

## Guía docente

### Identificación de la asignatura

<b>Asignatura / Grupo</b>	11275 - Predictibilidad / 1
<b>Titulación</b>	Máster Universitario en Física Avanzada y Matemática Aplicada
<b>Créditos</b>	3
<b>Período de impartición</b>	Primer semestre
<b>Idioma de impartición</b>	Inglés

### Profesores

#### Horario de atención a los alumnos

Profesor/a	Hora de inicio	Hora de fin	Día	Fecha inicial	Fecha final	Despacho /
						Edificio
Víctor Homar Santaner <a href="mailto:victor.homar@uib.cat">victor.homar@uib.cat</a>	16:00	18:00	Martes	03/09/2018	28/02/2019	F-329
	16:00	19:00	Viernes	03/09/2018	28/02/2019	F-329

### Contextualización

¿Por qué los calendarios y almanaques que adquirimos cada año contienen una predicción infalible de las fases de la luna y, en cambio, no se aventuran a predecir el tiempo que hará durante el año? En esta asignatura intentamos responder a esta pregunta con argumentos físicos y matemáticos. El problema de la predicción numérica del tiempo engloba campos científicos más allá de la integración de las ecuaciones de Navier-Stokes escaladas en la atmósfera terrestre y las correspondientes parametrizaciones de procesos físicos de submalla. En particular, los sistemas actuales de predicción del tiempo incorporan no sólo conocimientos de Física de la Atmósfera, Métodos Numéricos y Supercomputación, sino también aspectos de Sistemas Dinámicos No-Lineales, Física Estadística y del Problema Inverso (modelos adjuntos).

Esta asignatura del Master de *Física Avanzada y Matemática Aplicada* forma parte del bloque de asignaturas que permiten obtener la especialidad en *Fluidos Geofísicos*. Los contenidos de esta asignatura describen los sistemas de predicción numérica del tiempo, y por tanto la asignatura *Simulación Numérica de Fluidos Geofísicos* está muy relacionada con ésta. Además, se discute el proceso de asimilación de datos como una componente de la cadena de predicción, enlazando conceptos descritos en la asignatura *Análisis Espacial y Asimilación de Datos*, de este mismo bloque.

Cursando esta asignatura, el estudiante aprenderá los fundamentos teóricos y estratégicos del problema de la predicción del tiempo, su implementación práctica y sus implicaciones en la toma de decisiones que dependan de fenómenos atmosféricos. Así pues, el planteamiento del problema de la predicción atmosférica (del tiempo y climática) ya conducirá la discusión hacia la identificación del problema en un marco teórico general, y las múltiples aproximaciones empleadas hoy en día para su solución aplicada. De esta manera, la propia presentación del problema nos encaminará a la identificación de las fuentes de errores (de 1ª y 2ª clase), así como su adecuada inclusión estructural en el sistema de predicción y los propios productos de predicción. El estudiante no sólo aprenderá a interpretar predicciones probabilistas actuales sino a analizar y estudiar las fuentes principales de incertidumbre a un problema de predicción determinado y a proponer métodos para contemplarlos y generar predicciones precisas y fiables.

## Guía docente

En cuanto a las salidas profesionales, las competencias que se trabajan en la asignatura Predictibilidad capacitan al estudiante a integrarse en cualquier ámbito profesional que requiera del uso riguroso y estructurado de predicciones meteorológicas y/o climáticas para su funcionamiento. Además, las competencias adquiridas capacitarán al estudiante a generar sistemas de predicción operativos basados en conjuntos. Por último, hay que subrayar el valor de esta asignatura en las competencias de un tituladode Master de *Física Avanzada y Matemática Aplicada* a la hora de emprender una carrera investigadora en la disciplina de la física de la atmósfera y la predicción del tiempo.

El profesor Dr. Víctor Homar tiene una reconocida experiencia en el estudio de la predictibilidad atmosférica. Este bagaje es acreditable con varios proyectos nacionales y tesis dirigidos, participación en proyectos internacionales, así como trabajos publicados en el ámbito tanto del estudio de las sensibilidades atmosféricas y la resolución del Problema Inverso mediante modelos adjuntos y métodos estadísticos, como del estudio de los sistemas de predicción por conjuntos.

### Requisitos

Aunque no cuenta con ningún requisito formal para matricularse, las actividades prácticas de esta asignatura hacen uso de modelos meteorológicos y de datos almacenados en formatos standard en meteorología y climatología. Por lo tanto, por un lado es conveniente tener un bagaje en física de la atmósfera y simulación numérica del tiempo (de fluidos geofísicos). Por otro lado, el manejo general de los ordenadores (en cualquier sistema operativo de uso corriente: Windows, MacOS o Linux) facilitará en gran medida la realización de los trabajos prácticos.

### Recomendables

Es conveniente haber cursado la asignatura Física de la Atmósfera, optativa del Grado de Física de la UIB para tener los fundamentos físicos para entender los casos prácticos que se discutirán en esta asignatura. Además, y dada la componente numérica de las actividades planteadas para lograr las competencias de la materia, es muy recomendable haber superado la asignatura *Simulación Numérica de Fluidos Geofísicos*. La asignatura de *Análisis Espacial y Asimilación de Datos* también tiene conexiones con ésta y es por tanto recomendable realizarla.

### Competencias

#### Específicas

- \* EFG4 - Interpretar y usar eficientemente información probabilista contenida o derivada de sistemas de predicción geofísica, así como poseer la capacidad de analizar críticamente propuestas de sistemas y procedimientos de predicción geofísica .
- \* CE1 - Que los estudiantes posean las habilidades de aprendizaje que les permitan combinar una formación especializada en Astrofísica y Relatividad, Fluidos Geofísicos, Física de Materiales, Sistemas Cuánticos o Matemática Aplicada, con la polivalencia que aporta un currículum abierto. .
- \* CE2 - Que los estudiantes posean la habilidad de utilizar y adaptar modelos matemáticos para describir fenómenos físicos de distinta naturaleza .
- \* CE3 - Adquirir conocimientos avanzados en la frontera del conocimiento y demostrar, en el contexto de la investigación científica reconocida internacionalmente, una comprensión plena de los aspectos teóricos y prácticos y de la metodología científica .

## Guía docente

### Genéricas

- \* CG1 - Comprensión sistemática de un campo de estudio y dominio de las habilidades y métodos de investigación relacionados con dicho campo .
- \* 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 .
- \* 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. .

### Básicas

- \* Se pueden consultar las competencias básicas que el estudiante tiene que haber adquirido al finalizar el máster en la siguiente dirección: [http://estudis.uib.cat/es/master/comp\\_basiques/](http://estudis.uib.cat/es/master/comp_basiques/)

## Contenidos

La asignatura se inicia con un primer tema introductorio para homogeneizar conceptos y definiciones necesarias durante el curso. Además, se estructura en 3 grandes temas que forman el núcleo principal de contenidos. En primer lugar se discuten el papel fundamental que juegan los errores en un sistema de predicción y cómo se afronta su tratamiento tanto desde el punto de vista teórico como práctico. Posteriormente se estudian los sistemas de predicción por conjuntos, aproximaciones discretas al problema fundamental estricto de la predicción del tiempo. Por último se estudia el problema de la identificación de relaciones causa-efecto en un sistema complejo como la atmósfera. Se trabaja el formalismo de los modelos tangente lineal y adjunto, viendo aplicaciones prácticas en meteorología y climatología.

### Contenidos temáticos

#### Tema 1. Introducción a los sistemas de predicción

Componentes del sistema de predicción. Características de los sistemas actuales. Asimilación de datos. Familias de modelos y escalas, parametrizaciones. Verificación: puntual y basada en objetos. Proporción coste/pérdidas. Valor de las predicciones.

#### Tema 2. Caracterización de errores en los sistemas de predicción. Fundamentos estadísticos

Breve introducción a conceptos sobre sistemas caóticos. Identificación y cuantificación de fuentes de error. Predictibilidad de 1º y 2º orden. Tratamiento de errores: entorno probabilista. Ecuaciones tipo Fokker-Planck y Langevin de la mecánica estadística aplicada a la atmósfera.

#### Tema 3. Sistemas de predicción por conjuntos

Muestreo de incertidumbres en las condiciones iniciales y de contorno: vectores singulares, vectores de Bred, monte-carlo basado en climatología de PV y filtros de Kalman. Muestreo de incertidumbres de modelo: multimodelo, multifísica y parametrizaciones estocásticas. Interpretación de productos de pronóstico de un sistema de predicción por conjuntos. Corrección de errores sistemáticos. Verificación.

#### Tema 4. Análisis numérico de sensibilidades de la predicción

## Guía docente

Análisis de sensibilidades: método clásico vs problema inverso. Métodos de fuerza bruta: limitaciones. Modelo tangente lineal y modelo adjunto: cálculo de gradientes. Aplicaciones de las sensibilidades de modelo adjunto: ejemplos en el Mediterráneo Occidental y Norteamérica. Métodos alternativos: sensibilidades estadísticas. Ejemplos climáticos y aplicados a la predicción del tiempo.

### Metodología docente

Detallamos aquí las actividades a realizar durante el curso para facilitar el aprendizaje de las competencias asignadas y evaluar el nivel de logro. Describiremos tanto las actividades de trabajo presencial conducidas por el profesor como las de trabajo autónomo que el estudiante debe realizar por cuenta propia, apoyándose en la bibliografía de la asignatura, y los materiales disponibles en el Aula Virtual (Campus Extens). En este sentido, en el Aula Virtual, se pueden encontrar actividades de trabajo autónomo que os permitirán adquirir conocimientos más específicos y ampliados sobre predictibilidad atmosférica.

### Volumen

Por su naturaleza con claros vínculos con aplicaciones prácticas, esta es una asignatura con una cierta componente práctica. Esto se refleja tanto en el volumen de trabajo como en la metodología de evaluación. La asignatura está diseñada para que el estudiante realice 57 horas de trabajo autónomo, del que cerca de dos tercios se espera que se dediquen a la elaboración autónoma del trabajo.

### Actividades de trabajo presencial (0,72 créditos, 18 horas)

Modalidad	Nombre	Tip. agr.	Descripción	Horas
Clases teóricas	Clases magistrales	Grupo grande (G)	Se presentarán los fundamentos teóricos y ejemplos ilustrativos de los contenidos de la materia. Las clases teóricas ocupan 11 horas.	11
Seminarios y talleres	Demostraciones prácticas	Grupo mediano (M)	Estas son sesiones guiadas por el profesor en las que se muestra el funcionamiento de herramientas discutidas en las sesiones teóricas y que son necesarias para llevar a cabo el trabajo autónomo. Se mostrará la generación de un sistema de predicción sencillo, así como el uso de un modelo adjunto y de sistemas estadísticos de cálculo de sensibilidad, así como de sensibilidades clásicas.	2
Tutorías ECTS	Seguimiento del trabajo individual	Grupo pequeño (P)	En pequeñas sesiones, organizadas por temáticas adoptadas por los estudiantes, iremos trabajando sobre los proyectos que hacen los estudiantes.	3
Evaluación	Examen práctico	Grupo grande (G)	Examen práctico sobre los conceptos trabajados durante el curso. Además de la discusión de algún concepto trabajado durante el curso, se demostrará la capacidad de utilizar predicciones probabilistas en Internet. La prueba se podrá realizar sin límite en el material utilizado o consultado, únicamente se limitará la comunicación con otras personas.	1

## Guía docente

Modalidad	Nombre	Tip. agr.	Descripción	Horas
Evaluación	Presentación corta del trabajo autónomo	Grupo grande (G)	El estudiante presentará ante el resto del grupo el trabajo autónomo realizado, en un soporte electrónico y utilizando con precisión los conceptos y lenguaje propios de la asignatura.	1

Al inicio del semestre estará a disposición de los estudiantes el cronograma de la asignatura a través de la plataforma UIBdigital. Este cronograma incluirá al menos las fechas en las que se realizarán las pruebas de evaluación continua y las fechas de entrega de los trabajos. Asimismo, el profesor o la profesora informará a los estudiantes si el plan de trabajo de la asignatura se realizará a través del cronograma o mediante otra vía, incluida la plataforma Aula Digital.

### Actividades de trabajo no presencial (2,28 créditos, 57 horas)

Modalidad	Nombre	Descripción	Horas
Estudio y trabajo autónomo individual	Estudio teórico	El estudiante tendrá que profundizar en la materia a través de la consulta de la bibliografía de la asignatura y pequeñas tareas encargadas durante las clases teóricas y que servirán para iniciar las sesiones de teoría sucesivas. El estudiante tendrá que buscar fuentes de información probabilista en Internet, en preparación del examen práctico.	17
Estudio y trabajo autónomo individual o en grupo	Elaboración del trabajo autónomo	A partir de un tema, tratado por uno o más recursos bibliográficos que le son ofrecidos dentro un catálogo preparado ad hoc para la asignatura (artículos, informes técnicos, capítulos de libros, ...) el alumno ha de estudiar con mayor detalle el tema, diseñar un experimento numérico que él trabaje (y de acuerdo con el profesor en las tutorías ECTS), realizar el experimento y escribir un breve informe (extended abstract de 2-3 páginas máximo) sobre el trabajo, que también debe presentar ante el grupo.	40

### Riesgos específicos y medidas de protección

Las actividades de aprendizaje de esta asignatura no conllevan riesgos específicos para la seguridad y salud de los alumnos y, por tanto, no es necesario adoptar medidas de protección especiales.

## Evaluación del aprendizaje del estudiante

### Fraude en elementos de evaluación

De acuerdo con el artículo 33 del Reglamento académico, "con independencia del procedimiento disciplinario que se pueda seguir contra el estudiante infractor, la realización demostradamente fraudulenta de alguno de los elementos de evaluación incluidos en guías docentes de las asignaturas comportará, a criterio del profesor, una minusvaloración en su calificación que puede suponer la calificación de «suspense 0» en la evaluación anual de la asignatura".

## Guía docente

### Examen práctico

---

Modalidad	Evaluación
Técnica	Trabajos y proyectos ( <b>no recuperable</b> )
Descripción	Examen práctico sobre los conceptos trabajados durante el curso. Además de la discusión de algún concepto trabajado durante el curso, se demostrará la capacidad de utilizar predicciones probabilistas en Internet. La prueba se podrá realizar sin límite en el material utilizado o consultado, únicamente se limitará la comunicación con otras personas.
Criterios de evaluación	El examen consistirá en la explicación de algún concepto trabajado en las clases teóricas y la discusión de alguna predicción probabilista problema. Se valorará la precisión en las respuestas y el uso adecuado de los conceptos y razonamientos trabajados en clase.

Porcentaje de la calificación final: 35%

### Presentación corta del trabajo autónomo

---

Modalidad	Evaluación
Técnica	Pruebas de respuesta larga, de desarrollo ( <b>recuperable</b> )
Descripción	El estudiante presentará ante el resto del grupo el trabajo autónomo realizado, en un soporte electrónico y utilizando con precisión los conceptos y lenguaje propios de la asignatura.
Criterios de evaluación	El estudiante deberá presentar en exposición ante el resto de compañeros el trabajo realizado, en un tiempo de entre 10-20 minutos dependiendo del número de estudiantes matriculados. Se valorará la capacidad de síntesis del trabajo, la precisión en el uso de los conceptos y lenguaje, así como la calidad del trabajo realizado.

Porcentaje de la calificación final: 25%

### Elaboración del trabajo autónomo

---

Modalidad	Estudio y trabajo autónomo individual o en grupo
Técnica	Trabajos y proyectos ( <b>recuperable</b> )
Descripción	A partir de un tema, tratado por uno o más recursos bibliográficos que le son ofrecidos dentro un catálogo preparado ad hoc para la asignatura (artículos, informes técnicos, capítulos de libros, ...) el alumno ha de estudiar con mayor detalle el tema, diseñar un experimento numérico que él trabaje (y de acuerdo con el profesor en las tutorías ECTS), realizar el experimento y escribir un breve informe (extended abstract de 2-3 páginas máximo) sobre el trabajo, que también debe presentar ante el grupo.
Criterios de evaluación	El informe breve será valorado según la precisión en el lenguaje, la claridad en la presentación de los resultados de los trabajos realizados, y en el nivel de las interpretaciones ofrecidas los resultados. La capacidad de síntesis y destilación de la información relevante también será valorada.

Porcentaje de la calificación final: 40%

### Recursos, bibliografía y documentación complementaria

---

Aunque existen una enorme diversidad de fuentes de información meteorológica y climática en línea, las que discuten de manera rigurosa y científica el problema y retos que plantea la predicción no abundan. Aquí detallamos un resumen de las fuentes recomendadas.

#### Bibliografía básica

---



## Guía docente

- \* Kalnay, E.; Atmospheric modelling, data assimilation and predictability. Cambridge University Press. 2003. pp. xxii + 341
- \* Palmer, T. and Hagedorn, R.; Predictability of weather and climate. Cambridge University Press. 2006. pp. xv + 702
- \* Errico, Ronald M., 1997: What Is an Adjoint Model?. Bull. Amer. Meteor. Soc., 78, 2577–2591.

### **Bibliografía complementaria**

- \* ECMWF Workshop on Predictability (1997 : Reading, England) & European Centre for Medium Range Weather Forecasts (1999). Proceedings of a workshop held at ECMWF on predictability, 20-22 October 1997. European Centre for Medium-Range Weather Forecasts, Shinfield Park, Reading
- \* ECMWF Workshop on Representing Model Uncertainty and Error in Numerical Weather and Climate Prediction Models (2011 : Reading, England) & European Centre for Medium Range Weather Forecasts (2011). Proceedings of a workshop held at ECMWF on Representing Model Uncertainty and Error in Numerical Weather and Climate Prediction Models, 20-24 June 2011. European Centre for Medium-Range Weather Forecasts, Shinfield Park, Reading
- \* Tomkins Warner, T.; Numerical Weather and Climate Prediction. Cambridge University Press. 2011. pp. 550
- \* Pasini, A.; From Observations to Simulations. A conceptual Introduction to Weather and Climate Modelling. World Scientific. 2005. pp. 201
- \* Stensrud, J; Parameterization Schemes: Keys to Understanding Numerical Weather Prediction Models. Cambridge University Press, 2009. pp. 480

