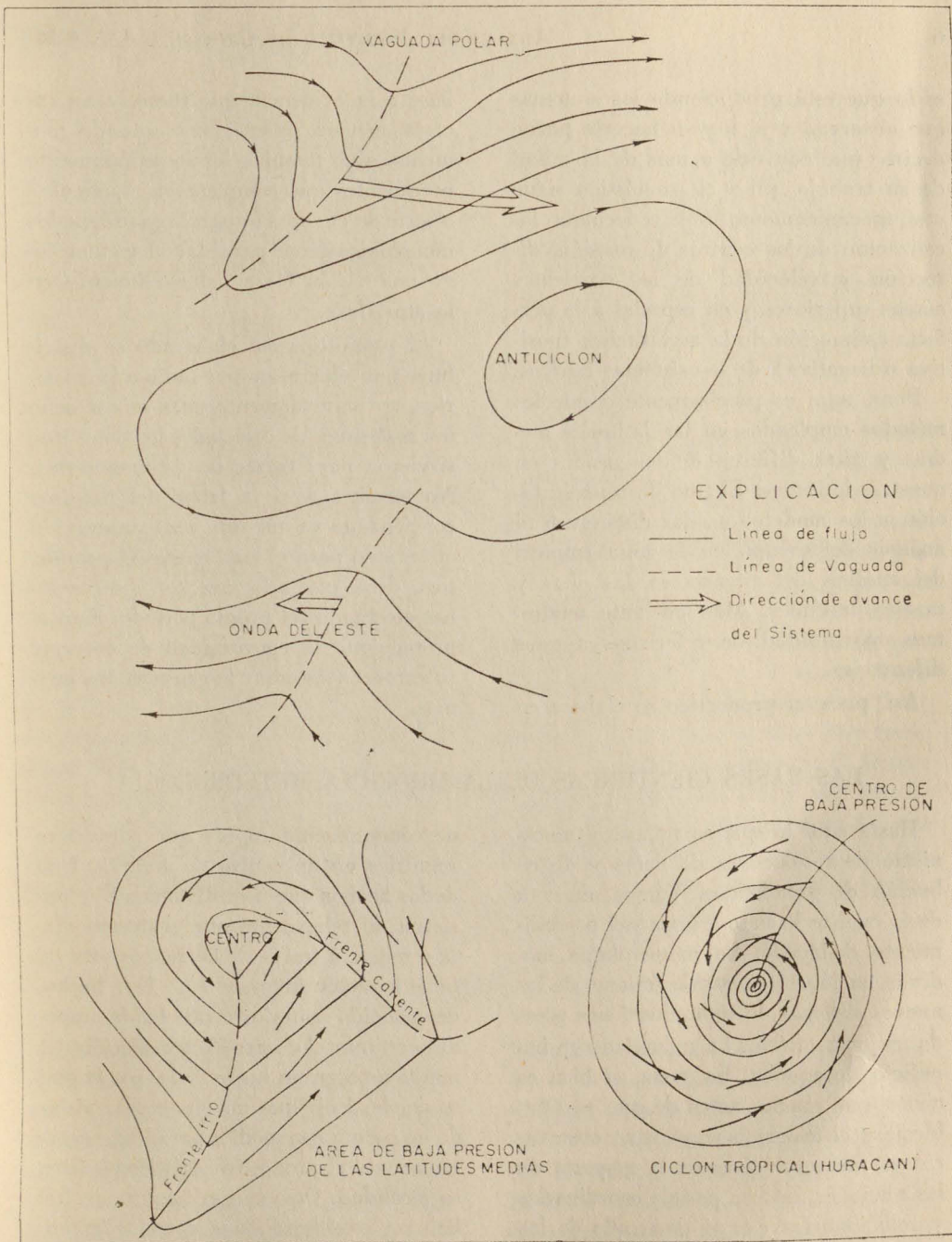


Fig. 2

es lo que está produciendo los síntomas que observan y si logran hacerlo puede decirse que equivale a más de la mitad de su trabajo, pues el pronóstico sigue casi mecánicamente a la adecuada localización de los centros de presión, dirección y velocidad de las corrientes aéreas superiores y en especial a la perfecta estimación de la aceleración (positiva o negativa) de los sistemas béricos.

Pero, aquí es precisamente donde los métodos empleados en las latitudes medias y altas difieren de los usados en nuestras latitudes. El tipo de representación y los modelos usados distinguen al análisis del tiempo en la zona tropical del análisis del tiempo en las altas y medias latitudes. Más adelante tendremos oportunidad de referirnos a estas diferencias.

Así, pues, el pronóstico se elabora en

base a la evidencia que suministran las cartas meteorológicas; no solo las del momento, sino también las inmediatamente precedentes que completan la "película" o serie de cuadros fotográficos ordenados cronológicamente para dar al meteorólogo una visión clara del movimiento en la atmósfera.

El pronóstico así elaborado se distribuye por telégrafo o por radio a los usuarios, aproximadamente unas seis u ocho horas después de colectados los datos que sirvieron para trazar las últimas cartas. No termina aquí la labor del previsor concienzudo ya que una vez transcurrido el período para el cual emitió el pronóstico, debe cotejarlo con las observaciones efectuadas el propio período. Esto le proporciona la oportunidad de corregir su errores y estudiar la causa de los mismos.

LAS BASES CIENTÍFICAS DE LA MODERNA METEOROLOGÍA

Hasta aquí lo que se refiere al mecanismo de recolección de datos y distribución de pronósticos. Vamos ahora a decir cuál es la base teórica del procedimiento delineado. La meteorología moderna nació con el establecimiento de los nuevos sistemas de comunicaciones y cada mejoría en éstos ha redundado en beneficio de aquélla. En suma, si bien es cierto que mucho antes de que se estableciera el telégrafo ya existían observaciones meteorológicas en la mayoría de las naciones, no era posible coordinarlas y relacionarlas con el desarrollo de las tormentas hasta que se poseyó un medio

de comunicación rápida que permitiera reunir las en un centro de análisis. Uno de los hechos que inmediatamente se pusieron de relieve fue que el tiempo viaja o migra a través de los países, esto es, tiene carácter internacional. Este hecho, desconocido anteriormente había impedido estimar el desarrollo y evolución del mal tiempo en un lugar dado, por lo que se puede decir que un observador aislado no cuenta con medios para hacer acertadamente el pronóstico del tiempo para su localidad. Otro suceso importante fué haberse establecido una correlación entre el mal tiempo y las variaciones del

barómetro; a baja presión atmosférica correspondería mal tiempo y buen tiempo a alta presión. En fin, la relación conocida como ley de Buys-Ballot entre el viento y la posición de los centros de bajas y altas presiones, permitió emplear el viento para descubrir estos centros en regiones donde las observaciones barométricas escaseaban. Hasta aquí el rápido desarrollo de la meteorología se había debido a la necesidad de predecir el curso de las tormentas que afectaban a la navegación marítima o sólo de las precipitaciones en países que podían darse este lujo.

Al hacer la somera revisión de esta etapa de la meteorología, es conveniente no olvidar que todas estas relaciones eran empíricas y que el conocimiento de la dinámica atmosférica estaba todavía en pañales. Fué el insigne meteorólogo norteamericano William Ferrel (1911) quien hubo de iniciar el estudio matemático de los movimientos atmosféricos y enunciar sus leyes deducidas de principios físicos. Ya entonces los servicios meteorológicos de los países más ade-

lantados se habían lanzado prematuramente a la aventura de predecir el tiempo. Sin embargo, la observación directa de la naturaleza, así iniciada, dio muy buenos frutos hasta poco antes de la primera Guerra Mundial, cuando los servicios meteorológicos se replegaron a sus países con el comienzo de las hostilidades. Surgió entonces un genio de la hidrodinámica que elaboró teorías que en su tiempo se consideraron descabelladas, pero pudo someterlas a prueba y lanzar a una pléyade de jóvenes investigadores en busca del Frente Polar y de las ondulaciones en esta superficie de discontinuidad que al evolucionar habían de producir los movimientos caprichosos, tan difíciles de pronosticar, de los centros de baja presión. Nos referimos al gran hidrodinamista noruego Wilhelm Bjerkness, profesor de Hidrodinámica Teórica en la Universidad de Oslo. Más tarde, uno de sus discípulos, el Dr. C. G. Rossby (1941) sentaba las bases del estudio científico de las perturbaciones del aire superior reveladas por sondeos simultáneos sobre extensas regiones de la Tierra.

EL PRONOSTICO DEL TIEMPO EN LOS TROPICOS

Las repercusiones de estos adelantos en la meteorología no se hicieron esperar en nuestro país y desde la cuarta década del siglo contamos con un servicio meteorológico de aviación, planeado y puesto al día conforme a los adelantos científicos en la materia. Esto, si se juzga desde el punto de vista de lo que

hasta hace poco se hacía y en algunos casos se sigue haciendo en los países europeos. Más he aquí que sobreviene la Segunda Guerra Mundial y los ejércitos son llevados por las necesidades de la guerra a regiones hasta poco antes desconocidas, por lo menos en lo que al tiempo se refiere. Las regiones tropica-

les y las ecuatoriales del globo plantean a los meteorólogos de las altas latitudes problemas hasta entonces poco estudiados, pues resulta que la atmósfera no se comporta como en el noroeste de Europa donde hubieron de desarrollarse las correlaciones fundamentales que hacían posible pronosticar el tiempo con alguna certidumbre (en esas regiones). Dichas correlaciones fallaban y un estudio más detenido de la atmósfera tropical reveló que aparte de los ciclones tropicales, conocidos desde mucho tiempo atrás, existen otros sistemas nubosos y por lo tanto de mal tiempo que no obedecen a las reglas aplicadas a las perturbaciones de las altas latitudes; que el

barómetro, en la mayoría de los casos, es inútil en el sentido de las correlaciones mencionadas y que era necesario revisar dichas reglas a la luz de los principios de la Mecánica de Flúidos. En una palabra, se debía ir a las fuentes mismas del conocimiento meteorológico y elaborar nuevos modelos teóricos que se ajustaran a las observaciones. Todo ello y las demandas crecientes de la aviación condujeron al estudio intensivo de la atmósfera en los últimos diez años, en cuya carrera hemos perdido mucho terreno comenzando por la negativa de nuestro Servicio Meteorológico Nacional para hacerse cargo de la Meteorología de Aviación y de renovarse a ese fin.

EL PRONOSTICO DEL TIEMPO EN MEXICO

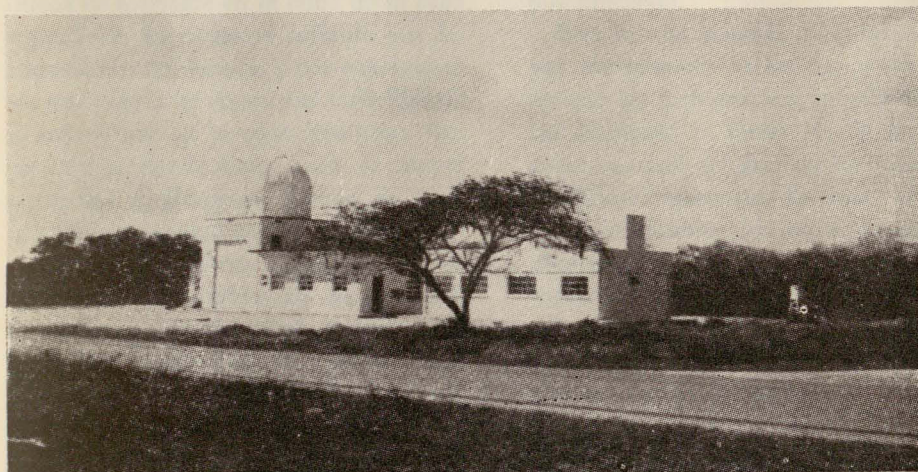
Pero, volviendo a nuestro tema, después de esta breve reseña histórica, ¿cuáles son las diferencias de procedimiento que dan al pronóstico de la atmósfera sobre nuestro suelo sus características especiales?

Ya se ha dicho que las condiciones particulares de la atmósfera tropical modifican radicalmente el significado de los fenómenos atmosféricos observados en nuestras latitudes. Para poner de relieve estas diferencias será necesario que antes se diga algo sobre la manera de concebir el análisis de la carta del tiempo en las latitudes templadas, para luego presentar algunas de las características más contrastantes de nuestra atmósfera.

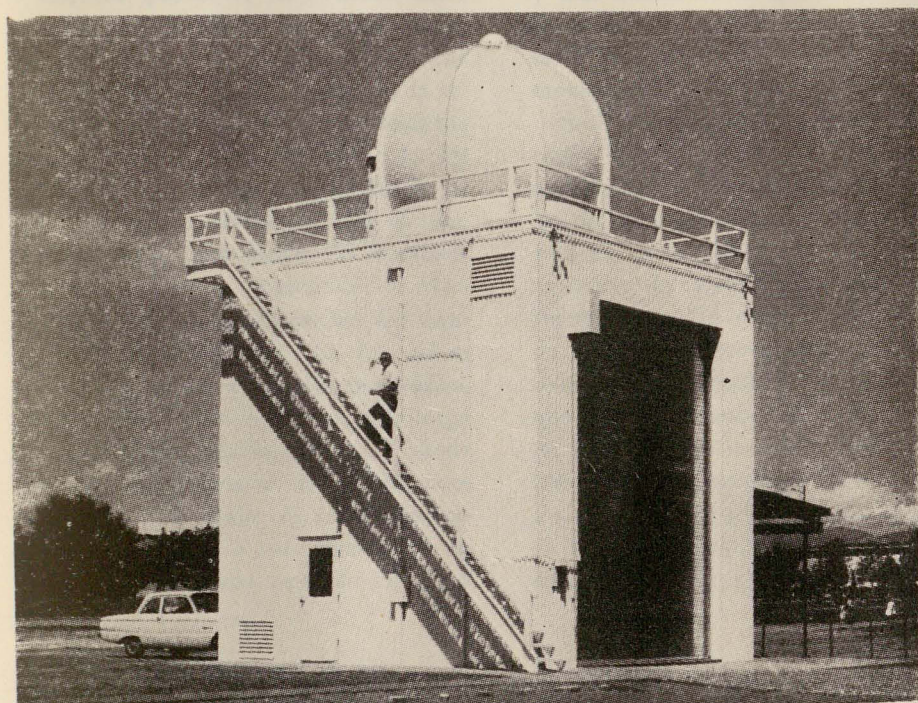
En lo que antecede se ha mencionado a grandes rasgos el procedimiento o me-

canismo general de elaboración del pronóstico común a todos los servicios que utilizan la representación "sinóptica" de los acontecimientos que tienen lugar en la atmósfera. Se ha hablado de cartas sinópticas construídas con datos observados simultáneamente en un número bastante grande de observatorios, distribuídos en todo un continente.

La carta de superficie, valiosa por el acervo de datos que contiene (ya que por tratarse de la correspondiente al suelo tiene mayor número de observaciones de este tipo que son posibles gracias a la facilidad de hacerlas a este nivel), nos da, en aquellas regiones donde los obstáculos orográficos no son muy grandes, una representación bastante aproximada del flujo aéreo cercano a la su-



Ia—Aspecto general del Observatorio de Radiosonda-Radarviento de Mérida, Yuc.



Ib—Local donde se inflan los globos sondas y domo del Radar para determinar los vientos superiores en Chihuahua, Chih.

perficie. Las líneas de igual presión dibujan en esta carta la dirección de las líneas de corriente en la cima de la capa superficial, fuertemente influida por las rugosidades del terreno y por consiguiente, sometida a la viscosidad torbellinaria lo mismo que en la capa fronteriza (capa límite) donde tiene lugar la mayor parte del cizallamiento (razón de cambio de la velocidad con la distancia vertical) que se observa en la cercanía de los cuerpos sumergidos en un fluido en movimiento. Esta propiedad de las isobaras hace imprescindible el uso de dicha carta en aquellas regiones del globo don-

de la relación geostrófica entre el viento y la presión se cumplen con más o menos precisión.

Esta misma relación adquiere su mayor importancia en las cartas de altura en que las isobaras son substituídas por las isohipsas o líneas de igual altura sobre el nivel del mar de las superficies isobáricas superiores. En estas cartas se incluyen también los vientos correspondientes al propio nivel que aquellas representan. Se incluyen los vectores de la velocidad del aire para hacer posible un análisis más detallado del campo de movimiento en la atmósfera.

LA ECUACION DEL VIENTO GEOSTROFICO

Expresa que si el flujo aéreo fuese estacionario, es decir, las configuraciones del flujo fueran "permanentes" (que no cambiasen de forma), entonces la velocidad del viento sería inversamente proporcional al espaciamiento de las isohipsas (o isobaras); así por medio de esta ecuación es posible calcular el viento a un nivel dado dentro de la atmósfera conociendo su separación. Y viceversa, su separación en función del viento. Otra condición más, bajo la cual se deduce la ecuación del viento geostrófico, es que el movimiento se haga a lo largo de un círculo máximo, lo cual desde luego es una limitación muy seria, pues se observa que el aire se mueve en trayectorias curvadas o encorvadas, sea en un sentido o en otro (sentido ciclónico

y anti-ciclónico) lo que hace necesario introducir un término que tome en cuenta la fuerza centrífuga producida por el movimiento curvilíneo.

Se ha dicho que si el aire se moviera según la ecuación del viento geostrófico, no habría cambios atmosféricos. Esto pone de manifiesto las limitaciones de la relación geostrófica. Por otra parte, la ecuación del viento geostrófico da una relación sencilla entre viento y campo de presión que como primera aproximación es sumamente útil y práctica, ya que la sola introducción de la curvatura de las isohipsas en los cálculos es problemática y además de hacer difíciles los cálculos, no agrega mucho a la exactitud que comúnmente se necesita para el pronóstico a corto plazo.

LAS PECULIARES CONDICIONES DE LA ATMOSFERA MEXICANA

Toda referencia al pronóstico o más bien al modo como se practica en un determinado país, tiene que tener como trasfondo las características peculiares que ofrece la atmósfera local en que se practica dicho pronóstico. No se puede hablar de la meteorología de un país sin decir cómo se comporta su atmósfera, debido a que los factores que forman o gestan el tiempo en una región de la Tierra no son los mismos, por lo menos no en el mismo grado que los que operan en otra región con diferentes características geográficas. Por características geográficas se entienden la latitud, la orientación de las costas de los continentes, las corrientes marinas, el carácter de maritimidad o continentalidad de dicha región y aún la altitud. La latitud, en particular, imprime a la atmósfera de un lugar características junto con la temperatura que tienen que ver muy íntimamente con la dinámica del aire. Por ejemplo, la ecuación del viento geostrófico mencionada antes comienza a perder validez a medida que se aplica sucesivamente a regiones más cercanas al Ecuador y de allí que se hable de una meteorología tropical. Una de las consecuencias más importantes de la latitud en la dinámica del aire es que los gradientes de presión se van haciendo más débiles con una disminución de la latitud en tanto que los vientos no disminuyen proporcionalmente en intensidad. Esto hace que el campo de presión pierda mucho de la importancia que tiene en las

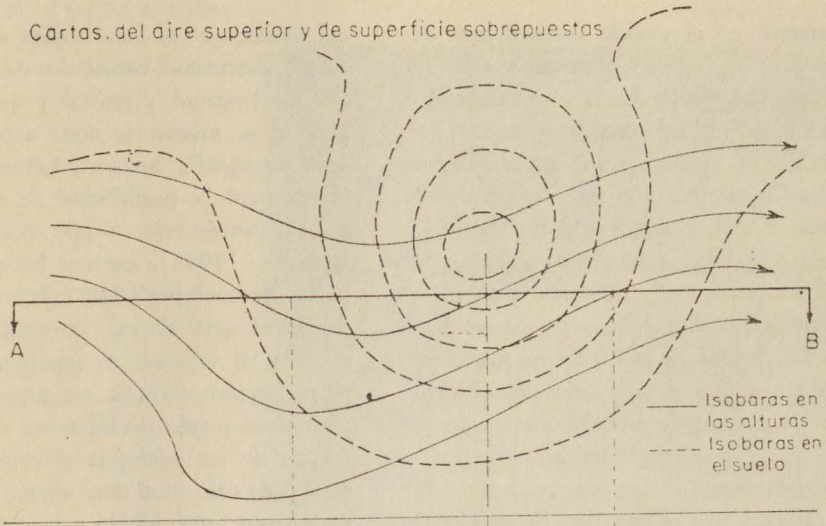
altas latitudes y pone de relieve la del campo del movimiento en las bajas. Por esto, en las regiones tropicales del globo se prefiere usar cartas de vientos y se presta poca atención a las de presión.

Otra consecuencia es que los sistemas de presión comúnmente encontrados en las altas latitudes no se observan en los trópicos, que dejan el lugar a otros sistemas de vientos cuya dinámica es diferente de la de los sistemas de las altas latitudes. La dinámica de los sistemas de vientos de las bajas latitudes apenas ha comenzado a estudiarse y está todavía muy lejos de adquirir la precisión que tiene en las altas latitudes.

En el caso de nuestro país, la latitud obra en el sentido indicado pero sin llegar al extremo de las regiones ecuatoriales, de modo que participa de las características de ambas regiones. Nuestro país se encuentra en la región tropical y sub-tropical del Hemisferio Norte y sufre la influencia de las perturbaciones depresionarias de las altas latitudes que discurren a lo largo de su frontera septentrional y de las ecuatoriales que pasan por sus costas meridionales. Por supuesto, no es posible trazar una línea divisoria entre ambas regiones, pues los factores o parámetros que miden el cambio o transición varían gradualmente de norte a sur.

Pero, lo que da la tónica a la situación meteorológica de nuestro país es la ALTITUD. Es lo que mucho tiempo antes de que se estudiara la atmósfera minu-

Cartas del aire superior y de superficie sobrepuestas



— Isobaras en las alturas
 - - - Isobaras en el suelo

Sección atmosférica según la línea A-B

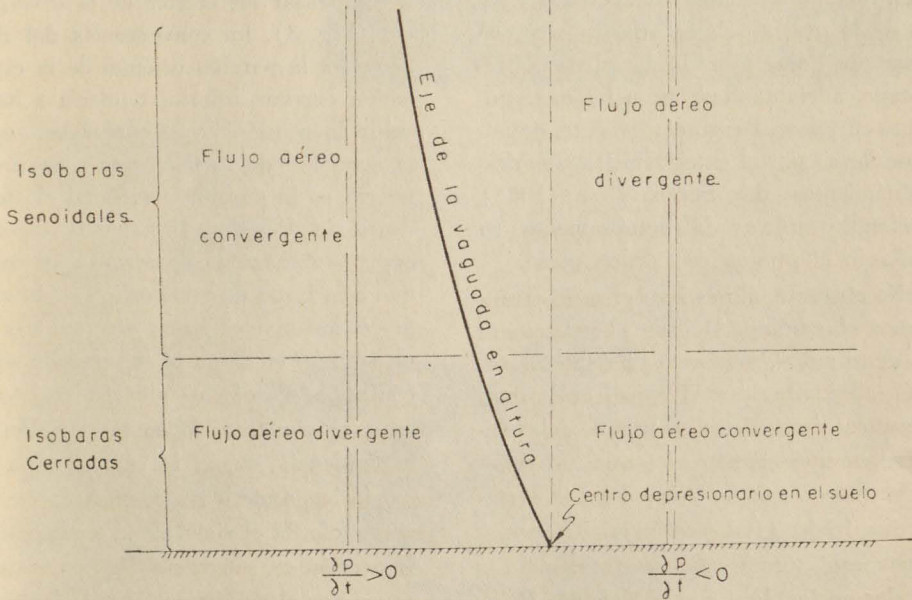


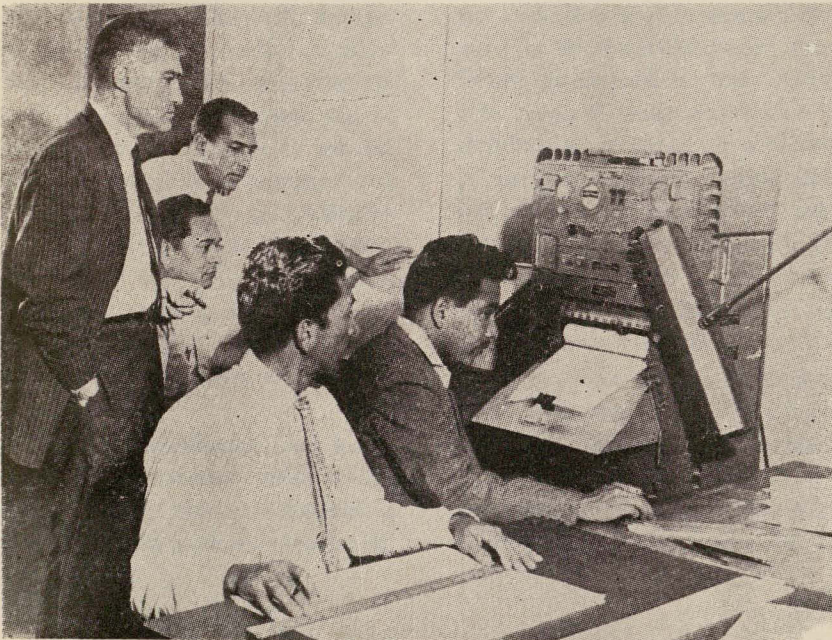
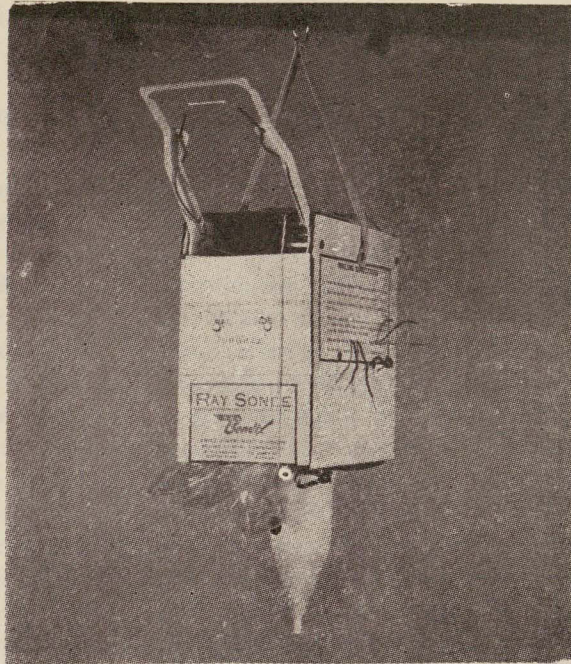
Fig 3

ciosamente en el sentido vertical hizo de la meteorología mexicana una ciencia tridimensional. Es decir, la tercera dimensión, la altitud, estuvo siempre presente en la mente de los meteorólogos mexicanos cuando aún en Europa se estudiaba la meteorología sólo en el sentido horizontal. Aquí debe hacerse honor a uno de nuestros más insignes meteorólogos, quien en una época en que se desconocían los sondeos regulares practicados en nuestros días, había descubierto ya la existencia de perturbaciones de la atmósfera superior que tenían características diferentes de las observadas en la superficie. Fué el Pbro. don Severo Díaz y puede decirse que este meteorólogo mexicano ya a fines del siglo anterior había llamado la atención acerca del paso de lo que ahora conocemos como la Vaguada Polar sobre la Altiplanicie Mexicana, adelantándose así a los meteorólogos europeos. Desgraciadamente, dejándose llevar por el entusiasmo de sus descubrimientos, don Severo Díaz (1945) pretendió aplicar infructuosamente su hallazgo al pronóstico a largo plazo.

No obstante, allí está su obra mostrándonos el camino. De sus observaciones se desprenden, mediante una interpretación adecuada, las deducciones más interesantes. Pero, antes de seguir, debe decirse en qué consiste el fenómeno conocido como Vaguada Polar. Probablemente fue Riehl (1945) el primero en emplear este término en su trabajo "Las Ondas en los Alisios y la Vaguada Polar en los Trópicos". Se trata de una colosal ondulación en la corriente de los vientos

del Oeste, que se sabe soplan en las alturas, abarcando varias decenas de grados de longitud y latitud y que por lo general se mueve de oeste a este en el seno de aquella corriente básica, lo cual no excluye la posibilidad de un movimiento retrógrado. Según Bjerckness y Holmboe (1944), quienes hacen un estudio muy comprehensivo de una vaguada en el seno de una corriente básica, cuando tal vaguada se superpone a una perturbación cerrada en superficie, la atmósfera puede dividirse en dos capas dentro de las cuales la divergencia del campo de velocidad tiene signos opuestos, de manera que debido a la continuidad del movimiento, deben producirse movimientos verticales entre ellas que tienden a compensar los efectos de la divergencia (Fig. 3). La convergencia del flujo aéreo en la porción oriental de la circulación cerrada inferior tendería a hacer subir la presión en la superficie, según la ecuación de la tendencia y la divergencia en la porción occidental el efecto contrario. Pero, en la vaguada superior ocurre exactamente lo opuesto, de modo que a lo largo de una vertical dada existe en los niveles bajos divergencias de un signo y en la parte superior de signo contrario. El efecto integrado de todos estos movimientos lo da la ecuación de la tendencia, según la cual la capa atmosférica sometida a la más fuerte divergencia da el signo de la tendencia de la presión en superficie. De esta manera se explica el movimiento hacia el este de los sistemas de presión en las latitudes medias donde la divergencia del aire en

IIa—La radiosonda mide la temperatura, presión y humedad de las diversas capas atmosféricas que atraviesa y transmite simultáneamente señales de radio que son captadas en tierra.



IIb—Personal mexicano entrenándose en la interpretación de los datos recibidos en tierra, enviados por la radiosonda.

la capa de vientos del oeste, en que se encuentra la vaguada, predomina sobre

la capa inferior en que tienen lugar las perturbaciones cerradas en superficie.

LA VAGUADA POLAR SOBRE LA ALTIPLANICIE MEXICANA

Ahora bien, la teoría dice que ocurre así en una vaguada polar superpuesta a una perturbación cerrada en superficie. ¿Cuál será la distribución de la divergencia en una vaguada polar colocada sobre una meseta como la Altiplanicie Mexicana? La respuesta no se hace esperar: la misma que tendría la vaguada, independientemente de lo que exista debajo de la base de los vientos del oeste. Es decir, divergencia delante y convergencia detrás, haciendo subir la presión en superficie por detrás de ella y bajar por delante. Pero ¿qué sucede con la distribución de los movimientos verticales, causa del mal tiempo? Pues que el signo de los mismos se invierte. Así, tenemos MAL TIEMPO CON LA PRESION SUBIENDO Y BUEN TIEMPO CON LA PRESION BAJANDO en superficie. Lo mismo ocurre en una onda del este u onda en los alisios, cuya configuración es la misma que una Vaguada Polar, pero invertida, es decir, con el vértice hacia el norte en vez de hacia el sur (Fig. 2). Vemos, pues, cómo la orografía del país produce efectos en completo desacuerdo con las reglas del pronóstico desarrolladas en las latitudes medias.

Este hecho meteorológico que había sido intuído por nuestro meteorólogo (don Severo Díaz) tuvo que esperar el advenimiento de las modernas teorías di-

námicas para tener una explicación satisfactoria. Pero, la Vaguada Polar no sólo adquiere características peculiares sobre nuestro suelo, sino que regula el movimiento de los frentes térmicos que pasan sobre el Golfo de México en la misma época en que la Vaguada Polar se presenta sobre la Altiplanicie, a tal grado que en el pasado se llegó a considerar como un frente que invadiendo la Altiplanicie, se adelantaba al frente en superficie produciendo vientos del norte en Veracruz mucho antes de que llegara la discontinuidad frontal a ese puerto. De aquí que el pronóstico del movimiento de la Vaguada Polar sobre el territorio mexicano sea de suma importancia pues su deceleración puede detener un frente en superficie que invadiría de otro modo el Golfo de México en corto término, y viceversa, su aceleración impediría al frente un movimiento incompatible con los vientos que soplan por detrás, los cuales normalmente se toman como la medida de su avance sobre el Golfo de México, según las reglas de pronóstico de las latitudes medias.

Otro aspecto conexo, no menos importante, es la presencia del "Jet Stream" sobre la Altiplanicie, simultáneamente con el paso de la Vaguada Polar por encima del territorio mexicano. Más aún, Riehl en el trabajo citado, estudia detenidamen-

te las interferencias que sufren las ondas en los alisios debido a la Vaguada Polar que se presenta aún en Verano en las capas superiores de la atmósfera sobre el Golfo de México, regulando de este modo la entrada de dichas perturbaciones a nuestro territorio en esa época del año. Aquí tocamos íntimamente el problema relacionado con las ondas del este y consiguientemente con los ciclones tropicales, que se sabe pueden originarse en el seno de dichas perturbaciones, con la circunstancia de que la Vaguada Polar (que no es otra cosa que una de las ondas planetarias que por su posición y efecto direccional que ejercen sobre la atmósfera inferior, gobiernan a las perturbaciones de menor escala que se mueven por debajo de ellas) posee un movimiento relativamente lento, ya que la vaguada no se mueve con la velocidad del viento, sino que, por lo general se mantiene casi estacionaria, dejando pasar el aire a través de ella, es decir, que los vientos fluyen a través de la vaguada sin mudar su eje de simetría. Esto hace que la meteorología de gran parte de la República Mexicana dependa de los grandes movimientos atmosféricos en escala planetaria.

Es tan grande la influencia de la Va-

guada Polar en la meteorología del país que se ha tratado de pronosticar su evolución y posición futura por varios medios en el Servicio Meteorológico para la Aviación, pero sin éxito en virtud de que el problema adquiere dimensiones geográficas enormes y que se sobrepone al pronóstico a largo plazo, que se está atacando en otros países más adelantados donde se cuenta con información sobre áreas de extensión casi hemisféricas. No obstante, en el Servicio Meteorológico de Aviación se siguen sus evoluciones de un modo aproximado, más bien empírico por su sencillez pues consiste en calcular los cambios de presión en las últimas 24 horas en todos los observatorios del país, hora por hora; para ello se hace uso de las observaciones horarias del ajuste altimétrico, obtenido fácilmente y con la frecuencia apuntada del altímetro de que están dotados todos los observatorios instalados en los aeropuertos. En algunos casos se han obtenido pronósticos de "Nortes" con 72 horas de anticipación por medio de este procedimiento. Hay la esperanza bien fundada de obtener mejores pronósticos y con un plazo mayor si lográsemos tener datos hemisféricos como en otros países.

BIBLIOGRAFIA

- BJERKNES, W. y J. HOLMBOE. 1941. On the Theory of Cyclones, *Jour. Meteorology*, (1).
- DÍAZ, S. 1925. *Meteorológicas*. Guadalajara, Jal., 1 vol.
- 1945. *Nueva Meteorología* (2a. parte de *Meteorológicas*). Guadalajara, Jal., 1 vol.

— 1946. *Nueva Meteorología* (3a. parte de *Meteorológicas*). Guadalajara, Jal., 1 vol.

FERREL, W. 1911. *A Popular Treatise of the Winds* (2a. edic.). New York, N. Y. 1 vol.

HOLMBOE, J. *et al.* 1945. *Dynamic Meteorology*. New York, N. Y., 1 vol.

RIEHL, H. 1945. *Waves in the Easterlies and the Polar Front in the Tropics*. University of Chicago (Miscellaneous Reports No. 17). Chicago, Ill., 1 vol.

ROSSBY, G. C. 1941. *The Scientific Basis of Modern Meteorology*. *Yearbook of Agriculture*, Washington, D. C., 1 vol.