



## 1. DATOS BÁSICOS DEL TFG:

**Título:** Estudio del contenido y distribución vertical del vapor de agua usando técnicas de teledetección terrestre y espacial

**Descripción general (resumen y metodología):**

El vapor de agua es el gas de efecto invernadero más abundante en la atmósfera y juega un papel esencial en numerosos procesos atmosféricos. No solo participa activamente en el ciclo hidrológico a través de la formación de nubes y la precipitación, sino que también modula de forma significativa el balance energético terrestre mediante la absorción y emisión de radiación infrarroja. Además, su distribución está estrechamente ligada a los procesos convectivos y al transporte de energía en la atmósfera, actuando como un amplificador del calentamiento global a través del denominado "feedback del vapor de agua".

Caracterizar la distribución vertical del vapor de agua es fundamental para entender el estado termodinámico de la atmósfera y mejorar tanto los modelos de predicción meteorológica a corto plazo como las simulaciones climáticas a largo plazo. Sin embargo, obtener esta información con precisión sigue siendo un reto, debido a la alta variabilidad espacial y temporal del vapor de agua y a las limitaciones de las distintas técnicas de observación.

Este Trabajo Fin de Grado tiene como objetivo caracterizar los perfiles verticales de vapor de agua en la atmósfera mediante el uso combinado de técnicas de teledetección terrestre y satelital. Se emplearán datos obtenidos con un sistema lidar Raman desde superficie y productos del instrumento AIRS (Atmospheric Infrared Sounder) a bordo del satélite Aqua de la NASA. Como referencia adicional, se utilizarán mediciones de un radiómetro de microondas para evaluar el contenido integrado de vapor de agua (IWV), el cual puede calcularse también a partir de los perfiles obtenidos.

El estudio se centrará en analizar la coherencia entre las diferentes fuentes de datos y las limitaciones inherentes a cada técnica, prestando especial atención a la capacidad de AIRS y del lidar para representar adecuadamente la estructura vertical del vapor de agua en distintas condiciones atmosféricas. Este análisis permitirá no solo evaluar la utilidad combinada de estos sistemas en aplicaciones científicas y operacionales, sino también explorar su potencial en el seguimiento de eventos atmosféricos relevantes.

Para alcanzar los objetivos del estudio se emplearán las siguientes fuentes de datos:

- Lidar Raman del Instituto Interuniversitario de Investigación del Sistema Tierra en Andalucía (IISTA-UGR), situado en Granada. Esta técnica proporciona perfiles verticales de vapor de agua con alta resolución temporal y vertical, principalmente en la troposfera (Navas-Guzmán et al., 2014).
- AIRS (Atmospheric Infrared Sounder), a bordo del satélite Aqua, ofrece productos de perfiles de humedad y vapor de agua integrado (IWV) a escala global, con cobertura casi diaria (Aumann et al., 2003).
- Radiómetro de microondas instalado también en el IISTA, que proporciona medidas continuas del vapor de agua integrado en columna (Hocke et al., 2017).

La metodología consistirá en:

- Procesamiento y selección de casos coincidentes entre medidas lidar y AIRS, prestando especial atención a la calidad y cobertura de los perfiles.
- Comparación de perfiles verticales de vapor de agua entre lidar y AIRS, analizando su concordancia en distintos niveles atmosféricos y condiciones meteorológicas.
- Evaluación del vapor de agua integrado (IWV) obtenido mediante cada técnica (AIRS, lidar, radiómetro) para estudiar su consistencia y posibles sesgos.
- Análisis de eventos atmosféricos relevantes (e.g., intrusiones de aire seco, humedad elevada, evolución diurna) en los que los perfiles juegan un papel clave en la evolución de la atmósfera.

**Tipología:** Estudio de casos, teóricos o prácticos, relacionados con la temática del Grado.

**Objetivos planteados:**

Los objetivos específicos de este trabajo son:

1. Caracterizar los perfiles verticales de vapor de agua en la atmósfera sobre Granada mediante técnicas de teledetección terrestre (lidar Raman) y satelital (AIRS).
2. Comparar y validar los perfiles de vapor de agua de AIRS con respecto a los obtenidos por el lidar Raman.
3. Evaluar el contenido integrado de vapor de agua (IWV) a partir de AIRS, del lidar (por integración vertical) y del radiómetro de microondas.
4. Analizar casos atmosféricos concretos que presenten características relevantes en el perfil de humedad, como inversiones, capas húmedas en altura o procesos convectivos.
5. Identificar las ventajas y limitaciones de cada técnica para estudios climáticos y meteorológicos, especialmente en lo relativo a la caracterización vertical del vapor de agua.

**Bibliografía básica:**

Aumann, H. H., et al (2003). AIRS/AMSU/HSB on the Aqua mission: Design, science objectives, data products, and processing systems. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 41(2), 253-264.

Hocke, K., et al. (2017). Oscillations in atmospheric water above Switzerland, Atmos. Chem. Phys., 17, 12121-12131, <https://doi.org/10.5194/acp-17-12121-2017>.

Navas-Guzmán, F., et al. (2014). Tropospheric water vapour and relative humidity profiles from lidar and microwave radiometry, Atmos. Meas. Tech., 7, 1201-1211, <https://doi.org/10.5194/amt-7-1201-2014>.

**Recomendaciones y orientaciones para el estudiante:**

**Plazas:** 1

**2. DATOS DEL TUTOR/A:**

**Nombre y apellidos:** FRANCISCO JESUS NAVAS GUZMÁN

**Ámbito de conocimiento/Departamento:** FÍSICA APLICADA

**Correo electrónico:** fguzman@ugr.es

**3. COTUTOR/A DE LA UGR (en su caso):**

**Nombre y apellidos:** Arlett Díaz Zurita

**Ámbito de conocimiento/Departamento:** FÍSICA APLICADA

**Correo electrónico:** adzurita@ugr.es

**4. COTUTOR/A EXTERNO/A (en su caso):**

**Nombre y apellidos:**

**Correo electrónico:**

**Nombre de la empresa o institución:**

**Dirección postal:**

**Puesto del tutor en la empresa o institución:**

**Centro de convenio Externo:**

**5. DATOS DEL ESTUDIANTE:**

**Nombre y apellidos:**

**Correo electrónico:**