

GEOFISICA

INTERNACIONAL

REVISTA DE LA UNION GEOFISICA MEXICANA, AUSPICIADA POR EL INSTITUTO DE
GEOFISICA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

Vol. 13

México, D. F., 1 de abril de 1973

Núm. 2

LAS INVASIONES DE AIRE FRIO EN LOS TROPICOS A SOTAVENTO DE LAS MONTAÑAS ROCALLOSAS

DIETER KLAUS*

RESUMEN

El transporte meridional máximo de energía tiene lugar entre los 35° y los 55° de latitud en el Hemisferio Norte por medio de mecanismos complejos de intercambio. Uno de estos mecanismos lo constituyen las invasiones de aire frío (Nortes) en la región tropical de Norteamérica (México y Centroamérica) y que tienen su origen a sotavento de las Montañas Rocallosas.

Se hace una descripción de los diversos tipos de frentes fríos que cruzan por nuestro país y se examina su frecuencia; además se ofrece una interpretación del intercambio de calor resultante.

ABSTRACT

Most of the meridional energy transport in the Northern Hemisphere, is carried out by the wind systems of large storms traveling between 35° and 55°. Barriers such as the Rocky Mountains channel cold air outbreaks (Nortes) that sweep over tropical North-America (Mexico and Central-America) producing there maximum meridional heat flow. A description and frequency of several types of cold outbreaks crossing over Mexico is made; the resulting heat exchange is also examined.

* *Instituto de Geografía, Universidad de Bonn.*

El valor medio global de la radiación neta del sistema Tierra-Atmósfera ($E_s + e_s$) es nulo. El desvío positivo anual de este valor medio es de 260×10^{12} Kw.h/d en la faja latitudinal comprendida entre 40°N y 40°S , mientras que la desviación negativa en las zonas que se encuentran fuera de la región ecuatorial asciende a 130. Kw.h/d (Sellers, 1965). Puesto que la superficie entre 40°N y 40°S asciende a 300×10^6 Km² y el resto es sólo 200×10^6 Km², el flujo de energía que llega al suelo en los trópicos ($40^\circ\text{N} - 40^\circ\text{S}$) es considerablemente mayor que el flujo de energía radiante despedido por la superficie en las áreas polares y templadas, lo cual produciría, por una parte, un calentamiento de las regiones tropicales y por otra, un enfriamiento de las áreas polares. Pero tal fenómeno no se observa, por lo que debe existir un transporte de energía (además del realizado por las corrientes oceánicas) mediante la circulación atmosférica meridional, en determinadas circulaciones casi estacionarias superficiales así como en la altura (ver Bjerknes y Solberg, 1922).

El transporte máximo de energía meridional tiene lugar entre los 35° y 55° de latitud en el Hemisferio Norte por medio de mecanismos sumamente complejos de intercambio. En el presente trabajo se hace un intento de describir las invasiones de aire frío (Nortes) en los trópicos que ocurren a sotavento de las Montañas Rocallosas; además se hace una interpretación del intercambio de calor resultante.

Bolin (1950) ha demostrado que cuando una corriente horizontal limitada choca normalmente contra una barrera orográfica, existe una velocidad crítica según la cual la corriente se desvía al desbordarse sobre la barrera. Si la velocidad de la corriente es menor que la crítica, la corriente se desvía anticiclónicamente ante el obstáculo de modo que progresa corriente arriba. La velocidad crítica se calcula según la fórmula:

$$C_{cr} = f_0/D_0 \int_{\chi_1}^{\chi_1+\Delta\chi} h dx$$

donde: f_0 : 10^{-4} seg⁻¹: parámetro de Coriolis

D_0 : 10 km: altura de la atmósfera

x : 1000 km: extensión horizontal de la Cordillera

h : 2000 m: altura de la misma

Cuando se aplican los valores correspondientes a las Montañas Rocallosas a 40° lat. N en la fórmula se obtiene una velocidad $C_{cr} = 20 \text{ m seg}^{-1}$ (Bolin, 1950). Si los vientos polares del oeste tienen una velocidad menor de 20 m/s, se desvían anticiclónicamente frente a las Montañas Rocallosas según una corriente del este. En estas condiciones se observa en la región de Baja California la formación de las llamadas 'bajas frías' (cut-off lows). En la Fig. 1 los vientos polares del oeste a 500 mb tienen sobre Los Angeles una velocidad de sólo 10 nudos (5 m/s). La corriente se desvía por el efecto mencionado encontrándose con la corriente de chorro sub-tropical, hacia el sur de Baja California, lo que resulta, en una separación en forma de gota de aire frío, de una porción de la corriente.

El 12/1/1969 (Fig. 2) llega a las Rocallosas la corriente de los vientos polares con una velocidad de 60 nudos (30 m/s). El resultado es sólo un ligero desvío anticiclónico de la corriente a 500 mb que produce una vaguada viento abajo de las Rocallosas a $80^{\circ} - 90^{\circ}$ de longitud W.

Charney y Eliassen (1949), así como Scherhag (1948) han demostrado que esta vaguada del este de las Rocallosas tiene un carácter casi estacionario. Mosiño (1963) en su clasificación de tipos de tiempo en la altura sobre México, encontró que estas vaguadas de sotavento de las Rocallosas tienen una frecuencia en invierno de 30-40% (tipo G: 10%, tipo H: 10-15%, tipo I: 10-15%), mientras que el tipo de tiempo de altura correspondiente a una 'gota de aire frío' (cut-off low) sobre la Baja California (tipo A de Mosiño) tiene una frecuencia de 20%.

La separación anticiclónica de la corriente en la altura sobre las Rocallosas y la formación de una vaguada a barlovento de este sistema montañoso se pueden explicar con claridad.

Si se considera que la tropopausa representa un límite superior de la tropósfera, más o menos impenetrable, una columna de aire que se extendiera desde la superficie del suelo hasta la tropopausa, al encontrarse con un obstáculo y fluir sobre éste, reduciría su altura correspondientemente. Esta reducción de la altura de la columna tendría que ser compensada por una extensión horizontal mayor de la colum-

na al momento de cruzar el obstáculo. El efecto de la aceleración de Coriolis sobre la masa de aire que fluye hace que ésta adopte una dirección anticiclónica.

En el lado de sotavento de las Rocallosas las columnas de aire vuelven a extenderse verticalmente lo que resulta en una convergencia horizontal del aire en la porción inferior de la columna. De este modo se origina una baja presión y una curvatura ciclónica de las líneas de flujo a sotavento de las Rocallosas. Estas consideraciones conducen al siguiente resultado: los vientos fuertes polares del oeste que llegan a las Montañas Rocallosas o a la Altiplanicie Mexicana inducen, viento abajo y en los niveles inferiores, una zona de baja presión; mientras que sobre las mismas montañas se origina un área de alta presión. El tipo 5 (vaguada de sotavento de la montaña) señalado por Mosiño (1963) es característico del fenómeno descrito arriba y tiene, según este autor, una frecuencia de 40 a 60% durante los meses de invierno. En los meses de verano, cuando estos vientos fuertes del oeste se desplazan hacia el norte y casi desaparecen de la altiplanicie Mexicana, la frecuencia del tipo 5 se reduce a un 10%.

Petterssen (1956) ha demostrado que a sotavento de las montañas, en la cercanía de la vaguada, tienen lugar procesos ciclogénéticos. De este modo se intensifica la vaguada de sotavento en las áreas donde los vientos y la altura del obstáculo montañoso son máximos.

De este modo se originan durante el verano, en Alberta (Canadá), y en el invierno, en Colorado, la máxima ocurrencia de ciclones a sotavento de las Rocallosas (Figs. 3 y 4). En la región intermedia entre Colorado y Alberta sólo se observan estos ciclones ocasionalmente. Lo anterior es válido en relación con la posición media de verano e invierno de la corriente de chorro, es decir, la zona de velocidades máximas de vientos del oeste en los niveles altos, que en invierno se localizan entre los 35°-40° de latitud N y en el verano se desplazan a 50-55° N (Chang, 1972). La corriente de chorro se mueve en forma repentina, de su posición de verano a la que ocupa en el invierno. Con la corriente de chorro se desplazan las áreas ciclogénéticas que se observan a sotavento de las montañas (Petterssen, 1956). Los ciclones de la región de Alberta (Fig. 4) se desplazan rara vez hasta la Altipla-

nicie Mexicana. Pero los ciclones de Colorado se mueven hacia el sur invadiendo los trópicos y afectando el territorio mexicano.

En las Figs. 5a-h se muestra una invasión de aire polar típica originada en un ciclón del área de Colorado. Puede apreciarse en la Fig. 5a con claridad la vaguada de sotavento originada por la corriente superior de vientos del oeste al nivel de 500 mb. El aire frío se mueve con la celda de alta presión, desplazándose meridionalmente según el eje alargado de la baja de sotavento de la Sierra Madre Oriental. En la vecindad de esta área ciclónica elongada empuja la masa de aire frío con fuerza (Figs. 5c, d) hacia la Altiplanicie y sobre el Golfo de México. En la Fig. 5c se puede apreciar que en Veracruz el 10/1/69 a las 00:00 GMT sopla ya el viento de la dirección norte. Este viraje de la dirección del viento, que tan frecuentemente se observa en la planicie costera mexicana, antes de la llegada del frente frío propiamente dicho, se explica por la propagación de los vientos hacia abajo. El aire frío se desplaza en sentido horizontal hasta unos 2-300 km (Portig, 1963), por delante del aire caliente, al mismo tiempo que se intensifica la baja de sotavento de la Sierra Madre Oriental. Así, el aire caliente desplazado por el aire frío ocasiona que los vientos soplen del norte antes que llegue la masa de aire frío (Fig. 5c). Con el borde delantero del aire frío se desplaza hacia el sur también la zona de vientos máximos. Al nivel de 500 mb se genera una vaguada en la altura ocasionada por el espesor considerable del aire frío (Fig. 5g). En esta forma la corriente deja de fluir verticalmente sobre el obstáculo que representa la Sierra Madre. La vaguada superficial de sotavento que produce la Sierra desaparece en estas condiciones con lo cual se hace más lento el movimiento del frente a sotavento de la Sierra (Figs. 5d, e, f, g).

En la Fig. 6 (del 24/3/69: 00.00 GMT) aparece un frente frío ubicado entre Brownsville y Veracruz. En los niveles de 500 y 200 mb el ciclón se encuentra bajo el área delantera de la vaguada en la altura. En la Fig. 6 se puede apreciar la inclinación del eje de la vaguada en dirección oeste. Para caracterizar la corriente al nivel de 500 mb se han trazado las isohipsas de 5520 y 5560 m geopotenciales. Mientras que la velocidad de la corriente en la altura es de 70 nudos, la vagua-

da se desplaza a sólo 30 nudos en dirección este. Puesto que la velocidad de propagación de la onda es menor que la velocidad de la corriente, las partículas de aire se mueven en trayectorias de curvatura ciclónica. Considerando el punto A detrás de la vaguada en la altura (Fig. 6) las trayectorias de las partículas de aire se curvan anticiclónicamente (punto B) corriente abajo. Si se considera solamente la porción de la vorticidad absoluta debida a la curvatura, la vorticidad relativa aumenta en el área de curvatura ciclónica (entre A y B) mientras que decrece en la región de curvatura anticiclónica. En efecto, si se aplica la ecuación de la vorticidad absoluta (Rossby, 1940) se tiene:

$$\frac{f + \zeta}{\Delta\rho} = \text{const.}$$

donde: f : parámetro de Coriolis
 ζ : vorticidad relativa
 $\Delta\rho$: extensión vertical de la columna de aire

En las líneas de flujo detrás del eje (Fig. 6) f disminuye, mientras que ζ aumenta debido a la curvatura ciclónica cerca del eje de la vaguada. En general, el decrecimiento de f es menor que el aumento de ζ (Palmen y Newton, 1969). Para que se mantenga constante la vorticidad absoluta $\Delta\rho$ debe aumentar, lo que significa que detrás del eje de la vaguada en la altura existe un área de convergencia al nivel de 500 y 200 mb. Delante del eje de la vaguada la curvatura del flujo es anticiclónica por lo que ζ disminuye mientras que f aumenta (para el caso de $V > C$). El resultado es una disminución de $\Delta\rho$, es decir, un área de divergencia en la altura.

La zona de convergencia en la altura detrás del eje de la vaguada significa una expansión vertical en los niveles superiores de la tropósfera (500 y 200 mb) que resulta en movimientos verticales descendentes debajo de los 500 mb; por otra parte, la divergencia en la altura por delante de la vaguada produce movimientos ascendentes (Fig. 6).

Si se aplica la ecuación de la vorticidad absoluta en las líneas de flujo superficiales (Fig. 6) se podrá apreciar que en la región anticiclónica cubierta por aire frío, en la porción occidental de México, decre-

cen tanto f como ζ , disminuyendo así Δp . Esta divergencia superficial conduce a un encogimiento vertical de la masa de aire frío, en la porción oeste del frente, y corresponde con la convergencia trasera de la vaguada en la altura. El frente frío tiende así a disolverse prematuramente debido al calentamiento adiabático de la masa de aire subsidente en esta región de México, así como en la parte oriental del frente (Figs. 5e y f). Particularmente sobre el Golfo de México, y a pesar del empuje del aire frío hacia el sur y el consiguiente decrecimiento de f , no se produce un encogimiento vertical puesto que las partículas de aire con trayectoria ciclónica (Fig. 6) se desplazan hacia el sur. El decrecimiento de f sobrecompensa o excede al aumento de ζ . Por lo que el espesor de Δp aumenta, manteniéndose constante la vorticidad absoluta.

Según este modelo, en la porción suroeste de la masa de aire frío se acusa divergencia en los niveles bajos, mientras que al nivel de 200 mb y a veces 500 mb, aparece una corriente convergente. El aire frío en el cuadrante SW de la corriente y, en particular, en el área del frente caliente, se puede distinguir por la convergencia en los niveles inferiores y una divergencia en la altura.

Es comprensible que este modelo se presente con un sinnúmero de modificaciones. Así, ocurre rara vez, por ejemplo, la presencia de una convergencia en la altura en la parte trasera de la vaguada durante las primeras etapas del ciclón. Basta un desarrollo débil de la amplitud de la onda en la altura para que prevalezca (sobre el factor de curvatura ciclónica), en la parte trasera de la vaguada una fuerte divergencia de velocidad; el resultado es una divergencia fuerte en la altura. En estos casos pueden las masas de aire frío llegar hasta la porción SW de México sin haberse encogido verticalmente y, en consecuencia, sin haber sufrido calentamiento adiabático. En tales casos se observa un descenso de temperatura de 10°C o más.

Las vaguadas en la altura al nivel de 500 y 200 mb, caracterizadas por una extraordinaria amplitud y por un lento desplazamiento, se apartan también del modelo. En estos casos el lado trasero de la vaguada se caracteriza por una muy intensa convergencia en la altura debido a la fuerte curvatura ciclónica de las líneas de corriente. Las

masas de aire frío en las capas inferiores se encuentran directamente debajo del lado trasero de estas ondas estacionarias animadas de fuertes movimientos descendentes. Estos movimientos descendentes dan lugar al calentamiento adiabático del aire frío, reduciéndose los contrastes térmicos en la vecindad del frente frío. Palmén (1951) ha estimado para el caso $\xi = 0$ una contracción vertical de 60% entre los 60° y 20° de latitud N. Esto significa que una partícula de aire que se encuentre a 60°N al nivel de 300 mb al desplazarse hacia el sur hasta una latitud de 20° desciende hasta los 730 mb, es decir, baja 6500 m. Esto corresponde a una elevación adiabática de temperatura de 65° aproximadamente. Si la temperatura de la partícula a 300 mb en la latitud 60°N es de unos -55°C , al descender ésta a 730 mb y a una latitud de 20°N su temperatura subiría hasta los 10°C . Temperaturas de este orden de magnitud se observan a esta altura sobre México durante el invierno. La advección de masas de aire frío no resulta así, en muchos casos, en un descenso de temperatura. Sólo en los niveles bajos, donde no es posible el encogimiento vertical de las columnas de aire, permanece un colchón de aire frío como resultado de las bajas temperaturas iniciales de las masas de aire frío. Los frentes fríos de este tipo corresponden a los llamados *catafrentes*. Estos frentes se distinguen porque la velocidad del viento es aparentemente mayor que la velocidad de desplazamiento del frente frío. Además, las masas de aire frío muestran sólo una ligera pendiente cerca del catafrente por lo que el viento no varía de dirección con la altura sino ligeramente.

Todas estas características se cumplen siempre en la región de México para aquellos frentes que se vuelven casi estacionarios. En estos casos se encuentra México, puesto que el eje de la vaguada en la altura, así como el frente frío en general a los 80° a 90° de longitud oeste (Tablas 1 a 4), debajo de la parte trasera de la vaguada en la altura.

Al comparar la Fig. 5b con la 5e, f y g se puede apreciar que el frente frío de superficie se desplaza sólo muy lentamente en los intervalos de 6 horas después del 10/1/69 a las 12:00 GMT. La velocidad del viento sobrepasa a la de propagación del frente y particularmente

el 11/1/69 a las 00.00 GMT se encuentra México debajo del lado trasero de la vaguada en la altura (Fig. 5g).

En las Figs. 7a y b aparecen los cambios de temperatura correspondientes observados en la vertical sobre Veracruz y México al paso del frente. Se aprecia que el enfriamiento del aire en Veracruz el 11/1/69 sólo ocurre hasta el nivel de 700 mb y, como consecuencia de esta falta de profundidad, el aire frío en la Altiplanicie Mexicana sólo produce un ligero descenso de la temperatura (Fig. 7b). En la parte central de la Altiplanicie Mexicana no se producen precipitaciones asociadas al paso de este frente.

En contraste con esta invasión de aire polar, en la Fig. 8a se muestra otro caso: el de los días 16-18/3/69 en que la porción central de la Altiplanicie se encuentra bajo la parte delantera de una vaguada incipiente en la altura. La vaguada está inclinada en dirección NE-SW lo que conduce a una advección de humedad en los niveles superiores. Por consiguiente la temperatura desciende marcadamente a todos los niveles, desde la superficie hasta los 540 mb; al mismo tiempo que aumenta considerablemente la humedad entre los 800 y 400 mb. La disminución de temperatura tiene lugar también en forma ligera el 19/3/69 en la Altiplanicie. En particular puede apreciarse claramente un aumento de la humedad arriba del nivel de 550 mb que termina sin embargo abruptamente al llegar a la altura de la inversión de los alisios. Aun así, basta esta humedad, en conjunción con los movimientos ascendentes delante de la vaguada y el 18 y 19/3/69 se producen lluvias considerables en los valles elevados de la Altiplanicie Mexicana.

Ilustrativa es la distribución del viento y de la precipitación para el 18/3/69 en la región del valle Puebla-Tlaxcala (Fig. 8d). Es de advertir que el viento superficial no sopla de la dirección norte, sino del sur. En el valle de Puebla-Tlaxcala soplan normalmente del sur vientos del valle durante el día. Los fuertes nublados del 18/3/69 (Fig. 8d) impiden, desde luego, la formación de esta circulación local debido a la falta de insolación. Más bien este viento del sur tiene un origen sinóptico como resultado de una área de baja presión (Fig. 8a), que en parte también permanecía el 18/3/69 en el occidente de la Altiplanicie.

Región 8a

| año | mes | | | | | | | | | | | |
|------|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| 1899 | 7 | 6 | 10 | 8 | 1 | — | 1 | — | — | 2 | 3 | 8 |
| 1900 | 6 | 5 | 7 | 8 | 8 | — | 1 | — | — | 5 | 5 | 9 |
| 1901 | 4 | 7 | 4 | 8 | 4 | 2 | — | 1 | 2 | 3 | 1 | 8 |
| 1902 | 12 | 16 | 13 | 6 | 4 | 3 | — | — | 7 | 6 | 8 | 9 |
| 1903 | 8 | 9 | 17 | 5 | 10 | 13 | — | 4 | — | 7 | 6 | 5 |
| 1904 | 4 | 3 | 3 | 12 | 10 | 1 | 2 | 4 | 4 | 2 | 4 | 6 |
| 1905 | 6 | 8 | 11 | 7 | 5 | — | 4 | — | 2 | 3 | 4 | 7 |
| 1906 | 3 | 6 | 7 | 4 | 4 | 1 | 10 | 2 | 1 | 3 | 8 | 7 |
| 1907 | 5 | 3 | 7 | 9 | 5 | 2 | 1 | — | 5 | 2 | 10 | 7 |
| 1908 | 5 | 7 | 6 | 8 | 1 | 4 | 2 | 1 | 1 | 3 | 2 | 7 |
| 1909 | 5 | 6 | 16 | 7 | 11 | 2 | 1 | 1 | 2 | 4 | 13 | 11 |
| 1910 | 9 | 7 | 7 | 9 | 8 | 4 | — | 10 | 2 | 4 | 6 | 4 |
| 1911 | 6 | 6 | 14 | 12 | 3 | 1 | 2 | 2 | 1 | 6 | 8 | 17 |
| 1912 | 8 | 5 | 12 | 9 | 6 | 1 | — | — | 6 | 8 | 4 | 6 |
| 1913 | 6 | 13 | 11 | 3 | 12 | 4 | 1 | 4 | 3 | 6 | 4 | 11 |
| 1914 | 6 | 8 | 6 | 7 | 8 | 1 | 1 | 4 | 4 | 7 | 14 | 10 |
| 1915 | 5 | 8 | 7 | 5 | 6 | 1 | 4 | 8 | 5 | 9 | 6 | 6 |
| 1916 | 7 | 4 | 4 | 11 | 6 | 4 | 1 | — | 9 | 1 | 5 | 13 |
| 1917 | 11 | 9 | 14 | 8 | 8 | 7 | 3 | — | 2 | 3 | 4 | 7 |
| 1918 | 8 | 7 | 9 | 13 | 2 | — | — | — | 7 | 3 | 5 | 6 |
| 1919 | 7 | 7 | 9 | 6 | 16 | 7 | 4 | 2 | 1 | 3 | 9 | 9 |
| 1920 | 6 | 7 | 8 | 9 | 5 | 8 | — | 1 | 2 | 2 | 11 | 3 |
| 1921 | 5 | 6 | 6 | 7 | 2 | — | — | — | 1 | 5 | 3 | 10 |
| 1922 | 11 | 13 | 10 | 11 | 6 | — | 1 | 1 | 5 | 3 | 11 | 5 |
| 1923 | 7 | — | 8 | 9 | 6 | 4 | 4 | 4 | 8 | 9 | 4 | 7 |
| 1924 | 10 | 5 | 10 | 9 | 4 | 3 | 12 | 1 | 10 | 3 | 5 | 9 |
| 1925 | 11 | 8 | 11 | 3 | 5 | — | — | 1 | 2 | 7 | 9 | 4 |
| 1926 | 4 | 4 | 9 | 4 | 7 | 2 | 2 | — | 2 | 4 | 8 | 11 |
| 1927 | 5 | 8 | 9 | 3 | 5 | 4 | 3 | 2 | 3 | 5 | 3 | 3 |
| 1928 | 8 | 11 | 7 | 6 | 2 | 5 | — | 2 | 8 | 3 | 5 | 8 |
| 1929 | 5 | 8 | 3 | 6 | 6 | 3 | 1 | 1 | 1 | 4 | 9 | 7 |
| 1930 | 4 | 9 | 7 | 4 | 6 | 1 | — | — | 11 | 1 | 2 | 9 |
| 1931 | 2 | 9 | 7 | 4 | 2 | — | — | 2 | — | — | 1 | 8 |
| 1932 | 3 | 5 | 4 | 7 | 9 | — | — | 4 | 4 | 4 | 5 | 12 |
| 1933 | 6 | 9 | 4 | 10 | 5 | — | 2 | — | — | 1 | 2 | 7 |
| 1934 | 15 | 9 | 5 | 5 | 1 | — | — | 6 | 2 | 7 | 6 | 5 |
| 1935 | 4 | 8 | 6 | 10 | 6 | 1 | — | — | 4 | 3 | 6 | 7 |
| 1936 | 7 | 7 | 11 | 3 | — | — | — | — | 1 | 3 | 3 | 10 |

(continúa)

(continuación)

| | | | | | | | | | | | | |
|------|----|----|----|----|---|---|---|---|----|----|----|----|
| 1937 | 16 | 10 | 13 | 2 | 5 | — | 2 | — | 5 | 1 | 6 | 5 |
| 1938 | 10 | 6 | 5 | 3 | 7 | 1 | 3 | 1 | 3 | 2 | 6 | 6 |
| 1939 | 7 | 13 | 5 | 7 | 1 | — | | | | | | |
| 1940 | | | | 11 | 6 | 7 | 6 | 2 | 6 | 12 | 12 | 7 |
| 1941 | 9 | 4 | 15 | 8 | 3 | 4 | 1 | 1 | 3 | 2 | 7 | 8 |
| 1942 | 8 | 5 | 3 | 2 | 6 | 3 | — | 2 | 2 | 4 | 7 | 10 |
| 1943 | 6 | 6 | 8 | 7 | 7 | 1 | — | 2 | 6 | 4 | 7 | 7 |
| 1944 | 7 | 10 | 10 | 9 | 4 | | 4 | 2 | 8 | 8 | 11 | 4 |
| 1945 | 8 | 7 | | | | | 1 | 1 | 2 | 7 | 10 | 17 |
| 1946 | 17 | 12 | 10 | 6 | 4 | 2 | 2 | 2 | 3 | 2 | 14 | 9 |
| 1947 | 11 | 8 | 4 | 10 | 7 | 1 | 3 | — | 5 | 3 | 17 | 9 |
| 1948 | 10 | 3 | 15 | 3 | 6 | | — | 1 | 4 | 7 | 11 | 8 |
| 1949 | 8 | 5 | 6 | 4 | 1 | — | — | 2 | 1 | 10 | 5 | 9 |
| 1950 | 5 | 6 | 3 | 3 | 4 | 4 | — | — | 3 | 3 | 1 | 8 |
| 1951 | 10 | 7 | 4 | 4 | 3 | 1 | — | — | 3 | 3 | 5 | 2 |
| 1952 | 7 | 8 | 14 | 7 | 8 | — | — | 2 | 6 | 4 | 6 | 13 |
| 1953 | 5 | 6 | 2 | 2 | 7 | — | 1 | 8 | 6 | 3 | 6 | 16 |
| 1954 | 8 | 6 | 6 | 4 | 4 | 1 | — | — | 3 | 6 | 7 | 7 |
| 1955 | 11 | 8 | 1 | 9 | 2 | 4 | — | — | — | 10 | 8 | 7 |
| 1956 | 8 | 8 | 11 | 4 | 3 | 1 | — | — | 1 | 3 | 9 | 8 |
| 1957 | 4 | 9 | 9 | 5 | 6 | 1 | 1 | 3 | 12 | 10 | 15 | 11 |
| 1958 | 14 | 23 | 19 | 12 | 9 | 2 | | 4 | 6 | 12 | 9 | 16 |
| 1959 | 3 | 9 | 7 | 3 | 9 | 2 | — | 1 | — | 5 | 3 | 3 |
| 1960 | 5 | 4 | 6 | 1 | 7 | — | — | — | 5 | 2 | 7 | |

Región 8 b

| año | mes | | | | | | | | | | | |
|------|-----|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| 1899 | 2 | 3 | 3 | 3 | 4 | 5 | 2 | — | 4 | 2 | 2 | 3 |
| 1900 | 2 | 2 | 4 | 6 | 3 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 4 | 5 |
| 1901 | 7 | 4 | 3 | 2 | 4 | 6 | — | 3 | 4 | 1 | 2 | — |
| 1902 | 3 | — | — | — | — | — | 2 | 8 | 8 | 8 | — | 4 |
| 1903 | — | 1 | 3 | 1 | 2 | 5 | 2 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 |
| 1904 | 1 | 1 | — | — | — | 5 | — | — | 2 | 1 | 1 | 1 |
| 1905 | 3 | 2 | 3 | 2 | 5 | 2 | 1 | 6 | 1 | 1 | — | 4 |
| 1906 | — | — | 3 | 2 | 5 | — | 2 | 2 | 1 | 6 | 2 | 5 |
| 1907 | 3 | 1 | — | 1 | 3 | 3 | 2 | — | 5 | 2 | 7 | 2 |
| 1908 | 2 | 2 | 1 | 3 | 3 | 2 | 2 | 2 | 3 | 2 | 3 | 2 |
| 1909 | 4 | 1 | — | 1 | 8 | 3 | 3 | 2 | 2 | — | — | 2 |

(continúa)

(continuación)

| | | | | | | | | | | | | |
|------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1910 | 3 | — | — | — | 3 | 3 | 2 | 2 | — | 2 | — | 3 |
| 1911 | 1 | — | 3 | 2 | 1 | 6 | 1 | — | 3 | 7 | — | 1 |
| 1912 | 2 | 1 | 2 | 3 | 3 | 2 | 1 | 1 | 1 | 4 | 2 | — |
| 1913 | 2 | — | 1 | 1 | 1 | 1 | 3 | 5 | — | 2 | 1 | 1 |
| 1914 | 1 | 1 | 3 | 2 | 2 | 2 | 5 | 1 | 2 | 5 | 2 | 1 |
| 1915 | 1 | — | 2 | 2 | — | 1 | 1 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 |
| 1916 | — | 4 | — | 2 | 5 | 3 | 3 | 1 | 2 | — | 3 | 3 |
| 1917 | 1 | 3 | 3 | 1 | 1 | 3 | 1 | 7 | 3 | 3 | 3 | 1 |
| 1918 | 2 | 3 | 5 | 1 | 1 | 6 | 2 | 1 | — | 1 | 3 | 4 |
| 1919 | 2 | 3 | 3 | 4 | 5 | 2 | 2 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1920 | 5 | 1 | 2 | 3 | 7 | 1 | 1 | 4 | — | 2 | 5 | 4 |
| 1921 | 1 | 1 | 1 | 4 | 2 | 4 | 1 | 1 | — | 5 | 5 | 1 |
| 1922 | 3 | — | — | 3 | — | — | 1 | 2 | 1 | 3 | 2 | 1 |
| 1923 | 1 | 1 | 2 | 4 | 2 | 1 | 3 | 2 | 1 | — | 1 | — |
| 1924 | 4 | 1 | 2 | 1 | 7 | 2 | 5 | 1 | 5 | 4 | 2 | 1 |
| 1925 | 2 | 2 | 3 | 2 | 2 | — | 2 | 3 | 1 | 6 | 1 | 1 |
| 1926 | 6 | 2 | 1 | 2 | 4 | 6 | 2 | 5 | 1 | 1 | 2 | 3 |
| 1927 | 3 | 2 | 6 | 2 | 3 | 2 | 3 | 7 | 2 | 2 | — | — |
| 1928 | 2 | 2 | — | 2 | — | 3 | 1 | 4 | 3 | 4 | 3 | 3 |
| 1929 | 4 | 3 | 5 | 3 | 2 | 3 | 4 | 3 | — | 1 | 2 | — |
| 1930 | 1 | 2 | 1 | 1 | 2 | 3 | — | — | 8 | 4 | 1 | 6 |
| 1931 | 2 | 3 | 3 | 1 | 1 | 1 | — | 2 | — | 1 | 1 | — |
| 1932 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 | 2 | — | — | 1 | 3 | 6 | 2 |
| 1933 | — | 3 | 1 | 5 | 3 | — | 3 | 2 | — | 2 | 4 | 2 |
| 1934 | 3 | 2 | 5 | 3 | 3 | 1 | 1 | — | — | 2 | 4 | 3 |
| 1935 | 3 | 1 | 2 | 6 | — | 3 | 1 | 2 | 2 | 6 | 3 | 3 |
| 1936 | 2 | 4 | 4 | 4 | 2 | 2 | — | 1 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| 1937 | 2 | 2 | 3 | 1 | 2 | 4 | 4 | 1 | 3 | 5 | 1 | 1 |
| 1938 | — | 1 | 3 | 1 | 2 | 3 | 6 | 1 | 6 | 3 | 1 | 1 |
| 1939 | 1 | 3 | 2 | 4 | 3 | — | — | — | — | — | — | — |
| 1940 | — | — | — | — | 5 | 3 | 1 | 2 | 1 | 1 | 3 | 5 |
| 1941 | 5 | 2 | 3 | 9 | 3 | 2 | — | 3 | 4 | 5 | 1 | 8 |
| 1942 | 1 | 3 | 3 | 1 | 3 | 1 | 1 | 1 | — | 4 | 1 | 3 |
| 1943 | 3 | 3 | 2 | 4 | 4 | — | 3 | 2 | 4 | 1 | — | 2 |
| 1944 | 2 | 3 | 2 | 2 | 1 | 1 | 3 | 5 | 2 | 3 | 2 | 3 |
| 1945 | 3 | 4 | — | — | — | — | 1 | 1 | — | 5 | 1 | 1 |
| 1946 | 1 | 1 | 3 | 7 | 2 | — | 2 | 4 | 4 | 1 | 2 | 2 |
| 1947 | 2 | 2 | 2 | 5 | 4 | 4 | 3 | 1 | 4 | 5 | 6 | — |
| 1948 | 3 | 6 | — | 4 | 3 | — | 1 | — | — | 2 | 2 | — |
| 1949 | 3 | 1 | 2 | 2 | 3 | 2 | 1 | — | 6 | 3 | 3 | 4 |
| 1950 | 2 | 1 | 2 | 3 | 1 | 1 | 2 | 5 | 3 | 3 | 6 | 3 |

(continúa)

(continuación)

| | | | | | | | | | | | | |
|------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|---|
| 1951 | 1 | 1 | 4 | 3 | 2 | 2 | — | 1 | 1 | 2 | 1 | 2 |
| 1952 | 3 | 2 | 3 | 1 | 3 | 2 | 1 | 2 | 1 | 3 | 2 | 3 |
| 1953 | 2 | 6 | 2 | 7 | 2 | 2 | 1 | 3 | 6 | 2 | 1 | 1 |
| 1954 | 2 | 1 | 2 | 1 | 3 | 3 | — | 1 | 4 | — | 1 | 5 |
| 1955 | 3 | 3 | 3 | 7 | 2 | 4 | — | — | 6 | 2 | 1 | — |
| 1956 | 3 | — | 2 | 3 | 2 | — | — | — | — | 2 | 5 | — |
| 1957 | 1 | 2 | 3 | 3 | 1 | 1 | — | 3 | 1 | 3 | 1 | — |
| 1958 | 1 | — | — | 1 | 2 | 2 | — | 7 | 7 | 8 | 12 | 7 |
| 1959 | 2 | 2 | 2 | 3 | 1 | 1 | — | 2 | 1 | 1 | 1 | — |
| 1960 | 2 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | — | 1 | 3 | 2 | 2 | 2 |

Tabla 1: Frecuencia mensual de los frentes fríos de superficie en las regiones 8a y 8b indicadas en la Fig. 9 para el periodo 1899-1960.

| Región 9a | | | | | | | | | | | | |
|-----------|-----|---|---|---|----|---|---|---|---|----|----|----|
| año | mes | | | | | | | | | | | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| 1899 | 8 | 3 | — | — | — | — | — | — | — | 1 | — | 3 |
| 1900 | 1 | 1 | 1 | — | — | — | — | — | — | — | 2 | 4 |
| 1901 | 3 | — | 1 | 3 | — | — | — | — | — | 1 | — | — |
| 1902 | 1 | 8 | 6 | 3 | — | — | — | — | — | — | 1 | 6 |
| 1903 | 1 | 1 | 5 | 5 | 1 | 1 | — | — | — | — | 2 | 1 |
| 1904 | 5 | 5 | 3 | 5 | 11 | 1 | — | — | — | 2 | 6 | 5 |
| 1905 | 1 | 1 | 1 | 1 | — | — | — | — | — | 1 | — | 1 |
| 1906 | 2 | 1 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 1 |
| 1907 | — | — | — | 2 | 1 | — | — | — | — | — | — | — |
| 1908 | — | 2 | 1 | 1 | — | — | — | — | — | 3 | 3 | 1 |
| 1909 | 1 | 2 | 4 | 4 | — | — | — | — | — | — | — | 1 |
| 1910 | — | — | 1 | 1 | — | — | — | — | — | 2 | — | — |
| 1911 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 2 | 7 | 5 |
| 1912 | — | 4 | 2 | 1 | — | — | — | — | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 1913 | 3 | 5 | 1 | 2 | — | — | — | — | 1 | 1 | — | — |
| 1914 | 4 | — | 1 | 4 | — | — | — | — | 2 | 2 | 1 | 10 |
| 1915 | 1 | 3 | — | — | — | — | — | — | — | — | 1 | 10 |
| 1916 | 1 | 1 | 1 | — | — | — | — | 1 | — | — | 3 | — |
| 1917 | 1 | — | 4 | 2 | 5 | — | — | — | — | 1 | 1 | — |
| 1918 | 1 | 1 | — | — | — | — | — | — | — | — | 2 | 1 |

(continúa)

(continuación)

| | | | | | | | | | | | | |
|------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1919 | 1 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 1 |
| 1920 | 1 | 1 | — | — | — | — | — | — | — | — | 1 | 2 |
| 1921 | — | 7 | 2 | 7 | 1 | — | — | — | — | 2 | — | 2 |
| 1922 | 6 | 4 | 2 | 4 | — | — | — | — | 2 | 3 | 2 | 3 |
| 1923 | 3 | 3 | 7 | 2 | 5 | — | — | — | 2 | 1 | 3 | 4 |
| 1924 | 6 | 2 | 3 | 2 | — | — | — | — | 1 | — | — | 1 |
| 1925 | 2 | — | 1 | 1 | — | — | — | — | — | 1 | — | 1 |
| 1926 | 2 | 2 | 1 | 6 | 1 | — | — | — | — | — | 1 | 1 |
| 1927 | 1 | 1 | — | 1 | — | — | — | — | — | — | 1 | 4 |
| 1928 | 1 | 3 | 2 | 1 | — | — | — | — | — | — | — | 2 |
| 1929 | — | 1 | 1 | — | — | — | — | — | — | 1 | 2 | 2 |
| 1930 | 4 | 1 | 1 | — | — | — | — | — | — | 2 | — | 4 |
| 1931 | 1 | 1 | 2 | 3 | — | — | — | — | — | — | — | 1 |
| 1932 | 1 | 2 | 1 | — | — | — | — | — | — | 2 | 3 | 2 |
| 1933 | 2 | — | 2 | 1 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 1934 | — | 1 | 2 | — | — | — | — | — | 1 | — | — | — |
| 1935 | 1 | 1 | 1 | — | — | — | — | — | 1 | — | 1 | — |
| 1936 | — | — | 2 | — | — | — | — | — | — | — | — | 1 |
| 1937 | 2 | 4 | 4 | 3 | 5 | — | — | — | — | — | 2 | 1 |
| 1938 | 3 | 2 | — | 2 | 1 | — | — | — | — | — | 2 | 1 |
| 1939 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 1940 | — | — | — | — | — | — | — | — | 1 | 1 | 2 | 3 |
| 1941 | 1 | 3 | — | 1 | — | — | — | — | — | — | 5 | 2 |
| 1942 | 3 | 5 | 6 | 1 | 1 | — | — | — | 1 | — | 5 | 5 |
| 1943 | 2 | 4 | 3 | — | — | — | — | — | — | 1 | 3 | 2 |
| 1944 | 5 | 1 | 3 | — | — | — | — | — | — | 4 | 1 | 2 |
| 1945 | 1 | — | — | — | — | — | — | — | 1 | 4 | 1 | 3 |
| 1946 | 2 | 4 | 6 | 3 | — | — | — | — | — | — | 1 | 1 |
| 1947 | 1 | 3 | 3 | — | — | — | — | — | — | — | 1 | 9 |
| 1948 | — | 1 | 3 | — | — | — | — | — | — | 5 | 6 | 2 |
| 1949 | 2 | — | — | 1 | — | — | — | — | — | 2 | 2 | — |
| 1950 | — | 1 | — | 1 | — | — | — | — | — | — | 1 | — |
| 1951 | — | 2 | 1 | — | — | — | — | — | — | — | 4 | 3 |
| 1952 | 1 | 3 | 3 | 4 | — | — | — | — | — | 3 | 2 | 4 |
| 1953 | 2 | 1 | — | — | — | — | — | — | 1 | 1 | 3 | 1 |
| 1954 | 3 | 3 | 1 | — | 1 | — | — | — | — | 1 | 3 | 2 |
| 1955 | 4 | 5 | 3 | 1 | — | — | — | — | — | 1 | 1 | 2 |
| 1956 | 1 | 5 | 1 | — | — | — | — | — | — | 1 | 1 | — |
| 1957 | — | 3 | 6 | — | — | — | — | — | 1 | 4 | 2 | 2 |
| 1958 | 3 | 3 | 5 | 3 | — | — | — | — | — | — | — | 3 |
| 1959 | 4 | — | 5 | 2 | — | — | — | — | 1 | 2 | 2 | 5 |
| 1960 | 3 | 6 | 5 | 2 | 1 | — | — | — | — | 1 | 1 | — |

Región 9b

| año | mes | | | | | | | | | | | |
|------|-----|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| 1899 | 1 | 6 | 1 | 4 | — | — | — | — | — | 4 | 6 | 4 |
| 1900 | 2 | 2 | 2 | — | 1 | — | — | — | — | — | 5 | 6 |
| 1901 | 3 | 2 | 1 | 4 | 2 | — | — | — | — | 2 | 1 | 3 |
| 1902 | 1 | 3 | 1 | 3 | — | — | — | — | — | 2 | 5 | 3 |
| 1903 | 5 | 1 | 2 | 6 | 2 | 2 | — | — | 5 | 6 | 7 | 6 |
| 1904 | 5 | 1 | 5 | 7 | 9 | — | — | — | 1 | 3 | 5 | 6 |
| 1905 | 7 | 3 | 5 | 1 | 1 | — | — | — | — | 2 | 1 | 8 |
| 1906 | 4 | 8 | 3 | — | — | — | — | — | — | 1 | 1 | 1 |
| 1907 | — | 3 | 1 | 1 | — | — | — | — | 1 | 2 | — | — |
| 1908 | 4 | 4 | 1 | — | 2 | — | — | — | — | — | 3 | 2 |
| 1909 | 2 | 5 | 8 | 5 | — | — | — | — | — | 2 | 1 | 2 |
| 1910 | 7 | 1 | 4 | 7 | 1 | — | — | — | — | — | 2 | — |
| 1911 | 1 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 7 | 1 |
| 1912 | 4 | 4 | 2 | — | 1 | — | — | — | 1 | 1 | 4 | 3 |
| 1913 | 1 | 3 | 4 | 4 | 2 | — | 1 | — | 2 | 2 | 3 | 1 |
| 1914 | 2 | 4 | 4 | 2 | — | — | — | — | 1 | 1 | 3 | 9 |
| 1915 | 7 | 2 | 5 | — | 1 | 1 | — | — | — | 7 | 5 | 7 |
| 1916 | 2 | 3 | 5 | 5 | 1 | — | — | — | 1 | 4 | 5 | 4 |
| 1917 | 2 | 2 | 1 | 4 | 2 | 1 | — | — | — | — | 1 | 5 |
| 1918 | 6 | — | — | — | — | — | — | — | — | 1 | 4 | 7 |
| 1919 | 9 | 1 | 1 | — | — | — | — | — | — | — | — | 1 |
| 1920 | 2 | 3 | 2 | 1 | — | — | — | — | — | — | 1 | 1 |
| 1921 | 3 | 3 | — | 1 | 2 | — | — | — | — | 2 | 4 | 3 |
| 1922 | 2 | 1 | 5 | 2 | — | — | — | — | — | 2 | 1 | 1 |
| 1923 | 3 | 1 | — | 1 | 2 | — | — | — | — | 4 | 1 | 6 |
| 1924 | 2 | 5 | 5 | 1 | 2 | — | — | — | — | 4 | 1 | 6 |
| 1925 | 2 | 3 | 3 | 1 | 1 | — | — | — | — | — | 5 | 2 |
| 1926 | 3 | 3 | 2 | 4 | 2 | — | — | — | — | 2 | 4 | 2 |
| 1927 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | — | — | — | — | — | 3 | 2 |
| 1928 | 3 | 3 | 1 | 7 | 5 | — | — | — | — | — | 1 | 8 |
| 1929 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | — | — | — | — | 1 | — | 6 |
| 1930 | 3 | 3 | 3 | — | — | — | — | — | — | 1 | — | — |
| 1931 | 4 | 3 | 5 | 1 | — | — | — | — | — | 1 | — | — |
| 1932 | 2 | — | 3 | 1 | 2 | — | — | — | — | 2 | 2 | — |
| 1933 | 1 | 1 | 4 | 3 | — | — | — | — | — | — | 1 | — |
| 1934 | 2 | 1 | 3 | — | — | — | — | — | 1 | — | — | 1 |
| 1935 | — | 2 | 2 | 3 | — | — | — | — | — | 1 | 5 | 1 |
| 1936 | 1 | — | 4 | — | 1 | 3 | — | — | — | 1 | — | 3 |

(continúa)

(continuación)

| | | | | | | | | | | | | |
|------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1937 | — | 3 | 1 | 2 | 1 | — | 1 | — | — | 2 | 4 | 2 |
| 1938 | 2 | 1 | 1 | 1 | — | — | — | — | — | 2 | 1 | 4 |
| 1939 | 2 | — | — | 2 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 1940 | — | — | — | — | 2 | — | — | — | — | — | — | — |
| 1941 | 1 | 3 | 2 | — | 4 | — | — | — | — | — | 6 | — |
| 1942 | — | 3 | 3 | 4 | — | — | — | — | 1 | — | 2 | 2 |
| 1943 | 7 | 2 | 1 | — | — | — | 1 | — | — | 3 | 2 | 3 |
| 1944 | 4 | 3 | 2 | 2 | 2 | — | — | — | — | 2 | 2 | 1 |
| 1945 | 4 | 2 | — | — | — | — | — | — | — | 4 | 5 | 3 |
| 1946 | 4 | 6 | 2 | 4 | 2 | 2 | — | — | — | — | 7 | 1 |
| 1947 | 5 | 2 | 2 | — | — | — | — | — | — | 1 | 2 | 3 |
| 1948 | 3 | 3 | 1 | — | — | — | — | — | — | 4 | — | 3 |
| 1949 | — | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | — | — | — | — | 5 | 2 |
| 1950 | — | 1 | 2 | 1 | — | — | — | — | — | — | 2 | 3 |
| 1951 | 4 | 1 | 2 | 1 | — | — | — | — | — | 3 | 1 | 1 |
| 1952 | 1 | — | — | — | 2 | — | — | — | — | 1 | 2 | 1 |
| 1953 | — | — | 1 | — | — | — | — | — | — | 1 | — | 1 |
| 1954 | 1 | 1 | 1 | — | — | — | — | — | — | 1 | 4 | 4 |
| 1955 | 6 | 3 | 5 | 2 | — | — | — | — | — | 4 | 3 | 1 |
| 1956 | 1 | 1 | 1 | 1 | — | — | — | — | — | — | 2 | 2 |
| 1957 | — | 1 | 7 | — | — | — | — | — | 1 | 3 | 1 | 9 |
| 1958 | 9 | 1 | 4 | 1 | — | — | — | — | — | 5 | 2 | 7 |
| 1959 | 1 | — | 3 | 2 | — | — | — | — | — | — | 1 | 1 |
| 1960 | — | 2 | 2 | — | 1 | — | — | — | — | — | 3 | — |

Tabla 2: Frecuencia mensual de los frentes fríos de superficie en las regiones 9a y 9b indicadas en la Fig. 9 para el periodo 1899-1960.

Región 10a

| año | mes | | | | | | | | | | | |
|------|-----|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| 1899 | 1 | 2 | 4 | — | — | — | — | — | — | — | 1 | 2 |
| 1900 | 3 | 3 | 5 | — | 2 | — | — | — | — | — | 1 | 2 |
| 1901 | 3 | 3 | 1 | 7 | — | — | — | — | — | 1 | 4 | — |
| 1902 | 7 | 4 | 5 | 4 | 1 | — | — | — | — | 3 | 3 | 8 |
| 1903 | 1 | — | — | 4 | 3 | 1 | — | — | — | 3 | 7 | 2 |
| 1904 | 1 | 8 | 3 | 3 | 2 | 1 | — | — | — | 1 | 5 | 1 |

(continúa)

(continuación)

| | | | | | | | | | | | |
|------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1905 | 2 | 2 | 1 | — | — | — | — | — | — | 3 | — |
| 1906 | — | 1 | 3 | 2 | — | — | — | — | — | — | — |
| 1907 | 2 | — | — | 4 | — | — | — | — | 6 | 4 | 3 |
| 1908 | 2 | 2 | 3 | — | — | — | — | — | — | — | 1 |
| 1909 | 2 | 1 | 5 | 1 | — | — | — | — | — | 1 | 3 |
| 1910 | 2 | 1 | 2 | 3 | — | — | — | — | 1 | — | 1 |
| 1911 | 1 | — | — | 2 | — | — | — | — | — | 3 | 3 |
| 1912 | 2 | 7 | — | — | — | — | — | — | — | 2 | — |
| 1913 | — | — | — | 3 | 2 | — | — | — | — | — | 2 |
| 1914 | 5 | 2 | 6 | 2 | 2 | — | — | — | — | 7 | — |
| 1915 | 4 | 7 | 2 | 3 | — | 1 | — | — | 3 | 2 | 4 |
| 1916 | 1 | 4 | 4 | 1 | 2 | 2 | — | — | 2 | 3 | — |
| 1917 | — | 3 | 3 | 4 | 3 | — | — | — | — | 3 | 4 |
| 1918 | 3 | — | — | — | — | — | — | — | — | 1 | — |
| 1919 | 6 | 1 | 4 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 1920 | 3 | 1 | — | — | — | — | — | — | — | — | 2 |
| 1921 | 5 | 2 | — | 3 | 4 | — | — | — | 1 | 1 | 5 |
| 1922 | 3 | 4 | 4 | 2 | — | — | — | — | 1 | 2 | 3 |
| 1923 | 5 | — | 1 | — | 4 | — | — | — | 3 | 2 | 1 |
| 1924 | 2 | 3 | 4 | 4 | — | — | — | — | — | 1 | — |
| 1925 | — | 1 | 2 | 2 | — | — | — | — | — | 2 | — |
| 1926 | 1 | 4 | 6 | 1 | — | — | — | — | 2 | 2 | — |
| 1927 | 1 | — | 3 | 1 | — | — | — | — | 1 | 1 | 3 |
| 1928 | 4 | 1 | 3 | 4 | 5 | — | — | — | — | — | 8 |
| 1929 | — | — | 1 | — | — | — | — | — | — | — | 2 |
| 1930 | — | 5 | 9 | — | — | — | — | — | 6 | — | 5 |
| 1931 | 8 | 7 | 2 | 1 | — | — | — | — | — | 4 | — |
| 1932 | — | — | 2 | 2 | — | — | — | — | — | 9 | 2 |
| 1933 | — | — | 1 | 2 | — | — | — | — | — | 1 | — |
| 1934 | — | 1 | 6 | 1 | — | — | — | — | — | 1 | 3 |
| 1935 | 1 | 3 | — | 4 | — | — | — | — | 2 | 2 | 4 |
| 1936 | — | — | 7 | 2 | 1 | — | — | — | — | — | — |
| 1937 | — | — | 1 | 2 | — | — | — | — | — | 3 | 7 |
| 1938 | 1 | 1 | — | 1 | — | — | — | — | — | 3 | 1 |
| 1939 | 1 | — | 4 | 1 | — | — | — | — | — | — | — |
| 1940 | — | — | — | — | 2 | — | — | — | — | 1 | — |
| 1941 | 4 | — | 6 | 4 | 3 | — | — | — | — | 2 | — |
| 1942 | 4 | 6 | 2 | 2 | — | — | — | — | — | 1 | 6 |
| 1943 | 1 | 1 | 2 | — | — | — | — | — | 3 | 1 | 2 |
| 1944 | 6 | — | 3 | 3 | — | — | — | — | 1 | 5 | 7 |
| 1945 | 2 | — | — | — | — | — | — | — | — | 5 | 6 |

(continúa)

•

(continuación)

| | | | | | | | | | | | | |
|------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1946 | 5 | 1 | 4 | 5 | 1 | - | - | - | - | - | - | - |
| 1947 | - | 4 | 1 | - | - | - | - | - | - | 1 | - | 3 |
| 1948 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 1 |
| 1949 | 2 | - | 1 | - | - | 1 | - | - | 1 | - | 1 | - |
| 1950 | - | - | - | 1 | - | - | - | - | - | - | 2 | 2 |
| 1951 | - | 6 | 2 | 1 | - | - | - | - | - | - | 4 | 1 |
| 1952 | 6 | 5 | - | 3 | - | - | - | - | - | 2 | 3 | 5 |
| 1953 | 5 | - | - | 1 | - | - | - | - | - | 1 | 3 | 4 |
| 1954 | 5 | 4 | 3 | - | - | - | - | - | - | - | 1 | 2 |
| 1955 | 2 | 2 | - | 1 | - | - | - | - | - | - | 1 | 2 |
| 1956 | 2 | - | 2 | 4 | - | - | - | - | - | - | 1 | - |
| 1957 | - | - | 3 | - | - | - | - | - | - | 1 | - | - |
| 1958 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 1959 | 2 | - | - | 1 | 1 | - | - | - | - | - | 1 | 4 |
| 1960 | 3 | 4 | 2 | 2 | - | - | - | - | - | - | 2 | - |

Región 10b

| año | mes | | | | | | | | | | | |
|------|-----|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| 1899 | 2 | - | 1 | 6 | 2 | 1 | 1 | 2 | 2 | 5 | 5 | 3 |
| 1900 | 1 | 1 | 3 | 5 | 4 | - | 1 | 2 | 3 | 1 | 1 | 1 |
| 1901 | 3 | 4 | 3 | 6 | - | - | - | - | 1 | 3 | 4 | 5 |
| 1902 | 2 | - | 2 | 1 | - | - | - | - | - | - | 3 | 2 |
| 1903 | 2 | 4 | 3 | 1 | 3 | 5 | 1 | - | 2 | 3 | 4 | 3 |
| 1904 | 2 | 1 | 2 | 1 | 1 | - | - | 2 | 1 | 3 | 5 | 3 |
| 1905 | 3 | 1 | 4 | 2 | 1 | - | 1 | 1 | 5 | 6 | 4 | 1 |
| 1906 | 4 | 5 | 3 | 2 | 2 | 1 | - | - | 2 | 3 | 5 | 4 |
| 1907 | 1 | 3 | 4 | 1 | - | 2 | - | - | 1 | 4 | 3 | 3 |
| 1908 | 4 | 2 | - | 1 | - | 1 | 1 | - | 1 | 1 | 3 | 6 |
| 1909 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | - | - | - | - | 5 | 5 | 2 |
| 1910 | 3 | 1 | 5 | 2 | 4 | - | - | - | 1 | 3 | 4 | 6 |
| 1911 | 1 | 3 | 2 | 2 | - | - | - | - | - | 3 | 2 | 3 |
| 1912 | 2 | 1 | 4 | 1 | 1 | - | - | - | - | 2 | 5 | 5 |
| 1913 | 4 | - | 1 | 2 | - | - | - | - | 1 | 6 | 6 | 6 |
| 1914 | 1 | 1 | 3 | 1 | 2 | - | - | - | 3 | - | 4 | - |
| 1915 | 2 | 1 | 4 | 2 | - | 1 | - | 5 | 1 | 4 | 4 | 7 |
| 1916 | - | 2 | 1 | - | 1 | 2 | - | - | 1 | - | 6 | 3 |
| 1917 | 6 | 3 | 2 | 3 | 1 | - | - | - | 1 | - | 2 | 3 |
| 1918 | 3 | 2 | 1 | 3 | 2 | - | 1 | - | 1 | 2 | 4 | 4 |

(continúa)

(continuación)

| | | | | | | | | | | | | |
|------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1919 | 1 | 4 | 5 | 6 | — | 1 | 1 | — | — | 1 | 3 | 3 |
| 1920 | 3 | 3 | 3 | 2 | 2 | 1 | — | — | — | — | 4 | 4 |
| 1921 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 6 | — | — | 1 | — | 1 | 2 |
| 1922 | 1 | 2 | 2 | 2 | 3 | — | — | — | 1 | 3 | 5 | 2 |
| 1923 | 2 | 1 | — | 3 | 1 | 1 | — | — | 1 | 2 | 5 | 7 |
| 1924 | 1 | 4 | 4 | 3 | — | — | — | 1 | 3 | 7 | 4 | 1 |
| 1925 | 3 | 4 | 2 | 7 | 1 | 1 | — | 1 | 3 | 1 | 3 | 3 |
| 1926 | 3 | 4 | 3 | — | 2 | 1 | — | — | 1 | 3 | 2 | 2 |
| 1927 | 2 | 2 | 1 | 4 | 1 | — | — | — | — | — | 3 | 3 |
| 1928 | 1 | 1 | 2 | 3 | 3 | 1 | — | — | 2 | 1 | 5 | 2 |
| 1929 | 5 | 3 | 4 | 2 | 1 | — | — | — | — | 8 | 4 | 3 |
| 1930 | 1 | 5 | 4 | 7 | 3 | 1 | — | — | 1 | 6 | 5 | 3 |
| 1931 | — | 1 | — | 1 | 2 | — | — | — | — | 2 | 1 | 1 |
| 1932 | 3 | 1 | 3 | 3 | 4 | — | 1 | — | 4 | — | 1 | — |
| 1933 | 2 | 2 | 2 | 2 | — | 3 | 3 | — | 1 | 1 | 2 | 3 |
| 1934 | 3 | 3 | — | 2 | 2 | 4 | — | — | — | 2 | 5 | 1 |
| 1935 | 2 | 2 | 4 | 3 | 4 | 1 | — | — | — | 1 | 1 | 3 |
| 1936 | 5 | 4 | 2 | 3 | 2 | — | — | — | 1 | — | 3 | — |
| 1937 | — | 1 | 3 | 4 | 1 | — | — | — | — | — | 2 | 2 |
| 1938 | 4 | 4 | 3 | 4 | 1 | 1 | — | — | 2 | 5 | 4 | 5 |
| 1939 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 3 | | | | | | |
| 1940 | | | | | — | 1 | 2 | — | 2 | 2 | 1 | — |
| 1941 | 4 | 6 | 2 | 2 | 3 | — | — | — | 3 | 3 | — | 3 |
| 1942 | 2 | 1 | 6 | 6 | 2 | — | — | — | 1 | 1 | 3 | — |
| 1943 | 2 | 2 | 1 | — | 1 | — | — | — | — | — | 1 | 2 |
| 1944 | 7 | 1 | 3 | 1 | 2 | — | — | 4 | 4 | 4 | 6 | 4 |
| 1945 | 5 | 2 | | | | | — | — | 1 | 4 | — | 1 |
| 1946 | 1 | — | — | — | 2 | 1 | — | — | — | 7 | — | 6 |
| 1947 | 3 | 3 | 4 | — | — | — | 1 | — | — | — | 7 | — |
| 1948 | 3 | 2 | 2 | 3 | 1 | — | — | — | 1 | 1 | — | — |
| 1949 | 2 | 1 | 4 | — | 1 | 1 | — | 1 | 1 | 4 | 4 | 5 |
| 1950 | 3 | 6 | 3 | 6 | 1 | — | — | — | — | 1 | 3 | 2 |
| 1951 | 5 | 1 | 4 | 1 | 2 | — | — | — | — | — | — | 2 |
| 1952 | — | 3 | 3 | 1 | 2 | 1 | — | 1 | 1 | 2 | 4 | 1 |
| 1953 | 4 | 4 | 2 | 4 | 1 | — | — | — | — | 1 | 2 | 1 |
| 1954 | 2 | 2 | 5 | 1 | — | — | 1 | 1 | — | 3 | 4 | 2 |
| 1955 | — | 2 | 2 | 3 | 1 | 1 | — | — | 1 | 1 | 2 | 2 |
| 1956 | 2 | 3 | 1 | 4 | 3 | — | 1 | — | — | 4 | 5 | 3 |
| 1957 | — | 3 | 5 | 7 | 1 | 1 | — | — | — | 4 | — | 1 |
| 1958 | 5 | — | — | 2 | — | — | | | | — | — | — |
| 1959 | 4 | 1 | 5 | 4 | 1 | 2 | — | 2 | 5 | 5 | 3 | 3 |

(continúa)

(continuación)

1960 5 10 7 3 1 1 - - 2 - 2

Tabla 3: Frecuencia mensual de los frentes fríos de superficie en las regiones 10a y 10b indicadas en la Fig. 9 para el periodo 1899-1960

| Región 8c | | | | | | | | | | | | |
|-----------|-----|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| año | mes | | | | | | | | | | | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| 1899 | 2 | 2 | 2 | 3 | 7 | 5 | 12 | 16 | 8 | 7 | 8 | 3 |
| 1900 | 6 | 3 | - | 3 | 6 | 5 | 8 | 13 | 3 | 11 | 2 | 1 |
| 1901 | 1 | 2 | 1 | - | 5 | 6 | 4 | 10 | 10 | 6 | 5 | 10 |
| 1902 | 2 | - | 3 | 1 | - | - | 1 | 7 | 5 | 10 | 2 | 1 |
| 1903 | 5 | 5 | 4 | - | 3 | 4 | 12 | 3 | 7 | 3 | 3 | 2 |
| 1904 | - | - | - | 2 | 2 | 5 | 9 | 6 | 7 | 5 | 4 | 2 |
| 1905 | - | 5 | 5 | 1 | 4 | 7 | 5 | 6 | 12 | 8 | 6 | 4 |
| 1906 | 3 | 2 | 2 | 10 | 1 | 9 | 6 | 3 | 9 | 6 | 2 | 1 |
| 1907 | 2 | 4 | 5 | 3 | 8 | 5 | 5 | 10 | 4 | 6 | 4 | 4 |
| 1908 | 1 | 2 | - | 4 | 4 | 9 | 11 | 11 | 6 | 12 | 5 | 5 |
| 1909 | 1 | 2 | - | 3 | 5 | 2 | 1 | 5 | 15 | 5 | 2 | 2 |
| 1910 | 3 | 1 | 4 | 7 | 5 | 9 | 8 | 7 | 11 | 9 | 8 | 6 |
| 1911 | - | 1 | 2 | 3 | 7 | 4 | 6 | 7 | - | 6 | 5 | 1 |
| 1912 | 3 | 1 | 3 | 1 | 4 | 12 | 5 | 8 | 6 | 5 | - | 5 |
| 1913 | 3 | 1 | 4 | 1 | 1 | 11 | 3 | 3 | 7 | 3 | 4 | 4 |
| 1914 | - | - | 1 | 1 | 4 | 6 | 1 | 4 | 5 | 10 | 4 | 3 |
| 1915 | 2 | 2 | 1 | 3 | 4 | 7 | 12 | 11 | 8 | - | 2 | - |
| 1916 | 3 | - | - | 2 | 2 | 5 | 7 | 13 | 4 | 10 | 6 | - |
| 1917 | 5 | 2 | 1 | 2 | 2 | 4 | 6 | 4 | 14 | 9 | 4 | 1 |
| 1918 | 2 | 5 | 4 | 5 | 7 | 11 | 7 | 8 | 7 | 7 | 1 | 1 |
| 1919 | 2 | - | 2 | 2 | 5 | 10 | 4 | 9 | 12 | 11 | 5 | 4 |
| 1920 | 5 | 2 | 7 | 2 | 2 | 6 | 9 | 7 | 15 | 6 | 3 | 1 |
| 1921 | 8 | 3 | 6 | 3 | 8 | 11 | 10 | 13 | 9 | 2 | 2 | 7 |
| 1922 | 3 | 1 | 1 | 4 | 12 | 10 | 8 | 6 | 3 | 3 | 5 | 1 |
| 1923 | 1 | 4 | 4 | 1 | 3 | 9 | 3 | 4 | 7 | 1 | 9 | 5 |
| 1924 | 3 | 3 | 2 | 3 | 7 | 4 | 5 | 11 | 7 | 6 | 8 | 5 |
| 1925 | 8 | 4 | 1 | 5 | 4 | 4 | 10 | 16 | 13 | 6 | 4 | 8 |
| 1926 | 3 | 2 | 5 | 1 | 2 | 11 | 12 | 7 | 13 | 9 | 6 | 4 |
| 1927 | 4 | 3 | 2 | 9 | 7 | 2 | 11 | 11 | 9 | 7 | 3 | 4 |

(continúa)

(continuación)

| | | | | | | | | | | | | |
|------|----|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 1928 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 7 | 5 | 8 | 7 | 7 | 5 | 2 |
| 1929 | 8 | 6 | 5 | 3 | 5 | 12 | 10 | 12 | 11 | 5 | 9 | 1 |
| 1930 | 5 | 4 | 2 | 3 | 8 | 8 | 10 | 17 | 1 | 6 | 8 | 2 |
| 1931 | 5 | 5 | 1 | 8 | 11 | 12 | 6 | 9 | 7 | 10 | 6 | 10 |
| 1932 | 4 | 5 | 7 | 7 | 3 | 14 | 15 | 13 | 15 | 5 | 4 | 7 |
| 1933 | 4 | 7 | 5 | 3 | 7 | 11 | 2 | 10 | 7 | 5 | 7 | 4 |
| 1934 | 5 | — | 3 | 5 | 11 | 6 | 14 | 7 | 14 | 7 | 6 | 9 |
| 1935 | 4 | 3 | 2 | 2 | 12 | 12 | 11 | 16 | 18 | 7 | 6 | 4 |
| 1936 | 5 | 3 | 1 | 4 | 7 | 5 | 20 | 13 | 3 | 12 | 12 | 4 |
| 1937 | 7 | 3 | 3 | 7 | 13 | 8 | 7 | 11 | 8 | 4 | 4 | 8 |
| 1938 | 6 | 5 | 5 | 9 | 6 | 10 | 7 | 20 | 11 | 5 | 8 | 3 |
| 1939 | 10 | 6 | 2 | 5 | 4 | 13 | | | | | | |
| 1940 | | | | | 7 | 8 | 8 | 6 | 6 | 2 | 9 | |
| 1941 | 4 | 5 | — | 2 | 6 | 2 | 4 | 11 | 9 | 9 | 2 | 4 |
| 1942 | 6 | 2 | 5 | 6 | 9 | 9 | 12 | 4 | 11 | 9 | 4 | 5 |
| 1943 | 1 | 5 | 4 | 1 | 4 | 4 | 7 | 15 | 4 | 9 | 8 | 4 |
| 1944 | 3 | 3 | 2 | 3 | 8 | 6 | 5 | 8 | 5 | — | 1 | 4 |
| 1945 | 4 | 5 | | | | | 10 | 11 | 12 | 3 | 2 | 1 |
| 1946 | 2 | 3 | 2 | — | 6 | 5 | 3 | 5 | 8 | 2 | 2 | 4 |
| 1947 | 1 | 1 | — | 4 | 8 | 7 | 10 | 21 | 7 | 6 | 4 | 2 |
| 1948 | 4 | 3 | 1 | 9 | 2 | | 5 | 6 | 9 | 3 | 5 | 6 |
| 1949 | 9 | 8 | 7 | 7 | 11 | 4 | 7 | 7 | 7 | 4 | 1 | 3 |
| 1950 | 6 | 4 | 7 | 4 | 2 | 11 | 9 | 8 | 6 | 8 | 3 | 9 |
| 1951 | 3 | 1 | 4 | 4 | 9 | 7 | 4 | 14 | 4 | 2 | 4 | 6 |
| 1952 | 5 | 5 | 3 | 8 | 5 | 11 | 15 | 9 | 16 | 14 | 8 | 1 |
| 1953 | 4 | 6 | 5 | 4 | 7 | 7 | 10 | 4 | 7 | 7 | 2 | 4 |
| 1954 | 1 | 4 | 3 | 8 | 7 | 9 | 7 | 4 | 9 | 2 | 4 | 2 |
| 1955 | 2 | — | 3 | 3 | 8 | 7 | 9 | 8 | 8 | 6 | 2 | 4 |
| 1956 | 6 | 3 | 2 | — | 6 | 10 | 1 | 3 | 15 | 16 | 2 | 6 |
| 1957 | 5 | 3 | 8 | 10 | 7 | 12 | 4 | 9 | 2 | — | 2 | — |
| 1958 | — | — | — | — | 7 | 1 | | — | — | — | — | — |
| 1959 | 4 | 4 | 7 | 4 | 10 | 10 | 6 | 13 | 10 | 5 | 8 | 7 |
| 1960 | 10 | 1 | 5 | 7 | 6 | 4 | 10 | 7 | 9 | 6 | 3 | |

Región 9c

| año | mes | | | | | | | | | | | |
|------|-----|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| 1899 | 3 | 2 | 2 | 7 | 7 | 5 | — | 1 | 5 | 3 | 2 | 5 |
| 1900 | 6 | 3 | 2 | 2 | 9 | 3 | 2 | 8 | 3 | 8 | 5 | 7 |

(continúa)

(continuación)

| | | | | | | | | | | | | |
|------|----|----|---|----|----|---|---|----|----|----|----|----|
| 1901 | 4 | 5 | 5 | 1 | 1 | 4 | 1 | 6 | 8 | 10 | 3 | 6 |
| 1902 | 3 | — | 1 | 3 | 1 | — | — | 5 | 7 | 5 | 1 | — |
| 1903 | 9 | 5 | 3 | 6 | 4 | 2 | 6 | 2 | 5 | 6 | 5 | 6 |
| 1904 | 6 | — | 3 | 2 | 4 | 5 | 2 | 3 | 5 | 9 | — | 7 |
| 1905 | 4 | 2 | 6 | 2 | 2 | 2 | 1 | — | 6 | 6 | 11 | 3 |
| 1906 | 5 | 6 | 4 | 4 | 5 | 6 | — | — | 5 | 6 | 6 | 8 |
| 1907 | 6 | 6 | 4 | 4 | 4 | 4 | 2 | 5 | 3 | 4 | 5 | 8 |
| 1908 | 12 | 10 | 2 | 5 | 3 | 6 | 2 | 4 | 7 | 11 | 4 | 3 |
| 1909 | 4 | 4 | — | 4 | 6 | 3 | 5 | 3 | 4 | 11 | 5 | 7 |
| 1910 | 2 | 5 | 7 | 7 | 9 | 7 | 1 | — | 4 | 5 | 10 | 12 |
| 1911 | 2 | 3 | 3 | 2 | 5 | 3 | 5 | 5 | 5 | 7 | 2 | 4 |
| 1912 | 6 | 5 | 6 | 5 | 7 | 8 | 2 | 3 | 3 | 8 | 3 | 4 |
| 1913 | 4 | 4 | 6 | 10 | 4 | 4 | 4 | — | 5 | 5 | 6 | 6 |
| 1914 | 1 | 4 | 5 | 7 | 4 | 3 | 3 | — | 8 | 10 | 3 | 1 |
| 1915 | 2 | 2 | 5 | 3 | 10 | 6 | 3 | 7 | 6 | 5 | 4 | — |
| 1916 | 3 | 3 | 3 | 7 | 3 | 2 | — | 1 | 3 | 4 | 7 | 5 |
| 1917 | 5 | 4 | 3 | 3 | — | — | 1 | 3 | 6 | 6 | 8 | 3 |
| 1918 | 4 | 6 | 5 | 6 | 6 | 6 | 5 | 4 | 6 | 6 | 6 | 6 |
| 1919 | 4 | 8 | 4 | 7 | 1 | 1 | 2 | 3 | 12 | 1 | 9 | 6 |
| 1920 | 2 | 6 | 9 | 7 | 5 | 4 | — | 3 | 6 | 12 | 5 | 10 |
| 1921 | 3 | 5 | 4 | 2 | 1 | 4 | 2 | 6 | 8 | 10 | 8 | 4 |
| 1922 | 3 | 1 | 1 | 3 | 1 | — | 1 | 1 | 3 | 5 | 7 | 7 |
| 1923 | 3 | 5 | 5 | 4 | 2 | 3 | — | 2 | 4 | 3 | 4 | 5 |
| 1924 | 8 | 6 | 4 | 5 | 4 | 3 | 3 | 6 | 8 | 9 | 4 | 3 |
| 1925 | 3 | 7 | 4 | 9 | 8 | 3 | — | 3 | 8 | 3 | 7 | 3 |
| 1926 | 7 | 3 | 7 | 3 | 5 | 7 | 4 | 3 | 3 | 7 | 4 | 4 |
| 1927 | 5 | 2 | 6 | 4 | 5 | 1 | — | 1 | 6 | 6 | 1 | 3 |
| 1928 | 3 | 6 | 5 | 5 | 3 | 4 | 3 | 3 | 10 | 5 | 3 | 3 |
| 1929 | 3 | 4 | 3 | 5 | 8 | 2 | 3 | 4 | 4 | 14 | 3 | 5 |
| 1930 | 2 | 2 | 3 | 7 | 9 | 6 | 9 | 3 | 3 | 8 | 7 | 5 |
| 1931 | 5 | 2 | 3 | 4 | 8 | 5 | 5 | 4 | 6 | 6 | 9 | 8 |
| 1932 | 5 | 7 | 5 | 9 | 4 | 2 | 3 | 14 | 7 | 9 | 3 | 3 |
| 1933 | 9 | 5 | 5 | 8 | 14 | 8 | 1 | — | 3 | 7 | 5 | 8 |
| 1934 | 6 | 7 | 3 | 9 | 5 | 1 | 7 | 2 | 6 | 8 | 7 | 7 |
| 1935 | 10 | 5 | 7 | 8 | 5 | 3 | 1 | 1 | 2 | 4 | 4 | 7 |
| 1936 | 7 | 6 | 4 | 9 | 4 | 5 | 1 | 1 | 4 | 3 | 8 | 6 |
| 1937 | 1 | 3 | 5 | 6 | 11 | 2 | — | 2 | 1 | 10 | 10 | 4 |
| 1938 | 5 | 4 | 8 | 3 | 3 | 4 | 4 | 3 | 3 | 12 | 5 | 5 |
| 1939 | 2 | 4 | 7 | 4 | 6 | 6 | | | | | | |
| 1940 | | | | | 4 | 6 | 2 | 2 | 4 | 11 | 3 | 5 |
| 1941 | 7 | 6 | 4 | 7 | 7 | 3 | 3 | 2 | 3 | | 8 | 6 |

(continúa)

(continuación)

| | | | | | | | | | | | | |
|------|----|---|----|---|---|---|---|---|----|----|---|----|
| 1942 | 4 | 5 | 5 | 3 | 4 | 4 | 6 | 1 | 3 | 7 | 8 | 3 |
| 1943 | 1 | 4 | 7 | 7 | — | 1 | 3 | 4 | 10 | 4 | 4 | 2 |
| 1944 | 3 | 2 | 2 | 4 | 1 | 6 | 4 | 2 | 4 | 8 | 2 | 1 |
| 1945 | 3 | 5 | | | | | 3 | 3 | 4 | 4 | 1 | 4 |
| 1946 | 1 | 1 | 2 | 1 | 3 | 5 | — | — | 1 | 11 | — | 4 |
| 1947 | 3 | 1 | 7 | 8 | 2 | 2 | 1 | 4 | 9 | 6 | 6 | 2 |
| 1948 | 4 | 3 | 6 | 2 | 4 | | 5 | 5 | 5 | 5 | 3 | 9 |
| 1949 | — | 6 | 3 | 7 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 9 | 5 | 5 |
| 1950 | 6 | 5 | 7 | 3 | 4 | — | 3 | 3 | 7 | 2 | 4 | 4 |
| 1951 | 5 | 4 | 5 | 7 | 1 | 3 | 1 | 4 | 1 | 7 | 7 | 5 |
| 1952 | 3 | 1 | 5 | 8 | 4 | 4 | 3 | 3 | 4 | 9 | 9 | 2 |
| 1953 | 4 | 5 | 9 | 7 | 2 | 1 | 1 | — | 6 | 6 | 4 | 6 |
| 1954 | 5 | 6 | 5 | 2 | 7 | 8 | 1 | 2 | 1 | 10 | 5 | 5 |
| 1955 | 1 | 3 | 4 | 4 | 4 | 6 | 2 | 2 | 4 | 8 | 6 | 4 |
| 1956 | 2 | 4 | 1 | 6 | 2 | 2 | 1 | 1 | 3 | 1 | 5 | 4 |
| 1957 | 7 | 5 | 11 | 7 | 5 | 5 | — | — | — | 14 | — | 1 |
| 1958 | — | — | — | 1 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 1959 | 9 | 7 | 8 | 5 | 3 | 4 | 5 | 6 | 2 | 5 | 6 | 11 |
| 1960 | 10 | 5 | 6 | 7 | 8 | 6 | 3 | 2 | 5 | 9 | 6 | |

Tabla 4: Frecuencia mensual de los frentes fríos de superficie en las regiones 8c y 9c indicadas en la Fig. 9 para el periodo 1899-1960.

Estos ejemplos permiten distinguir los siguientes tipos de 'Nortes' en México:

1. Los *catafrentes* caracterizados por masas de aire frío de poca profundidad vertical y ubicados debajo del lado trasero de la vaguada en la altura (a 500 y 200 mb); están asociados con poca nubosidad y precipitación en el Altiplano.

2. Los *anafrentes* que se distinguen por masas de aire frío de mayor profundidad en la vertical, arriba de los cuales se localiza la parte delantera de la vaguada a 500 y 200 mb y que van asociados con abundantes nubes cumuliformes y con lluvias.

3. En los meses de marzo, abril y mayo los frentes fríos sobre la Altiplanicie Mexicana se disuelven, a pesar de que sobre ellos se encuentre el lado delantero de la vaguada en la altura (Fig. 8a). Los alisios poco profundos del Golfo de México, arriba de los cuales se encuentra el lado delantero de la vaguada, dan por resultado aumento de nublados cumuliformes y lluvias en la Altiplanicie de México y en particular en los flancos orientales de la Sierra Madre.

4. A menudo se intensifican los frentes en la Altiplanicie Mexicana después de haberse debilitado. Esta intensificación de los contrastes térmicos frontales está relacionada con los cambios de posición del eje de la vaguada. Si el lado delantero se ubica sobre el frente la divergencia en la altura impide los movimientos descendentes de la masa de aire frío y los contrastes térmicos se vuelven más marcados.

La inclinación NE-SW de la vaguada en la altura se observa con más frecuencia en los meses de transición, puesto que la inclinación de la vaguada en la altura es el resultado de una disminución de la velocidad en la corriente de los vientos zonales del oeste. Preferentemente, en los casos de ejes poco inclinados NE-SW de la vaguada, México se encuentra en el lado delantero de la vaguada cubierto por nubes que luego se precipitan.

Mosiño (1963) denomina las vaguadas inclinadas como los tipos M, N, y O y estima que su frecuencia máxima es de 5 a 10% para los meses de noviembre y abril-mayo.

En las tablas 1-4 aparece la frecuencia de los frentes fríos para el periodo 1899-1960. Se distinguen 8 tipos de Nortes según el área

donde se presenta el frente frío. En la Fig. 9 se señalan los límites de estas áreas para las cuales se calculó la ocurrencia de los frentes, apoyándonos en los trabajos de Jáuregui (1971) y de Mosiño (1963). Los frentes que desde el NW alcanzan la costa oriental de México se clasificaron como tipo 8a, cuando se encontraban entre Brownsville y Veracruz, y fueron tipo 9a en el área sur contigua y así sucesivamente (ver Fig. 9). Esta distribución espacial de la frecuencia de los frentes por áreas permite observar las variaciones de los pasos frontales a lo largo del año.

En la Tabla 8a se puede advertir que la frecuencia de los frentes es máxima durante el invierno con un mínimo en el verano. Al comparar la frecuencia de los tipos 8a y 8b con los 8c, se advierte que la frecuencia de los frentes en la costa oriental de los E.U. (tipo c) es máxima en verano, mientras que los frentes del tipo 8a y 8b desaparecen en el verano. Esto se encuentra en completa concordancia con lo encontrado por Petterssen (1949) en el sentido de que el área de ciclogénesis se desplaza en el verano de 35° - 40° - 55° N.

Al comparar la frecuencia de los tipos 8c, 9c con el 10b se aprecia que los frentes fríos predominantes en las áreas 8c y 9c se vuelven estacionarios y sólo rara vez alcanza a ocupar el área 10b. Esto se encuentra en concordancia con las posiciones casi estacionarias de la vaguada en la altura a 500 y 200 mb, cuya parte delantera se encuentra sobrepuesta a los tipos 8c y 9c. Además, se explica la alta frecuencia de los tipos 8c y 9c por el hecho de que los frentes fríos en su sector SW, y debido, además, a la curvatura ciclónica de las líneas de flujo, pueden avanzar bastante más al sur sin que desaparezca el contraste térmico.

Una evaluación de la frecuencia del tipo 9a permite concluir que sin duda los 'Nortes' de este tipo tienen una frecuencia máxima en diciembre, enero y febrero, mientras que en los meses de transición de abril y mayo, así como en octubre y noviembre no desaparecen totalmente.

Puesto que en estos meses los contrastes de temperatura de la masa de aire polar son bastante más considerables que en los meses invernales, es de suponerse que los factores sinópticos, tales como la inclina-

ción SW-NE de la vaguada en la altura, contribuyen a conservar los contrastes térmicos en estos meses. Aún los tipos 10a se observan con una frecuencia relativamente alta en estos meses de transición, mientras que éstos y los tipos 9a desaparecen totalmente en el verano.

En general, se puede afirmar que el desplazamiento espontáneo de la corriente de chorro polar hacia el norte, así como la desaparición total de la corriente de chorro subtropical durante el verano, tienen lugar claramente en estos meses. La posición inclinada NE-SW de la vaguada superior, tan frecuente en los meses de transición, explica, por otra parte, la frecuencia relativamente elevada de los frentes fríos en dicha estación.

En las Figs. 10a y 10f aparecen las fotos de satélite para el periodo 8/1/69 – 13/1/69 donde se han trazado las isohipsas (en decámetros geopotenciales) correspondientes a la superficie de 500 mb. Las flechas señalan la dirección del viento geostrófico a 500 mb.

El día 8/1/69 (Figs. 5a-h) la corriente a 500 mb es casi paralela a los círculos de latitud. Una banda de nubes a sotavento de las Rocallosas señala la formación de un ciclón. El día 9/1 (Fig. 5) es visible la banda nubosa asociada a la invasión de aire frío en el Golfo de México.

Con el empuje del aire frío hacia el sur aumenta la amplitud de la onda hacia el este de las Rocallosas. En tanto que el lado trasero de la vaguada permanece despejado debido a la convergencia en la altura y a la divergencia superficial, el frente frío se encuentra el 10/1/69 (Fig. 5) bajo la parte delantera de la vaguada caracterizada por abundante nubosidad. Además, el 11/1/69 la amplitud de la onda a 500 mb se incrementa, mientras que el eje de la vaguada se mueve un poco más hacia el este. El 12/1/69 ya no se aprecia ningún aumento en la amplitud. El eje de la vaguada se desplaza en este día nuevamente hacia el este. La banda nubosa continua de los días anteriores parece haberse disuelto. El frente frío se ha ubicado en el área 9c (Fig. 9). El 13/10/69 parece que la amplitud de la onda ha disminuido. Sólo algunas áreas nubosas aisladas en la vecindad de la parte delantera de la vaguada señalan el lugar del frente estacionario. El lado trasero de la vaguada en la altura se encuentra encima del área libre de nubes

como en los días anteriores. Una excepción la constituyen los flancos orientales de la Sierra Madre (Figs. 10e y 10f). Aquí los vientos del anticiclón migratorio soplan del este contra la Sierra Madre Oriental produciendo una nubosidad que es independiente de la distribución de la convergencia en la altura que caracteriza la parte trasera de la vaguada.

La secuencia característica es como sigue:

1. Una corriente casi zonal existe inicialmente.
2. Desarrollo de una perturbación ondulatoria a 500 mb.
3. Formación de nubes en el lado delantero de la vaguada.
4. Crecimiento de la amplitud de la onda después del desarrollo de la nubosidad.
5. La desaparición de las nubes y de la perturbación ondulatoria es seguida de la formación de una nueva onda al este de las Rocallasas. Para la formación de esta perturbación ondulatoria es muy importante —además de la velocidad de la corriente del oeste— la distribución meridional de la temperatura.

Se puede determinar asimismo, con la velocidad crítica (Bolin, 1950) el gradiente térmico meridional para el aire húmedo y libre de nubes, a 45° de lat. N y 5 500 m de altura (Fortak, 1971), mediante la fórmula:

$$-\frac{\Delta t}{\Delta y} = \frac{R}{ag} (t + 273.76) \left[\frac{g}{C_p} - \left(-\frac{\Delta t}{\Delta h} \right) \right]$$

donde: y : coordenada horizontal, con norte positivo

t : temperatura, $t = -13^{\circ}\text{C}$ a 45° lat. N, temperatura media.

g/C_p : gradiente adiabático de temperatura, $0.98^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$

dt/dh : gradiente adiabático verdadero, $dt/dh = 0.5^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$

a : radio de la Tierra, $6.37 \cdot 10^6\text{ m}$

R : Constante de estado del aire, $R = 287\text{ m}^2\text{ seg}^{-2}\text{ K}^{-1}$.

Al sustituir en la fórmula se tiene: $-\frac{\Delta t}{\Delta y} = 6^{\circ}\text{C}/1000 \text{ km}$.

Al excederse estos valores críticos del gradiente meridional de temperatura, la corriente estable casi zonal se transforma en inestable al mismo tiempo que se intensifica una onda de sotavento inducida. En el este de las Rocallosas es suficiente que los valores sean de $4^{\circ} - 4.5^{\circ} \text{ C}/1000 \text{ km}$ para que se produzca una perturbación ondulatoria. Puesto que cuando prevalece la corriente zonal no hay intercambio de calor entre las latitudes templadas y tropicales, el aire tibio (frío) tropical (polar) queda represado en su área de origen. En esta forma comienza a crecer el gradiente meridional de temperatura hasta alcanzar el valor crítico C_{cr} de $4 - 4.5^{\circ}\text{C}/1000 \text{ km}$ al este de las Rocallosas. La perturbación ondulatoria se intensifica, debido al exceso sobre el gradiente crítico, aumentando así la amplitud de la onda. Por medio de esta perturbación ondulatoria se establece así un transporte de masas de aire frío hacia el sur (lado trasero) y de aire tibio (lado delantero) hacia el norte. En promedio este crecimiento de la amplitud continúa hasta ser suficiente para que el intercambio meridional se realice, reduciéndose así el embalse de aire frío (caliente).

Una vez terminado el intercambio, se estabiliza la perturbación permaneciendo casi estacionaria. Como resultado de la advección de vorticidad (por la distribución de la convergencia en la altura) asociada a la onda, se produce la formación de nubes en la parte delantera de la vaguada. El gradiente térmico vertical se vuelve más inestable debido a la liberación de calor latente, y cambia de $0.5^{\circ}\text{C}/100 \text{ m}$ a menos de $0.5^{\circ} \text{ C}/100 \text{ m}$. Puesto que el gradiente térmico vertical crítico depende de los factores de la fórmula anterior, aumenta $-\frac{\Delta t}{\Delta y}$, con los gradientes térmicos verticales húmedos, hasta alcanzar $3.5^{\circ}\text{C}/1000 \text{ km}$.

Esto significa que la amplitud de longitud de la perturbación ondulatoria estabilizada $-\frac{\Delta t}{\Delta y} = 4.5^{\circ}\text{C}/1000 \text{ km}$, para el caso de una at-

mósfera sin nubes, se vuelve inestable ($-\frac{\Delta t}{\Delta y} = 3.5^{\circ}\text{C}/1000 \text{ km}$), es decir,

se renueva, siempre que esté seguida de un aumento en la amplitud, hasta que el transporte meridional de calor se haya adaptado a los nuevos gradientes críticos meridionales de temperatura. Cuando esto ocurre (Fig. 10b) la amplitud de la onda permanece invariable.

El transporte de calor meridional continuo durante varios días resulta en una disminución del gradiente térmico meridional. Como consecuencia, se debilitan tanto la intensidad del viento como la nubosidad (Fig. 10e), con lo cual el gradiente adiabático húmedo cambia a adiabático seco. En esta forma crece $-\frac{\Delta t}{\Delta y}$ de $-3.5^{\circ}\text{C}/100 \text{ km}$ a

$4.5^{\circ}\text{C}/1000 \text{ km}$. Sin embargo, esto significa que, puesto que aun un gradiente meridional de $3.5^{\circ}\text{C}/1000 \text{ km}$ no puede sostenerse después de un intercambio meridional, las suposiciones sobre la formación de la onda en la altura no se cumplen. La perturbación ondulatoria muere (Fig. 10f) volviendo a renovarse en unos días la corriente zonal pura. Esta corriente zonal impide el transporte meridional, produciendo una intensificación del contraste térmico meridional. Finalmente, se alcanza de nuevo el gradiente térmico meridional crítico, desarrollándose una perturbación ondulatoria a 500 mb.

Las fases anteriormente descritas se repiten cíclicamente en 4–6 semanas (ciclo del índice zonal). De la frecuencia de los frentes en las tablas 1–4 no puede deducirse el número mensual de invasiones de aire polar puesto que los frentes pasan de una a otra área definida. La experiencia demuestra que un frente frío cruza en menos de 14 horas el área 8a durante el invierno. Sólo uno de cada dos o tres frentes necesita más de 24 horas para cruzar de Monterrey a Veracruz. La frecuencia del tipo 8a puede, por lo tanto, tomarse *grosso modo* como la correspondiente a las invasiones de aire polar.

TABLA 5. Frecuencia media de los frentes fríos que cruzan el área designada por 8a que comprende de Monterrey a Veracruz

| Mes | E | F | M | A | M | O | N | D |
|----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Tab. 1 | 7.5 | 7.5 | 8.3 | 6.6 | 5.9 | 4.5 | 6.7 | 8.0 |
| Mosiño | 3.7 | 5.0 | 3.5 | 2.8 | 2.3 | 2.2 | 4.3 | 5.1 |
| Jáuregui | 5.5 | 4.6 | 4.7 | 3.3 | 3.7 | 3.0 | 4.1 | 4.3 |

La frecuencia encontrada es mayor que las obtenidas por Mosiño (1963) y por Jáuregui (1972) por lo que estos autores deben haber contado solamente los frentes que se encontraban entre Monterrey y Veracruz sobre territorio mexicano. El área 8a (Fig.9) comprende también frentes que cruzan hacia el sur del Golfo de México sin tocar la costa. En esta forma se ve que de dos a tres frentes fríos cruzan el Golfo sin alcanzar la Altiplanicie. El menor número de frentes que registra Mosiño ya ha sido explicado por Jáuregui (1972).

De los datos de la Tabla 5 se desprende que, en promedio, estas invasiones de aire polar sobre el occidente del Golfo de México tienen un ritmo de 5-7 días. El ciclo del índice zonal anteriormente mencionado y que es el resultado del gradiente crítico meridional de temperatura acusa una periodicidad de 4 a 6 semanas, por lo que sólo una invasión de aire frío por mes puede explicarse por este ciclo. Palmén (1951) ha demostrado que, debido a lo llano del terreno, el aire frío que se mueve hacia el sur, en el área de Texas y su vecindad, prefiere separarse de la fuente de aire frío. Esta separación es el resultado de la contracción vertical de la masa de aire que es particularmente fuerte en el área de transición tierra-mar debido al contraste de la fricción superficial.

En la mayoría de los casos se desarrolla un nuevo frente frío al norte de esta separación o estrangulamiento, que se desplaza hacia el NE asociado a una nueva perturbación. Este estrangulamiento y la invasión de aire frío resultante ocurren en una onda larga pre-existente que se mantiene por varios días casi estacionaria.

Las ondas largas quedan así por encima de otras ondas más peque-

fias que tienen una frecuencia de 5-7 días. La velocidad de propagación de las perturbaciones ondulatorias puede calcularse para 45° lat. N y un número de ondas $N = 3$, según la fórmula de C. G. Rossby (1939):

$$C = U - V/N^2$$

donde: C : velocidad de la onda
 U : velocidad zonal media a 45° lat. N y 5 km de altura
 (15m/seg = 1300 km/d)
 V : velocidad de un punto sobre la Tierra a
 45° lat. N (28000 km/d)
 N : número de ondas circumpolares ($n = 7$)

Si se escoge como unidad de velocidad km/d, (1 m/seg = 86.4 km/d) y se sustituyen los valores en la fórmula, resulta: $C = 729$ km/d (ver Fortak, 1971, p. 216). Para una vuelta alrededor de la Tierra a 45° lat. N una onda necesita en estas condiciones $28\ 000/729 d = 38.41$ d. En un lugar fijo de la Tierra cada $38.41/7 d = 5.49$ d se presenta una onda en la altura. Mientras que en las latitudes medias estas ondas en la altura están asociadas a tiempo de baja presión (nublado y lluvioso) en la parte delantera de la vaguada, y a tiempo de alta presión (despejado) en la parte trasera de la vaguada, en el caso de México esta secuela no se presenta debido a la ubicación más hacia el sur del país y a la influencia extraordinaria del terreno.

Estas consideraciones teóricas constatan el ritmo de 5 a 7 días de las invasiones de aire polar (tiempo anticiclónico). Los argumentos muestran que en el área al este de las Rocallosas el intercambio de calor global es extremadamente activo. Un análisis de las isotermas reducidas al nivel del mar para los meses de invierno (Atlas Climatológico de México, 1939) muestra que las isotermas en México no tienen una orientación zonal en el invierno, sino que adoptan una dirección NW-SE. Esta orientación coincide con la que resulta de la posición media del lado trasero de la vaguada en la altura. Si se considera a este respecto la costa oriental de los Estados Unidos, se podría apre-

ciar claramente que en el área delantera de la vaguada la temperatura media mensual en invierno es considerablemente más elevada (ver Florida) que la que le correspondería según su latitud. Esta posición media de la vaguada en la altura constituye también desde el punto de vista climatológico una ayuda para explicar la distribución espacial de la temperatura media mensual durante el invierno.

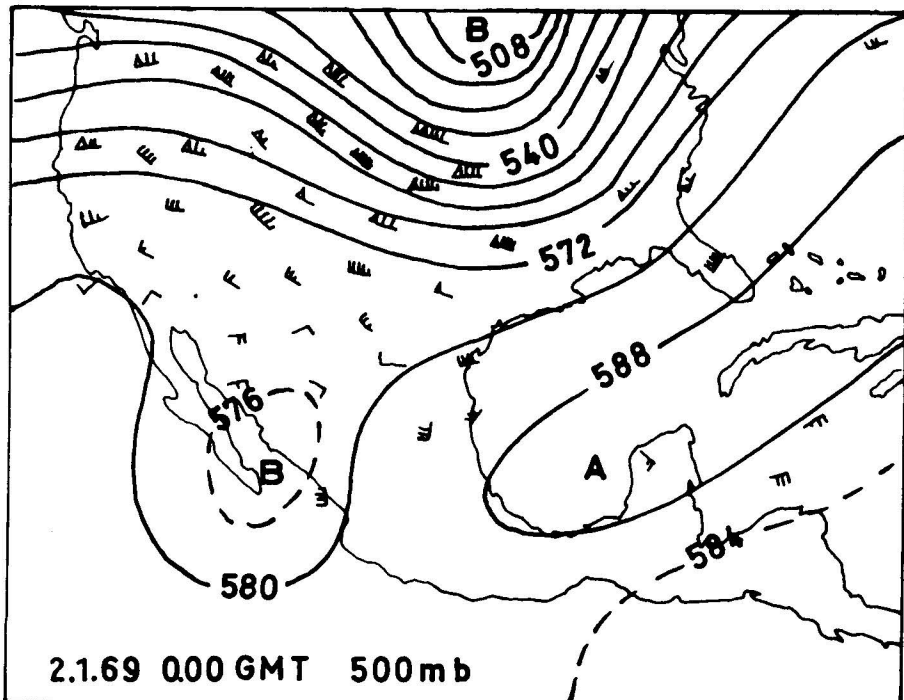


Figura 1. Cambio en la dirección de la corriente de los vientos polares del oeste en la vecindad de Baja California con intensidades del viento de 10 nudos.

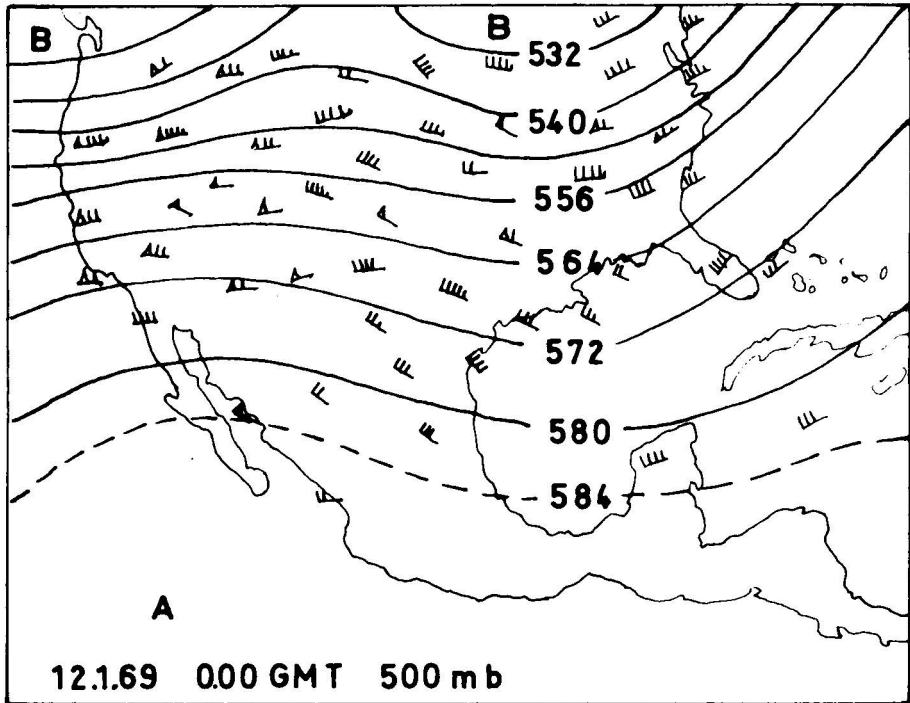


Figura 2. Desviación anticiclónica de los vientos polares del oeste al nivel de 500 mb en la vecindad de Baja California con velocidad de viento de 60 nudos.

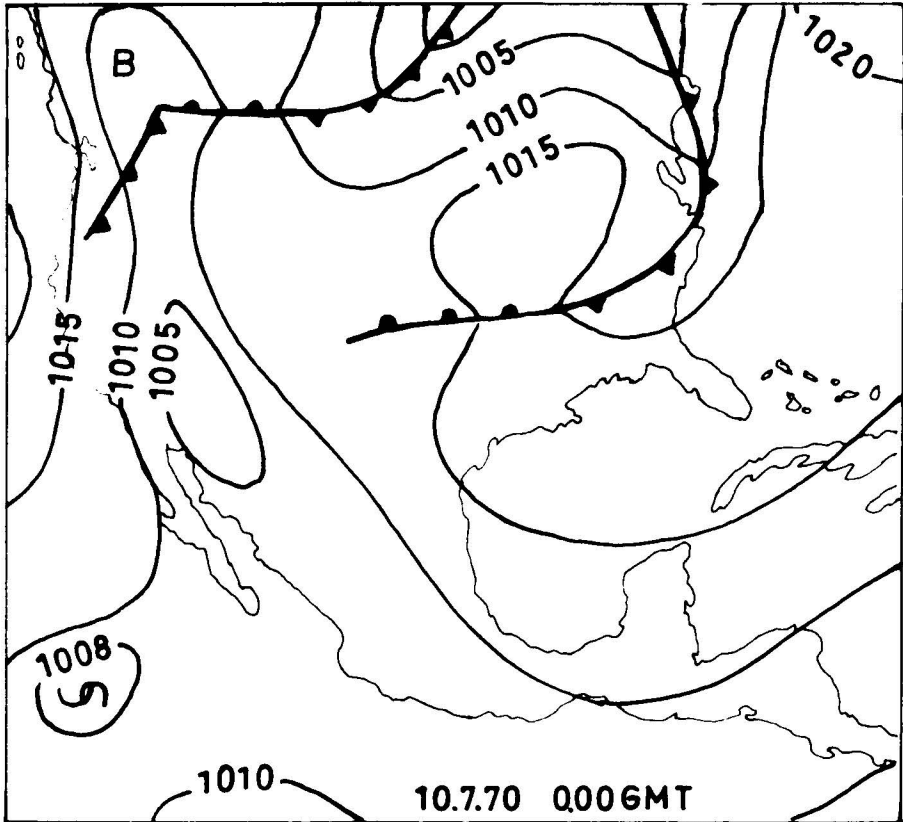


Abb. 3: Posición típica del ciclón de Alberta.

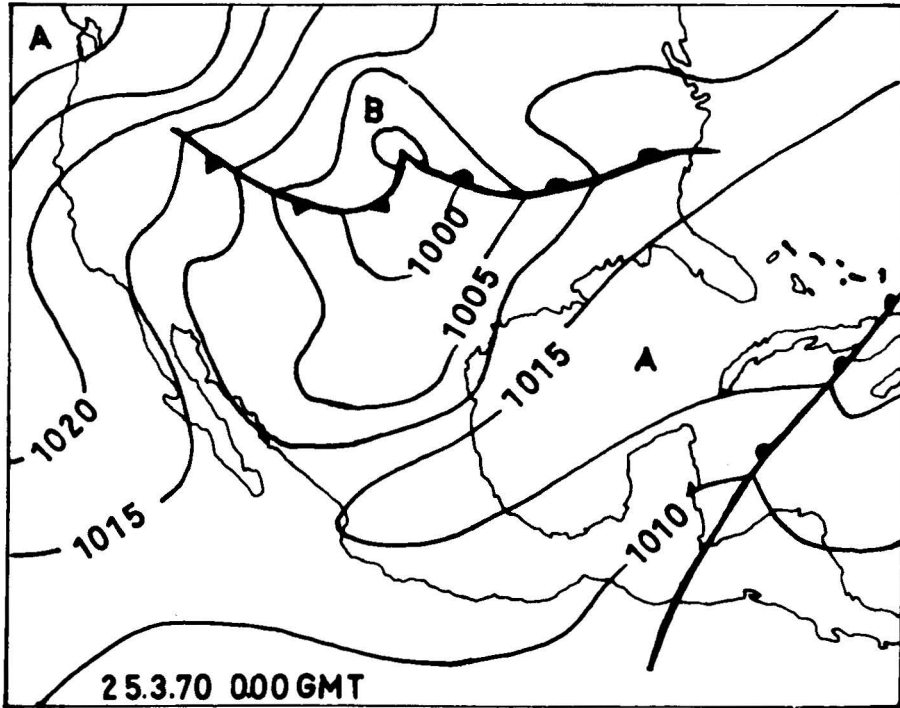
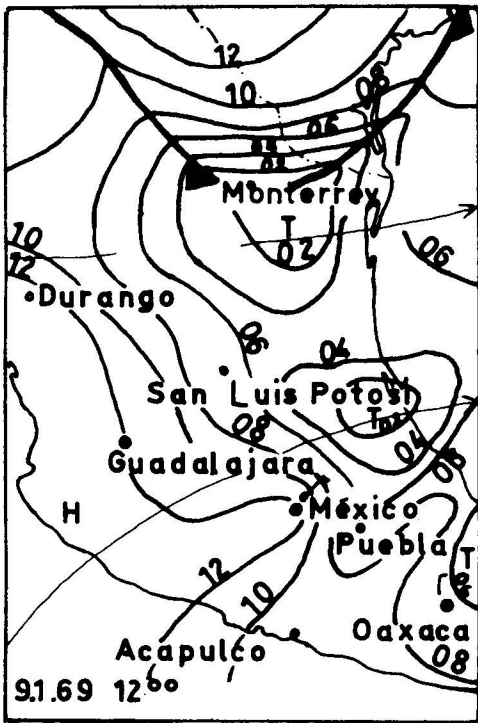
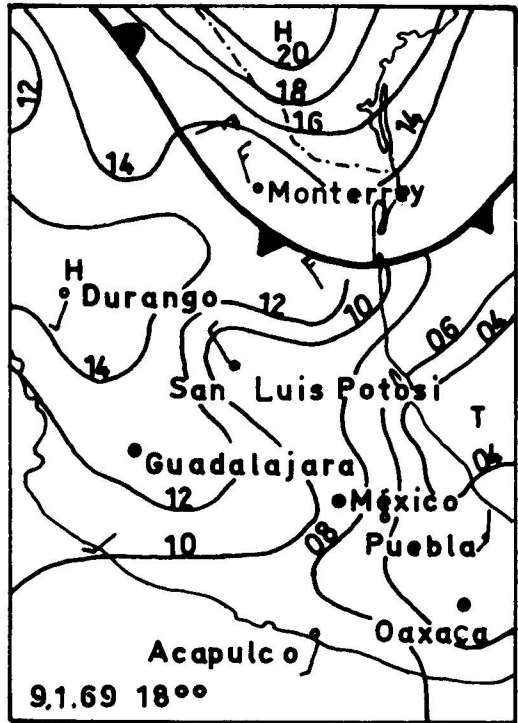


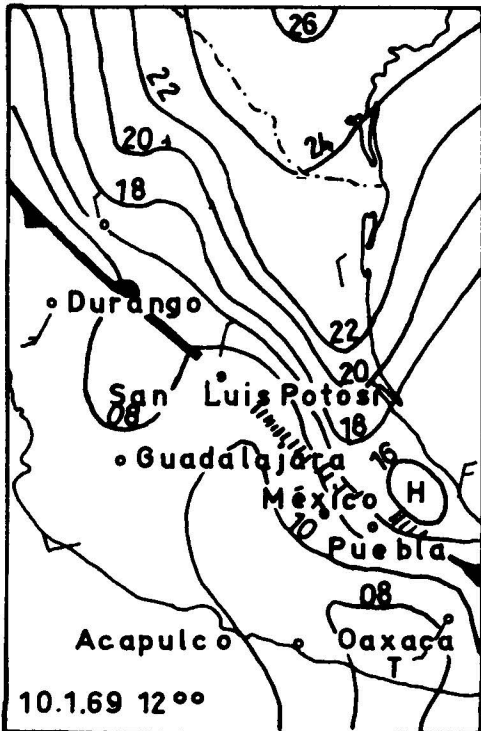
Abb. 4: Posición típica del ciclón de Colorado.



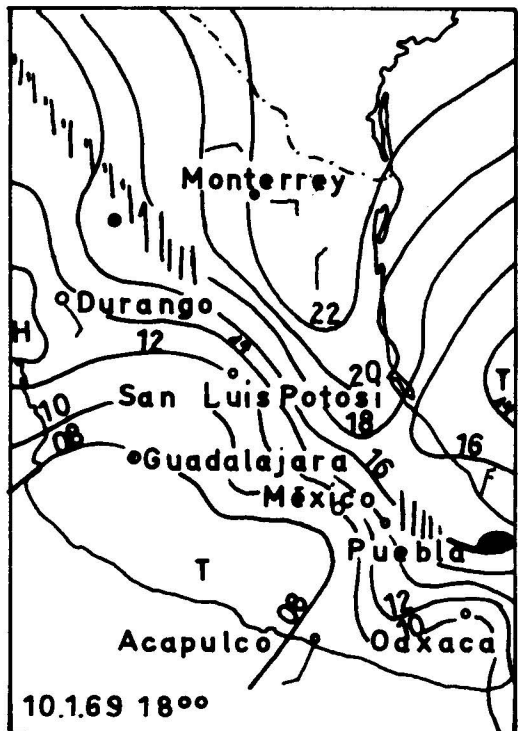
a



b

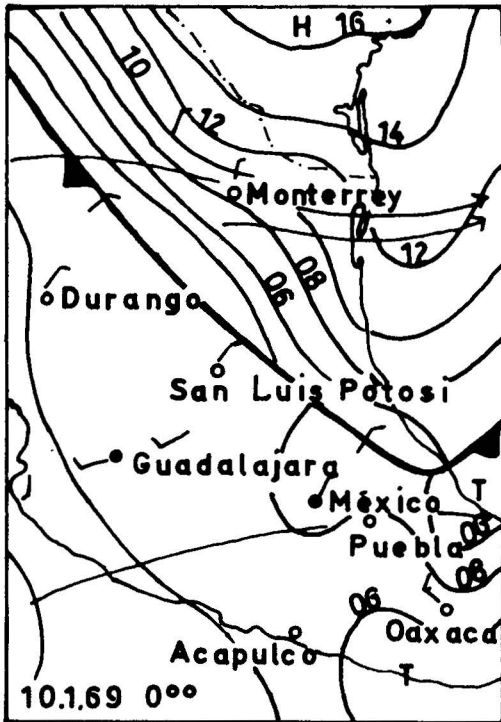


c

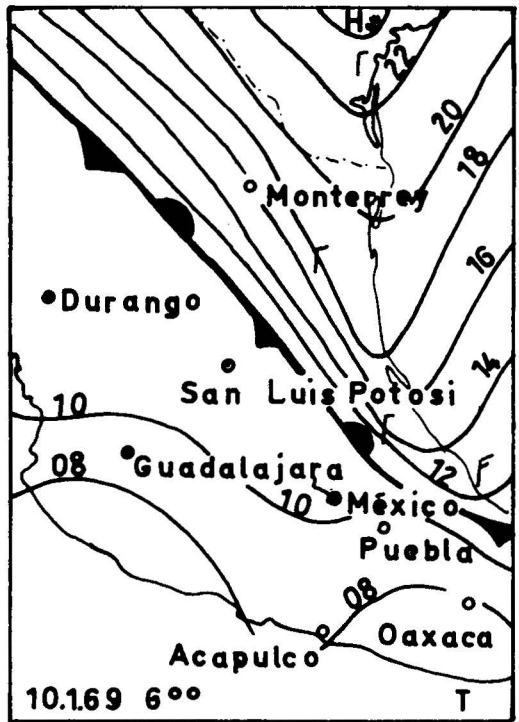


d

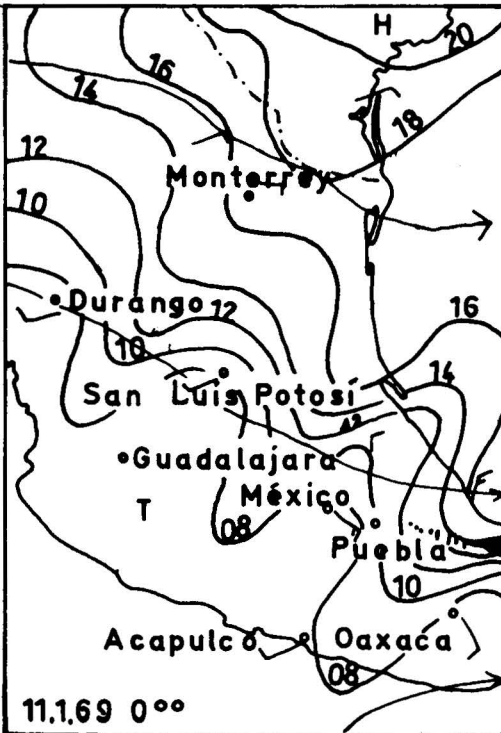
Figura 5. Invasión típica de



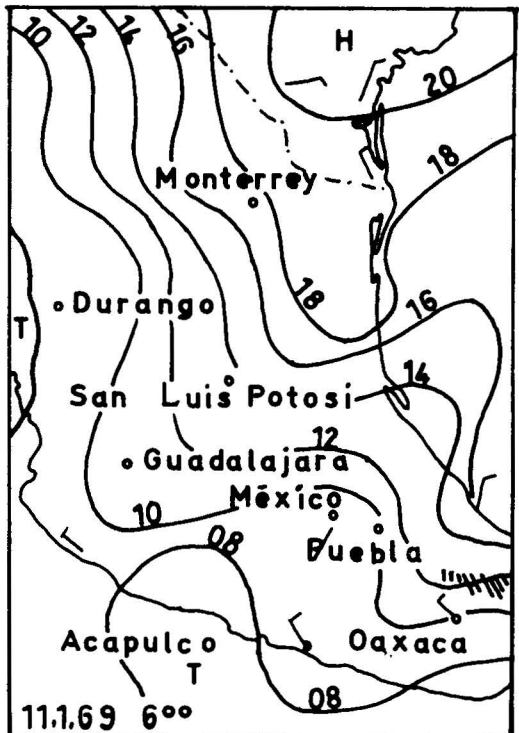
c



d



g



h

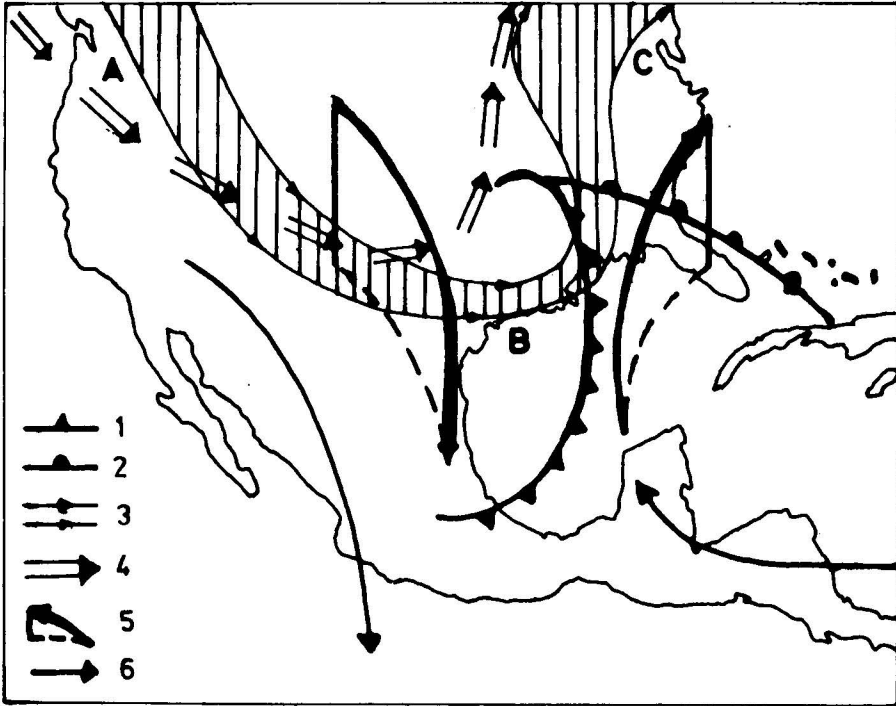


Figura 6. Modelo tridimensional de una invasión de aire polar. (1: frente frío, 2: frente caliente, 3: velocidad máxima, 500 mb, 4: corriente de choro, 5: trayectorias tridimensionales, 6: vientos de superficie).

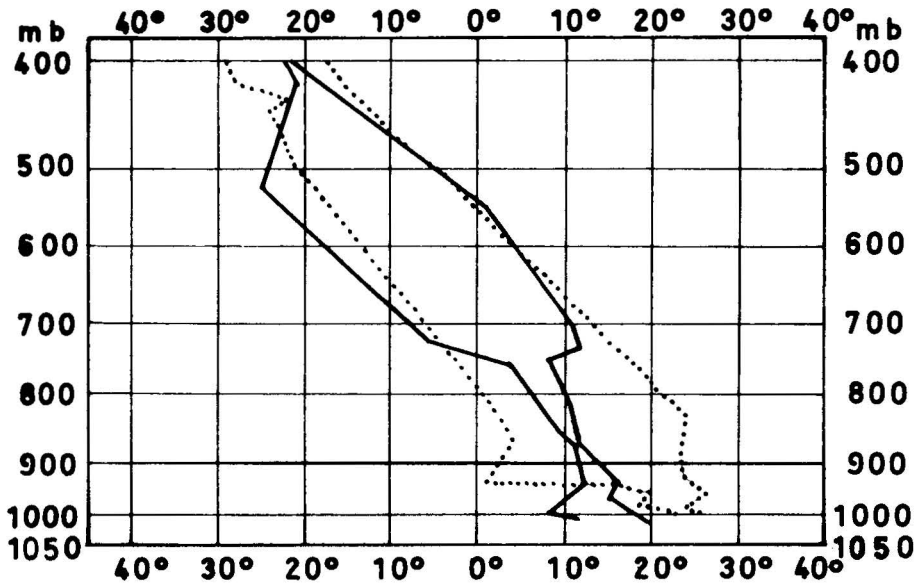


Figura 7a. Variación en la vertical de la temperatura del aire de 10.1.69 (punteado) al 11.1.69 (línea continua) 0.00 GMT en Veracruz.

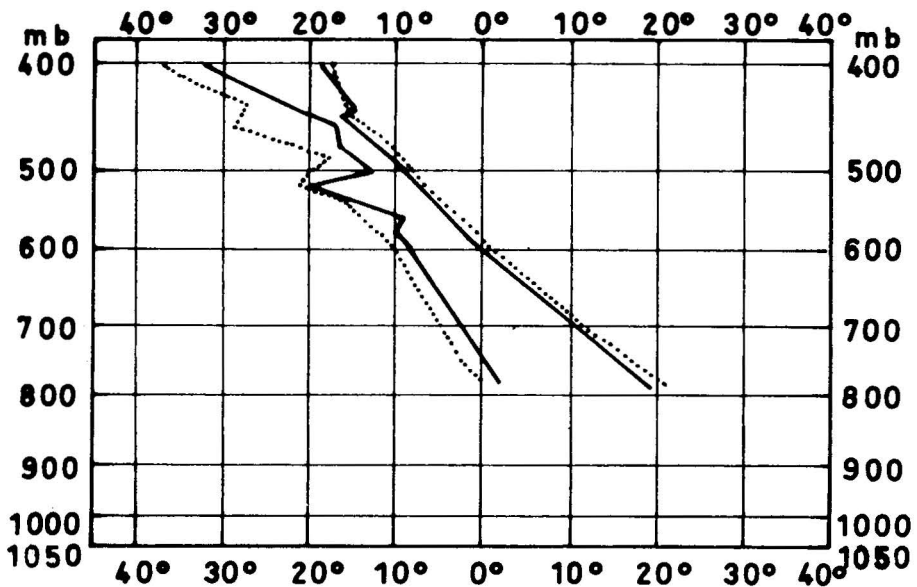


Figura 7b. Cambio en la vertical de la temperatura del aire del 10.1.69 (punteado) al 11.1.69 (línea continua) 0.00 GMT en la Ciudad de México.

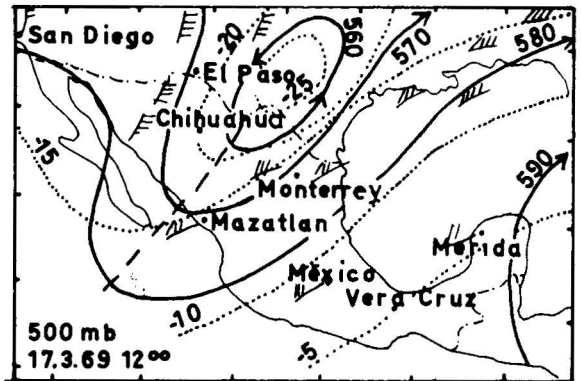
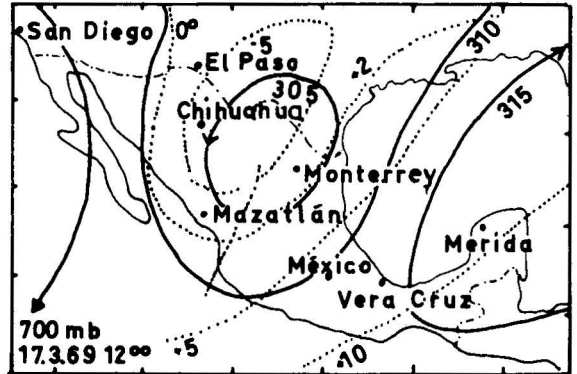
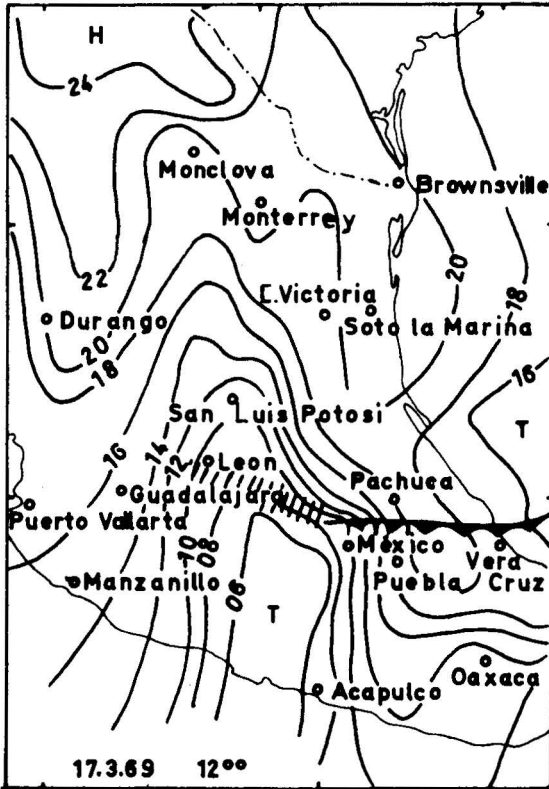


Figura 8a. Invasión de aire polar del 17.3.69 a las 12.00 GMT.

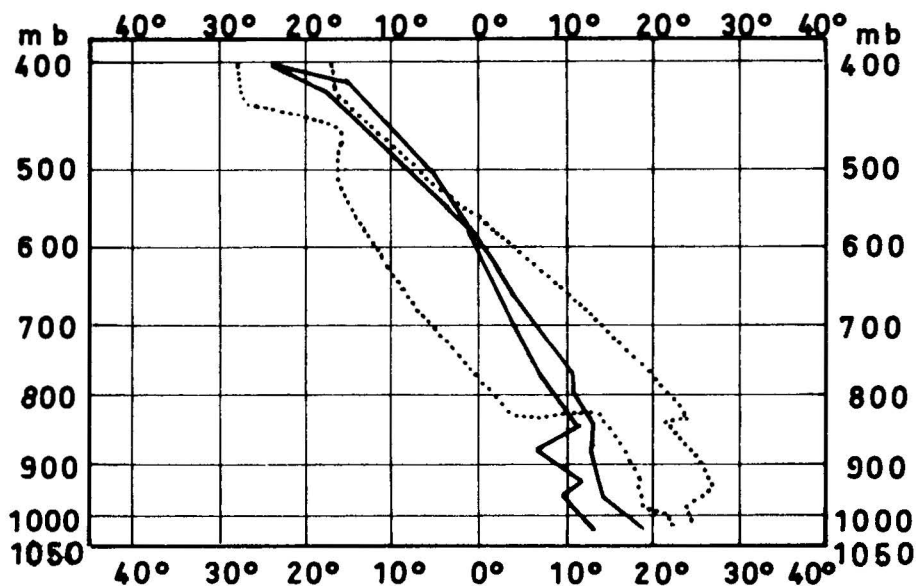


Figura 8b. Cambio en la vertical de la temperatura del aire del 16.3.69 (punteada) al 19.3.69 (línea continua). 0,00 GMT en Veracruz.

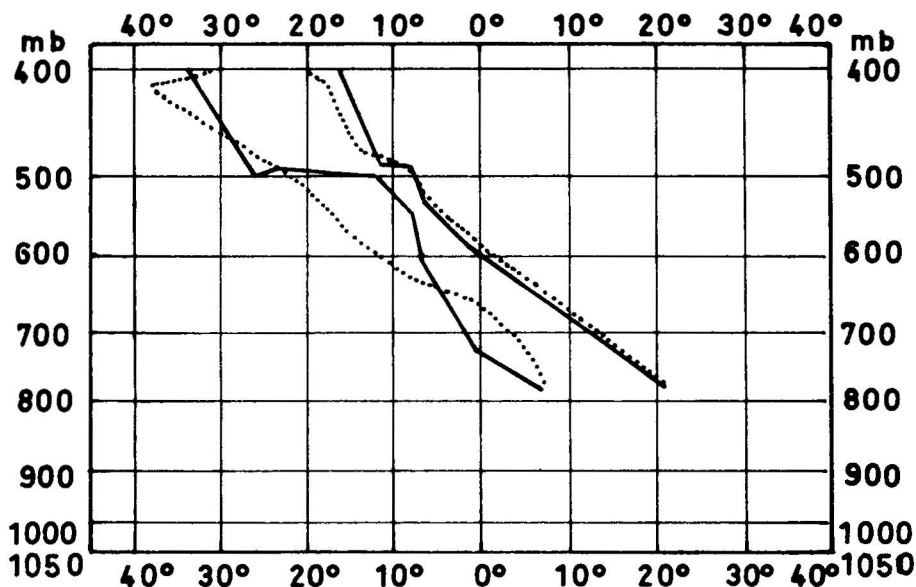


Figura 8c. Cambio en la vertical de la temperatura del aire del 19.3.69 (punteado) al 20.3.69 (línea continua) a las 0,00 GMT en la Ciudad de México.

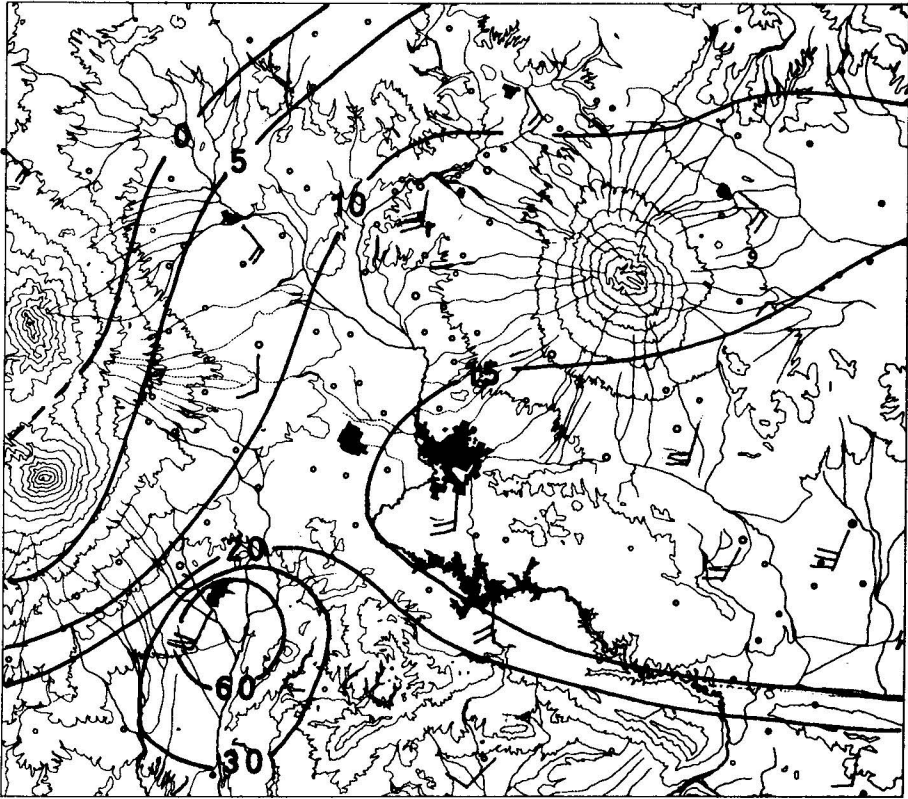


Figura 8d. Vientos de superficie y distribución de la precipitación del 18.3.69 en el valle de Puebla-Tlaxcala.

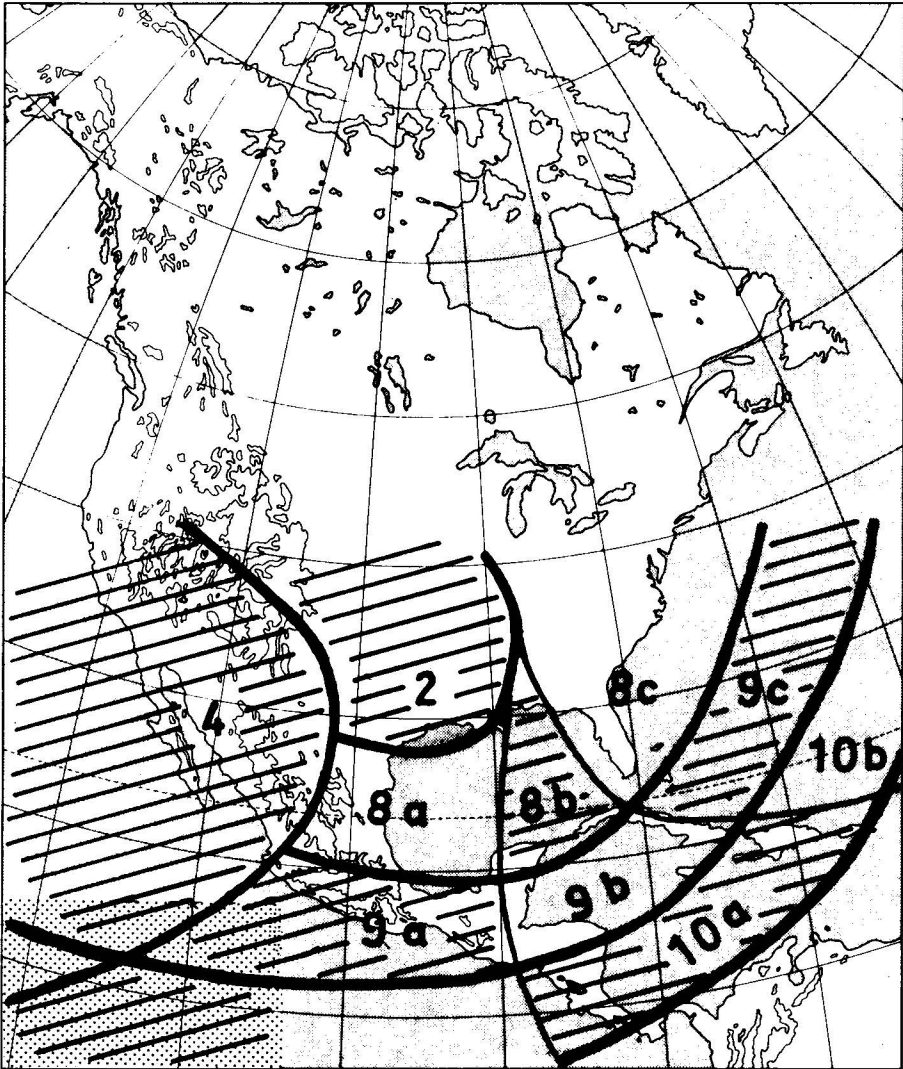
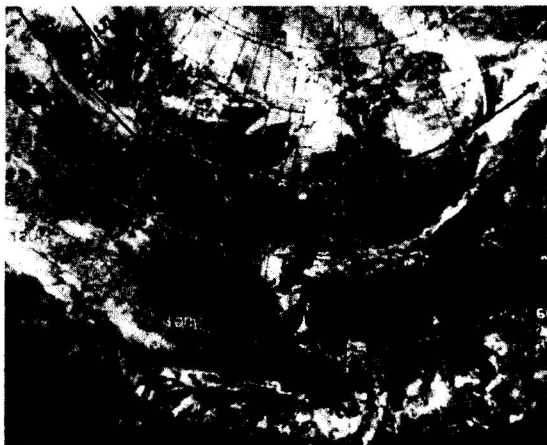
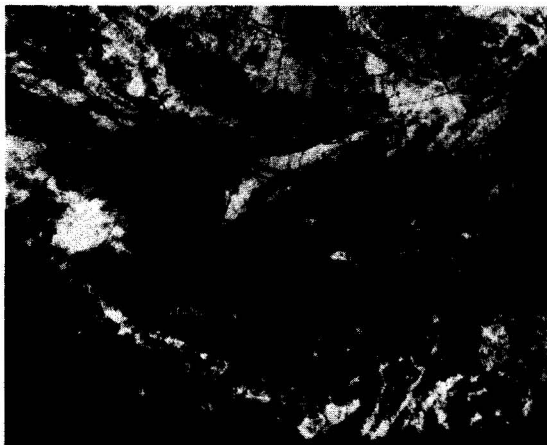


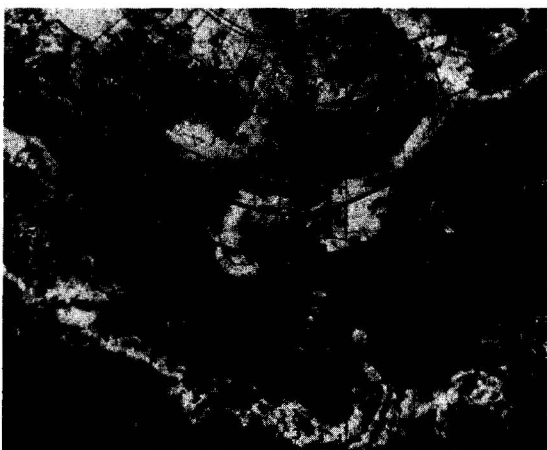
Figura 9. Límite de las regiones para la determinación de la frecuencia de los diversos tipos de frentes fríos.



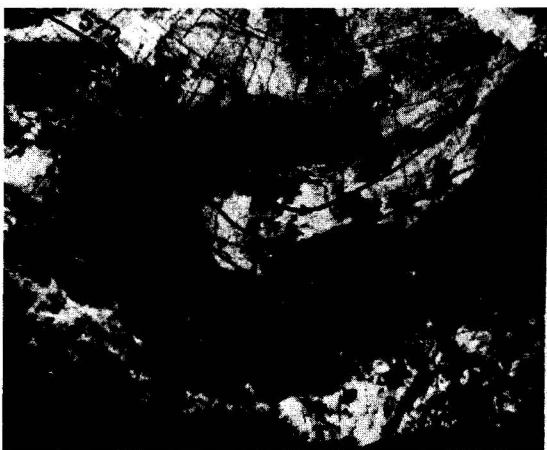
8.1.1969, 22.09.09 GMT (116°W)



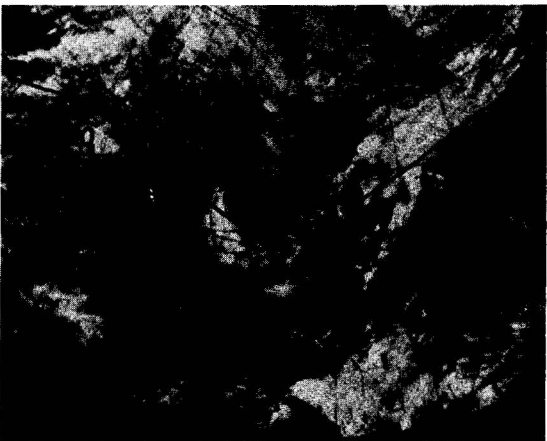
9.1.1969, 21.09.09 GMT (101°W)



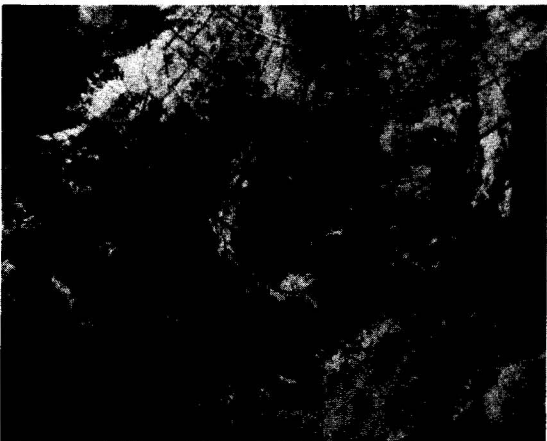
10.1.1969, 22.04.15 GMT (114°W)



11.1.1969, 21.04.06 GMT (99°W)



12.1.1969, 21.09.10 GMT (113°W)



13.1.1969, 20.09.02 GMT (98°W)

Figura 10. Fotografías de satélite para el periodo del 8.1.69 al 13.1.69. La altura de las isohipsas de la superficie de 500mb está dada en decámetros geopotenciales.

BIBLIOGRAFIA

- BOLIN, B., 1950. On the influence of the earth's orography on the westerlies, *Tellus*, No. 2/3:189-191.
- CHANG Jen-Hu, 1972. *Atmospheric Circulation Systems and Climates*, Honolulu, Hawaii.
- CHARNEY, J. G., and A. ELIASSEN, 1949. A numerical method for predicting the perturbations of the middle latitude westerlies. *Tellus* 1, No. 2:38-55.
- FORTAK, H., 1971. *Meteorologie*. Berlin, Darmstadt.
- JAUREGUI, E., 1972. Variaciones de largo periodo de los tipos de tiempo de superficie de México. *Bol. del Inst. Geogr. UNAM*, Vol. 4:9-22.
- MOSIÑO, P. A., 1963. Tiempo superficial y configuraciones del flujo aéreo superior en México. *Geofísica Internacional*, 4(4): 117-168.
- PALMEN, E., 1951. The aerology of extratropical disturbances. *Compendium of Meteorology*, *Amer. Meteorol. Soc.*: 599-620.
- PALMEN, E., and C. W. NEWTON, 1969. *Atmospheric Circulation Systems*. New York and London.
- PETTERSSSEN, S., 1950. Some aspects of the general circulation of the atmosphere. *Cent. Proc. Roy. Meteor. Soc.*: 120-155.
- PETTERSSSEN, S., 1956. *Weather Analysis and Forecasting*. 2nd. Ed. Vol. 1, New York.
- PORTIG, W. H., 1958. *Nortes und ihre Vorhersage mit Bordmitteln*, *Der Seewart*, pp. 159-164.
- ROSSBY, C. G., 1939. Relations between variations in the intensity of the zonal circulation and displacements of the semipermanent centers of action. *Journ. of Marine Research*. 2: 38-55.
- ROSSBY, C. G., 1940.. Planetary flow pattern in the atmosphere. *Quart. Journ. Roy. Meteor. Soc.*, Sup. 66: 68-87.
- SELLERS, W. D., 1965. *Physical Climatology*. Univ. of Chicago Press, Chicago, Illinois.
- Atlas Climatológico de México*, Servicio Meteorológico Mexicano, 1939.