

SEMESTRE	CRÉDITOS	CARÁCTER	TIPO DE ENSEÑANZA	IDIOMA DE IMPARTICIÓN
1º	5	Optativa	Presencial	Español
<b>MÓDULO</b>		Meteorología		
<b>MATERIA</b>		Meteorología Física Avanzada		
<b>CENTRO RESPONSABLE DEL TÍTULO</b>		Escuela Internacional de Posgrado		
<b>MÁSTER EN EL QUE SE IMPARTE</b>		<b>Máster Universitario en Geofísica y Meteorología (GEOMET)</b>		
<b>CENTRO EN EL QUE SE IMPARTE LA DOCENCIA</b>		Facultad de Ciencias		
<b>PROFESORES<sup>(1)</sup></b>				
<b>Yolanda Castro Díez</b>				
<b>DIRECCIÓN</b>		Dpto. Física Aplicada, 1ª planta Edificio Física. Facultad de Ciencias. Despacho nº 30. Teléfono 958244023. Correo electrónico: <a href="mailto:ycaastro@ugr.es">ycaastro@ugr.es</a>		
<b>TUTORÍAS</b>		<a href="http://fisicaaplicada.ugr.es/pages/profesorado">http://fisicaaplicada.ugr.es/pages/profesorado</a>		
<b>Sonia Raquel Gámiz Fortis</b>				
<b>DIRECCIÓN</b>		Dpto. Física Aplicada, 1ª planta Edificio Física. Facultad de Ciencias Despacho nº 12. Teléfono 958240026. Correo electrónico: <a href="mailto:sergamiz@ugr.es">sergamiz@ugr.es</a>		
<b>TUTORÍAS</b>		<a href="http://fisicaaplicada.ugr.es/pages/profesorado">http://fisicaaplicada.ugr.es/pages/profesorado</a>		
<b>COMPETENCIAS GENERALES Y ESPECÍFICAS</b>				
<b>COMPETENCIAS BÁSICAS Y GENERALES</b>				
CG1 - Realizar experimentos de forma independiente y describir, analizar y evaluar críticamente los datos obtenidos.				
CG2 - 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.				
CG3 - 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.				

<sup>1</sup> Consulte posible actualización en Acceso Identificado > Aplicaciones > Ordenación Docente

(∞) Esta guía docente debe ser cumplimentada siguiendo la "Normativa de Evaluación y de Calificación de los estudiantes de la Universidad de Granada" ([http://secretariageneral.ugr.es/pages/normativa/fichasugr/ngc7121/!](http://secretariageneral.ugr.es/pages/normativa/fichasugr/ngc7121/))

- CG6 - Elaborar adecuadamente y con cierta originalidad composiciones escritas o argumentos motivados, redactar planes, proyectos de trabajo o artículos científicos o formular hipótesis razonables.
- CB6 - Poseer y comprender conocimientos que aporten una base u oportunidad de ser originales en el 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 ESPECÍFICAS

- CE8 - Identificar y caracterizar las propiedades de los diferentes subsistemas meteorológicos y climáticos.
- CE9 - Conocer y valorar las aportaciones de los diferentes métodos meteorológicos y climáticos al conocimiento de la Atmósfera.
- 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.
- CE14 - Aplicar los métodos estadísticos apropiados para el análisis de los datos meteorológicos.

### OBJETIVOS O RESULTADOS DE APRENDIZAJE (SEGÚN LA MEMORIA DE VERIFICACIÓN DEL TÍTULO)

El alumno sabrá/comprenderá:

- La composición de la atmósfera y su estructura.
- Los procesos de absorción, emisión y dispersión.
- Las leyes del transporte radiativo.
- La radiación solar y la radiación térmica.
- El balance de radiación.
- El efecto invernadero.
- Las características del aire seco y su ecuación de estado.
- Los diagramas termodinámicos y su uso en Meteorología.
- El proceso de expansión adiabática para el aire.
- Los índices de humedad.
- Los métodos de medida de la humedad.
- El aire húmedo y su ecuación de estado.
- El concepto de temperatura virtual, su utilidad y cálculo.
- Los diferentes mecanismos de saturación en la atmósfera.
- El concepto de temperatura del punto de rocío, su utilidad y cálculo.
- El concepto de temperatura del termómetro húmedo, su utilidad y cálculo.
- El concepto de temperatura equivalente, su utilidad y cálculo.
- El proceso de expansión adiabática del aire saturado.
- El proceso de evolución pseudoadiabática.
- Los procesos de mezcla en la atmósfera.
- El equilibrio estático y el balance hidrostático.
- La estabilidad e inestabilidad vertical.
- El análisis de la estabilidad aplicando los criterios finitos de estabilidad.
- La inestabilidad potencial.
- La inestabilidad latente, distinguiendo entre efectiva y falsa.
- La inestabilidad convectiva y la determinación del nivel de condensación por convección.
- Los aerosoles atmosféricos y su clasificación según tamaño y origen.



- La microfísica de nubes cálidas.
- Los procesos de crecimiento de gotas.
- Los núcleos de condensación.
- La microfísica de nubes frías.
- Los núcleos de hielo.
- Los procesos de crecimiento de cristales de hielo.
- Las nubes y nieblas, su clasificación y los mecanismos de formación.
- Las diferentes formas de precipitación.
- Los procesos de modificación artificial de las nubes.
- El papel de los aerosoles y las nubes en el clima.

El alumno, después de cursar esta asignatura, será capaz de:

- Calcular los parámetros orbitales de la tierra y del sol.
- Calcular los valores de insolación en la superficie de la tierra para un instante o periodo de tiempo dado.
- Realizar cálculos de transferencia radiativa en la atmósfera terrestre.
- Representar un sondeo aerológico real en el diagrama oblicuo.
- Caracterizar el estado del aire en un nivel determinado.
- Estudiar la estabilidad vertical del aire mediante el uso del diagrama oblicuo.
- Realizar cálculos sobre la formación y el crecimiento de gotas y cristales de hielo.
- Calcular parámetros temporales y espaciales en procesos de lluvia y nieve.
- Elaborar informes de las actividades prácticas desarrolladas.

#### BREVE DESCRIPCIÓN DE CONTENIDOS (SEGÚN LA MEMORIA DE VERIFICACIÓN DEL TÍTULO)

- Atmósfera terrestre.
- Balance de radiación.
- Efecto invernadero.
- Saturación del aire.
- Condensación del vapor de agua.
- Estabilidad atmosférica.
- Aerosoles atmosféricos.
- Nubes.

#### TEMARIO DETALLADO DE LA ASIGNATURA

##### TEMARIO TEÓRICO:

##### Tema 1. COMPOSICIÓN Y ESTRUCTURA DE LA ATMÓSFERA TERRESTRE.

Atmósfera: composición atmosférica. Distribución de la masa atmosférica y de los constituyentes gaseosos. Partículas cargadas. Distribución de temperatura. Observaciones meteorológicas.

##### Tema 2.- RADIACIÓN ATMOSFÉRICA. BALANCE DE RADIACIÓN

Procesos de absorción, emisión y dispersión. Transporte radiativo. Radiación solar. Radiación térmica. Balance de radiación. Efecto invernadero.

##### Tema 3.- AIRE SECO. AIRE HÚMEDO

Aire seco. Ecuación de estado. Diagramas termodinámicos. Expansión adiabática. Índices de humedad. Medida de la humedad. Aire húmedo. Ecuación de estado. Temperatura virtual.

##### Tema 4.- SATURACIÓN Y CONDENSACIÓN DEL AIRE HÚMEDO

Mecanismos de saturación. Temperatura del punto de rocío. Temperatura del termómetro húmedo. Temperatura equivalente. Expansión adiabática del aire saturado. Evolución pseudoadiabática. Procesos de Mezcla.

##### Tema 5.- EQUILIBRIO VERTICAL EN LA ATMÓSFERA. ESTABILIDAD

Equilibrio estático y balance hidrostático. Estabilidad e inestabilidad vertical. Análisis de la estabilidad. Criterios finitos de estabilidad. Inestabilidad potencial. Inestabilidad latente. Inestabilidad convectiva. Nivel de condensación por convección.

##### Tema 6.- AEROSOLES ATMOSFÉRICOS Y MICROFÍSICA DE NUBES

Aerosoles atmosféricos: clasificación según tamaño y origen. Microfísica de nubes cálidas. Procesos de



crecimiento de gotas. Núcleos de condensación. Microfísica de nubes frías. Núcleos de hielo. Crecimiento de cristales de hielo.

#### Tema 7.- NIEBLAS, NUBES Y PRECIPITACIÓN

Nubes. Nieblas. Clasificación. Mecanismos de formación. Formas de precipitación. Modificación artificial de las nubes y la precipitación. Papel de los aerosoles y las nubes en el clima.

#### TEMARIO PRÁCTICO:

Práctica 1.- Cálculo de parámetros orbitales y de valores de insolación.

Práctica 2.- Cálculos de transferencia radiativa en la atmósfera terrestre.

Práctica 3.- Representación de un sondeo aerológico real en el diagrama oblicuo. Caracterización del estado del aire en un nivel determinado.

Práctica 4.- Estudio de la estabilidad vertical del aire mediante el uso del diagrama oblicuo.

Práctica 5.- Cálculos de formación y crecimiento de gotas y cristales de hielo.

Práctica 6.- Cálculos de parámetros temporales y espaciales en procesos de lluvia y nieve.

#### BIBLIOGRAFÍA

##### BIBLIOGRAFÍA FUNDAMENTAL:

- Haltiner, G.J. and Martin, F.L., *Meteorología Dinámica y Física*, I. N. Meteorología, Madrid, 1990.
- Holton, J.R., *An introduction to dynamical meteorology*. Academic Press Inc., 4ª edición, U.S.A., 2004
- Retallack, B.J., *Compendio de Meteorología*, Vol.I, Parte 2 – Meteorología Física, Organización Meteorológica Mundial, Nº 364, Suiza, 1974.
- Wallace, J.M. and Hobbs, P.V., *Atmospheric Science. An Introductory Survey*, 2ª edición, Academic Press, Canadá, 2006.

##### BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA:

- Ahrens, C.D., *Meteorology Today: an introduction to weather, climate and the environment*, Ninth Edition, Brooks/Cole, Belmont, CA, USA, 2009.
- Barry, R.G. and Chorley, R.J., *Atmósfera, tiempo y clima*. Omega S.A., Barcelona, 1999.
- Hobbs, P.V. and Deepak, A., *Clouds, their formation, optical properties and effects*. Academic Press, New York, 1981.
- Houghton, J.T., *The Physics of Atmospheres*, 3ª edición, Cambridge University Press, 2002.
- Iribarne, J.V. and Godson, W.L., *Termodinámica de la atmósfera*, 1996, INM, 1996
- Lutgens, F.K. and Tarbuck, E.J., *The atmosphere*, 12th Edition, Pearson, Boston, USA, 2013.
- Mason, B.J. *The physics of clouds*. 2ª edición. Oxford University Press, Oxford, 1971.
- McIntosh, D.H. and Thom, A.S., *Meteorología básica*, Alhambra, Madrid, 1983.
- Petty, G.W., *A first course in Atmospheric Thermodynamics*, Sundog Publishing, Madison, 2009.
- Rogers, R.R. *Física de las nubes*. Reverté, Barcelona, 1977.
- Salby, M., *Fundamentals of Atmospheric Physics*, Academic Press, San Diego, 1996.

#### ENLACES RECOMENDADOS (OPCIONAL)

- Instituto Interuniversitario de Investigación del Sistema Tierra en Andalucía. Centro Andaluz de Medio Ambiente. Sede Granada (<http://www.ceama.es/>)
- Agencia Estatal de Meteorología (<http://www.aemet.es/es/portada>)
- Intergovernmental Panel on Climate Change (<http://www.ipcc.ch>)
- Climatic Research Unit (<http://www.cru.uea.ac.uk>)
- NOAA National Centers for Environmental Information (<http://www.ncdc.noaa.gov/>)

#### METODOLOGÍA DOCENTE

Los recursos que se emplearán son:

- Lección magistral/expositiva: presentación por parte del profesor de aspectos clave de los contenidos de la asignatura.
- Sesiones de discusión y debate, que se realizarán con posterioridad al punto anterior.



- Resolución de problemas y estudio de casos prácticos.
- Entrega de problemas propuestos por el profesor, que contribuirán a la evaluación continua.

#### EVALUACIÓN (INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN, CRITERIOS DE EVALUACIÓN Y PORCENTAJE SOBRE LA CALIFICACIÓN FINAL, ETC.)

##### CONVOCATORIA ORDINARIA

- Valoración de entregas de prácticas y problemas propuestos por el profesor (50%).
- Prueba escrita con preguntas teóricas y problemas, que se realizará en la fecha que fije la Comisión Académica, en la que el alumno deberá obtener una calificación mínima de 5 puntos (50%).

##### CONVOCATORIA EXTRAORDINARIA

- Examen de contenido teórico-práctico con preguntas sobre todos los temas impartidos en clase (100%).

#### DESCRIPCIÓN DE LAS PRUEBAS QUE FORMARÁN PARTE DE LA EVALUACIÓN ÚNICA FINAL ESTABLECIDA EN LA *NORMATIVA DE EVALUACIÓN Y DE CALIFICACIÓN DE LOS ESTUDIANTES DE LA UNIVERSIDAD DE GRANADA*

Cuando el alumno opte por evaluación final única, ésta se realizará mediante una prueba que cubrirá tanto los aspectos teóricos como prácticos del temario de la asignatura:

- Examen de contenido teórico-práctico con preguntas sobre todos los temas impartidos en clase (100%).

#### ESCENARIO A (ENSEÑANZA-APRENDIZAJE PRESENCIAL Y NO PRESENCIAL)

##### ATENCIÓN TUTORIAL

###### HORARIO

(Según lo establecido en el POD)

###### HERRAMIENTAS PARA LA ATENCIÓN TUTORIAL

(Indicar medios telemáticos para la atención tutorial)

<http://fisicaaplicada.ugr.es/pages/profesorado>

Salvo excepciones, las tutorías se atenderán las por videoconferencia (Google Meet). Las tutorías individuales tendrán lugar previa petición del estudiante al correo electrónico del profesor. El profesor podrá proponer tutorías grupales, obligatorias u optativas, si lo estima oportuno como herramienta de retorno formativo en caso de que hubiera que impartir clases virtuales en modo asíncrono.

##### MEDIDAS DE ADAPTACIÓN DE LA METODOLOGÍA DOCENTE

- Se intentará conseguir el mayor grado de presencialidad posible, pero la proporción final entre clases virtuales y presenciales dependerá del centro y de las circunstancias sanitarias. En las clases virtuales se concentrará la enseñanza de índole teórica y en las presenciales se primará la impartición de problemas.
- Las prácticas se realizarán con ordenador, por lo que no requieren presencialidad.
- Las clases virtuales se impartirán utilizando la plataforma Google Meet o la que dicte la UGR en su momento. Se primará la impartición síncrona, aunque las circunstancias sanitarias (enfermedad del profesor o familiar, conciliación familiar,...) podrían imponer un escenario asíncrono, en cuyo caso se grabarían las clases presenciales, que serían compartidas por Google Drive y se complementarían con actuaciones de seguimiento y retorno formativo específicas para ese fin (tutorías, tareas, entregas,...).
- Como medida adicional, se prestará especial atención a facilitar material docente a los estudiantes a través de la plataforma Prado, Consigna UGR y/o Google Drive.



- Las plataformas mencionadas (Prado, Google Meet, Consigna UGR, Google Drive a través de cuenta @go.ugr, correo institucional,...) son las actualmente autorizadas por la UGR. Podrían verse modificadas si las instrucciones de la UGR al respecto cambiasen durante el curso.

#### MEDIDAS DE ADAPTACIÓN DE LA EVALUACIÓN (Instrumentos, criterios y porcentajes sobre la calificación final)

##### Convocatoria Ordinaria

- Valoración de las entregas de prácticas y problemas propuestos por el profesor (50%).
- Prueba escrita con preguntas teóricas y problemas, que se realizará en la fecha que fije la Comisión Académica, en la que el alumno deberá obtener una calificación mínima de 5 puntos (50%).
- La entrega de prácticas y problemas se realizará a través de la plataforma Prado.
- La prueba tendrá lugar, si la situación lo permite, de forma presencial. Si no fuese posible, se realizará como conjunto de entregas secuenciadas a través de Google Meet y la plataforma Prado, siempre siguiendo las instrucciones que dicte la UGR al respecto.

##### Convocatoria Extraordinaria

- Examen de contenido teórico-práctico con preguntas sobre todos los temas impartidos en clase (100%).

La prueba tendrá lugar, si la situación lo permite, de forma presencial. Si no fuese posible, se realizará como conjunto de entregas secuenciadas a través de Google Meet y la plataforma Prado, siempre siguiendo las instrucciones que dicte la UGR al respecto.

##### Evaluación Única Final

Cuando el alumno opte por evaluación final única, ésta se realizará mediante una prueba que cubrirá tanto los aspectos teóricos como prácticos del temario de la asignatura:

- Examen de contenido teórico-práctico con preguntas sobre todos los temas impartidos en clase (100%).

La prueba tendrá lugar, si la situación lo permite, de forma presencial. Si no fuese posible, se realizará como conjunto de entregas secuenciadas a través de Google Meet y la plataforma Prado, siempre siguiendo las instrucciones que dicte la UGR al respecto.

### ESCENARIO B (SUSPENSIÓN DE LA ACTIVIDAD PRESENCIAL)

#### ATENCIÓN TUTORIAL

##### HORARIO

(Según lo establecido en el POD)

<http://fisicaaplicada.ugr.es/pages/profesorado>

##### HERRAMIENTAS PARA LA ATENCIÓN TUTORIAL

(Indicar medios telemáticos para la atención tutorial)

Salvo excepciones, las tutorías se atenderán las por videoconferencia (Google Meet). Las tutorías individuales tendrán lugar previa petición del estudiante al correo electrónico del profesor. El profesor podrá proponer tutorías grupales, obligatorias u optativas, si lo estima oportuno como herramienta de retorno formativo en caso de que hubiera que impartir clases virtuales en modo asíncrono.

#### MEDIDAS DE ADAPTACIÓN DE LA METODOLOGÍA DOCENTE

- Todas las clases serán virtuales.



- Las clases virtuales se impartirán utilizando la plataforma Google Meet o las que dicte la UGR en su momento. Se primará la impartición síncrona, aunque las circunstancias sanitarias (enfermedad del profesor o familiar, conciliación familiar,...) podrían imponer un escenario asíncrono, en cuyo caso se grabarían las clases presenciales, que serían compartidas por Google Drive y se complementarían con actuaciones de seguimiento y retorno formativo específicas para ese fin (tutorías, tareas, entregas,...)
- Como medida adicional, se prestará especial atención a facilitar material docente a los estudiantes a través de la plataforma Prado, Consigna UGR y/o Google Drive. En particular, se aportará a los alumnos los datos necesarios para poder realizar las prácticas desde su propio ordenador.
- Las plataformas mencionadas (Prado, Google Meet, Consigna UGR, Google Drive a través de cuenta @go.ugr, correo institucional,...) son las actualmente autorizadas por la UGR. Podrían verse modificadas si las instrucciones de la UGR al respecto cambiasen durante el curso.

#### MEDIDAS DE ADAPTACIÓN DE LA EVALUACIÓN (Instrumentos, criterios y porcentajes sobre la calificación final)

##### Convocatoria Ordinaria

La distribución de pruebas y tareas evaluables será la misma que en escenario A:

- Valoración de entregas de prácticas y problemas propuestos por el profesor (50%).
- Prueba escrita con preguntas teóricas y problemas, que se realizará en la fecha que fije la Comisión Académica, en la que el alumno deberá obtener una calificación mínima de 5 puntos (50%).
- La entrega de prácticas y problemas se realizará a través de la plataforma Prado.
- La prueba se llevará a cabo como conjunto de entregas secuenciadas a través de Google Meet y la plataforma Prado, siempre siguiendo las instrucciones que dicte la UGR al respecto.

##### Convocatoria Extraordinaria

- Examen de contenido teórico-práctico con preguntas sobre todos los temas impartidos en clase (100%).

La prueba se realizará como conjunto de entregas secuenciadas a través de Google Meet y la plataforma Prado, siempre siguiendo las instrucciones que dicte la UGR al respecto.

##### Evaluación Única Final

Cuando el alumno opte por evaluación final única, ésta se realizará mediante una prueba que cubrirá tanto los aspectos teóricos como prácticos del temario de la asignatura:

- Examen de contenido teórico-práctico con preguntas sobre todos los temas impartidos en clase (100%).

La prueba se realizará como conjunto de entregas secuenciadas a través de Google Meet y la plataforma Prado, siempre siguiendo las instrucciones que dicte la UGR al respecto.

#### INFORMACIÓN ADICIONAL

El equipo docente del Departamento de Física Aplicada que propone esta guía ha realizado durante el periodo 20013-2015, un proyecto de innovación docente relacionado con la asignatura Climatología y Cambio Climático. Todo el material desarrollado se encuentra a disposición de los alumnos en la página web: <http://www.ugr.es/~ccc>.

Siguiendo las recomendaciones de la CRUE y del Secretariado de Inclusión y Diversidad de la UGR, los sistemas de adquisición y de evaluación de competencias recogidos en esta guía docente se aplicarán conforme al principio de diseño para todas las personas, facilitando el aprendizaje y la demostración de conocimientos de acuerdo a las necesidades y la diversidad funcional del alumnado.

