Guía docente de la asignatura

Micrometeorología y Microclimatología (M40/56/1/15)

Fecha de aprobación por la Comisión Académica: 06/07/2025

Máster	Máster Universitario en Geofísica y Meteorología
MÓDULO	Módulo de Meteorología
RAMA	Ciencias
CENTRO RESPONSABLE DEL TÍTULO	Escuela Internacional de Posgrado

Semestre	Segundo	**Créditos**	5	**Tipo**	Optativa	**Tipo de enseñanza**	Presencial

PRERREQUISITOS Y/O RECOMENDACIONES

Física básica.

Meteorología básica.

Comprensión de textos en inglés científico.

BREVE DESCRIPCIÓN DE CONTENIDOS (Según memoria de verificación del Máster)

Promedios de Reynolds. Intercambios superficie-atmósfera. Balance de energía en superficie. Balance radiativo. Teoría de estabilidad atmosférica. Teoría de semejanza de Monin-Obukhov. Eddy covariance.

COMPETENCIAS

COMPETENCIAS BÁSICAS

- CB6 - Poseer y comprender conocimientos que aporten una base u oportunidad de ser originales en desarrollo y/o aplicación de ideas, a menudo en un contexto de

Firma (1): Universidad de Granada
CIF: Q1818002F

Firmado electrónicamente según arts. 15, 17 y 41.1 del Reglamento de Adm. Electrónica de la Universidad de Granada (BOJA nº 85 de 6 de mayo de 2021)
Este documento firmado digitalmente puede verificarse en https://sede.ugr.es/verifirma/ 05/05/2026 - 11:22
Código seguro de verificación (CSV): 4C999751E286601392E50F6A5720093F Pág. 1 de 9

investigación.
- CB7 - Que los estudiantes sepan aplicar los conocimientos adquiridos y su capacidad de resolución de problemas en entornos nuevos o poco conocidos dentro de contextos más amplios (o multidisciplinares) relacionados con su área de estudio.
- CB8 - Que los estudiantes sean capaces de integrar conocimientos y enfrentarse a la complejidad de formular juicios a partir de una información que, siendo incompleta o limitada, incluya reflexiones sobre las responsabilidades sociales y éticas vinculadas a la aplicación de sus conocimientos y juicios.
- CB9 - Que los estudiantes sepan comunicar sus conclusiones y los conocimientos y razones últimas que las sustentan a públicos especializados y no especializados de un modo claro y sin ambigüedades.
- CB10 - Que los estudiantes posean las habilidades de aprendizaje que les permitan continuar estudiando de un modo que habrá de ser en gran medida autodirigido o autónomo.

COMPETENCIAS GENERALES

- CG01 - Realizar experimentos de forma independiente y describir, analizar y evaluar críticamente los datos obtenidos.
- CG02 - Identificar los elementos esenciales de un proceso o una situación compleja, y a partir de ellos construir un modelo simplificado y realizar estimaciones sobre su evolución futura.
- CG03 - Idear la forma de comprobar la validez de un modelo e introducir las modificaciones necesarias cuando se observen discrepancias entre las predicciones del modelo y las observaciones.
- CG06 - Elaborar adecuadamente y con cierta originalidad composiciones escritas o argumentos motivados, de redactar planes, proyectos de trabajo o artículos científicos o de formular hipótesis razonables.

COMPETENCIAS ESPECÍFICAS

- CE10 - Analizar los distintos procesos meteorológicos o climáticos y sus diferentes escalas espacio-temporales, junto con las teorías y leyes que los rigen y los modelos que tratan de explicar o predecir las observaciones.
- CE13 - Conocer la instrumentación básica usada en la obtención de datos meteorológicos y recoger, interpretar y representar datos referentes a la Meteorología y la Climatología usando las técnicas adecuadas de campo.
- CE14 - Aplicar los métodos estadísticos apropiados para el análisis de los datos meteorológicos.

COMPETENCIAS TRANSVERSALES

- CT01 - Mostrar interés por la calidad y la excelencia en la realización de diferentes tareas.
- CT03 - Tener un compromiso ético y social en la aplicación de los conocimientos adquiridos.
- CT04 - Ser capaz de trabajar en equipos interdisciplinarios para alcanzar objetivos comunes desde campos expertos diferenciados.

COMPETENCIAS

Firma (1): Universidad de Granada
CIF: Q1818002F

Firmado electrónicamente según arts. 15, 17 y 41.1 del Reglamento de Adm. Electrónica de la Universidad de Granada (BOJA nº 85 de 6 de mayo de 2021)
Este documento firmado digitalmente puede verificarse en https://sede.ugr.es/verifirma/ 05/05/2026 - 11:22
Código seguro de verificación (CSV): 4C999751E286601392E50F6A5720093F Pág. 2 de 9

COMPETENCIAS BÁSICAS

- CB6 - Poseer y comprender conocimientos que aporten una base u oportunidad de ser originales en desarrollo y/o aplicación de ideas, a menudo en un contexto de investigación.
- CB7 - Que los estudiantes sepan aplicar los conocimientos adquiridos y su capacidad de resolución de problemas en entornos nuevos o poco conocidos dentro de contextos más amplios (o multidisciplinares) relacionados con su área de estudio.
- CB8 - Que los estudiantes sean capaces de integrar conocimientos y enfrentarse a la complejidad de formular juicios a partir de una información que, siendo incompleta o limitada, incluya reflexiones sobre las responsabilidades sociales y éticas vinculadas a la aplicación de sus conocimientos y juicios.
- CB9 - Que los estudiantes sepan comunicar sus conclusiones y los conocimientos y razones últimas que las sustentan a públicos especializados y no especializados de un modo claro y sin ambigüedades.
- CB10 - Que los estudiantes posean las habilidades de aprendizaje que les permitan continuar estudiando de un modo que habrá de ser en gran medida autodirigido o autónomo.

COMPETENCIAS GENERALES

- CG01 - Realizar experimentos de forma independiente y describir, analizar y evaluar críticamente los datos obtenidos.
- CG02 - Identificar los elementos esenciales de un proceso o una situación compleja, y a partir de ellos construir un modelo simplificado y realizar estimaciones sobre su evolución futura.
- CG03 - Idear la forma de comprobar la validez de un modelo e introducir las modificaciones necesarias cuando se observen discrepancias entre las predicciones del modelo y las observaciones.
- CG06 - Elaborar adecuadamente y con cierta originalidad composiciones escritas o argumentos motivados, de redactar planes, proyectos de trabajo o artículos científicos o de formular hipótesis razonables.

COMPETENCIAS ESPECÍFICAS

- CE10 - Analizar los distintos procesos meteorológicos o climáticos y sus diferentes escalas espacio-temporales, junto con las teorías y leyes que los rigen y los modelos que tratan de explicar o predecir las observaciones.
- CE13 - Conocer la instrumentación básica usada en la obtención de datos meteorológicos y recoger, interpretar y representar datos referentes a la Meteorología y la Climatología usando las técnicas adecuadas de campo.
- CE14 - Aplicar los métodos estadísticos apropiados para el análisis de los datos meteorológicos.

COMPETENCIAS TRANSVERSALES

- CT01 - Mostrar interés por la calidad y la excelencia en la realización de diferentes tareas.
- CT03 - Tener un compromiso ético y social en la aplicación de los conocimientos adquiridos.
- CT04 - Ser capaz de trabajar en equipos interdisciplinarios para alcanzar objetivos comunes desde campos expertos diferenciados.

Firma (1): Universidad de Granada
CIF: Q1818002F

Firmado electrónicamente según arts. 15, 17 y 41.1 del Reglamento de Adm. Electrónica de la Universidad de Granada (BOJA nº 85 de 6 de mayo de 2021)
Este documento firmado digitalmente puede verificarse en https://sede.ugr.es/verifirma/
Código seguro de verificación (CSV): 4C999751E286601392E50F6A5720093F
05/05/2026 - 11:22
Pág. 3 de 9

RESULTADOS DE APRENDIZAJE (Objetivos)

El alumno sabrá/comprenderá:

- La definición de una capa límite.
- La importancia de la capa límite.
- La hipótesis de Taylor.
- Las leyes de Reynolds para determinar promedios.
- El uso de un volumen de control para aplicar las ecuaciones de balance.
- Dónde dominan los flujos moleculares y turbulentos (en el intercambio superficie-atmósfera).
- El balance de energía en superficie.
- La diferencia entre la radiación de onda larga y onda corta.
- La significación de un flujo divergente (radiativo o turbulento).
- Las propiedades térmicas de los suelos.
- Los procesos de transferencia de calor en el suelo.
- La definición de la temperatura.
- La temperatura en superficie.
- Las definiciones de la humedad atmosférica.
- La teoría de las parcelas (partículas) de aire.
- La estabilidad atmosférica.
- Las capas de mezclas y de inversión.
- Las variaciones diurnas de la capa límite.
- Los perfiles de temperatura y de humedad.
- Los factores que influyen en la distribución del viento cerca de la superficie.
- Los perfiles de viento y sus variaciones diurnos.
- El flujo laminar y el flujo turbulento.
- El número de Reynolds.
- La Capa Ekman.
- La transferencia de calor en los fluidos.
- El número (flujo, gradiente, y “bulk”) de Richardson.
- La varianza y el flujo turbulento.
- Los remolinos y las escalas de movimiento.
- Las teorías gradiente-transporte.
- La medición de flujos (“eddy covariance”, BREB, REA, etc.).
- El análisis dimensional y la teoría de semejanza.
- La teoría de semejanza de Monin-Obukhov.
- La Razón de Bowen.
- Las formas empíricas de las funciones de semejanza.
- Los perfiles de temperatura y viento.
- Los coeficientes de arrastre y transferencia de calor.
- La determinación de flujos de momento y calor sensible.
- Los tipos de inhomogeneidades en capas límites.
- Los cambios escalonados en rugosidad y temperatura de superficie y sus afectos en la capa límite.
- Las modificaciones del aire sobre superficies acuáticas.
- Las superficies urbanas y efectos de cañón urbano.
- Los efectos topográficos.
- La micrometeorología agrícola y forestal.

El alumno será capaz de:

- Aplicar la ecuación de balance de energía a una superficie.
- Aplicar las ecuaciones de balance (de energía y masa) en un volumen de control.

Firma (1): Universidad de Granada
CIF: Q1818002F

Firmado electrónicamente según arts. 15, 17 y 41.1 del Reglamento de Adm. Electrónica de la Universidad de Granada (BOJA nº 85 de 6 de mayo de 2021)
Este documento firmado digitalmente puede verificarse en https://sede.ugr.es/verifirma/ 05/05/2026 - 11:22
Código seguro de verificación (CSV): 4C999751E286601392E50F6A5720093F Pág. 4 de 9

- Calcular la propagación de una onda térmica en el suelo.
- Expresar la humedad (relativa, absoluta) del aire de varias maneras.
- Aplicar una descomposición de Reynolds a un variable de estado atmosférico.
- Determinar la estabilidad estática de una capa de aire.
- Determinar la estabilidad dinámica de una capa de aire.
- Predecir la formación/cesación de la turbulencia.
- Explicar el viento geostrófico a partir de fundamentos básicos (F=ma).
- Calcular un flujo turbulento a partir de una gradiente.
- Determinar evaporación desde superficies homogéneas.

PROGRAMA DE CONTENIDOS TEÓRICOS Y PRÁCTICOS

TEÓRICO

Tema 1. INTRODUCCIÓN A LA CAPA LÍMITE

1. Objetivos, Importancia y Alcance
2. Escalas y Capas: definiciones
3. Hipótesis que aplicamos en esta asignatura
    1. El no efecto invernadero en la capa límite
    2. La Tierra no gira (a poca duración)
4. Observaciones de características promedios
    1. Perfiles de viento (Ekman)
    2. Perfiles de temperatura y humedad
5. Esquema de la Asignatura.

Tema 2. MICROCLIMATOLOGÍA: ENERGÍA EN SUPERFICIE

1. La ecuación de balance de energía
2. La radiación neta (Rn)
    1. Papel, capa límite (condición de entorno)
    2. Radiación solar
    3. Radiación Térmica
    4. Propiedades radiativas de la superficie
3. La transferencia de energía al suelo
    1. Temperaturas en superficie
    2. Temperaturas subterráneas
    3. Propiedades Térmicas de los suelos
    4. El flujo de calor al suelo (G)

Tema 3. MICROMETEOROLOGÍA: ALCANZE DE LOS FLUJOS TURBULENTOS

1. Los flujos turbulentos de calor (H+LE)
    1. Los parámetros hidro-climatológicos de compartimiento
    2. Las implicaciones (biología, capa límite)
    3. Climatología de la superficie (urbana, etc.)
2. El flujo de inercia
    1. Su importancia dinámica
    2. Su utilidad en la modelización
3. El flujo de CO_2
    1. Comportamiento de los ecosistemas
    2. Los sumideros y fuentes de CO_2 (Kyoto)

Firma (1): Universidad de Granada
CIF: Q1818002F

Firmado electrónicamente según arts. 15, 17 y 41.1 del Reglamento de Adm. Electrónica de la Universidad de Granada (BOJA nº 85 de 6 de mayo de 2021)
Este documento firmado digitalmente puede verificarse en https://sede.ugr.es/verifirma/
Código seguro de verificación (CSV): 4C999751E286601392E50F6A5720093F
05/05/2026 - 11:22
Pág. 5 de 9

4. Flujos de aerosoles
    1. La deposición seca
    2. Otros procesos de interés (VOC)
5. Flujos de otros gases

Tema 4. METEOROLOGÍA: REVISIÓN DE LAS BASES

1. Termodinámica
    1. La ecuación de estado, aire seco
    2. Aire húmedo, índices de humedad
2. Dinámica
    1. Ecuación de movimiento
    2. Fuerzas y fuerzas aparentes
    3. Cambio local y advección
    4. Conservación másica: ecuación de continuidad
    5. La notación de Einstein
    6. Ecuaciones fundamentales

Tema 5. MICROMETEOROLOGÍA: LAS BASES EN LA CAPA LÍMITE

1. La dirección de interés
2. Escalas de tiempo
    1. Estadísticas
    2. Los promedios de Reynolds
    3. El flujo turbulento
3. La advección en "flux form"
4. Las ecuaciones fundamentales con perturbaciones
5. Las ecuaciones de conservación en promedio
6. Etapas para su derivación
    1. Estado – ley de gases
    2. Momento
7. Las ecuaciones para las perturbaciones
    1. Estado – ley de gases
    2. Momento vertical
    3. Momento en general
8. La "fricción" en un contexto turbulento (Re)

Tema 6. ENERGÍA CINÉTICA TURBULENTA - "PROGNOSTIC EQUATIONS"

1. Su derivación
2. Los términos y sus perfiles
3. Números adimensionales (Re, Ri, z/L, etc.)
4. La teoría de semejanza de Monin-Obukhov

Tema 7. MÉTODOS DE MODELIZACIÓN.

1. Coeficiente de Arrastre;
2. Velocidad de fricción; longitud de rugosidad; nivel de desplazamiento;
3. "Eddy diffusivity".
4. Resistencias en serie
5. Turbulence closure

Tema 8. MEDIDAS MICROMETEOROLOGICAS

Firma (1): Universidad de Granada
CIF: Q1818002F

Firmado electrónicamente según arts. 15, 17 y 41.1 del Reglamento de Adm. Electrónica de la Universidad de Granada (BOJA nº 85 de 6 de mayo de 2021)
Este documento firmado digitalmente puede verificarse en https://sede.ugr.es/verifirma/
Código seguro de verificación (CSV): 4C999751E286601392E50F6A5720093F
05/05/2026 - 11:22
Pág. 6 de 9

1. Lugar de Medición, Tipos de Salida y Registro de Datos
2. Técnicas de medida
    1. “Eddy covariance”
    2. Flux-Gradient theory
    3. BREB
    4. REA
3. Instrumentación
    1. Anemómetros sónicos
    2. IRGAs
    3. Radiación
    4. Otros

PRÁCTICO

Resolución de problemas: Problemas de casos prácticos discutiendo los resultados obtenidos en clase.

Prácticas de Laboratorio: Uso del software EddyPro para el tratamiento y análisis de datos Eddy Covariance

Talleres de trabajo con datos micrometeorológicos; posible visita a una estación experimental micrometeorológica.

Presentación oral: Entrega y presentación de trabajo con datos micrometeorológicos.

BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA FUNDAMENTAL

- Stull, R. B., An Introduction to Boundary Layer Meteorology. Kluwer Academic Press, 1988.
- Arya, J. P., Introduction to Micrometeorology. Academic Press, 1988.
- Oke, T. R., Boundary Layer Climates. Routledge, 1987.

BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA

- Holton, J. R, An Introduction to dynamic meteorology, Elsevier, 2004.
- Wallace, J. M, & Hobbs, P. V., Atmospheric Science: An Introductory Survey; Elsevier, 2006.
- Lee, X., Fundamentals of Boundary-Layer Meteorology, Springer, 2018, ISSN 2194-5217
- Lee, X., et al., Handbook of Micrometeorology, Kluwer Academia Publishers, 2004.
- Foken, T., Micrometeorology, Springer Verlag, 2008.
- Campbell, G. S. y Norman, J. M., Environmental biophysics. Springer-Verlag, 1993.
- Jones, H. G., Plants and Microclimate. Cambridge University Press, 1992.
- Monteith, J. L., Principles of Environmental Physics, Edward Arnold, 1973.
- Seeman, J., et al., Agrometeorology. Springer-Verlag, 1979.
- Vilà-Guerau de Arellano, J., et al., Atmospheric Boundary Layer. Cambridge University Press, 2015.

Firma (1): Universidad de Granada
CIF: Q1818002F

Firmado electrónicamente según arts. 15, 17 y 41.1 del Reglamento de Adm. Electrónica de la Universidad de Granada (BOJA nº 85 de 6 de mayo de 2021)
Este documento firmado digitalmente puede verificarse en https://sede.ugr.es/verifirma/ 05/05/2026 - 11:22
Código seguro de verificación (CSV): 4C999751E286601392E50F6A5720093F Pág. 7 de 9

ENLACES RECOMENDADOS

- http://fluxnet.ornl.gov/
- https://www.icos-cp.eu/
- https://www.neonscience.org/field-sites/explore-field-sites

METODOLOGÍA DOCENTE

- MD01 Lección magistral/expositiva
- MD02 Sesiones de discusión y debate
- MD03 Resolución de problemas y estudio de casos prácticos
- MD05 Seminarios
- MD07 Análisis de fuentes y documentos
- MD08 Realización de trabajos en grupo
- MD09 Realización de trabajos individuales

EVALUACIÓN (instrumentos de evaluación, criterios de evaluación y porcentaje sobre la calificación final)

EVALUACIÓN ORDINARIA

El artículo 17 de la Normativa de Evaluación y Calificación de los Estudiantes de la Universidad de Granada establece que la convocatoria ordinaria estará basada preferentemente en la evaluación continua del estudiante, excepto para quienes se les haya reconocido el derecho a la evaluación única final. Los porcentajes aquí mostrados podrán ser modificados previo acuerdo con los estudiantes.

Pruebas, ejercicios y problemas, resueltos en clase o individualmente a lo largo del curso. Ponderación mínima/máxima = 20/30 %.

Valoración final de informes, trabajos, proyectos, etc. (individual o en grupo). Ponderación mínima/máxima = 20/30 %.

Pruebas escritas. Ponderación mínima/máxima = 50/60 %.

Presentaciones orales. Ponderación mínima/máxima = 5/10 %.

Aportaciones del alumno en sesiones de discusión y actitud del alumno en las diferentes actividades desarrolladas. Ponderación mínima/máxima = 5/10 %.

EVALUACIÓN EXTRAORDINARIA

El artículo 19 de la Normativa de Evaluación y Calificación de los Estudiantes de la Universidad de Granada establece que los estudiantes que no hayan superado la asignatura en la convocatoria ordinaria dispondrán de una convocatoria extraordinaria. A ella podrán concurrir todos los estudiantes, con independencia de haber seguido o no un proceso de evaluación continua. De esta forma, el estudiante que no haya realizado la evaluación continua tendrá la posibilidad de obtener el 100% de la calificación mediante la realización de una prueba y/o trabajo.

Firma (1): Universidad de Granada
CIF: Q1818002F

Firmado electrónicamente según arts. 15, 17 y 41.1 del Reglamento de Adm. Electrónica de la Universidad de Granada (BOJA nº 85 de 6 de mayo de 2021)
Este documento firmado digitalmente puede verificarse en https://sede.ugr.es/verifirma/ 05/05/2026 - 11:22
Código seguro de verificación (CSV): 4C999751E286601392E50F6A5720093F Pág. 8 de 9

Examen final requiriendo que el alumno solvente problemas de física asociadas con la descomposición de las variables de estado y de movimiento de aire en componentes asociados con el promedio y con la turbulencia, con la derivación e interpretación de la ecuación de conservación de la energía cinética turbulenta, y con el uso y la interpretación de los números adimensionales (número de Reynolds; número de Richardson; longitud de Monin-Obukhov) que describen la importancia relativa de los procesos de generación y destrucción de la energía cinética turbulenta.

EVALUACIÓN ÚNICA FINAL

Examen final requiriendo que el alumno solvente problemas de física asociadas con la descomposición de las variables de estado y de movimiento de aire en componentes asociados con el promedio y con la turbulencia, con la derivación e interpretación de la ecuación de conservación de la energía cinética turbulenta, y con el uso y la interpretación de los números adimensionales (número de Reynolds; número de Richardson; longitud de Monin-Obukhov) que describen la importancia relativa de los procesos de generación y destrucción de la energía cinética turbulenta.

INFORMACIÓN ADICIONAL

Al principio del curso, se llevarán a cabo reuniones de coordinación según establece el Sistema de la Garantía de la Calidad.

Información de interés para estudiantado con discapacidad y/o Necesidades Específicas de Apoyo Educativo (NEAE): Gestión de servicios y apoyos (https://ve.ugr.es/servicios/atencion-social/estudiantes-con-discapacidad).

Firma (1): Universidad de Granada
CIF: Q1818002F

Firmado electrónicamente según arts. 15, 17 y 41.1 del Reglamento de Adm. Electrónica de la Universidad de Granada (BOJA nº 85 de 6 de mayo de 2021)
Este documento firmado digitalmente puede verificarse en https://sede.ugr.es/verifirma/
Código seguro de verificación (CSV): 4C999751E286601392E50F6A5720093F
05/05/2026 - 11:22
Pág. 9 de 9