SUPERFICIES CONTINUAS Y DISCONTINUAS EN LA ATMOSFERA

SIMON SARASOLA, S. J.
Director del Observatorio Meteorológico de San Bartolomé, Bogotá.

Como dice acertadamente el Profesor Bjerknes del Instituto Geofísico de Berjen, la Meteorología sinóptica, a saber, la que analiza en mapas regionales los fenómenos atmosféricos observados a una misma hora y en grandes extensiones, deja todavía mucho qué desear para llegar a conclusiones ciertas, aun en las naciones más adelantadas en estos estudios. Durante la guerra mundial, los meteorólogos noruegos formaron una nueva escuela en los análisis de los mapas del tiempo. Se consideraban muchos de los fenómenos atmosféricos como *funciones continuas;* pero la experiencia demostró que existen *superficies de discontinuidad,* las cuales originan los cambios de tiempo no sólo en las proximidades del suelo, sino a distintas alturas y en la región de las nubes.

En la circulación general las masas de aire ofrecen propiedades físicas muy diferentes que dependen de su origen, del camino recorrido y de las condiciones termodinámicas en que se han desarrollado. Casi todos los libros de Meteorología establecen la división entre corrientes *polares* y *ecuatoriales.* Las primeras son frías, secas y propias de altas latitudes; las segundas, por el contrario, son más calientes, húmedas y características de latitudes bajas. Esta división, por su vaguedad, no tiene aplicaciones prácticas, ni es tan general como algunos autores la suponen. Concedemos que la corriente *polar* en Groenlandia, Canadá, Rusia y Siberia se distinguirá de la *ecuatorial;* pero sucede que en las masas de un *frente polar,* la temperatura sube y se forma otro frente de propiedades físicas muy distintas. Cómo se denominarán en esos casos las corrientes?

Estructura continua y discontinua

Quien desee penetrar en las causas de muchos fenómenos atmosféricos, no debe contentarse con la observación de la temperatura y presiones. El laboratorio de estudio ha de ser la atmósfera, o sea la región donde se mueven las nubes.

Estúdiese su origen, altura, movimientos, velocidad, juntamente con la topografía regional y las condiciones de ríos, montañas, llanuras y costas que son las que influyen en los cambios del tiempo. A la escuela de Noruega se debe la idea de las superficies *continuas y discontinuas,* donde se originan las transformaciones de las masas de aire. Su aplicación explica muchos hechos, como lo vamos a ver brevemente.

En la atmósfera de Bogotá y sus inmediaciones, obsérvase un mecanismo especial en la circulación de las corrientes altas y bajas, transformándose de *continuas* en *discontinuas* y viceversa, lo que explica ciertos cambios de tiempo. La dirección y velocidad de las nubes ponen de manifiesto estos hechos.

Soplan con frecuencia en algunos meses, por ejemplo, octubre y noviembre, vientos del SW. al NW. con velocidades de 3 a 5 metros por segundo. Si al mismo tiempo se observan las corrientes bajas de las nubes, se notará que no hay continuidad en la circulación, sino que se presenta la discontinuidad en los vientos más elevados que vienen del E. y N. Favorecen estas condiciones el desarrollo de las lluvias, sobre todo si la atmósfera se halla saturada de vapor acuoso. Fórmanse entonces las zonas locales de lluvias, ordinariamente de poca extensión, pero de aguaceros fuertes, según hemos observado en varias ocasiones. Caso notable fue el del 19 de noviembre de 1932, cuando la tormenta se localizó en la ciudad en una zona de 800 a 900 metros.

Los vientos eran variables; por la mañana soplaban del SW.; al medio día pasaron al WNW. y N.; mientras las nubes bajas venían del E. NE. y N. Antes de estallar la tormenta, las nubes más bajas de cumulo-nimbus venían con gran velocidad del W. y otros nimbus más elevados del N.

Esta situación atmosférica presentaba todos los caracteres de las superficies *discontinuas,* de que hablábamos más arriba. Con el choque de las corrientes vino el aguacero más violento registrado en estos 16 años en este Observatorio. El total de lluvia fue de 72 milímetros, con la particularidad de que en 18 minutos se recogieron 28,1 milímetros, y en 38 minutos 41,1 mm.; cantidades verdaderamente extraordinarias.

Corrientes inestables

Hablando con algunos aviadores hemos notado que ellos confirman nuestra idea acerca de la gran inestabilidad de las corrientes, en casi todas las regiones atravesadas por sus aviones. En más de

una ocasión han quedado sorprendidos ante esa variabilidad. Cuál es la causa? La topografía de las cordilleras y el terreno montañoso que limita las llanuras.

Está probado que las masas inestables de aire, al encontrarse con obstáculos parecidos a los montes de Monserrate y Guadalupe, dan lugar a rápidos cambios de dirección y a las lluvias *orográficas,* o sea, a las producidas por las corrientes en el choque de las cordilleras. Casi siempre sucede esto con los vientos del oeste y norte que atraviesan la Sabana. Los aguaceros más fuertes *no siempre,* pero sí con frecuencia, tienen su origen en esos vientos.

No en todas las ocasiones la lluvia es abundante, porque la atmósfera no está saturada de vapor. Ayuda también a esa clase de lluvias la fuerte insolación del medio día. Esta es buena señal de agua, en especial, si las corrientes del oeste adquieren alguna velocidad en las horas del medio día.

Tienen carácter ciclónico
las corrientes ascendentes?

En el aparato que registra las corrientes ascendentes y descendentes se ha observado la gran influencia de la región montañosa en producir movimientos verticales en el aire. Con vientos del S. y SE. son éstos más frecuentes que con los del W. En los ciclones de las Antillas, el hecho de las corrientes ascendentes es bien conocido, aunque algunos niegan que tenga lugar en las inmediaciones del vórtice. Sucede aquí lo mismo? Las variaciones barométricas en Bogotá, aun en días tempestuosos, en que los vientos adquieren una velocidad de 10 y 12 metros por segundo, son pequeñas. Nótase como el principio de un área ciclónica en vías de desarrollo; pero en realidad no se forma, ni existe un ciclón. Por lo mismo hay que explicar esos movimientos del aire sin recurrir a las leyes de Buys-Ballot, P. Viñes y otros meteorólogos.

Grandes masas de aire vienen avanzando del occidente relativamente cálidas y húmedas (Véase fig. 1ª). Por la topografía especial de la Sabana y las cordilleras, al chocar esas masas con los montes y corrientes de diferente dirección, se inicia un torbellino ciclónico que toma un movimiento ascensional más o menos vertical. Las capas frías de aire que bajan de los alto-cúmulus para llenar ese vacío, chocan con las ascendentes; como se observa en el movimiento de las nubes que van bajando y oscureciendo la atmósfera. Síguese una especie de calma, empiezan a caer gotas grandes de lluvia, poco a poco la condensación es mayor y viene el aguacero o granizada con rachas de viento variable. En esos momentos la presión tiene a veces algunas oscilaciones, pero no como en los verdaderos ciclones. Hay como una *iniciación de carácter ciclónico,* pero nada más. Estas tempestades con frecuencia tienen carácter local, extiéndense a zonas de dos a cuatro kilómetros, pero nunca adquieren el aspecto de los huracanes del Mar Caribe.

Las zonas térmicas
y los torbellinos locales

Pueden ser diferentes las causas de los tornados, como los observados en la región de los Llanos, a orillas del río Magdalena y en general, donde la insolación es muy fuerte y las corrientes de la atmósfera no encuentran obstáculos en su trayectoria. Influye en estas condiciones atmosféricas la *zona térmica,* o sea la intersección de las capas de aire, que por efecto del calor tienden a elevarse y las que bajan de las nubes. Suele llamarse *zona térmica* esa región, porque los cambios bruscos de temperatura tienen lugar en las masas de aire que bajan desde los alto-stratus y cúmulus. En la figura 2ª damos una idea del mecanismo de estos pequeños torbellinos. Las corrientes tienen una tendencia marcada a la convergencia hacia una zona, donde se nota la *discontinuidad.* En esas ocasiones, las lluvias son abundantes, en poco más de dos a tres horas se recogen de 100 a 200 milímetros, lo que da lugar a que los riachuelos se hagan invadea-

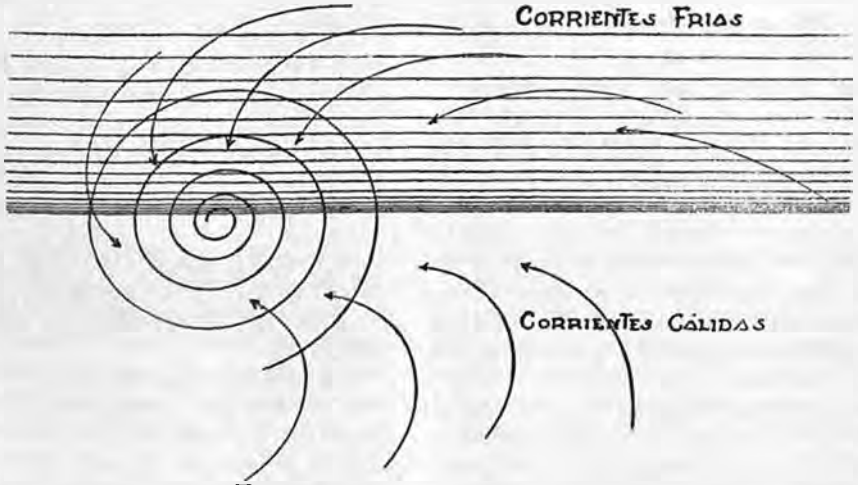


Fig 1ª

bles en poco tiempo. Las observaciones de Villavicencio son una buena confirmación de estos aguaceros.

Experimentos de discontinuidad

Cuando estábamos preparando este trabajo recibimos un número de la Revista "Indian Journal of Physics", donde se exponen algunas de las experiencias hechas para estudiar los fenómenos de *continuidad* y *discontinuidad* en los líquidos. Veamos cómo la analogía de los fenómenos en la atmósfera y las corrientes de agua, según los principios de la hidrodinámica, es muy parecida.

En esas experiencias se establecen dos corrientes de agua, a diferentes temperaturas, que circulan por distintos conductos. Llegan a un punto donde se encuentran. Con el objeto de distinguir mejor la superficie de discontinuidad, se echa en una de las corrientes substancia colorante y se prepara la cámara fotográfica. Omitiendo otros detalles de experimentación, veamos qué sucede al encontrarse las corrientes de diferente temperatura. Se distinguen en las fotografías perfectamente los vórtices. La inestabilidad de las capas líquidas da origen a fenómenos de *discontinuidad* y en el choque fórmanse los torbellinos. Estos tienen muy variadas formas que dependen de la temperatura, velocidad, etc. La producción artificial de la discontinuidad en los experimentos es una brillante ilustración de lo que sucede en la atmósfera con las corrientes de aire y la formación de los *tornados* locales. Cuando éstos, por efecto de la rotación de la tierra, adquieren gran desarrollo, como sucede en el Mar Caribe, se forman los ciclones que duran por muchos días y a veces semanas, sembrando la destrucción con la violencia de los vientos y lluvias.

Torbellinos secundarios

Llamónos siempre la atención en Europa un hecho bien comprobado en los mapas sinópticos de Francia y España y cuya explicación ha sido discutida. Por qué se forman tormentas llamadas *satélites,* en los golfos de Génova y Lion, cuando en el Mar Cantábrico se desarrolla una violenta tempestad? Esas depresiones secundarias tienen alguna relación con el ciclón principal? Que la topografía especial de esos dos golfos, los Pirineos y costas del Cantábrico, tienen alguna influencia parece cierto; pero, a nuestro juicio, otras son las causas principales de esos torbellinos secundarios. Las masas de aire con distintas temperaturas que a través de los Pirineos se ponen en contacto con las corrientes del Mediterráneo, dan lugar a la *discontinuidad* y ésta es la causa de aquellas tormentas de los golfos. Y no se crea que se forman en la superficie de la tierra. Más bien se desarrollan en las capas más elevadas a la altura de los nimbus, como sucede en los remolinos de que hemos hablado más arriba. Toda esta clase de tempestades locales tiene un origen parecido. La energía *potencial* de las masas se transforma en *cinética,* como se observa en la gran velocidad del viento durante el desarrollo del remolino. Como en estas latitudes tienen un radio pequeño y su movimiento de traslación alcanza algunos centenares de metros, los daños causados son muy limitados y no abarcan la extensión de los ciclones que recorren miles de kilómetros, como sucede con los huracanes del Mar Caribe.

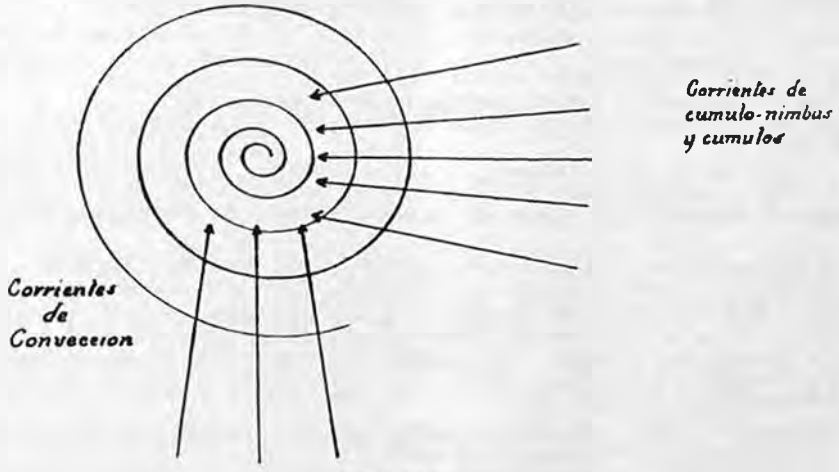


Fig. 2ª