

ANÁLISIS OBJETIVO DEL CAMPO DE LA PRESIÓN EN SUPERFICIE EN LOS PAISES TROPICALES

Por H. RIEHL²

La meta actual de los análisis meteorológicos es pasar, cuando sea posible, de los métodos subjetivos a los métodos objetivos. En relación con esto, es desafortunado que en muchas de las regiones tropicales el análisis del campo de la presión al nivel del mar sea muy difícil, sino imposible. Se sabe que los gradientes de presión son pequeños en los trópicos y muy pequeños en el ecuador. Los datos de la presión deben tener, teóricamente, un error menor que 0,1 mb, pero en la práctica del análisis a gran escala generalmente es suficiente un error menor que 0,5 mb. Sin embargo, en una red de estaciones puede haber una «turbulencia» de 1 mb o más en los datos de un mapa sinóptico, de modo que el dibujo de las isobaras puede resultar bastante arbitrario. Suponiendo que se mide correctamente la presión en superficie con un buen barómetro de mercurio en todos los observatorios de la red, es una pena que resulte inútil para el análisis y la predicción el elemento cuantitativo más importante de las observaciones en superficie.

Durante el segundo Experimento Meteorológico e Hidrológico Internacional en Venezuela durante la estación de las lluvias de 1972, se realizó un ensayo de tratamiento de las observaciones de la presión en varias etapas, con objeto de obtener mapas isobáricos e isalobáricos coherentes. Esta nota tiene por objeto describir estas etapas, puesto que se cree son aplicables en forma generalizada a las estaciones terrestres de los trópicos.

Presión en superficie

Como primera etapa, se pidió al Servicio Meteorológico de Venezuela que en los partes sinópticos de todas sus estaciones de observación se incluyera la presión al *nivel de la estación* además de la presión al *nivel del mar*. Se considera que ésta es la etapa más importante. La presión al nivel del mar está afectada por el error en la determinación de la altitud de los observatorios y por el error del método seguido en la extrapolación de la presión al nivel del mar, este último depende en gran parte de la temperatura. Errores de sólo nueve metros en la determinación de la altitud de un barómetro introducirán un error de 1 mb en la presión al nivel del mar. Se admite, en general, que estos errores en las altitudes de los observatorios son bastante frecuentes, no sólo en las altitudes de las mesetas elevadas, sino también en las llanuras bajas y en los valles de los ríos. A efectos de comparación resulta que, un error de 3 grados C en la temperatura usada en la extrapolación al nivel del mar del

¹ Este artículo se basa parcialmente en una tesis M. S. preparada por Mr. Alexis Froemke bajo la supervisión del autor.

² El Profesor Riehl es un científico principal del National Center for Atmospheric Research (patrocinado por la National Science Foundation) Boulder, Colorado, EE. UU.

valor de la presión en un observatorio, con 100 m de altitud, introducirá sólo un error de 0,1 mb y para una altitud de 1.000 m el error sería de 1 mb. Sin embargo, los métodos de reducción de la presión parecen introducir «turbulencias» mucho más grandes en el campo de la presión al nivel del mar, de forma que no siempre se comprende con facilidad.

Los análisis hechos en Venezuela muestran claramente que trabajando con la presión al nivel de la estación, los campos de presión son mucho mejores que cuando se usan las presiones al nivel del mar. Por ello, las siguientes etapas se basan en tomar como datos iniciales los de la presión al nivel de la estación, aún para el intervalo de altitudes 1.000-1.500 metros. Sin embargo, la mayor parte de los observatorios están en el intervalo 10-400 m.

Variaciones semidiurnas de la presión

La primera etapa consiste en eliminar de los valores de la presión en superficie la variación semidiurna de la presión. Por supuesto que se conoce desde hace años la influencia que la variación semidiurna tiene en los problemas del análisis del campo de la presión. Aún sobre los océanos, donde la amplitud de dicha variación es sólo de 1 mb, los mapas sinópticos que se extienden, por ejemplo unos 90 grados de longitud, mostrarán configuraciones isobáricas muy diferentes para distintas horas del día. Hace muchos años que se confeccionaron tablas de corrección para los océanos teniendo en cuenta la variación con la latitud. Por otra parte, se encontró que era pequeña la influencia de las variaciones *estacionales* en la zona tropical sobre los océanos.

Sobre tierra, la amplitud de la variación semidiurna de la presión es mayor y asimétrica. Las amplitudes máximas ocurren durante el período diurno con valor medio de unos 2,5 mb, que aumenta hasta 3,5 mb en los días cálidos y despejados y disminuye o desaparece en las tardes lluviosas. Sólo se puede eliminar un valor medio de la variación semidiurna determinado a lo largo de un amplio período para cada observatorio; las desviaciones pueden considerarse como parte de la situación sinóptica que introduce «turbulencias» inevitables, que dependen, por ejemplo, de que sobre una estación dada pase un chubasco fuerte y, especialmente cuando éste tiene lugar cerca de la hora del mínimo de la tarde.

En Venezuela, se determinó, para cada observatorio, la presión media a nivel de la estación (\bar{p}) en cada una de las seis horas de las observaciones sinópticas. Después se calcularon las diferencias de presión:

$$p' = p - \bar{p}$$

donde p es la presión observada y \bar{p} la presión media en la estación a una hora sinóptica dada. La transcripción de mapas con p' fue muy alentadora; mostraron concordancia para cualquier hora sinóptica y una continuidad generalmente buena en lapsos de seis horas. En Venezuela, las sinópticas 18:00 y 00:00 TMG ocurren antes y después de la hora de la máxima convección diurna media (alrededor de las 14:00 y 20:00 hora

local). Cuando una hora sinóptica ocurre alrededor de las 17:00 hora local, cabe esperar mayor «turbulencia».

Eliminación de la desviación media

En muchos días de la secuencia de cien días analizada resulta que casi todos los observatorios de la red de Venezuela tenían desviaciones p' con el mismo signo, o todas positivas o todas negativas. El país se extiende sobre unos diez grados de latitud y, en la zona norte, sobre unos trece grados de longitud. Es un área demasiado grande para que haya un valor representativo de la media aritmética de p' para el país que se pueda atribuir a una porción de un sistema meteorológico sinóptico único en la zona ecuatorial. Si es:

$$\widehat{p'} = \frac{1}{n} \sum (p - \bar{p})$$

donde n es el número de estaciones, para determinar $\widehat{p'}$, deben ponderarse los observatorios con el área que ellas representan, a menos que los observatorios estén espaciados en forma razonablemente homogénea. Para un área del tamaño de la de Venezuela o mayor, $\widehat{p'}$ puede presentarse en dos formas.

En primer lugar, durante muchos años en los servicios de predicción y muy especialmente en el Hurricane Warning Service de los EE. UU.; que en los últimos años ha revisado cuidadosamente las configuraciones de anomalías en el campo de la presión, se habían observado desviaciones de la presión a gran escala, del mismo signo, con una duración de unos dos días. Se comprobó que las desviaciones negativas a gran escala no estaban relacionadas con el desarrollo de huracanes y que podían omitirse. Tampoco se encontró en Venezuela una relación entre el tiempo y p' . De acuerdo con Burpee (1976) $\widehat{p'}$ está producida por unas ondas de presión a gran escala que se propagan rápidamente alrededor del globo con período de unos cinco días; este mismo período medio se encontró también con los datos de Venezuela. Solamente por esta razón debe eliminarse $\widehat{p'}$ del análisis si se quiere obtener el verdadero campo sinóptico de la presión.

En segundo lugar, también puede haber valores persistentes de $\widehat{p'}$, como diferentes de las fluctuaciones rápidas debidas a las ondas de presión a gran escala. Por ello, debe definirse \bar{p} teniendo en cuenta la variación estacional media, calculándola, por ejemplo, a partir de los observatorios con un registro de cincuenta años. En el cálculo de $p' = p - \bar{p}$, este último valor puede variar con la estación del año. Con los métodos actuales de cálculo también sería posible aplicar un valor diario de \bar{p} para cada observatorio; así se evitarían las discontinuidades de \bar{p} al comienzo y fin de períodos cronológicos discretos.

Después de la eliminación de las tendencias estacionales de la presión todavía puede quedar un valor persistente residual de $\widehat{p'}$, o un campo de $\widehat{p'}$ si el área analizada es muy grande. Dichas anomalías denotan desviaciones de la circulación general de la media estacional y, por ello, son significativas y de un valor potencial en las predicciones estacionales

o para períodos más largos. Durante 1972, en Venezuela, $\widehat{p'}$ aumentó de junio a agosto y después disminuyó de nuevo. No se sabe si ello fue una tendencia estacional o una anomalía de la circulación general, puesto que el análisis se limitó sólo al año 1972. Se encontró que la altitud de la superficie de 150 mb, y también la altitud de la superficie de 30 mb en la estratosfera, tuvieron una evolución similar y la «onda número uno» fue enteramente barotrópica. Un pequeño proyecto climatológico podría determinar fácilmente $\widehat{p'}$ como una función de la estación en cualquier parte de los trópicos, de modo que pudieran distinguirse las componentes estacional y aperiódica de $\widehat{p'}$. Puede añadirse que al nivel del mar (no se dispone de otro dato para hacer la comparación) el valor de $\widehat{p'}$ promediado desde junio a septiembre de 1972 en Venezuela fue negativo, esta fue una anomalía significativa de la circulación general relacionada con una precipitación generalmente baja sobre el norte de América del Sur y el Caribe, así como sobre el África del Norte y la India.

Desviaciones sinópticas de la presión y mapas de variación

Ahora podemos formar la ecuación:

$$p'' = p - \bar{p} - \widehat{p'}$$

y obtenemos el campo de desviación de la presión, del cual se pueden deducir las tendencias para intervalos cronológicos específicos tales como doce o veinticuatro horas. Se consiguió una concordancia muy buena en la mayoría de los mapas dibujados y, aunque fueron analizados manualmente, es evidente que son apropiados para su análisis numérico por los métodos ordinarios, tales como el ajuste cuadrático, sin necesidad de utilizar relaciones entre el viento y la presión u otro tipo de modelo sinóptico. La *figura 1 (a)* ilustra la situación del 29 de agosto de 1972, en que un gran centro de anomalía negativa se encuentra sobre la Venezuela Central, con valores positivos de p'' cerca de la costa norte, donde los satélites mostraron las únicas nubes presentes. El centro del país estaba despejado, de modo que prevalecía la relación normal entre p'' y el tiempo para Venezuela. El 1 de septiembre se observó por las imágenes del satélite la llegada de una gran masa nubosa procedente del hemisferio sur (Riehl, 1977a) y empezó a bajar la presión en el sur del país. El 2 de septiembre [véase la *figura 1 (b)*] esta masa nubosa (que dio el día más lluvioso de todo el experimento) estaba situada sobre el gradiente entre la alta y la baja de p'' ; la masa nubosa también estaba asociada con marcados aumentos de p'' desde el 1 al 2 de septiembre (ver *figura 2*).

En otras regiones del mundo, las relaciones entre p'' y el tiempo pueden ser análogos o diferentes pero, en cualquier caso, los mapas de p'' indicarán fácilmente las trayectorias de los sistemas sinópticos y las relaciones entre la presión en superficie y el tiempo. En Venezuela fueron raros los centros móviles; las configuraciones de anomalías análogas a la de la *figura 1 (a)* tienden a persistir durante una semana o más. Posiblemente el paso poco frecuente de centros de p'' estuvo relacionado con la gran sequedad del año 1972; se encuentra que, en general, la precipitación superior al valor medio se produce por sólo unos pocos días muy lluviosos (Riehl, 1954, 1977b).

(a)

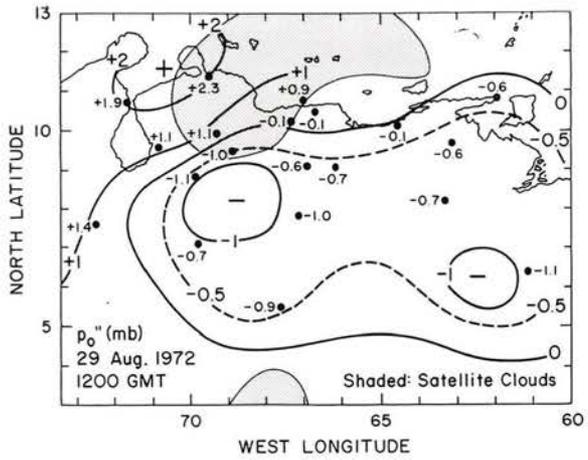


Figura 1.—Mapas de la desviación sinóptica de la presión (p'') a las 1200 TMG sobre Venezuela, y masas nubosas observadas por satélite (zonas sombreadas); (a) 29 de agosto de 1972; (b) 2 de septiembre de 1972.

(b)

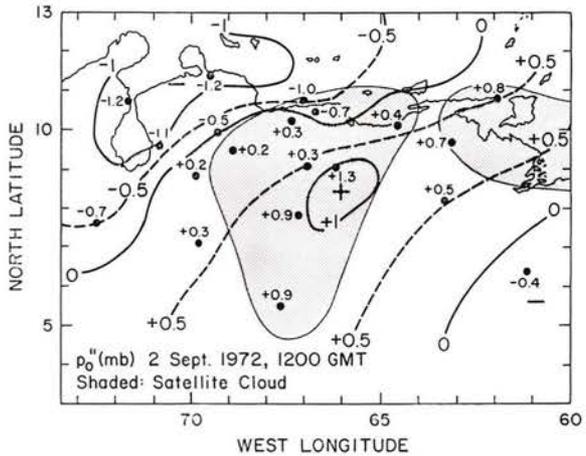
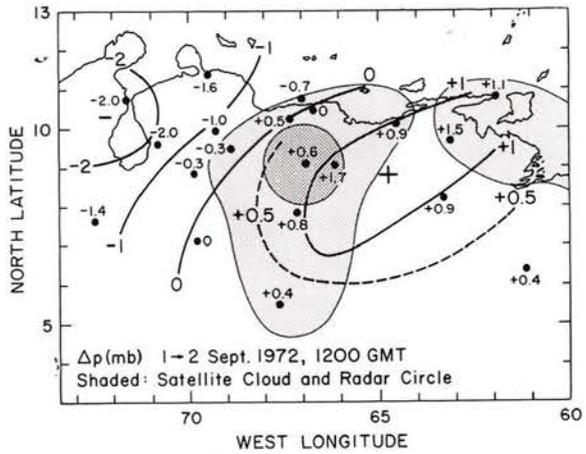


Figura 2.—Mapa mostrando la variación de p'' (mb) del 1 al 2 de septiembre de 1972 a las 1200 TMG

Conclusión

Se ha descrito la obtención cuantitativa de mapas de anomalía de la presión en superficie, que se pueden obtener fácilmente en forma rutinaria, en tiempo real, usando ordenadores y también algunas aplicaciones en la predicción del tiempo. El paso siguiente debe ser la obtención de mapas de anomalía en altitud.

REFERENCIAS

- BURPEE, R. (1976): Some features of global 4-5 day waves. *J. Atmos. Sci.*, 33, pp. 2292-2299.
- RIEHL, H. (1954): *Tropical Meteorology*. McGraw Hill Book Co., New York, 491 pp.
- RIEHL, H. (1977 a): Venezuelan rain systems and the general circulation of the summer tropics. Part I: Rain systems. *Mon. Wea. Rev.* 105, pp. 1402-1420.
- RIEHL, H. (1977 b): On the weather of Venezuela. *NCAR Tech. Note TN — 126 + STR*, 41 pp.

VEINTICINCO AÑOS DEL "DEUTSCHER WETTERDIENST"

Por H. PANZRAM

La ley que fundaba el Deutscher Wetterdienst entró en vigor el 29 de noviembre de 1952, y para celebrar el vigésimo quinto aniversario del servicio meteorológico nacional, tuvo lugar una ceremonia conmemorativa en la oficina central, en Offenbach el 29 de noviembre de 1977.

Ahora bien, organizaciones meteorológicas en Alemania son mucho más antiguas. Ya en 1780 fue fundada la «Societas Meteorologica Palatina» por Karl Theodor, Elector del Palatinado y de Baviera. Esta asociación afirmaba haber constituido la primera red internacional de observaciones meteorológicas, formada por treinta y nueve estaciones, que cubrían el área comprendida entre Terranova y los Urales, y desde Groenlandia al Mediterráneo. Por medio de instrumentos suministrados por la asociación, se hacían observaciones tres veces al día, y los datos eran enviados a Mannheim. Esta red de observaciones estuvo funcionando durante unos diez años.

La primera entidad meteorológica estatal en Alemania fue el «Preussische Meteorologische Institut», fundado por iniciativa de Alexander von Humboldt en 1874 y cuya sede se estableció en Berlín. En Hamburgo en 1868 se organizó el «Norddeutsche Seewarte», que era un instituto marino meteorológico y oceanográfico y cuyo nombre fue cambiado por el de «Deutsche Seewart» en 1875. Al entonces director de este Instituto Georg von Neumayer, se debió la idea del primer Año Polar Internacional, que tuvo lugar en 1882/83. El segundo fue en 1932/33.

Los servicios e institutos meteorológicos del anterior Deutscher Reich se integraron, en 1934 en el Reichwetterdienst. Después de su disolución en 1945, se organizaron servicios meteorológicos zonales en las cuatro zonas de acupación, a lo largo del año 1946. Haciendo uso del derecho a proponer leyes, en junio de 1952, el Gobierno Federal propuso al Parlamento un proyecto de ley para el Deutscher Wetterdienst (DWD) antes mencionado. En esta ley se encomendaba el DWD *inter alia*, las siguientes misiones: tomar parte en la cooperación internacional dentro del campo de la me-