

## Proyecto MAR: Un proyecto para el estudio de la capa de ozono y la radiación UV en la estratosfera antártica y subantártica

M. Yela<sup>(1)</sup>, S. Rodríguez<sup>(1)</sup>, M. Gil<sup>(1)</sup>, C. Parrondo<sup>(1)</sup>, O. Puentadura<sup>(1)</sup>, J. Iglesias<sup>(1)</sup>, E. Cuevas<sup>(2)</sup>, C. Torres<sup>(2)</sup>, A. Redondas<sup>(2)</sup>, J. Araujo<sup>(3)</sup>, H. Ochoa<sup>(3)</sup>, H. Rodríguez<sup>(3)</sup>, M. Lombardo<sup>(3)</sup>, S. Diaz<sup>(4)</sup>, G. Deferrari<sup>(4)</sup> y K. Lakkala<sup>(5)</sup>



<sup>(1)</sup> INTA, Carretera de Ajalvir km 4, 28850 Torrejón de Ardoz, España, yelam@inta.es  
<sup>(2)</sup> INM, Observatorio Atmosférico de Izaña, La Marina 20, 6ª planta, Santa Cruz de Tenerife, ecuevas@inm.es  
<sup>(3)</sup> DNA/IAA, C/Cerrito 1248, Buenos Aires, Argentina, atmosfera@dna.gov.ar  
<sup>(4)</sup> Centro Austral de Investigaciones Científicas, Ushuaia, Argentina, subediaz@satlink.com  
<sup>(5)</sup> Ozone and UV-Radiation Research, Finnish Meteorological Institute (FMI), Finlandia, Kaisa.Lakkala@fmi.fi  
 Web: <http://193.145.98.211/mar/index.html>



### DESCRIPCIÓN

El Proyecto Coordinado MAR "Measurement of Antarctic Radiance for monitoring the ozone layer" surge como resultado de la colaboración entre el Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial (INTA) y el Instituto Nacional de Meteorología (INM). Este proyecto, continuación del Proyecto "Caracterización del vórtice antártico y transporte meridional a partir de observaciones remotas de trazadores estratosféricos" (ANT97-0433) y del proyecto RACRUV "Red antártica para la vigilancia y caracterización de la radiación ultravioleta" (ANT98-0179), está financiado por el Ministerio de Ciencia y Tecnología (MCYT) dentro del Plan Nacional de Investigación Científica, Desarrollo e Innovación Tecnológica (REN2000-0245-C02-01/ANT).

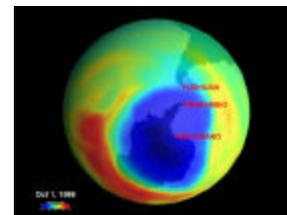
El proyecto consta de dos subproyectos:

- OCOMA (Observación de la Capa de Ozono con Medidas in situ en la Antártida)- INTA
- CRACUV (Control de Calidad de la Red Antártica para la vigilancia y Caracterización de la Radiación Ultravioleta). INM

Las medidas realizadas por cada uno de los son absolutamente complementarias, o son las mismas (caso del ozono) pero obtenidas con técnicas completamente diferentes. Este proyecto es posible gracias a la colaboración del INTA y del INM con la Dirección Nacional del Antártico - Instituto Antártico Argentino (DNA/IAA).

El objetivo del Proyecto MAR es aumentar la escasa información que existe sobre la distribución total espacio-tiempo del NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub> y OCIO, e interpretar el papel que juegan estas especies sobre el O<sub>3</sub> estratosférico. Así mismo, se quiere determinar la radiación ultravioleta (UV) espectral y la radiación fotosintéticamente activa (PAR) en la región antártica y subantártica haciendo un especial énfasis en el control de calidad de los datos que se obtengan. Un objetivo importante es comparar y evaluar los incrementos de radiación UV medidos con las disminuciones de O<sub>3</sub> observadas.

Actualmente se dispone de una amplia base de datos obtenidos desde el año 1994 (NO<sub>2</sub> y O<sub>3</sub> en las tres estaciones) y desde 1999 (radiación UV en las tres estaciones y de perfiles verticales de ozono en Belgrano). Los datos de que se dispone proporcionan una visión sin precedentes de la evolución estacional de la columna de NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub> y radiación UV y su comportamiento latitudinal, en condiciones de latitudes medias, polares y en la denominada "surf zone" del vórtice polar.



### ESTACIONES

La ubicación de las tres estaciones permite estudiar el comportamiento de la estratosfera en tres regiones muy diferenciadas de gran interés para una mayor comprensión de los procesos físico-químicos que condicionan la atmósfera antártica para la destrucción de ozono, así como el intercambio meridional de las moléculas en estudio y su dependencia estacional.

#### Belgrano II

Coordenadas: 77°52'S, 34°37'W  
 50 metros sobre el nivel del mar.  
 Nunatak Bertrab, Mar de Weddell  
 Instrumentación instalada: EVA, NILU, Marwin 15



#### Vicecomodoro Marambio

Coordenadas: 64°14'S, 56°38'W  
 200 m. sobre el nivel del mar.  
 Isla Seymour Mar de Weddell  
 Instrumentación instalada: EVA y NILU



#### Ushuaia

CADIC  
 Coordenadas: 54°49'S, 68°19'W  
 Nivel del mar  
 Instrumentación instalada: EVA y NILU



### INSTITUCIONES PARTICIPANTES

Las instituciones participantes son:

- ≠ INTA (Área de Investigación e Instrumentación Atmosférica)
- ≠ INM (Observatorio Atmosférico de Izaña)
- ≠ Dirección Nacional del Antártico/Instituto Antártico Argentino (Departamento de Alta Atmósfera)
- ≠ CADIC (Centro Austral de Investigaciones Científicas)
- ≠ Universidad de la Laguna (Departamento de Física Fundamental y Experimental)
- ≠ Instituto Meteorológico Finlandés

### OBJETIVOS:

- ≠ Apoyar las recomendaciones aprobadas en el Protocolo de Montreal (incluyendo las enmiendas de Londres, Copenhague y Montreal) así como la declaración de Beijing (WMO, 1998) para incrementar la monitorización del comportamiento global del ozono estratosférico y los radicales halogenados.
- ≠ Determinar la concentración total de O<sub>3</sub> y NO<sub>2</sub> durante el periodo 2001-2003 en las estaciones de Belgrano, Marambio y Ushuaia.
- ≠ Determinar, analizar y caracterizar la evolución espacial y temporal del ozono, la radiación ultravioleta espectral y la radiación fotosintéticamente activa (PAR).
- ≠ Determinar las tendencias latitudinales, estacionales e interanuales de NO<sub>2</sub> y O<sub>3</sub> e interpretar el papel de estas especies en términos de su influencia sobre el O<sub>3</sub> estratosférico.
- ≠ Obtención de la columna vertical de OCIO y BrO sobre Marambio
- ≠ Comparar los incrementos de radiación UV medidos por los instrumentos NILU-UV6 (INM) con las disminuciones de O<sub>3</sub> medidas por el INTA.
- ≠ Determinar los perfiles verticales de O<sub>3</sub> sobre Belgrano a lo largo del periodo 2001-2003, durante todo el año, incluida la noche polar.
- ≠ Realizar un estudio dinámico del vórtice polar antártico en el que se analice cómo la evolución diaria de éste afecta al O<sub>3</sub> y a la radiación UV espectral, prestando una especial atención a regiones pobladas del Cono Sur (Ushuaia).
- ≠ Realizar un exhaustivo control de calidad de los datos suministrados por los instrumentos.
- ≠ Elaborar una página Web donde se haga un seguimiento de toda la información generada dentro de este proyecto.

### Instrumento EVA

Es un espectrómetro de barrido, controlado por un motor paso a paso que opera en el UV-Visible y que utiliza la técnica DOAS (Espectroscopía de Absorción Diferencial) durante los crepúsculos para obtener las columnas totales del dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>) y Ozono (O<sub>3</sub>). Esta es una técnica común en aplicaciones de laboratorio pero considerablemente más compleja cuando se trata de su aplicación en la atmósfera. Opera en el rango de 430 - 450 nm para la medida del NO<sub>2</sub> y en 470 - 490 nm para la medida del Ozono. Se basan en un monocromador con un colector de luz y una cadena de detección con un fotomultiplicador. La señal es digitalizada, se acumula y se registra. La electrónica remota controla la secuencia de toma de medidas, que es programada desde el propio ordenador. El programa integra los códigos de toma de datos y de análisis para medidas ininterrumpidas en largos periodos de tiempo sin intervención de un operador. El instrumento óptico y la electrónica asociada se encuentran alojados en una caja estanca situada a la intemperie, termostata a temperatura de laboratorio.



### Instrumento NILU-UV6

El NILU-UV6 es un radiómetro multicanal de ancho de banda moderada. Mide en 5 canales de espectro UV (305, 312, 320, 340 y 380 nm) con un ancho de banda de aproximadamente 10 nm. Posee, además, un sexto canal donde mide radiación fotosintéticamente activa (PAR, rango 400-700 nm). Toma medidas de radiación global (Directa + Difusa) cada segundo, almacenando en la memoria interna promedios de 1 minuto. Los detectores de cada uno de los canales se mantiene a una temperatura constante de 40°C por medio de un control de temperatura interno. Estos instrumentos son capaces de simular con gran facilidad y fiabilidad el espectro completo de UV, siendo posible, mediante modelización, determinar diferentes dosis de UV biológicamente activas, el contenido total de ozono y el efecto de las nubes (factor de transmitancia de las nubes). Las ventajas frente a otros instrumentos de medida de radiación UV son su fácil manejo, bajo mantenimiento, robustez y versatilidad.



### Ozonosondeador Marwin 15

El equipo consta de las siguientes partes:  
 Una ozonosonda basada en un sensor electroquímico para la medida de ozono conectada mediante una interfase a una radiosonda Vaisala RS80-15G provista de un sensor de humedad, presión, temperatura. Una antena UHF para la recepción de la señal de PTU de la radiosonda en un rango de Frecuencias 400-406 MHz, al equipo de recepción de tierra, DigiCorá Marwin 15, que recibe y procesa los datos. Una antena GA20 GPS que filtra, amplifica y transfiere la señal de satélites de navegación NAVSTAR a la unidad para el procesamiento de los datos para el cálculo de viento. El equipo de recepción DigiCorá está conectado a un ordenador tipo PC vía RS-232 en el que se encuentra instalado un programa de adquisición de radiosondeos, y que realiza además el filtrado de datos, las depuraciones preliminares y las presentaciones con datos brutos. El sistema permite conocer simultáneamente el ozono, temperatura, humedad presión, altura geopotencial y la dirección y fuerza del viento desde la superficie del suelo hasta la altura de final del sondeo aprox 30 km (cuando el globo se rompe), con una resolución vertical aprox 100m dependiendo de la velocidad ascensional del globo.



### Metodología:

- Observación de la columna vertical de ozono sobre Belgrano utilizando sondas electroquímicas (ozonosondas). El periodo de medidas es 2001-2003 y se lanzarán unas 35-40 sondas al año.
- Medida de la columna total de NO<sub>2</sub> y ozono sobre Belgrano, Marambio y Ushuaia utilizando los espectrómetros UV-Vis (EVA).
- Medida de ozono, de la radiación UV espectral y radiación fotosintéticamente activa (PAR) en las mismas estaciones utilizando los radiómetros NILU.
- Desarrollo e instalación en Marambio del instrumento NEVA para la medida de compuestos halogenados (OCIO y BrO)
- Observación de las columnas totales de OCIO y BrO sobre Marambio
- Implantación de un sistema de control de calidad de los radiómetros NILU basado en su calibración frente a un NILU de referencia viajero.
- Mejorar los algoritmos que permiten obtener ozono y espesor óptico de nubes mediante medidas espectrales con los radiómetros NILU.

**Agradecimientos:** A los diferentes operadores de los instrumentos desde el comienzo de nuestra actividad en estas estaciones. A Alicia García García (Gestora del Programa Nacional de Investigación en la Antártida) por su ayuda a la hora de facilitarnos el trabajo en este proyecto de complicada logística. Al personal de la UTM (Unidad de Tecnología Marina) del CSIC por las facilidades puestas a nuestra disposición para realizar los envíos de material con los buques "Hesperides" y "Las Palmas".