

## **LAS MISIONES ATLAS DE LA NASA**

**Dr. Ing. ENRIQUE PULIAFITO**

*Investigador Científico y*

*Profesor de la Universidad de Mendoza*

*Co-Investigador del proyecto MAS*

### **1. INTRODUCCIÓN**

El 24 de marzo de 1992 despegó desde la base en Cabo Kennedy (Florida, EE.UU.) la primera de las misiones ATLAS (Atmospheric Laboratory for Applications and Science) de la Agencia Espacial NASA, a bordo del Space Shuttle "Atlantis" en el vuelo STS-45. Entre los principales proyectos de esta misión multinacional se encuentra el Proyecto MAS (Millimeterwave Atmospheric Sounder), de la cual la Universidad de Mendoza (Mendoza, Argentina) es co-investigadora. A esta exitosa misión de 9 días de duración, le siguió, un año después, la misión ATLAS-2 que partió en el vuelo STS-56 del Space Shuttle "Discovery", entre el 8 y el 16 de abril de 1993.

El objetivo primordial de este programa es contribuir a la caracterización de los componentes químicos y físicos de la atmósfera media, incluyendo la energía solar que afecta la atmósfera de la Tierra. Ya que una única misión no puede proveer la información necesaria para lograr este objetivo, se han planificado una serie de misiones Atlas, portando siete instrumentos, como núcleo central de la carga útil, y otros instrumentos complementarios. Algunos de los instrumentos están dedicados al estudio de la atmósfera y otros a medir la energía solar. Ambos grupos de mediciones son indispensables para entender los complejos mecanismos de la atmósfera media.

### **2. LAS MISIONES ATLAS**

En el desarrollo de las misiones Atlas, científicos de Estados Unidos, Alemania, Bélgica, Francia, Suiza y la Argentina, conducen

catorce investigaciones complementarias divididas en cuatro disciplinas: ciencias de la atmósfera, ciencias solares, física del plasma espacial y astronomía en el rango de los ultravioletas. El grupo de experimentos estudia la química, física y dinámica de la atmósfera media y la energía solar que arriba a la atmósfera celeste, especialmente orientados a detectar la frágil capa de ozono y su balance dinámico con la luz del sol, el cambio global climático y el efecto invernadero.

Para entender la incidencia de la actividad solar sobre la atmósfera es necesario obtener información durante un periodo solar completo, es decir, once años. Para cumplir con este requisito la Agencia Espacial NASA ha previsto una serie de 10 misiones ATLAS, a un intervalo de 12 a 18 meses, comenzando en 1992 y extendiéndose hasta el año 2001. Se han proyectado vuelos en distintas épocas del año para analizar las características de la atmósfera en cada una de las estaciones.

Un concepto importante de las misiones ATLAS es la posibilidad de recalibrar los instrumentos antes y después de cada vuelo, con lo cual se puede lograr datos de alta precisión. Esto no sólo beneficia a la propia misión, sino a otros proyectos ya que parte de los instrumentos a bordo del **ATLAS** tiene su contrapartida en satélites de investigaciones de la atmósfera, por ejemplo el UARS (Upper Atmosphere Research Satélite). Sin dudas, la comparación de estos datos redundará en beneficio de toda la comunidad científica.

Uno de los instrumentos fundamentales de las misiones Atlas es el desarrollado por el proyecto MAS (Sondeo atmosférico mediante ondas milimétricas) el cual lleva a cabo mediciones globales de ozono, vapor de agua, monóxido de cloro, temperatura y presión. Durante la Misión Atlas-2, por ejemplo, el MAS obtuvo 118 horas y 41 minutos de datos científicos, casi 20 horas más que durante la misión Atlas-1; el 60% de esta información fue capturada entre los 40 grados de latitud norte y los 72 grados de latitud sur, y el 40% restante entre 40 grados de latitud sur y 72 grados de latitud norte. Usando la experiencia de la Misión Atlas-1, se introdujeron mejoras en el programa de control del instrumento, lo que dio por resultado que, aproximadamente, el 80% de los datos obtenidos sean de mayor calidad que aquellos obtenidos durante la Misión Atlas-1. Esta es una de las ventajas de la repetición de las Misiones Atlas.

### 3. EL PROYECTO MAS

El proyecto MAS, mide la radiación térmica proveniente de la

atmósfera mediante radiometría espectrocopia en ondas milimétricas, en el rango de frecuencias entre 60 a 204 GHz. La emisión recibida en estas frecuencias provee importante información a sus científicos sobre la composición de la atmósfera media, en forma de perfiles en altura (entre 15 y 90 km) y en función de la latitud (70 grados de latitud norte a 70 grados de latitud sur), de ozono, vapor de agua, monóxido de cloro, temperatura y presión. El monóxido de cloro (ClO) es una sustancia clave que ataca al ozono a través de un proceso catalítico cuya presencia en la estratosfera se atribuye exclusivamente a la acción humana, principalmente en la producción de gases como el clorofluorometano (CFC-11) y el diclorofluorometano (CFC-12) que se usan en los aerosoles, gases refrigerantes, tergopol, etc. Las pérdidas de ozono se hacen muy evidentes durante la primavera Antártica, es decir, entre setiembre y noviembre. El vapor de agua, también, juega un rol muy importante en la fotoquímica del ozono, ya que es la fuente de compuestos activos de hidrógeno que dominan la disminución fotoquímica de ozono sobre los 50 km de altura. El vapor de agua, es además un gas que permite detectar los movimientos primarios de los vientos de la atmósfera media y, por lo tanto, ayuda a entender la distribución de ozono y la mecánica del transporte químico.

En el MAS participan científicos y técnicos del Max-Planck Institut für Aeronomie (MPAE) (Alemania), la Universidad de Berna (Suiza), la Universidad de Bremen (Alemania), el Naval Research Laboratory (EE.UU.), la Pennsylvania State University (EE.UU.) y la Universidad de Mendoza (Argentina). Cabe destacar que el investigador principal del proyecto MAS es el profesor Gerd K. Hartmann, investigador del Max-Planck Institut für Aeronomie, quien es, además, profesor titular de la Universidad de Mendoza (UM) y se desempeña como director científico externo del Instituto para el Estudio del Medio Ambiente (IEMA) que depende de esta Universidad. También participa como co-investigador del MAS el doctor ingeniero Enrique Puliafito, profesor de la UM e investigador del IEMA. La UM, a través del IEMA, con asiento en Benegas, Mendoza, realiza mediciones radiométricas similares y correlativas al MAS, para su posterior análisis comparativo (Proyecto TROPWA: Medición de vapor de agua troposférico y mesosférico, medición de ozono estratosférico, este proyecto internacional conjunto entre la UM y el MPAE se enmarca en la cooperación bilateral argentino-alemana).

#### 4. OZONO ESTRATOSFÉRICO

En la estratosfera (entre 15 y 50 km de altura) una capa de aproximadamente 10 km de espesor de ozono, absorbe las radiaciones solares ultravioletas de onda corta (de 200 a 300 nm), protegiendo la vida terrestre de esta energía dañina. Esta capa, además, calienta la atmósfera media, proveyendo de energía a muchas reacciones químicas.

El ozono estratosférico, sin embargo, es particularmente reactivo y susceptible a la destrucción por un número de compuestos químicos, especialmente las familias químicas del cloro, nitrógeno e hidrógeno. Estas especies se producen en la superficie terrestre a través de procesos tanto naturales como sintéticos, a su vez éstas, ascienden suficientemente hasta que la luz ultravioleta descompone estas especies. La concentración creciente de estos subproductos en la atmósfera ha conducido a ciclos periódicos de disminución de la capa de ozono. Bajo las condiciones meteorológicas especiales de la Antártida, esta disminución del ozono ha llegado a valores muy críticos, produciendo el así llamado "agujero de ozono", por el cual las radiaciones ultravioletas pueden penetrar profundamente en la atmósfera. La preocupación creciente es tal que, con una capa reducida del ozono, la vida sobre la superficie se verá expuesta a la radiación ultravioleta intensa lo que podrá incidir en un aumento de cánceres de piel, cataratas en la vista y destruir plantas importantes de la cadena alimenticia.

#### 5. LA FOTOQUÍMICA DEL OZONO

La fotoquímica del ozono es muy compleja. Para entender cómo la actividad humana interfiere en las complicadas reacciones químicas que afectan la concentración de ozono, debemos primero ver cuáles son los procesos naturales que intervienen en la producción y destrucción del ozono. Las investigaciones llevadas a cabo por las misiones Atlas tienden, precisamente, a entender estos procesos.

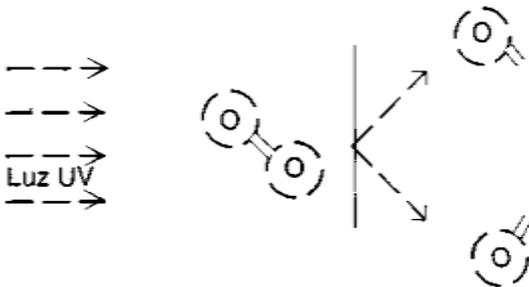
En la presencia de la luz solar, las moléculas de ozono participan de numerosas reacciones químicas, algunas de ellas producen un aumento de la concentración de ozono y otras una disminución. El balance neto de las reacciones naturales resulta en un nivel constante de ozono. Sin embargo, los productos de la actividad humana están ingresando en la atmósfera a ritmos cada vez mayores, induciendo reacciones potencialmente catastróficas.

Cuando la luz ultravioleta (UV) incide sobre las moléculas de

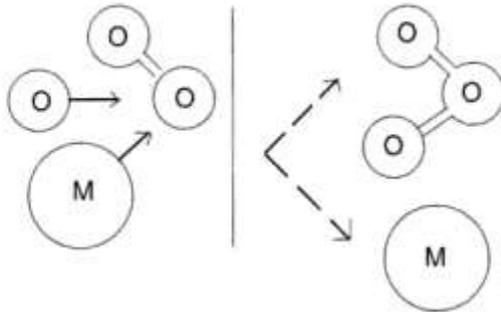
oxígeno ( $O_2$ ) en la estratosfera, libera átomos de oxígeno (O), los cuales se recombinan con las moléculas de oxígeno, produciendo ozono ( $O_3$ ) (figura 1).

Si la radiación ultravioleta (UV) incide sobre una molécula de ozono, esta se quiebra produciendo oxígeno molecular y un átomo libre de oxígeno, el cual puede luego recombinarse con otros átomos de oxígeno, formando nuevamente ozono (figura 2).

Ciertas sustancias químicas, tal como los compuestos nitrogenados y los hidrocarburos halogenados (CFC: compuestos cloro-flúor-carbonados), son particularmente destructivos del ozono a través de procesos catalíticos, es decir, una molécula de estos compuestos puede destruir miles de moléculas de ozono. Por ejemplo, el óxido nítrico (NO) destruye ozono combinándose con éste y produciendo dióxido de nitrógeno ( $NO_2$ ) y oxígeno. El dióxido de nitrógeno está disponible para combinarse con otros átomos de oxígeno libres, produciendo otra vez una molécula de óxido nítrico y una molécula de oxígeno. El resultado neto es la pérdida de una molécula de ozono y un átomo de oxígeno (figura 3).



1. Disociación de la molécula de oxígeno en dos átomos de oxígeno.



2. Formación de ozono. (Se requiere una molécula adicional para el choque).

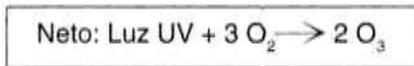
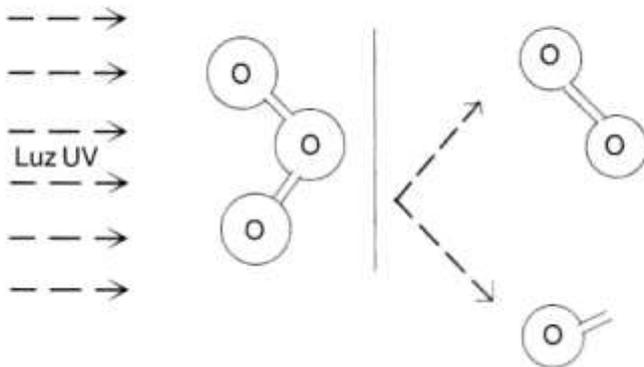
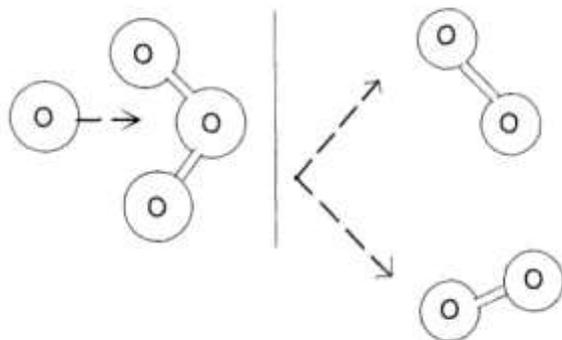


Figura 1: formación de ozono



1. Disociación del ozono por medio de la luz UV.



2. Reacción por colisión entre oxígeno (O) y ozono (O<sub>3</sub>)

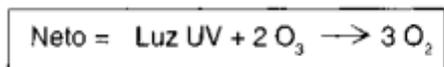
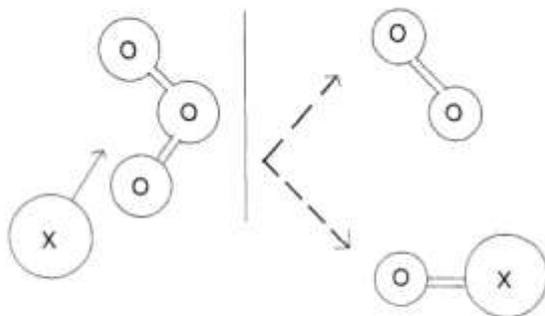
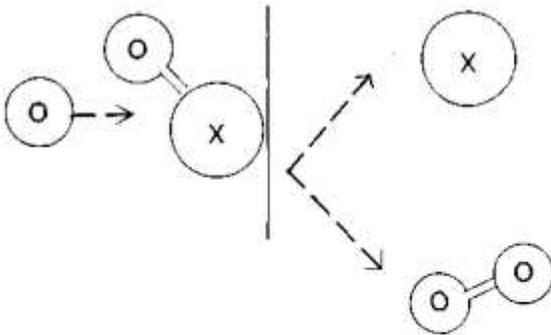
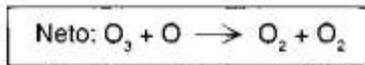


Figura 2: Disociación del ozono



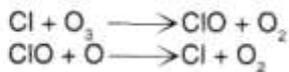


**Destrucción catalítica del ozono. (X = catalizador, por ej. NO, H, OH, Cl).**



**Figura 3: Destrucción catalítica del ozono.**

Los hidrocarburos halogenados (CFC) se usan extensamente en refrigerantes, solventes, aerosoles, espumas sintéticas, etc. Estos materiales son inactivos a nivel de la superficie y en los primeros 10 km de alturas (troposfera), pero cuando ingresan a la estratosfera (15 a 50 km de altura) se vuelven muy activos, disociándose por efecto de la luz solar ultravioleta. Los átomos de cloro (Cl), resultantes de esta disociación, contribuyen fuertemente a la destrucción de ozono, también a través de un proceso catalítico similar al del nitrógeno:



Los compuestos nitrogenados, si bien participan activamente en la destrucción del ozono, también lo hacen con el monóxido de cloro (ClO), que es un producto intermedio del proceso catalítico anterior. Este



Vista de los instrumentos de la misión ATLAS, a bordo del Space Shuttle, al fondo la superficie y atmósfera de la Tierra.



Las computadoras muestran la adquisición de datos del Proyecto MAS durante la Misión Atlas.

proceso complicado, en cierto modo disminuye la reacción anterior, removiendo temporariamente moléculas reactivas de monóxido de cloro:



Sin embargo, el balance neto de estos tres procesos es negativo para la existencia de las moléculas de ozono.

Ya que la capa de ozono es tan importante para la vida sobre la tierra, es imprescindible identificar los procesos naturales y su influencia en la concentración de ozono, para poder distinguir los efectos producidos por la actividad humana sobre la fotoquímica del ozono estratosférico. El proyecto MAS en conjunto con las Misiones ATLAS buscan dar una respuesta a este interrogante.

## AGRADECIMIENTOS

El autor agradece a la Universidad de Mendoza, a través de su Rector, Prof. Ing. Salvador Puliafito, por el decidido apoyo brindado a la investigación científica en Mendoza. Este agradecimiento se hace extensivo también a todos los integrantes del Instituto para el Estudio del Medio Ambiente (IEMA) y a los colegas de la Facultad de Ingeniería dependientes de dicha Universidad, por su dedicación y vocación por la Ciencia.

Al doctor Gerd Hartmann, Investigador Principal del Instituto Max-Planck für Aeronomie (MPAE) de la República Federal de Alemania, Premio "Leloir" edición 1991 y Director Científico Externo del IEMA, mi especial reconocimiento por su permanente estímulo y entusiastas discusiones. Por su intermedio quiero hacer llegar a todos los colegas del proyecto MAS mis sinceras gracias por 8 años de trabajo conjunto, que han posibilitado el éxito de este Proyecto.

Sea aquí reconocido el apoyo brindado por NASA, el Ministerio de Ciencia y Tecnología Alemán (BMFT) y la Agencia Espacial Alemana (DARÁ) (Contratos N<sup>o</sup> FKZ QS 8502 y 90002), la Fundación Suiza para la Ciencia, y a todas las instituciones participantes del proyecto MAS.

Por el apoyo brindado al proyecto TROPWA ARG-ENV 04, deseo agradecer a la Oficina Internacional en Geestacht (IB GKSS) dependiente del Ministerio de Ciencia y Tecnología Alemán (BMFT) en la persona del Dipl. Ing. Helmut Bianchi.

## REFERENCIAS

NASA: ATLAS-1: **Encountering Planet Earth, 1992.**

G.Brasseur and S. Salomón: **AeronomyoftheMiddleAtmosphere,** D, Reidel Publishing Company.

Peter Fabián: **Atmósfera y Medio Ambiente,** Ed. Idearium de la Universidad de Mendoza (EDIUM).

## EL AUTOR

Salvador Enrique Puliafito nació en Mendoza el 30 de agosto de 1958. Estudió Ingeniería en Electrónica en la Universidad de Mendoza, de donde egresó en marzo de 1983. Desde 1985 a 1990 fue investigador invitado en el Max-Planck für Aeronomie, a través de una beca del Servicio de Intercambio Alemán, DAAD. En ese tiempo finalizó sus estudios de maestría (Dipl.-Ing.) en la Universidad de Braunschweig en 1987, en el área de Comunicaciones Eléctricas y luego su doctorado en 1989 en la misma universidad alemana. Es co-investigador de los proyectos MAS y WASPAM (Vapor de agua y gases residuales en la atmósfera). Su área específica de trabajo fue la determinación de las concentraciones de ozono y vapor de agua en la atmósfera media por medio de radiometría en ondas milimétricas. En 1990 fue invitado por el Instituto Tecnológico de Zurich (ETH-Zürich) para trabajar en el área de corrección de las mediciones de GPS (Global Positioning System) por medio de radiometría. De 1991 a 1992 estuvo en el Departamento de Meteorología de la Pennsylvania State University como investigador asociado a los proyectos LADIMAS (Determinación de la variación latitudinal del vapor de agua mesosférico) y MAS. En noviembre de 1992 regresó a la Argentina donde es profesor asociado en la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Mendoza e investigador independiente en el Instituto para el Estudio del Medio Ambiente (IEMA) dependiente de la misma Universidad. En el IEMA es Investigador Principal del Proyecto TROPWA (Vapor de agua troposférico). Este proyecto se enmarca en la cooperación bilateral argentino-alemana. Desde agosto de 1993 es investigador independiente del CONICET (Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas)



Los monitores muestran parte del sistema de control del proyecto MAS y una vista de la carga científica a bordo del Space Shuttle.



Científicos y técnicos del proyecto MAS esperan ansiosos, en la sala de Control de la NASA, el conteo final para el despegue del Space Shuttle.



Maqueta del Space Shuttle "Discovery", expuesto en el Centro Espacial "Marshall" de la NASA, durante las misiones Atlas.



El Dr. Pullafito frente a los paneles de control en el Centro Espacial Marshall de la NASA, en Huntsville Alabama (EE.UU.); durante el desarrollo de la misión ATLAS.

## **VAPOR DE AGUA TROPOSFÉRICO - TROPWA - ARG-ENV - 04**

**Título completo:** Medición del contenido de vapor de agua en la atmósfera mediante radiometría espectroscópica.

### **Instituciones y personal científico-técnico participantes**

Alemania: Max-Planck-Institut für Aeronomie (MPAE)  
Max-Planck-Strasse 2 37191 Katlenburg-Lindau 3

Dr. Gerd Karl-Heinz Hartmann (PI) Dr.  
Alfred Loidl Dr. Paul Hartogh

### **Argentina: Universidad de Mendoza (UM)**

Bolougne Sur Mer 665  
5500 Mendoza

Dr. Ing. S. Enrique Puliafito (Co-PI)  
Dipl. Ing. Carlos M. Puliafito (Ingeniero de Proyecto) (Co-I)  
Ing. José L. Quero  
Ing. Miguel A. Gantuz  
Ing. Salvador Navarra  
Dr. Federico Norte (CRICYT) (Co-I)

**Nota:** PI: Investigador principal, Co-PI: Co investigador principal, Co-I: investigador asociado.

## **INTRODUCCIÓN**

El proyecto TROPWA forma parte de uno de los proyectos de la cooperación científico-tecnológica entre los países de la Argentina y Alemania, enmarcado en el área de Medio Ambiente, bajo la sigla ARG-ENV 04. Este instrumento como así también el equipamiento de calibración y mantenimiento (Laboratorio de Espectroscopia y Radiometría (Labrad)) ha sido financiado por el Ministerio Federal de Ciencia y Tecnología de la República Federal de Alemania (BMFT), a través del Büro

Internacional de Geesthacht (IB-GKSS) a cargo del Dipl.-Ing. Hemut Bianchi.

El proyecto TROPWA es además, un proyecto acompañante de otros dos del Max-Planck-Institut für Aeronomie de Alemania, a saber:

Proyecto MAS (Millimeter Wave Atmospheric Sounder on board Space Shuttle) y

Proyecto WASPAM (Wasserdampf und Spurengas in der Atmosphäre mit Millimetewellen), los cuales están financiados por el BMFT de Alemania y la Agencia Espacial Alemana (DARÁ).

## **OBJETIVOS CIENTÍFICOS Y RELEVANCIA PARA LA SOCIEDAD**

Este proyecto tiene por objetivo la medición del contenido de vapor de agua troposférico y obtención de perfiles de vapor de agua mesosférico mediante un radiómetro de tres canales en 21,8 GHz, 22,2 GHz y 31,5 GHz.

Un radiómetro, es un receptor superheterodino de alta sensibilidad capaz de detectar la radiación térmica proveniente de cualquier cuerpo, cuya temperatura.se encuentra por encima del cero absoluto. En este caso, se detecta la radiación proveniente de la atmósfera terrestre.

Las mediciones de vapor de agua troposférico y mesosférico son de gran importancia tanto para la investigación meteorológica como climática, especialmente cuando se trata no sólo de monitoreo experimental sino también operacional (Programa de Cambio Global Climático).

El contenido total de vapor de agua es, también, de gran relevancia en estudios de Geodesia cuando se hace necesario tener en cuenta los errores de propagación de la onda electromagnética a través de la atmósfera (Ciencia aplicada).

El vapor de agua es uno de los compuestos gaseosos más extraños del universo, dadas sus inusuales propiedades químicas y termodinámicas. Este juega un papel fundamental en la química heterogénea del agujero de ozono antártico. La cantidad de vapor de agua y agua líquida es sumamente variable en la troposfera, tanto en el tiempo como en el espacio, por ende esto requiere una medición continua para determinar la evolución de estas cantidades. Lo mismo puede decirse con el vapor de agua mesosférico.

## **CAMPAÑAS DE MEDICIONES ACTUALES Y FUTURAS DE VAPOR DE AGUA TROPOSFÉRICO Y MESOSFÉRICO Y DE OZONO ESTRATOSFÉRICO**

Actualmente se están realizando mediciones de vapor de agua troposférico con un radiómetro de 92 GHz, perteneciente al Max-Planck-Institut für Aeronomie, y se complementarán con mediciones de ozono estratosférico en 142 GHz, del mismo Instituto, que permitirán conocer las interrelaciones, del vapor de agua y del ozono en lo concerniente a su química y dinámica. Por otra parte, estas mediciones serán de vital importancia para el estudio del denominado "agujero de ozono" (disminución de la capa de ozono estratosférico) evolución en el cono sur.

Asimismo, con las mediciones obtenidas mediante el radiómetro de vapor de agua de 20/30 GHz se podrán obtener perfiles de concentración de vapor de agua en la mesósfera, además del contenido total de vapor de agua líquida y gaseosa en la troposfera. Por último, es de destacar que además de las campañas arriba mencionadas, el Instituto para Estudio del Medio Ambiente (IEMA) dependiente de la Universidad de Mendoza está planificando para noviembre-diciembre de 1993, conjuntamente con el Max-Planck-Institut für Aeronomie, el Servicio Meteorológico Nacional, el Instituto para estudios atmosféricos y de vapor de agua de Nueva Zelanda (NIWAR), entre otros, una campaña de mediciones a 4.000 metros de altura en Los Andes mendocinos.

### **MILLIMETER-WAVE ATMOSPHERIC SOUNDER (MAS)**

**Título completo:** Sondeo Atmosférico en Ondas Milimétricas a bordo del Transbordador Espacial como parte de las Misiones ATLAS de la Agencia Espacial NASA.

#### **Investigador Principal (PI):**

Dr. Gerd Hartmann  
Max-Planck-Institut für Aeronomie (MPAE)  
Katlenburg-Lindau, República Federal de Alemania (R.F.A.)

#### **Co-Investigadores Principales (Co-PI):**

Dr. Niklaus Kämpfer  
Institut für Angewandte Physik (IAP),  
Universidad de Berna, Berna, Suiza

Prof. Dr. Klaus Künzi  
Institut für Fernerkundung (IFE)  
Universidad de Bremen, Bremen, R.F.A.  
Dr. Philip Schwarz  
Naval Research Laboratory (NRL)  
Washington, D.C., EE.UU.

**Co-Investigadores (Co-I):**

Dr. Wemer Degenhardt, Dr. Alfred Loidl, Dipl. Physiker  
Gerd Umlauf, Dr. Mike Richards, (MPAE) Dr. Richard  
Bevilacqua, Dr. Tom Pauls, (NRL) Dr. Jörg Langen, (Ife) Lie.  
Christoph Aellig (IAP) Prof. Dr. Jonh Olivero, Prof. Dr. Charles  
Croskey, Penn State  
University, EE.UU. Dr. Enrique Puliafito, Universidad de  
Mendoza, Argentina.

**Nota:** El Dr. Gerd Hartmann es el Director Científico Externo Honorario del Instituto para el Estudio del Medio Ambiente (IEMA) de la Universidad de Mendoza.

## **INTRODUCCIÓN**

El proyecto MAS está financiado por el Ministerio de Ciencia y Tecnología de Alemania (BMFT), la Agencia Espacial Alemana DARÁ, la Fundación Nacional Suiza para la Ciencias, y por la Oficina de Investigaciones de la Marina de EE.UU. y por la Agencia Espacial NASA.

## **OBJETIVOS CIENTÍFICOS Y RELEVANCIA PARA LA SOCIEDAD**

El proyecto MAS, mide la radiación térmica proveniente de la atmósfera mediante radiometría espectroscópica en ondas milimétricas, en el rango de frecuencias entre 60 a 204 GHz. La emisión recibida en estas frecuencias provee importante información a sus científicos sobre la composición de la atmósfera media, en forma de perfiles en altura (entre 15 y 90 km) de ozono, vapor de agua, monóxido de cloro, temperatura y presión. El MAS proveerá de mediciones globales de

estos parámetros, es decir en función de la latitud y la altitud tanto en el hemisferio Norte como en el hemisferio Sur.

El monóxido de cloro (ClO) es una sustancia clave que ataca al ozono a través de un proceso catalítico cuya presencia en la estratosfera se atribuye exclusivamente a la acción humana, principalmente en la producción de gases como el clorofluorometano (CFC-11) y el diclorofluorometano (CFC-12) que se usan en los aerosoles, gases refrigerantes, tergopol, etc. Las pérdidas de ozono se hacen muy evidentes durante la primavera antártica, es decir, entre setiembre y noviembre. El vapor de agua, también, juega un rol muy importante en la fotoquímica del ozono, ya que es la fuente de compuestos activos de hidrógeno que dominan la disminución fotoquímica de ozono sobre los 50 km de altura. El vapor de agua, es además un gas que permite detectar los movimientos primarios de los vientos de la atmósfera media y, por lo tanto, ayuda a entender la distribución de ozono y la mecánica del transporte químico.

Este Proyecto es parte de las Misiones ATLAS de la Agencia Espacial NASA a bordo del Transbordador Espacial. Ya se llevan realizados 2 vuelos, la Misión ATLAS-1, del 24 de marzo al 2 de abril de 1992 en el vuelo del STS-45 a bordo del Space Shuttle "Atlantis", y la misión ATLAS-2, del 8 al 16 de abril de 1993, en el vuelo STS-56 del Space Shuttle "Discovery".

## **LAS MISIONES ATLAS**

En el desarrollo de las misiones Atlas, científicos de Estados Unidos, Alemania, Bélgica, Francia, Suiza y la Argentina, conducen catorce investigaciones complementarias divididas en cuatro disciplinas: ciencias de la atmósfera, ciencias solares, física del plasma espacial y astronomía en el rango de los ultravioletas. El grupo de experimentos estudia la química, física y dinámica de la atmósfera media y la energía solar que arriba a la atmósfera celeste, especialmente orientados a detectar la frágil capa de ozono y su balance dinámico con la luz del sol, el cambio global climático y el efecto invernadero.

Para entender la incidencia de la actividad solar sobre la atmósfera es necesario obtener información durante un periodo solar completo, es decir, once años. Para cumplir con este requisito la Agencia Espacial NASA ha previsto una serie de 10 Misiones ATLAS, a un intervalo de 12 a 18 meses, comenzando en 1992 y extendiéndose hasta el año 2001.

Se han proyectado vuelos en distintas épocas del año para analizar las características de la atmósfera en cada una de las estaciones.

## **RESULTADO DE LAS MISIONES**

Los resultados de la Misión Atlas-1 y 2 pueden considerarse como un gran éxito para el MAS. Los cálculos preliminares confirman los valores expectados por los modelos fotoquímicos. Por ejemplo, se observa una gran variación diurna sobre los 70 km de altura y mayores concentraciones sobre el lado nocturno de las órbitas. También se han observado grandes picos de monóxido de cloro (entre 0,5 y 1 parte por billón-ppb) a 40 km de altura. También se midieron gradientes latitudinales del vapor de agua mesosférico con mayores concentraciones en los trópicos que en las latitudes medias.