



1. DATOS BÁSICOS DEL TFG:

Título: Evaluación de la altura de la Capa Límite Atmosférica mediante observaciones de la misión EarthCARE y técnicas de teledetección atmosférica

Descripción general (resumen y metodología):

Breve Descripción del Trabajo

La Agencia Espacial Europea (ESA) y la Agencia Japonesa de Exploración Aeroespacial (JAXA) lideran conjuntamente la misión espacial EarthCARE, uno de los proyectos internacionales más avanzados para el estudio de la atmósfera terrestre y el clima. Lanzada en 2024, esta misión tiene como objetivo comprender mejor el papel que desempeñan las nubes y los aerosoles en el balance radiativo de la Tierra y, por tanto, en el cambio climático.

Para ello, EarthCARE incorpora una combinación única de instrumentos de observación atmosférica de última generación, entre ellos un lidar atmosférico de alta sensibilidad (ATLID), un radar de nubes (CPR), un generador de imágenes multispectrales (MSI) y un radiómetro de banda ancha (BBR). Gracias a estos instrumentos, la misión proporciona información tridimensional sin precedentes sobre la estructura vertical de la atmósfera.

Uno de los productos más novedosos de EarthCARE es la estimación de la altura de la Capa Límite Atmosférica (CLA), la región más baja de la atmósfera donde tienen lugar los principales procesos de mezcla turbulenta entre la superficie terrestre y la atmósfera libre. La altura de esta capa controla fenómenos tan importantes como la dispersión de contaminantes, la calidad del aire, la formación de nubes o el transporte de calor y humedad.

El objetivo de este Trabajo Fin de Grado es evaluar la capacidad del satélite EarthCARE para estimar la altura de la CLA mediante la comparación de sus observaciones con medidas independientes realizadas desde superficie. Para ello, se utilizarán observaciones de ceilómetros, perfiles atmosféricos obtenidos mediante radiosondeos y métodos termodinámicos basados en el número de Richardson.

El trabajo permitirá al estudiante familiarizarse con técnicas modernas de teledetección atmosférica, análisis de datos geofísicos y validación de productos satelitales, participando en una temática de investigación plenamente actual y conectada con programas científicos internacionales.

Además, se estudiará la evolución diaria y estacional de la CLA sobre Granada, una región especialmente interesante por su compleja meteorología y frecuentes episodios de contaminación atmosférica.

Metodología

Para alcanzar los objetivos del estudio, se comenzará con una revisión bibliográfica centrada en los métodos de estimación de la altura de la Capa Límite Atmosférica (CLA), tanto a partir de técnicas ópticas (como ceilómetros y lidars) como mediante métodos termodinámicos basados en radiosondeos. Esta revisión permitirá comprender los fundamentos físicos y metodológicos de cada enfoque, así como sus limitaciones.

A continuación, se seleccionarán eventos de coincidencia espacial y temporal entre los pasos del satélite EarthCARE, observaciones de ceilómetros y radiosondeos realizados en estaciones europeas, con especial atención a la ciudad de Granada, donde se dispone de una base sólida de datos históricos.

El procesamiento de datos incluirá varias etapas:

- Extracción de la altura de la CLA a partir de los perfiles de retrodispersión del instrumento ATLID (lidar a bordo de EarthCARE).
- Estimación de la CLA a partir de perfiles de ceilómetros mediante algoritmos automáticos basados en gradientes de retrodispersión, cambios de varianza u otros criterios reconocidos en la literatura.
- Aplicación del método del número de Richardson a los perfiles termodinámicos obtenidos de radiosondeos, identificando el nivel vertical en el que el número de Richardson supera el umbral crítico (≈ 0.25), lo que indica la transición entre atmósfera turbulenta y estable.

Posteriormente, se realizará un análisis estadístico de las estimaciones de altura de la CLA obtenidas con los diferentes métodos, tanto para eventos individuales como para su evolución estacional sobre la región de Granada. Se evaluará la concordancia entre las distintas fuentes de datos y se analizarán posibles fuentes de discrepancia, como diferencias instrumentales, condiciones atmosféricas locales o limitaciones de los algoritmos utilizados.

Finalmente, se discutirá la validez del producto de EarthCARE en la estimación de la CLA, y se presentarán recomendaciones para su aplicación en estudios climáticos, meteorológicos u operacionales, así como sugerencias para futuras mejoras metodológicas.

El trabajo comenzará con una revisión bibliográfica sobre la física de la Capa Límite Atmosférica y los principales métodos utilizados para estimar su altura mediante observaciones remotas y perfiles termodinámicos.

Posteriormente, se recopilarán y seleccionarán casos de coincidencia entre:

- observaciones del satélite EarthCARE,
- medidas de ceilómetros,
- y radiosondeos atmosféricos disponibles en estaciones europeas y, especialmente, en Granada.

El análisis incluirá:

- Extracción y procesamiento de productos atmosféricos derivados del instrumento ATLID de EarthCARE.
- Determinación de la altura de la CLA a partir de perfiles de retrodispersión obtenidos mediante ceilómetros, utilizando algoritmos automáticos basados en gradientes y métodos estadísticos.
- Estimación de la CLA a partir de radiosondeos mediante el cálculo del número de Richardson, identificando la transición entre condiciones turbulentas y estables en la atmósfera.

Finalmente, se realizará un análisis comparativo y estadístico de los distintos métodos de estimación, evaluando:

- concordancia entre observaciones,
- comportamiento estacional,
- influencia de las condiciones atmosféricas,
- y limitaciones instrumentales y metodológicas.

Los resultados permitirán valorar la calidad del producto satelital de EarthCARE y su potencial aplicación en estudios meteorológicos, climáticos y de calidad del aire.

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

Objetivos planteados:

En este trabajo se plantea los siguientes objetivos:

1. Evaluar la precisión de la estimación de la altura de la Capa Límite Atmosférica proporcionada por el satélite EarthCARE.
2. Comparar las estimaciones satelitales con las derivadas de observaciones desde superficie mediante: perfiles de retrodispersión de ceilómetros y radiosondas aplicando el número de

Richardson.

3. Caracterizar la variabilidad diaria y estacional de la altura de la CLA en Granada.
4. Analizar las discrepancias entre métodos y sus posibles causas (condiciones meteorológicas, resolución vertical, hora local, etc.).

Bibliografía básica:

Illingworth, A. J., et al. (2015). The EarthCARE Satellite: The Next Step Forward in Global Measurements of Clouds, Aerosols, Precipitation, and Radiation. Bulletin of the American Meteorological Society, 96(8), 1311-1332.

Granados-Muñoz, M. J., et al. (2012). Automatic determination of the planetary boundary layer height using lidar: One-year analysis over southeastern Spain, J. Geophys. Res., 117, D18208, doi:10.1029/2012JD017524.

Wandinger, U., et al. (2023). Cloud top heights and aerosol layer properties from EarthCARE lidar observations: the A-CTH and A-ALD products. Atmospheric Measurement Techniques, 16(17), 4031-4052.

Kotthaus, S., et al. (2020). Tailored algorithms for the detection of the atmospheric boundary layer height from common automatic lidars and ceilometers (ALC). Remote Sensing, 12(19), 3259.

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: Onel Rodríguez Navarro

Ámbito de conocimiento/Departamento: FÍSICA APLICADA

Correo electrónico: rodrigueznava@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: