

12. ALLEE, P. A. y PHILLIPS, B. B. (1959): *Measurement of cloud-droplet charge, electric field and polar conductivities in supercooled clouds* (Medida de la carga de las gotitas de agua de las nubes, del campo eléctrico y de las conductividades polares en nubes subfundidas). J. Met., 16, N.º 4, 405.
13. PHILLIPS, B. B. y KINZER, A. D. (1958): *Measurement of the size and electrification of cloud droplets in cumuliform clouds* (Medida del tamaño y de la electrificación de las gotitas de agua en nubes cumuliformes). J. Met., 15, N.º 4, 369.
14. TWOMEY, S. (1956): *Electrification of individual cloud drops* (Electrificación de gotas en nubes aisladas). Tellus, 8, n.º 4, 445.
15. AKIMOV, M. N. (1965): *Spektr elektriceskuj zarjadov kapel oblakov* (Espectro de la carga eléctrica de las gotitas de agua de las nubes). GGO, Leningrado, Trudy 177.
16. KAMALDINA, I. I. (1968): *Ob uzmenii elektriceskoj struktury kucevodozdevykh oblakov i processe in razvitija* (Cambios en la estructura eléctrica de cumulonimbos desarrollados). GGO, Leningrado, Trudy 225.
17. VONNEGUT, B. y otros (1966): *Electrical potential gradients above thunderstorms* (Gradientes de potencial eléctrico encima de nubes tormentosas). J. Atm. Sci., 23, n.º 6, 764.
18. IMYANITOV, I. M., KULIK, M. M. y CUVAEV, A. P. (1957): *Predvaritel'nye dannye ob opytah po regulirovaniju razvitija i izmenenija elektriceskogo sostojanija oblakov mosnoj konvekcii v juznyh rajonah evropejskoj territorii sojuza SSR i v Zakavkaz'e* (Datos preliminares sobre experimentos dirigidos a regular el desarrollo y los cambios de las condiciones eléctricas en nubes fuertemente convectivas en las regiones meridionales de la URSS europea y de la Transcaucasia). GGO, Leningrado, Trudy 67, 33-58.
19. MACCREADY, P. B. y otros (1959): (Meteorol. Res. Inc., Pasadena, Calif., 41 páginas); citado en U. S. Govt. Res. and Developm. Repts. 41, n.º 23, 19, 1967.
20. IMYANITOV, I. M. (1968): *K voprosu ob elektrizacii oblacnykh castic posle razyva kontakta mezdu nimi* (Sobre la electrificación de las gotitas de agua de las nubes después de haber roto el contacto entre ellas). Informe de la cuarta conferencia sobre Electricidad en la atmósfera y en el espacio. Tokio.

METEOROLOGIA DE LA CONTAMINACION ATMOSFERICA

Las aplicaciones de la meteorología al problema cada vez más grave de la contaminación del aire, exigen diversos métodos que dependen de las dimensiones de la dispersión considerada. Por un lado debemos considerar la posibilidad de que la proporción de productos químicos en la atmósfera, sobre extensiones muy grandes y aún sobre todo el globo, puede ir aumentando gradualmente, debido a la producción de impurezas producidas por la actividad industrial, cada día mayor; éste es un problema de contaminación débil pero muy extensa, la cual puede producir, con el transcurso del tiempo, cambios considerables de la química de la atmósfera, a escala regional o aún mundial, con posibles consecuencias peligrosas para el ser humano: por ejemplo, grandes cantidades de sulfatos dispersados en el aire pueden ser arrastrados hacia el suelo por las lluvias, aumentando así la acidez de los terrenos y de las aguas subterráneas; y un aumento a escala mundial de la concentración de anhídrido carbónico significaría un cambio considerable de las propiedades de radiación de la atmósfera, lo que podría producir una variación de los climas de la Tierra. Por esto, es importante que los meteorólogos vigilen la contaminación débil y extensa de la atmósfera comprobando las variaciones químicas de ésta y relacionando la difusión de los agentes contaminantes con la circulación general de la atmósfera. Por otro lado, puede plantearse el problema de estudiar los dañosos efectos para

la salud humana que se producen en comarcas poco extensas, en determinadas circunstancias meteorológicas, a causa de una gran concentración de impurezas originada por una gran industrialización o por las actividades normales de un núcleo urbano muy populoso, como por ejemplo, si se quemaran combustibles que contienen azufre; en estos casos es fundamental conocer el grado de estabilidad de la capa inferior de la atmósfera, así como el régimen de vientos y las condiciones de la turbulencia atmosférica, para poder estudiar la distribución espacial de las concentraciones y los efectos consiguientes sobre el hombre.

Al reconocer la importancia cada vez mayor de los factores meteorológicos en el estudio de la contaminación atmosférica, el Comité Ejecutivo eligió como tema de discusión científica durante su vigésima primera reunión el problema de la meteorología de la contaminación del aire.

Las sesiones fueron iniciadas por el Dr. Erik Eriksson (Suecia) y por el Sr. R. A. McCormick (EE. UU.), quienes dedicaron sus conferencias a los problemas meteorológicos relacionados respectivamente con la contaminación atmosférica débil a escala mundial y con la contaminación atmosférica intensa a escala local, es decir, en una comarca muy industrializada o en una ciudad populosa.

Contaminación atmosférica de baja concentración

El Dr. Eriksson explicó cómo el problema de la contaminación de baja concentración a gran escala es una parte del campo general de la química atmosférica que no había sido estudiada con detalle hasta hace muy poco tiempo. Mencionó la iniciativa de C. G. Rossby en 1954 de instalar en Europa occidental y en Estados Unidos, redes de estaciones preparadas para analizar químicamente las precipitaciones y expuso cómo se recogen las muestras y los métodos de análisis usados en las estaciones en que aún se continúan tales medidas. Citó también, brevemente, los métodos empleados en las relativamente pocas estaciones que miden el contenido químico de muestras de aire. Se está de acuerdo, en general, en que el análisis de las muestras de precipitación es menos difícil que la recogida de las mismas muestras y que, en el caso de las muestras de aire, lo mismo la recogida que el análisis químico presentan problemas que no han sido aún resueltos satisfactoriamente, al menos, para alguno de los compuestos químicos.

En su comparación de los resultados de recientes estudios sobre la concentración de sulfatos en la precipitación, fundados en datos procedentes de Europa septentrional y occidental y de la URSS, encontró el Dr. Eriksson indicaciones de que los mayores manantiales que vierten azufre a la atmósfera se encuentran en la regiones suroccidentales de toda la zona estudiada.

En su estudio sobre las variaciones del contenido en cloro y en azufre de las precipitaciones, según resulta de los registros de catorce años en estaciones de Suecia y otros países del oeste europeo, el Dr. Eriksson hizo notar que las fluctuaciones de un año a otro son tan grandes que es muy difícil obtener conclusiones sobre la existencia de una tendencia general; y será necesario continuar con las medidas unos cuantos años más antes de que pueda obtenerse ningún resultado seguro sobre la existencia y el valor de esta tendencia: por ejemplo, en el sur de Escandinavia se observó un

aumento considerable en la riqueza de cloro y de azufre en el período 1959 a 1963, pero después ha disminuido; en el centro de Europa se han encontrado fluctuaciones análogas, pero menos intensas. Considerados como promedios regionales, los datos indican una tendencia de aumento pequeño en Escandinavia y una tendencia de aumento aún menor, en el centro de Europa. Es bastante interesante ver que los datos de Irlanda muestran una tendencia negativa para el contenido de azufre, lo que demuestra claramente la importancia de conocer la circulación atmosférica para poder hacer interpretaciones de las tendencias regionales.

Para terminar, el Dr. Eriksson hizo también algunos comentarios sobre la concentración del anhídrido carbónico en la atmósfera, a partir de medidas hechas en las entradas de aire de aviones de reacción, en vuelo entre Escandinavia y California; los datos disponibles desde 1960 muestran un aumento medio anual del contenido de anhídrido carbónico, a lo largo de esta trayectoria, de $0,7 \pm 0,2$ millonésimas; el aumento medio actual de anhídrido carbónico en la atmósfera, por año, parece ser de este orden de magnitud.

Contaminación de alta concentración

En su revisión de la meteorología de la contaminación atmosférica de alta concentración, en comarcas urbanas o muy industrializadas, el Sr. McCormick mencionó los elementos meteorológicos de mayor importancia y habló también de pasada sobre nuestros conocimientos actuales en relación con los posibles efectos sobre la salud de esta clase de contaminación atmosférica. Como su conferencia fue publicada, en resumen, en el número anterior del *Boletín* (véase pág. 187), no se analizará en detalle aquí.

Discusión general

El Sr. Grandjean (Bélgica), presentó un breve resumen sobre la red belga de estaciones de medida de la contaminación atmosférica. La red fue creada mancomunadamente por el Real Instituto Meteorológico y por el Ministerio de Sanidad, y abarca 130 estaciones que miden la concentración de anhídrido sulfuroso y de humo; las mediciones se efectúan con aparatos automáticos y los datos son perforados en tarjetas adecuadas para su tratamiento regular por un ordenador electrónico, que da los valores diarios de la concentración. El procedimiento es un buen ejemplo de un método moderno para contrastar y elaborar datos de contaminación atmosférica.

En los diálogos que siguieron a estas conferencias, los miembros del Comité Ejecutivo expresaron la necesidad de aumentar la actividad de la OMM en este importante problema. Se expuso la necesidad de efectuar más y mejores medidas de todos los constituyentes de la atmósfera y de ampliar las investigaciones en micrometeorología. Mediciones más detalladas podrían, por ejemplo, dar luz sobre el importante problema del tiempo de permanencia de las impurezas en la atmósfera y las investigaciones en micrometeorología permitirían comprender mejor los mecanismos de la dispersión. Se hizo la petición de que sean perfeccionados los métodos de previsión de la contaminación potencial del aire desde el punto de vista meteorológico, con objeto de que puedan introducirse los sistemas de alerta en comarcas con

elevada concentración de impurezas atmosféricas. Se hizo hincapié en el hecho de que la contaminación del aire es también un problema de importancia creciente en las regiones del mundo en desarrollo; así pues, toda la experiencia que pueda adquirirse sobre la situación actual de las regiones desarrolladas será de utilidad para ayudar a evitar errores en la planificación urbana en los países en vías de desarrollo.

En relación con el problema mundial de la contaminación débil del aire, el Dr. B. Bolin (Suecia), completó los comentarios del Dr. Eriksson sobre el aumento de anhídrido carbónico en la atmósfera haciendo la predicción de que para el año 1999 la concentración del anhídrido carbónico en el aire será de unas 365 millonésimas, siendo en la actualidad de unas 320 millonésimas.

C. C. W.

DESARROLLO DE INSTRUMENTOS METEOROLOGICOS

Una nueva técnica para la medida de temperaturas de la superficie del mar

Dos barcos de la marina de guerra sudafricana, utilizando *termistores remolcados*, realizaron en abril y mayo de este año pruebas satisfactorias en la medida de temperaturas de la superficie del mar.



Termistor remolcado y termómetro electrónico.

Se realizaron más de 100 observaciones comparativas de temperaturas entre las medidas con termómetro sumergible, por toma en la sala de máquinas y con termistores, y los resultados obtenidos en el barco de vigilancia S. A. S. *Natal*, demostraron que, de 24 observaciones hechas en un día determinado, las temperaturas obtenidas por toma en la sala de máquinas variaban a veces alrededor de 1°C por encima o por debajo respecto a las obtenidas con termómetros sumergibles. Por otra parte, 9 observaciones de temperatura hechas con termistores remolcados coincidían exactamente con las medidas con termómetro sumergible, seis resultaban superiores en $0,1^{\circ}\text{C}$,