

MONITORIZACIÓN DE GASES TRAZA ATMOSFÉRICOS MEDIANTE ESPECTROMETRÍA DE INFRARROJO POR TRANSFORMADA DE FOURIER

O. García⁽¹⁾, M. Schneider⁽²⁾, F. Hase⁽²⁾, T. Blumenstock⁽²⁾, E. Sepúlveda^(3,1), Y. González⁽¹⁾.

(1)Centro de Investigación Atmosférica de Izaña (CIAI), Agencia Estatal de Meteorología (AEMET), Tenerife, España, ogarcia@aemet.es

(2)Institute for Meteorology and Climate Research (IMK-ASF), Karlsruhe Institute of Technology (KIT), Alemania.

(3)Universidad de La Laguna, Tenerife, Spain.

La monitorización continua de la composición atmosférica es fundamental para mejorar nuestro conocimiento del 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 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, existiendo medidas desde los años 90's. Todas estas características hacen de esta técnica un elemento clave en la investigación atmosférica.

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 derivar la concentración de más de 25 gases atmosféricos de forma simultánea. Para ello 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 (figura 1.c). Este instrumento registra el patrón de interferencias o interferograma asociado a la radiación solar incidente, el cual es convertido mediante una transformación de Fourier a un espectro de absorción de gran resolución (figura 2). Si se realiza una ampliación de este espectro, se observa la gran cantidad de información 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 . A continuación, estos espectros son introducidos a un modelo radiativo que simula la atmósfera, que junto a un algoritmo de inversión iterativo, proporciona la concentración en columna y el perfil vertical grosero de más de 25 gases absorbentes en el infrarrojo cercano ($1\text{-}2.5\ \mu\text{m}$, $4000\text{-}10000\ \text{cm}^{-1}$) y medio ($2.5\text{-}13.4\ \mu\text{m}$, $700\text{-}4000\ \text{cm}^{-1}$).



Figura 1. (a) Observatorio Atmosférico de Izaña (OAI, 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.

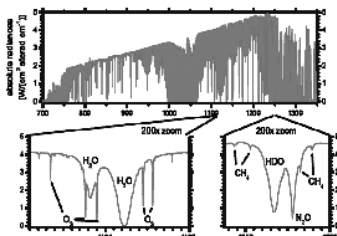


Figura 2. Espectro de absorción solar medido por el FTS entre 700 y 1350 cm^{-1} en el OAI (panel superior). Ampliación de las microventanas que contienen la absorción, entre otras especies, del H_2O y HDO (panel inferior).

Como ejemplo, la figura 3 muestra la serie temporal entre 1999-2010 de las concentraciones de diversos gases traza atmosféricos (metano, ozono, monóxido y dióxido de carbono, óxido nítrico y vapor de agua) medidos con el sistema FTS en el Observatorio Atmosférico de Izaña (OAI) del Centro de Investigación Atmosférica de Izaña (CIAI) de la Agencia Estatal de Meteorología. Desde varios años el experimento FTS del OAI forma parte de dos de las más prestigiosas redes internacionales para la monitorización de la composición atmosférica: NDACC (acrónimo en inglés para Network for Detection of Atmospheric Composition Change) y TCCON (acrónimo en inglés para Total Carbon Column Observing Network), lo cual evidencia la alta calidad de las medidas en el OAI.

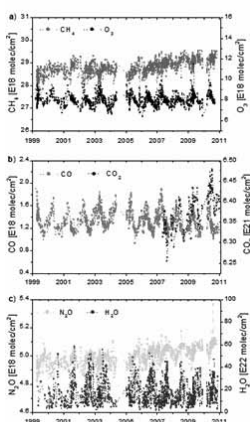


Figura 3. Serie temporal de la concentración total en columna del CH_4 y O_3 (a), CO y CO_2 (b), N_2O y H_2O (c) medido por el sistema FTS en el OAI.

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 ha sido extensamente documentada mediante numerosos estudios de validación experimentales y teóricos, los cuales muestran, por ejemplo, que el FTS es capaz de derivar la concentración total en columna del ozono o el vapor de agua con una precisión de $\sim 0.5\%$. Esta alta calidad hace que nuestros productos hayan sido ampliamente utilizados para la validación de medidas de diferentes sensores remotos de satélite, por ejemplo, ILAS, SCIAMACHY, ACE-FTS, IASI, etc., así como para estimar la tendencia temporal de diversos gases atmosféricos.

Estas actividades indican el gran potencial de las medidas FTS en el OAI para la monitorización de la composición atmosférica desde tierra, así como para ser una referencia en la validación de medidas remotas de satélite y de modelos climáticos globales.