UNIVERSIDAD DE GRANADA

FACULTAD DE CIENCIAS

Propuesta TFG. Curso 2026/2027

GRADO: Grado en Física

CÓDIGO DEL TFG: 267-067-2026/2027

1. DATOS BÁSICOS DEL TFG:

Título: Estudio de la despolarización dual de partículas de aerosol y nubes mediante teledetección lidar

Descripción general (resumen y metodología):

Breve descripción del trabajo:

La técnica lidar permite obtener propiedades ópticas y físicas de las partículas de aerosol y las nubes presentes en la atmósfera con una resolución vertical precisa (Bravo-Aranda et al., 2015; Granados-Muñoz et al., 2016). Específicamente, la técnica de despolarización lidar es esencial para el estudio de partículas no esféricas, ya que el cambio en el estado de polarización de la luz retrodispersada es sumamente sensible a la forma de dichas partículas. Esta técnica ha sido ampliamente aplicada al estudio de los cristales de hielo en nubes tipo cirro (Chen et al., 2002) y en la clasificación de partículas de aerosol atmosférico, tales como el polvo mineral desértico (Bravo-Aranda et al., 2013) y, más recientemente, los bioaerosoles como el polen (Filioglou et al., 2023). Esta información es fundamental para investigar los efectos radiativos directos e indirectos del aerosol, lo cual resulta crucial para el estudio del Cambio Climático.

En 2023, se estableció la red de infraestructura ACTRIS con el objetivo principal de observar el aerosol atmosférico, las nubes y los gases traza en Europa (Laj et al., 2024). En el ámbito de la observación de las nubes y el aerosol atmosférico, el uso de sistemas lidar avanzados es uno de los pilares fundamentales. El Grupo de Física de la Atmósfera (GFAT) de la Universidad de Granada ha adquirido recientemente un nuevo sistema lidar llamado ALHAMBRA y que opera de forma regular en el Instituto Interuniversitario de Investigación del Sistema Tierra en Andalucía (IISTA), con el cual participará en la red de infraestructura ACTRIS (https://www.Actris.eu/).

El equipo lidar ALHAMBRA es capaz de generar más de 50 perfiles de medidas por minuto, utilizando diferentes longitudes de onda, planos de polarización, entre otras variables, lo que proporciona una gran cantidad de información. El instrumento consta de dos subsistemas diseñados para monitorizar el perfil atmosférico desde la capa límite hasta la baja estratosfera. Por un lado, el subsistema de rango cercano, operando bajo una configuración biaxial, se centra en la capa límite planetaria y en el estudio de aerosoles en capas bajas; este módulo está equipado con canales elásticos, canales Raman vibracionales de N_2 y capacidades de despolarización a 355 y 532 nm. Por otro lado, el subsistema de rango lejano, de configuración coaxial, alcanza desde la alta troposfera hasta la baja estratosfera, permitiendo el estudio de nubes altas como los cirros; este segundo módulo dispone de canales elásticos, canales Raman rotacionales de N_2 y capacidad de despolarización a 355 nm.

Aprovechando la instrumentación del GFAT, se podrán establecer sinergias con otros equipos disponibles, como el fotómetro solar o el radiómetro de microondas. La combinación de estos instrumentos resulta crucial para lograr una caracterización integral de la atmósfera.

Metodología:

La metodología propuesta para el desarrollo de este TFG se dividirá en las siguientes etapas:

(i)

Familiarización con las técnicas de teledetección lidar. Se profundizará en la interpretación de los perfiles lidar, así como de las propiedades ópticas y físicas invertidas.

(ii)

Adquisición de conocimientos sobre los algoritmos de inversión mediante el uso del módulo GFATPY.

(iii)

Procesado e interpretación de la razón de despolarización lineal a 355 y 532 nm obtenida con ambos subsistemas del lidar ALHAMBRA. Se realizará una comparación espectral y una validación cruzada entre las medidas de sus subsistemas de campo cercano y lejano para diferentes casos de estudio con partículas de aerosol y nubes.

(iv)

Selección de episodios atmosféricos representativos sobre Granada que presenten intrusiones de polvo sahariano o posibles eventos de alta carga de bioaerosoles (polen). La metodología se basará en determinar las propiedades ópticas durante este periodo, poniendo énfasis en analizar la dependencia espectral de la razón de despolarización lineal de partículas a 355 y 532 nm.

(v)

Evaluación de las propiedades ópticas en episodios nubosos, con especial énfasis en casos de nubes tipo cirro. Se explotará la despolarización lidar para discriminar la forma de los cristales de hielo (los cuales presentan altos valores de despolarización debido a su asimetría).

Esta metodología incluye la posibilidad de realizar medidas con ALHAMBRA con el fin de abordar de manera integral el estudio de la técnica lidar y sus algoritmos de inversión, desde su fundamentación teórica hasta su aplicación práctica.

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

Objetivos planteados:

Objetivos planteados:

El objetivo principal de este trabajo es evaluar y caracterizar las propiedades ópticas y microfísicas de las partículas de aerosol y las nubes, aprovechando las altas capacidades de despolarización dual del sistema lidar ALHAMBRA. Para alcanzar este propósito, se establecen los siguientes objetivos específicos:

1.

Familiarización instrumental y metodológica: Adquirir los conocimientos teóricos fundamentales en teledetección atmosférica, profundizando específicamente en la técnica de despolarización lidar para la correcta identificación y clasificación de aerosoles complejos (como el polen o el polvo mineral) y nubes (como los cirros).

2.

Procesamiento algorítmico y validación: Familiarizarse con los algoritmos de inversión de señales lidar. Para llevar a cabo el procesamiento de los datos de forma optimizada, se aplicarán las herramientas de cálculo en entorno PYTHON desarrolladas previamente en el GFAT, empleando específicamente las rutinas disponibles en el módulo integral GFATPY (https://pypi.org/project/gfatpy/).

3.

Intercomparación espectral y validación entre subsistemas: Procesar e interpretar los perfiles de la razón de despolarización lineal a las longitudes de onda de 355 y 532 nm registrados por el lidar ALHAMBRA. Esta fase requerirá una rigurosa comparación espectral de los perfiles obtenidos, así como una evaluación cruzada de consistencia entre las medidas de los subsistemas de campo cercano y campo lejano a 355 nm.

4.

Caracterización de aerosoles: Analizar las características polarimétricas que permitan discriminar y clasificar de manera eficiente diferentes masas de aerosoles, diferenciando entre polvo mineral, aerosoles urbanos y polen, entre otros.

5.

Caracterización de nubes: Evaluar los perfiles de despolarización bajo la presencia de diferentes tipos de nubes, poniendo especial énfasis en la caracterización de los cristales de hielo presentes en nubes tipo cirro. Potencialmente se podrán comparar estos resultados integrando observaciones provenientes de otros instrumentos de teledetección disponibles en la estación.

Bibliografía básica:

Bibliografía:

Bravo-Aranda, J. A., G. Titos, M. J. Granados-Muñoz, J. L. Guerrero-Rascado, F. Navas-Guzmán, A. Valenzuela, H. Lyamani, F. J. Olmo, J. Andrey and L. Alados-Arboledas, Study of mineral dust entrainment in the planetary boundary layer by lidar depolarisation technique, Tellus B, 67, 26180,

Granados-Muñoz, M. J., Navas-Guzmán, F., Guerrero-Rascado, J. L., Bravo-Aranda, J. A., Binietoglou, I., Pereira, S. N., Basart, S., Baldasano, J. M., Belegante, L., Chaikovsky, A., Comerón, A., D'Amico, G., Dubovik, O., Ilic, L., Kokkalis, P., Muñoz-Porcar, C., Nickovic, S., Nicolae, D., Olmo, F. J., Papayannis, A., Pappalardo, G., Rodríguez, A., Schepanski, K., Sicard, M., Vukovic, A., Wandinger, U., Dulac, F., and Alados-Arboledas, L.: Profiling of aerosol microphysical properties at several EARLINET/AERONET sites during the July 2012 ChArMEx/EMEP campaign, Atmos. Chem. Phys., 16, 7043–7066, https://doi.org/10.5194/acp-16-7043-2016, 2016.

Chen, W. N., Chiang, C. W., & Nee, J. B. (2002). Lidar ratio and depolarization ratio for cirrus clouds. Applied optics, 41(30), 6470-6476.

Bravo-Aranda, J. A., Navas-Guzmán, F., Guerrero-Rascado, J. L., Pérez-Ramírez, D., Granados-Muñoz, M. J., & Alados-Arboledas, L. (2013). Analysis of lidar depolarization calibration procedure and application to the atmospheric aerosol characterization. International Journal of Remote Sensing, 34(9–10), 3543–3560.

Filioglou, M., Leskinen, A., Vakkari, V., O'Connor, E., Tuononen, M., Tuominen, P., ... & Komppula, M. (2023). Spectral dependence of birch and pine pollen optical properties using a synergy of lidar instruments. Atmospheric Chemistry and Physics, 23(16), 9009-9021.

Laj, P., Lund Myhre, C., Riffault, V., Amiridis, V., Fuchs, H., Eleftheriadis, K., ... & Vana, M. (2024). Aerosol, clouds and trace gases research infrastructure (ACTRIS): The European research infrastructure supporting atmospheric science. Bulletin of the American Meteorological Society, 105(7), E1098-E1136.

Recomendaciones y orientaciones para el estudiante:

Plazas: 1

2. DATOS DEL TUTOR/A:

Nombre y apellidos: LUCAS ALADOS ARBOLEDAS

Ámbito de conocimiento/Departamento: FÍSICA APLICADA

Correo electrónico: alados@ugr.es

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

Nombre y apellidos: SAMUEL VILLALBA TORRES

Ámbito de conocimiento/Departamento: FÍSICA APLICADA

Correo electrónico: samuelvillalba@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: JESUS LEON PEREZ

Correo electrónico: jesusleonperez@correo.ugr.es