

Leningrado, 208 págs. (en ruso).

USACHEV, V. F., 1977: A study of river flood plains using aerohydrometry methods, GGI Works, 232, 112-119 (en ruso).

KROTOV, A. P., y otros, 1996: Interaction of channel processes and

hydraulic structures, Moscú, Stroyizdat, 145 (en ruso).

KINOSHITA, R., 1968: Flood flow measurement by aerial photography, Serie Hy. Eng., Sociedad de Ingeniería Civil de Japón (en japonés).

## Estación de Paramaribo: un programa conjunto de Surinam y Holanda en el trópico



Por J. P. F. Fortuin\*, C. R. Becker\*\*, H. Kelder\* y A. P. M. Baede\*

### Introducción

Para tratar el importante tema de la influencia de los trópicos sobre el clima mundial y la composición atmosférica se necesita conocer mejor la química y el transporte atmosféricos en esta región. La zona de convergencia intertropical (ZCIT) juega un papel vital a este respecto. En ella se junta el aire que viene del norte con el que viene del sur, sufre varios procesos dinámicos y químicos, asciende por convección a altitudes más altas y sopla hacia latitudes fuera del trópico. Sobre regiones grandes, la ZCIT puede distinguirse como una banda nubosa que rodea la Tierra. Su estructura latitudinal es bastante compacta sobre los océanos a ambos lados del continente sudamericano, de forma que se puede seguir fácilmente su migración anual entre el ecuador y, aproximadamente, los 10° N. Esta migración determina también en gran medida las variaciones estacionales de las áreas que se encuentran dentro de su extensión. En Surinam, por ejemplo, las dos estaciones húmedas coinciden con los periodos en los que la ZCIT está directamente sobre el país (de

diciembre a enero y de abril a julio), las estaciones secas se dan cuando está al sur o al norte de Surinam (de febrero a marzo y de agosto a noviembre, respectivamente). Por lo tanto, una estación de observación atmosférica situada en Surinam tomaría muestras de aire tanto del hemisferio norte como del sur, y también de aire de la misma ZCIT, dependiendo de su posición. Además, debido a la orografía relativamente llana de la región costera nororiental de Sudamérica, el aire permanece mucho tiempo sin perturbaciones

después de ser advectado sobre tal lugar. Por ello, la influencia orográfica sobre el transporte de aire es mínima, lo que simplifica mucho las tentativas de seguir la pista del aire hasta su región de origen. La atmósfera tropical abarca casi la mitad de la atmósfera global, sin embargo

actualmente hay pocos puestos de observación sistemática para estudiar su comportamiento. La combinación de estas características motivó una iniciativa de investigación conjunta entre Surinam y Holanda que desembocó en el proyecto de Investigación de la Dinámica y Química de la Atmósfera (RADCHIS) de

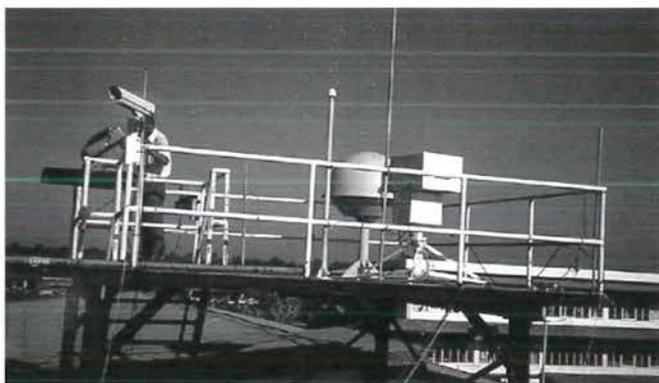


Figura 1 - La plataforma de observaciones en la terraza del edificio de la Oficina Meteorológica de Surinam con (de izquierda a derecha) una cámara de video al aire libre, la antena GPS, una antena de UHF y el Brewer MKIII

\* Royal Netherlands Meteorological Institute (Real Instituto Meteorológico de Holanda). P.O. Box 201. 3730 AE De Bilt, Netherlands. Correo electrónico: fortuin@knmi.nl

\*\* Head of the Meteorological Service of Surinam (Jefe del Servicio Meteorológico de Surinam), 41 Magnesium Road, Paramaribo

Surinam. Las observaciones que se hagan bajo este proyecto proporcionarán una aportación útil al componente tropical de la Vigilancia de la Atmósfera Global de la OMM y a los Centros Mundiales de Datos asociados.

### El Proyecto RADCHiS

Como indica su nombre, la idea general de programa del RADCHiS es bastante sencilla: estudiar la dinámica y la química atmosféricas en los trópicos sobre la base de las siguientes observaciones rutinarias:

- Observaciones continuas del ozono total y de la radiación ultravioleta con un espectrofotómetro Brewer MKIII.
- Medidas regulares (semanalmente) mediante globos sonda de los perfiles de ozono, temperatura, humedad y viento.

El proyecto es una iniciativa de investigación del Real Instituto Meteorológico de Holanda (KNMI), basado en un programa de cooperación con el Servicio Meteorológico de Surinam (MDS). El KNMI ofrece su experiencia (se está llevando a cabo un programa de observación similar en De Bilt, Holanda) mientras que el MDS ofrece la infraestructura y el personal necesarios para llevar a cabo el proyecto. El Instituto de Investigación Marina y Atmosférica de la Universidad de Utrecht, en Holanda, y el Instituto Max Planck de Química, de Mainz, Alemania, son copatrocinadores y, por lo tanto, socios investigadores. Los investigadores principales correspondientes son el Profesor

Dr. J. Lelieveld y el Premio Nobel Profesor Dr. P. J. Crutzen, que es pionero de la investigación atmosférica en los trópicos. La Organización Holandesa de Investigación Científica (NWO) aprobó la financiación del proyecto para un periodo de cuatro años que empezó en septiembre de 1998. La comunidad de observación de la Tierra de Holanda, el Instituto Holandés de Aviación e Investigación Espacial y la Fundación Holandesa de Investigación Espacial, y el KNMI aportan financiación adicional. La OMM hizo que los gobiernos de Surinam y de Holanda llegaran a un acuerdo para que se pudiera ejecutar el proyecto bajo el Programa de Cooperación Voluntaria de la OMM (PCV). Bajo el PCV, la OMM ofrece una valiosa ayuda a través de equipamiento científico y además brinda a sus países Miembros la oportunidad de financiar y participar en el proyecto. Se espera disponer de fondos adicionales para que las observaciones de ozono se puedan aumentar en el futuro y para completar los sondeos atmosféricos con observaciones diarias de radiosonda.

### La estación de observación

La selección de un emplazamiento de observación resultó ser fácil, ya que el edificio del MDS en Paramaribo ofrecía el lugar ideal. El edificio del MDS tiene una plataforma que se extiende sobre el tejado y que ofrece una vista de todos los lados sin ningún tipo de obstáculo y un espacio más que suficiente para el instrumento Brewer y para las antenas de sondeo (Figura

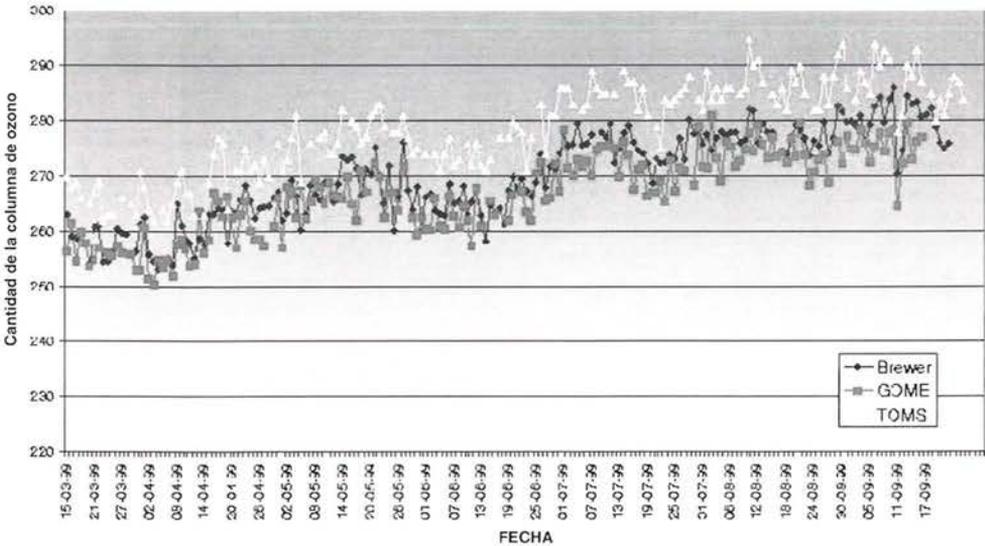


Figura 2 - Valores Brewer de ozono total en Paramaribo comparados con TOMS (v. 7) y GOME (GDP) (ver texto).

ra 1). El MDS también ofrecía un amplio espacio de oficinas, junto con una espaciosa sala de operaciones con vistas a un descampado desde el que se podían lanzar los globos y donde se podía construir un cobertizo de almacenamiento. El emplazamiento está situado a 5,8°N y 55,2°O, a una latitud que está justo en medio del recorrido anual de migración de la ZCIT.

Antes de instalar el equipamiento del proyecto hubo que hacer algunos preparativos, tales como colocar una cerca alrededor del lugar y asegurarlo contra los rayos, y preparar el descampado para el cobertizo de almacenamiento y para lanzar los globos. Se seleccionó un equipo operativo que constaba de cinco empleados del MDS, a los que se formó mientras se realizaban las siguientes instalaciones: el espectrofotómetro Brewer MKIII en marzo y el equipo de sondeo Vaisala en septiembre de 1999. Durante la segunda instalación se colocó también una cámara de vídeo al aire libre, que enfoca al sudeste y que toma imágenes de gran angular del cielo cada dos minutos. Se pueden usar estas fotografías para complementar las observaciones Brewer y los sondeos y, combinadas en una secuencia de animación, pueden ofrecer información valiosa de las escalas espaciales y temporales de los procesos nubosos.

El programa de observaciones está ahora totalmente operativo, con el Brewer tomando medidas continuas del ozono total y de la radiación UV, además de las medidas Umkehr a la salida y a la puesta del sol. Los sondeos con globo se llevan a cabo semanalmente, midiendo el ozono con la técnica de célula electroquímica, además de la temperatura, la humedad y la velocidad y dirección del viento mediante el Sistema Mundial de Posicionamiento (GPS).

### Las observaciones

Las observaciones Brewer empezaron en marzo, durante la corta estación seca en que la ZCIT se sitúa al sur de Surinam. Desde entonces se han comparado las medidas de ozono total con las observaciones de satélite GOME y TOMS; los primeros resultados se muestran en la figura 2. Para el GOME, los valores se

obtienen con la técnica de recuperación del procesador de datos GOME; para el TOMS, se usan los valores de la versión 7. La señal Brewer es claramente similar, el TOMS muestra una compensación mayor pero capta mejor la varianza. Los perfiles Umkehr del Brewer tienen distintas aplicaciones, incluidas la de complementar los perfiles de sondeo de ozono y la de validar los perfiles de ozono GOME. Como cabe esperar, las medidas de UV Brewer pueden mostrar valores perjudiciales de UV (DUV) altos. En Holanda, por ejemplo, el máximo de la escala DUV está en 10, y corresponde a 250 W m<sup>-2</sup>. En Surinam, este valor se sobrepasa casi siempre alrededor del mediodía, con unos valores típicos de unos 300 W m<sup>-2</sup>, pero se han registrado extremos de hasta 448 W m<sup>-2</sup>.

La rutina semanal de los sondeos de ozono empezó a principios de septiembre, más o menos con el inicio de la larga estación seca, cuando la ZCIT acababa de emigrar hacia el norte de Surinam. Debido a la influencia de La Niña en marcha, el tiempo era, no obstante, atípico, con chubascos frecuentes. Los perfiles de ozono muestran una gran estructura en la troposfera y éste es uno de los temas de investigación en la actualidad.

Las observaciones se usarán además para estudiar características específicas tales como la convección profunda, las ondas ecuatoriales y el papel de la química sobre la distribución del ozono, además de para validar las observaciones de satélite en los trópicos. Serán bienvenidas tanto la participación de grupos u organizaciones de investigación afines como la oportunidad de compartir observaciones y conocimientos con ellos. Ya se ha previsto para el futuro inmediato una cooperación con el proyecto de Sondeos de Ozono Adicionales en el Hemisferio Sur.

### Agradecimientos

Nos gustaría dar las gracias a todos aquellos que han financiado este proyecto, en particular a la Región de la Tierra y de Ciencias Naturales de la NWO, por su apoyo y por la realización de la estación de observación.