

## VEHICULO INSTRUMENTADO PARA ESTUDIOS DE MICROFISICA DE NUBES Y PRECIPITACION

R. A. Montañez y F. García-García

Centro de Ciencias de la Atmósfera  
Universidad Nacional Autónoma de México  
Circuito Exterior, Ciudad Universitaria  
04510, México, D. F.

### INTRODUCCION:

Con el objeto de realizar estudios de microfísica de nubes y precipitación en tierra, se instrumentó una camioneta con tres espectrómetros de gotas y una estación meteorológica automatizados. Estos equipos permiten hacer observaciones de distribuciones por tamaño de gotas y de condiciones meteorológicas, las cuales pueden ser procesadas de manera similar a las que se obtiene en aviones instrumentados.

La determinación del espectro de gotas es fundamental para el estudio de los procesos de formación y desarrollo de nubes (Warner, 1969) y, para ello, la Sección de Física de Nubes del Centro de Ciencias de la Atmósfera cuenta con tres espectrómetros fabricados por la empresa Particle Measuring Systems Inc... (FMS). Originalmente diseñados por Knollenberg (1967) para ser montados en un avión, los espectrómetros de gotas FSSP, OAP-2DC y OAP-2DP han sido también utilizados en plataformas fijas en tierra (Humphires, 1985; List y Kuhn, 1986; Schemenauer y Joe, 1989). Además, se han realizado estudios de tormentas de nieve haciendo uso del OAP-2DC montado sobre un vehículo terrestre en movimiento (Holroyd, 1986).

La plataforma móvil que es tema de este artículo se ha usado para llevar a cabo estudios de microfísica de niebla durante 1990 y 1991 en la Sierra Madre Oriental, dentro del Estado de Puebla (García y Montañez, 1991a; 1991b). Para los próximos años, se tiene planeando continuar con trabajos relacionados con niebla, así como llevar a cabo determinaciones de espectros de gotas de precipitación en diferentes zonas de la República Mexicana.

En el presente artículo se describen las características del vehículo instrumentado y se discuten las diferencias que presenta en comparación con otras

plataformas de muestreo, ya sean éstas aéreas o fijas en tierra.

### DESCRIPCION E INSTRUMENTACION DEL VEHICULO

Los instrumentos más desarrollados que hay en el mercado para determinar espectros de gotas son los espectrómetros fabricados por PMS, de los cuales existen varios modelos, dependiendo del tamaño de gotas que se desee analizar.

Al llevar a cabo estudios de microfísica de nubes, es deseable contar con información meteorológica para entender las características a nivel de mesoescala del ambiente en el que se está trabajando, y para ello se cuenta con una estación meteorológica portátil. A continuación se describen los instrumentos de medición y las características de su instalación en la camioneta.

#### Espectrómetro de Gotas de Dispersión Frontal (FSSP).

Este espectrómetro calcula el tamaño de las gotas midiendo la cantidad de luz dispersada dentro de la apertura de la óptica colectora, durante el paso de la partícula a través de un rayo láser. Los pulsos de la señal dispersada son acoplados a un analizador de altura de pulsos (PHA) el cual compara la máxima amplitud con un voltaje de referencia. La salida del PHA es codificada para asignarle a la partícula un tamaño en código binario. El instrumento permite detectar nominalmente gotas entre 0,5 y 60  $\mu\text{m}$ .

#### Espectrómetros de Gotas de Arreglo Optico (OAPs)

En estos espectrómetros las partículas pasan a

través de una fuente de luz generada por un tubo láser, produciendo una sombra sobre un arreglo lineal de fotodiodos. El tamaño de cada partícula es determinado electrónicamente, contando el número de sensores de luz que son oscurecidos en mas de un 50% por la sombra de la gota. El estado de esto fotodiodos (prendido o apagado) es interpretado por el equipo como una "rebanada de imagen". El aparato es capaz de construir una serie de "rebanadas de imágenes" a una razón proporcional a la velocidad de muestreo, para generar una imagen bidimensional de las gotas. La diferencia entre el OAP-2DP estriba en el rango de tamaños nominales que pueden detectar, siendo éstos de 25 a 1600 y de 100 a 6400 mm, respectivamente.

#### Equipo de Apoyo:

La información generada por los espectrómetros de gotas es recibida por un sistema de adquisición de datos (PMS DAS-2D-32) el cual organiza y clasifica las gotas detectadas, enviando esta serie de datos a una grabadora de cinta magnética (Pertec FT-7640-9F-25/U2) para su posterior análisis en computadora. Se cuenta además con un monitor (Hewlett-Packard 1340A) para observar las imágenes de las gotas en tiempo real.

#### Estación Meteorológica

Se dispone de una estación portátil para obtener la información meteorológica en un punto de la zona de muestreo o a lo largo de la trayectoria recorrida por el vehículo. Las variables que pueden ser determinadas son: velocidad y dirección del viento, temperatura, presión barométrica e intensidad de precipitación. Los datos obtenidos se resgistran en un monitor (Digital Weather Master) o directamente en una computadora personal (Digital PCW Weather Station).

#### Vehículo Instrumentado

Se utilizó una camioneta Ford Pick-Up con caseta para montar los equipos y poder realizar mediciones a lo largo de una trayectoria definida a una velocidad conocida. Los tres espectrómetros de gotas se instalaron en el frente de la camioneta con una orientación horizontal, tal como se hace en un avión. De la misma forma, la veleta y anemómetro se colocaron junto a los espectrómetros para determinar la velocidad y dirección del viento respecto de la camioneta. Se ha tomado el debido cuidado en instalar estos instrumentos arriba y al frente del vehículo para minimizar la distorsión del flujo de aire causado por el movimiento del automotor. El sistema de adquisición

de datos, al igual que la grabadora de cinta magnética y el monitor para gotas, se colocaron en un estante localizado en el interior de la caseta. Se utilizó un generador de poder a gasolina (Mac Power-Pac 1500E) para alimentar los instrumentos relacionados con las mediciones microfísicas. La estación meteorológica, así como el monitor que registra la información o la computadora personal, son abastecidos de energía por medio de pilas.

Las figuras 1 y 2 muestran, respectivamente, el diagrama de bloques del sistema y la disposición de los instrumentos de medición en la camioneta.

#### DISCUSION

El desarrollo del vehículo instrumentado se llevó acabo con el propósito de realizar estudios de microfísica de niebla y de precipitación en tierra. En esta sección se analizan las diferencias que presenta dicho vehículo en relación con las plataformas utilizadas tradicionalmente, sean éstas aéreas o fijas en tierra.

En el caso de plataformas aéreas, los espectrómetros de gotas se colocan en posición horizontal debajo de las alas del avión, o bien sobre el fuselaje de éste. Los estudios realizados con aviones se llevan a cabo a diferentes alturas respecto de tierra, excepto por los límites de seguridad que se deben guardar para alturas pequeñas, a diferencia del vehículo que solamente permite efectuar muestreos sobre una superficie pavimentada. Otras ventajas que presenta la plataforma aérea respecto del vehículo, es que se pueden definir de manera muy precisa los contornos de la nube (con apoyo de un radar) y, asimismo, es posible efectuar un amplio número de trayectorias a diferentes alturas, tanto dentro de la nube como sobre alrededor y debajo de ella.

Por el contrario, el vehículo instrumentado proporciona otras ventajas respecto del avión, como son el muy inferior costo de operación, una definición de la situación espacial más precisa y períodos de muestreo más largos (por razones económicas) tanto para el caso del análisis de una nube, como para toda una temporada de trabajo.

En cuanto a los muestreos fijos en tierra, éstos se pueden llevar a cabo de dos formas. La primera, con los espectrómetros orientados horizontalmente, siendo necesario para ésto utilizar aspersores para proporcionar a las gotas una velocidad adecuada para poder ser captadas por los espectrómetros (Knollenberg, 1976). La segunda de ellas consiste en colocar los espectrómetros en posición vertical, de manera que la

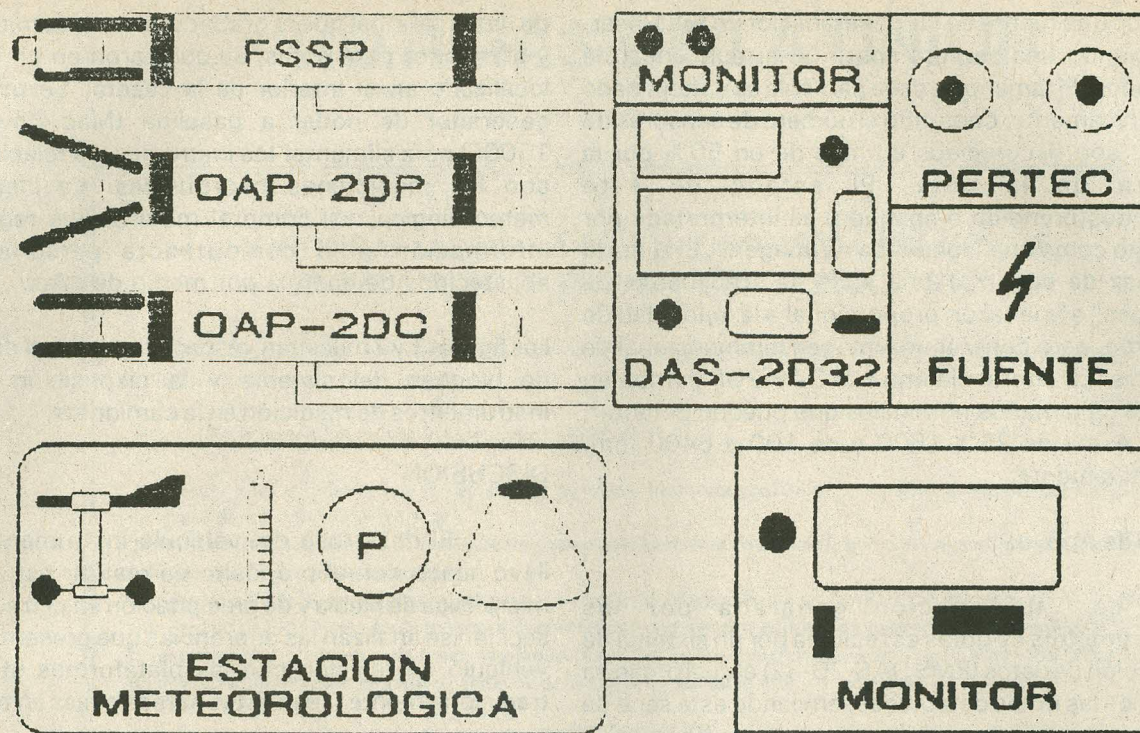


Fig. 1. Diagrama de bloques de la instrumentación utilizada en el vehículo.

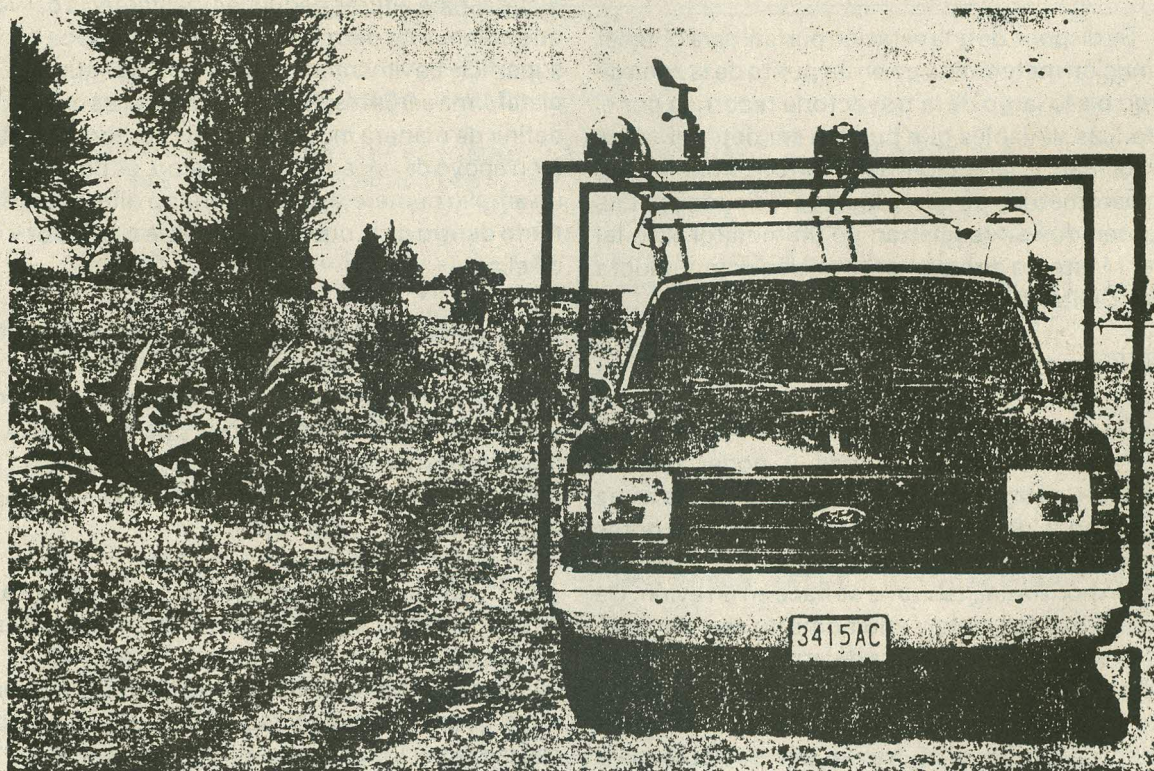


Fig. 2. Disposición de los instrumentos de medición en la camioneta.

utilización de aspersores sigue siendo necesaria para el FSSP (debido a la pequeña velocidad terminal de las gotas más chicas) y es opcional para el caso de los OAPs.

El uso de los aspersores representa un problema técnico, debido a que favorece el registro de las gotas más pequeñas en detrimento de las de tamaños mayores (Norment, 1987). Cuando no se hace uso de la aspiración del aire para el monitoreo con los OAPs, el análisis de los registros se dificulta enormemente, ya que las trayectorias de las partículas no son en general verticales y el volumen de muestreo de éstas resulta más complicado de determinar. Esto se debe a que dicho volumen depende de la velocidad terminal de las gotas, que a su vez es función del tamaño de éstas.

Por otro lado, la utilización de una estación fija de muestreo tiene la desventaja de proporcionar una información espacial muy reducida en comparación con la plataforma móvil, a menos que se utilice una red de estaciones de trabajo. Esto no es económicamente factible, debido al alto costo de los equipos. En caso de que se mueva la plataforma fija en tierra hacia diferentes puntos, se presenta el inconveniente de que los registros no se van a referir al mismo instante, sino que describirán diferentes estados de desarrollo de la nube o de

precipitación.

## CONCLUSIONES

El vehículo instrumentado para estudios de microfísica de nubes y precipitación en tierra presenta diferencias importantes en comparación con los sistemas aéreos y fijos en superficie, utilizados tradicionalmente. Respecto al avión, la camioneta no posee la capacidad de efectuar la amplia serie de movimientos a diferentes alturas que el primero realiza, pero la definición espacial de sus trayectorias resulta más precisa, además de que, debido a su inferior costo de operación, es posible extender los períodos de muestreo prácticamente a voluntad. En relación a la plataforma fija, ésta introduce problemas técnicos muy severos para el análisis de los datos y limita la comprensión espacial del sistema bajo estudio.

El desarrollo de una plataforma móvil de muestreo en tierra constituye una herramienta de gran valor para efectuar estudios de microfísica de nubes y precipitación. Esta estación móvil se ha utilizado durante dos campañas de caracterización de niebla en el estado de Puebla y su uso futuro estará orientado a monitoreos de niebla y de espectros de precipitación en diferentes zonas de la República Mexicana.

## AGRADECIMIENTOS:

Los autores agradecen el apoyo técnico prestado por los Ings. M. García Silva, A. Rodríguez y V. Zarraluqui del Laboratorio de Instrumentación Meteorológica del Centro de Ciencias de la Atmósfera. El presente trabajo fue realizado con apoyo del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua de la Comisión Nacional del Agua y del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.

## REFERENCIAS

- García-García, F., and R.A. Montañez, 1991 a: Warm Fog in Eastern México: A case study. Atmósfera, 4, 53-64.
- García-García F., and R. A. Montañez, 1991b: Espectros de gotas de niebla en la Sierra Madre Oriental. Reunión Anual Unión Geofísica Mexicana, Noviembre 11-15, Puerto Vallarta, Jalisco.
- Holroyd, E.W., 1986: surface sampling of a snowstorm by a 2D-C probe with and without aspiration. J. Atmos. Oceanic Technol., 3, 755-758.
- Humphries, J.H., 1985: Application of an airborne optical array probe for ground-base microphysical observations. J. Atmos. Oceanic Technol., 2, 252-259.
- Knollenberg, R.G., 1976: Three new instruments for cloud physics measurements: The 2-D Spectrometer, the Forward Scattering Spectrometer Probe, and the Active Scattering Aerosol Spectrometer. Prepr. Int. Cloud Phys. Conf., July 26-30 Boulder, Colo. Amer. Meteor. Soc., 554-561.
- List, R., and R. Kuhn, 1986: Drop Spectra of warm rain in Hawaii. Prepr. Joint Sessions 23rd Conf. Radar Meteor. and Conf. Cloud Phys., Sept, 22-26 Snowmass, Colo. Amer Meteor. Soc. 3, JP306-JP308.
- Norment, H. G., 1987: Numerical studies of sampling efficiencies of the ASCME and PMS aspirator hydrometeor measurement instruments. J. Atmos. Oceanic Technol., 2, 253-263.
- Schemenauer, R.S., and P. I. Joe, 1989: The collection efficiency of a massive fog collector. Atoms. Res. 24, 53-69.
- Warner, J., 1969: The microstructure of cumulus cloud. Part I. General features of the droplet spectrum. J. Atmos. Sci., 26, 1049-1059.