

Monitorización de gases atmosféricos

MEDIANTE ESPECTROMETRÍA DE INFRARROJO POR TRANSFORMADA DE FOURIER

OMAIRA GARCÍA¹, MATTHIAS SCHNEIDER², FRANK HASE², THOMAS BLUMENSTOCK², ELIEZER SEPÚLVEDA^{3,1} Y YENNY GONZÁLEZ¹.

¹CENTRO DE INVESTIGACIÓN ATMOSFÉRICA DE IZAÑA. AEMET, TENERIFE.

²INSTITUTE FOR METEOROLOGY AND CLIMATE RESEARCH, KARLSRUHE INSTITUTE OF TECHNOLOGY, ALEMANIA.

³UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA, TENERIFE

La monitorización continua de la composición atmosférica es fundamental para mejorar nuestro conocimiento del sub-sistema climático Tierra-Atmósfera y predecir sus posibles cambios. Especialmente importante es la medida de los gases de efecto invernadero y aquellos asociados a la destrucción del ozono estratosférico, por la relación directa que tienen con el clima de nuestro planeta.

En este contexto, las medidas experimentales son indispensables y, entre las

existiendo sistemas FTS en unas 25 estaciones repartidas por todo el mundo desde los años noventa.

En el Observatorio Atmosférico de Izaña (OAI, Fig. 1.a) del Centro de Investigación Atmosférica de Izaña (AEMET) se encuentra el único sistema FTS que está operativo en España desde el año 1999 (Figs. 1.b y 1.c). Este experimento forma parte de dos de las más prestigiosas redes internacionales para la monitorización de la composición atmosférica: NDACC (*Network for Detection of Atmospheric Composition Change*) y TCCON (*Total Carbon Column Observing Network*).

La utilidad de la técnica FTS radica en que la mayoría de las moléculas atmosféricas absorben radiación solar en la región espectral del infrarrojo. Así, el sistema FTS, a través de la medida de este espectro de absorción, es capaz de deducir la concentración de más de 25 gases atmosféricos de forma simultánea, lo que convierte a esta técnica en un elemento clave en la investigación atmosférica. El experimento cuenta con un preciso seguidor solar, que junto a un sistema de espejos, captura y redirecciona la radiación solar directa hacia un interferómetro de Michelson modificado (Fig. 1.c). Este instrumento registra el patrón de interferencias o interferograma asociado a la radiación solar incidente, que es convertido mediante una transformada de Fourier a un espectro de absorción de gran resolución (Fig. 2). Si se realiza una ampliación de este espectro, se observa la gran cantidad de informa-

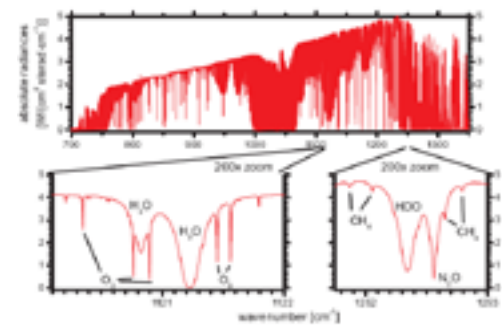


Figura 2. Espectro de absorción solar medido por el FTS entre 700 y 1350 cm^{-1} en el OAI (panel superior). Ampliación de dos microventanas, que contienen la absorción, entre otras especies, del H_2O y HDO (panel inferior).

ción contenida en una microventana de tan solo dos cm^{-1} de ancho: líneas de absorción de H_2O , O_3 , CH_4 , N_2O y HDO. Una detallada descripción de la espectrometría por transformada de Fourier puede ser encontrada en el libro “*Fourier Transform Spectrometry*” de Davis, Abrams y Brault (2001).

A continuación, estos espectros de absorción son evaluados con un modelo radiativo que simula la transferencia radiativa de la radiación solar en la atmósfera. Mediante un algoritmo de inversión iterativo se obtiene la concentración en columna y el perfil vertical grosero de más de 25 gases absorbentes en el infrarrojo cercano (1-2.5 μm , 4000-10000 cm^{-1}) y medio (2.5-13.4 μm , 700-4000 cm^{-1}). Como ejemplo, la Fig. 3 muestra la serie temporal entre 1999 y 2010 de la columna total de diversos gases traza atmosféricos (CH_4 , O_3 ,



Figura 1. (a) Observatorio Atmosférico de Izaña (28°18'N, 16°29'W, 2367 m s.n.m), (b) Container científico que alberga el sistema FTS en el OAI y (c) instrumento FTS.

técnicas actuales, la espectrometría de infrarrojo por transformada de Fourier (FTS) tiene una posición relevante. Este sistema permite medir la concentración de numerosos gases atmosféricos de forma simultánea con una alta precisión,

CO, CO₂, N₂O y H₂O) medidos con el sistema FTS en el OAI.

Para emplear estas series temporales de observaciones en la investigación atmosférica es necesario asegurar la calidad y consistencia de las mismas. En este sentido, ha habido un gran esfuerzo para garantizar y mejorar la alta calidad de los productos FTS, desde mejoras técnicas como la implementación de precisos seguidores solares hasta el desarrollo de sofisticados algoritmos de inversión. La buena calidad de estos productos es continuamente documentada mediante estudios de validación teóricos y experimentales, los cuales muestran, por ejemplo, que el FTS es capaz de derivar la concentración total en columna del ozono o del vapor de agua con una precisión de 0.5 - 1%. Esta alta calidad hace que los productos FTS hayan sido ampliamente utilizados para la validación de medidas de sensores remotos de satélite (ILAS, ACE-FTS, IASI, etc.) y de las simulaciones de modelos atmosféricos, así como para investigar aspectos fundamentales del cambio climático. Un ejemplo es el ciclo del agua atmosférico, como se detalla en el siguiente artículo "Investigación del ciclo atmosférico del agua mediante isótopos: el papel del proyecto MUSICA".

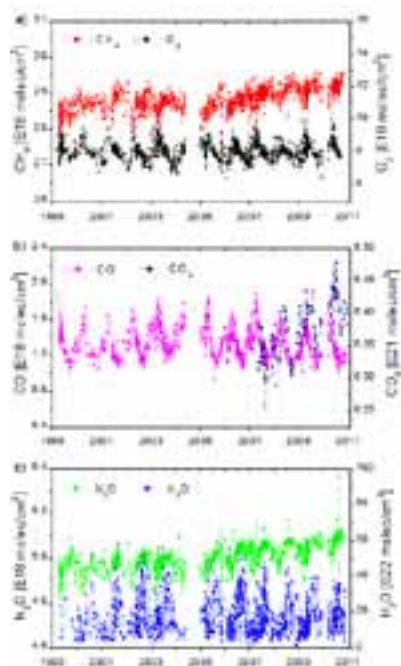


Figura 3. Serie temporal de la columna total de CH₄ y O₃ (a), CO y CO₂ (b), N₂O y H₂O (c) medido por el sistema FTS en el OAI.

Investigación del ciclo atmosférico del agua mediante isótopos

EL PAPEL DEL PROYECTO MUSICA

OMAIRA GARCÍA¹ Y MATTHIAS SCHNEIDER²

¹CENTRO DE INVESTIGACIÓN ATMOSFÉRICA DE IZAÑA, AEMET, TENERIFE.

²INSTITUTE FOR METEOROLOGY AND CLIMATE RESEARCH (IMK-ASF), KARLSRUHE INSTITUTE OF TECHNOLOGY, ALEMANIA.

El agua, en sus diversas formas, tiene un papel fundamental en casi todos los aspectos del clima de nuestro planeta. Por tanto, mejorar el conocimiento y la caracterización del ciclo del agua es fundamental para entender el sistema climático y predecir sus posibles cambios. En este contexto, los isótopos del vapor de agua ofrecen posibilidades prometedoras para investigar las fuentes, depósitos, y procesos de transporte de la humedad atmosférica. El proyecto MUSICA (*M*ulti-*p*latform remote *S*ensing of *I*sotopologues for investigating the *C*ycle of *A*tmospheric *w*ater) tiene un papel muy importante en esta innovadora línea de investigación.

El ciclo atmosférico del agua y los isótopos del vapor de agua

El subsistema climático Tierra-Atmósfera está íntimamente conectado al ciclo del agua (Fig. 1). Por ello, la comprensión del ciclo completo de la evaporación, los procesos de transporte de la humedad, la formación de nubes y la precipitación es una de las principales prioridades científicas en las proyecciones a medio y largo plazo del cambio climático, así como en la reducción de sus incertidumbres. De hecho, es uno de los objetivos prioritarios del quinto informe del Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC) para 2013.