



Any acadèmic	2014-15
Assignatura	11275 - Predictibilitat
Grup	Grup 1, 1S
Guia docent	A
Idioma	Català

## Identificació de l'assignatura

<b>Assignatura</b>	11275 - Predictibilitat
<b>Crèdits</b>	0,72 de presencials (18 hores) 2,28 de no presencials (57 hores) 3 de totals (75 hores).
<b>Grup</b>	Grup 1, 1S (Campus Extens)
<b>Període d'impartició</b>	Primer semestre
<b>Idioma d'impartició</b>	Anglès

## Professors

Professor/a	Horari d'atenció als alumnes					
	Hora d'inici	Hora de fi	Dia	Data d'inici	Data de fi	Despatx
Victor Homar Santaner <a href="mailto:victor.homar@uib.cat">victor.homar@uib.cat</a>	16:00h	20:00h	Divendres	01/09/2014	31/07/2015	MO-F110. Mateu Orfila 1r pis.
	16:00h	18:00h	Dilluns	01/09/2014	31/07/2015	MO-F110. Mateu Orfila 1r pis.

## Contextualització

Per què els calendaris i almanacs que adquirim cada any contenen una predicció infalible de les fases de la lluna i, en canvi, no s'aventuren a predir el temps que farà durant l'any? En aquesta assignatura intentam respondre a aquesta pregunta amb arguments físics i matemàtics. El problema de la predicció numèrica del temps engloba camps científics més enllà de la integració de les equacions de Navier-Stokes escalades a l'atmosfera terrestre i les corresponents parametritzacions de processos físics de submalla. En particular, els sistemes actuals de predicció del temps incorporen no únicament coneixements de Física de l'Atmosfera, Mètodes Numèrics i Supercomputació, sinó també aspectes de Sistemes Dinàmics No-lineals, Física Estadística i del Problema Invers (models adjunts).

Aquesta assignatura del Màster de *Física Avançada i Matemàtica Aplicada* forma part del bloc d'assignatures que permeten obtenir l'especialitat en Fluids Geofísics. Els continguts d'aquesta assignatura descriuen els sistemes de predicció numèrica del temps, i per tant l'assignatura *Simulació Numèrica de Fluids Geofísics* està molt relacionada amb aquesta. A més, es discuteix el procés d'assimilació de dades com una component de la cadena de predicció, enllaçant conceptes descrits a l'assignatura Anàlisi Espacial i Assimilació de Dades, d'aquest mateix bloc.

Cursant aquesta assignatura, l'estudiant aprendrà els fonaments teòrics i estratègics del problema de la predicció del temps, la seva implementació pràctica i les seves implicacions en la presa de decisions que depenguin de fenòmens atmosfèrics. Així doncs, el plantejament del problema de la predicció atmosfèrica (del temps i climàtica) ja conduirà la discussió cap a la identificació del problema en un marc teòric general, i les múltiples aproximacions emprades avui dia per a la seva solució aplicada. D'aquesta manera, la pròpia presentació del problema ens encaminarà a la identificació de les fonts d'errors (de 1a i 2a classe), així com la seva adequada inclusió estructural en el sistema de predicció i els propis productes de predicció. L'estudiant no només aprendrà a interpretar prediccions probabilistes actuals sinó a analitzar i estudiar les





Any acadèmic	2014-15
Assignatura	11275 - Predictibilitat
Grup	Grup 1, IS
Guia docent	A
Idioma	Català

fonts d'incertesa principals a un problema de predicció determinat i a proposar mètodes per a contemplar-los i generar-ne prediccions precises i fiables.

Pel que fa a les sortides professionals, les competències que es treballen a l'assignatura *Predictibilitat* capaciten a l'estudiant a integrar-se en qualsevol àmbit professional que requereixi de l'ús rigurós i estructurat de prediccions meteorològiques i/o climàtiques pel seu funcionament. A més, les competències adquirides capacitaran a l'estudiant a generar sistemes de predicció operatius basats en conjunts. Per últim, cal subratllar el valor d'aquesta assignatura en les competències d'un títol de Master de *Física Avançada i Matemàtica Aplicada* a l'hora d'emprendre una carrera investigadora en la disciplina de la física de l'atmosfera i la predicció del temps.

El professor Dr. Víctor Homar té una reconeguda experiència en l'estudi de la predictibilitat atmosfèrica. Aquest bagatge és acreditable amb diversos projectes nacionals i tesis dirigits, participació en projectes internacionals, així com treballs publicats en l'àmbit tant de l'estudi de les sensibilitats atmosfèriques i la resolució del *Problema Invers* per mitjà de models adjunts i mètodes estadístics, com de l'estudi dels sistemes de predicció per conjunts.

## Requisits

Tot i no comptar amb cap requisit formal per a matricular-s'hi, les activitats pràctiques d'aquesta assignatura fan ús de models meteorològics i de dades emmagatzemades en formats standard en meteorologia i climatologia. Per tant, per una banda és convenient tenir un bagatge en física de l'atmosfera i simulació numèrica del temps (de fluids geofísics). Per l'altra, el maneig general dels ordinadors (en qualsevol sistema operatiu d'ús corrent: Windows, macOS o Linux) facilitarà en gran mesura la realització dels treballs pràctics.

## Recomanables

És convenient haver cursat l'assignatura *Física de l'Atmosfera*, optativa del Grau de Física de la UIB per a tenir els fonaments físics per a entendre els casos pràctics que es discutiran en aquesta assignatura. A més, i donada la component numèrica dels les activitats plantejades per a assolir les competències de la matèria, és molt recomanable haver superat l'assignatura *Simulació Numèrica de Fluids Geofísics*. L'assignatura d'*Anàlisi Espacial i Assimilació de Dades* també té connexions amb aquesta i és per tant recomanable realitzar-la.

## Competències

Les competències que es treballen en aquesta assignatura tracten sobre la comprensió i modelització del sistema físic atmosfera, tant des d'un punt de vista de plantejament rigurós del problema de la predicció del temps, com de la seva resolució, des d'una perspectiva oberta que introdueixi l'alumne en la recerca actual sobre el tema.

## Específiques

- \* Adquirir coneixements avançats en la frontera del coneixement i demostrar, en el context de la investigació científica reconeguda internacionalment, una comprensió plena dels aspectes teòrics i pràctics i de la metodologia científica.
- \* Que els estudiants tinguin l'habilitat d'utilitzar i adaptar models matemàtics per descriure fenòmens físics de diferent naturalesa.



Any acadèmic	2014-15
Assignatura	11275 - Predictibilitat
Grup	Grup 1, IS
Guia docent	A
Idioma	Català

- \* Interpretar i utilitzar eficientment informació probabilista continguda o derivada de sistemes de predicció geofísica, així com posseir la capacitat d'analitzar críticament propostes de sistemes i procediments de predicció geofísica.

### Genèriques

- \* Posseir i comprendre coneixements que aportin una base o oportunitat de ser originals en el desenvolupament i / o aplicació d'idees, sovint en un context de recerca.
- \* Que els estudiants siguin capaços d'integrar coneixements i enfrontar-se a la complexitat de formular judicis a partir d'una informació que, sent incompleta o limitada, inclogui reflexions sobre les responsabilitats socials i ètiques vinculades a l'aplicació dels seus coneixements i judicis.
- \* Comprensió sistemàtica d'un camp d'estudi i domini de les habilitats i mètodes de recerca relacionats amb aquest camp.

### Bàsiques

- \* Podeu consultar les competències bàsiques que l'estudiant ha d'haver assolit en acabar el màster a l'adreça següent: [http://estudis.uib.cat/master/comp\\_basiques/](http://estudis.uib.cat/master/comp_basiques/)

### Continguts

L'assignatura s'inicia amb un primer tema introductor per a homogeneitzar conceptes i definicions necessàries durant el curs. A més, s'estructura en 3 grans temes que formen el nucli principal de continguts. En primer lloc es discuteixen el paper fonamental que juguen els errors en un sistema de predicció i com s'afronta el seu tractament tant des del punt de vista teòric com pràctic. Posteriorment s'estudien els sistemes de predicció per conjunts, aproximacions discretes al problema fonamental estricta de la predicció del temps. Per últim s'estudia el problema de la identificació de relacions causa-efecte en un sistema complex com l'atmosfera. Es treballa el formalisme dels models tangent lineal i adjunt, veient aplicacions pràctiques en meteorologia i climatologia.

### Continguts temàtics

#### Tema 1. Introducció als sistemes de predicció

Components del sistema de predicció. Característiques dels sistemes actuals. Assimilació de dades. Famílies de models i escales, parametritzacions. Verificació: puntual i basada en objectes. Proporció de cost/pèrdues. Valor de les prediccions.

#### Tema 2. Caracterització d'errors als Sistemes de Predicció. Fonaments estadístics

Breu introducció a conceptes sobre sistemes caòtics. Identificació i quantificació de fonts d'error. Predicibilitat de 1r i 2n ordre. Tractament d'errors: entorn probabilista. Equacions de Fokker-Planck i Langevin de la mecànica estadística aplicada a l'atmosfera.

#### Tema 3. Sistemes de predicció per conjunts

Mostreig d'incerteses en les condicions inicials i de contorn: vectors singulars, vectors de bred, monte-carlo basat en climatologia de PV i filtres de Kalman. Mostreig d'incerteses de model: multimodel, multifísica i parametritzacions estocàstiques. Interpretació de productes de pronòstic d'un sistema de predicció per conjunts. Correcció d'errors sistemàtics. Verificació.

#### Tema 4. Anàlisi numèrica de sensibilitats de la predicció

Anàlisi de sensibilitats: mètode clàssic vs problema invers. Mètodes de força bruta: limitacions. Model tangent lineal i model adjunt: càlcul de gradients. Aplicacions de les



Any acadèmic	2014-15
Assignatura	11275 - Predictibilitat
Grup	Grup 1, IS
Guia docent	A
Idioma	Català

sensibilitats de model adjunt: exemples al Mediterrani Occidental i Nord-Amèrica. Mètodes alternatius: sensibilitats estadístiques. Exemples climàtics i aplicats a la predicció del temps.

## Metodologia docent

Detallam aquí les activitats a realitzar durant el curs per a facilitar l'aprenentatge de les competències assignades i avaluar-ne el nivell d'assoliment. Descriurem tant les activitats de treball presencial conduïdes pel professor com les de treball autònom que l'estudiant ha de realitzar per compte propi, recolzant-se en la bibliografia de l'assignatura, i els materials disponibles a l'Aula Virtual (Campus Extens). En aquest sentit, a l'Aula Virtual, hi podeu trobar activitats de treball autònom que vos permetran adquirir coneixements més específics i ampliats sobre *Predictibilitat* atmosfèrica.

## Volum de treball

Per la seva naturalesa amb clars lligams amb aplicacions pràctiques, aquesta és una assignatura amb una certa component pràctica. Això es reflecteix tant en el volum de treball com en la metodologia d'avaluació. L'assignatura està dissenyada per a que l'estudiant realitzi 57 hores de treball autònom, del qual prop de dos terços s'espera que es dediquin a l'el·laboració autònoma del treball.

## Activitats de treball presencial

Modalitat	Nom	Tip. agr.	Descripció	Hores
Classes teòriques	Classes magistrals	Grup gran (G)	Es presentaran els fonaments teòrics i exemples il·lustratius dels continguts de la matèria. Les classes teòriques ocupen 11 hores.	11
Seminaris i tallers	Demostracions pràctiques	Grup mitjà (M)	Aquestes són sessions guiades pel professor en les quals es mostra el funcionament d'eines discutides a les sessions teòriques i que són necessàries per a dur a terme el treball autònom. Es mostrarà la generació d'un sistema de predicció senzill, així com l'ús d'un model adjunt i de sistemes estadístics de càlcul de sensibilitat, així com de sensibilitats clàssiques.	2
Tutories ECTS	Seguiment del treball individual	Grup petit (P)	En petites sessions, organitzades per temàtiques adoptades pels estudiants, anirem treballant sobre els projectes que fan els estudiants.	3
Avaluació	Examen pràctic	Grup gran (G)	Examen pràctic sobre els conceptes treballats durant el curs. A més de la discussió d'algun concepte treballat durant el curs, es demostrarà la capacitat d'utilitzar prediccions probabilistes disponibles a Internet. No hi ha limitacions de material emprat, únicament es limita la comunicació amb altres persones.	1
Avaluació	Presentació curta de treball autònom	Grup gran (G)	L'estudiant presentarà davant la resta del grup el treball autònom realitzat, en un suport electrònic i emprant amb precisió els conceptes i llenguatge propis de l'assignatura.	1

A començament del semestre hi haurà a disposició dels estudiants el cronograma de l'assignatura a través de la plataforma UIBdigital. Aquest cronograma inclourà almenys les dates en què es faran les proves d'avaluació



Any acadèmic	2014-15
Assignatura	11275 - Predictibilitat
Grup	Grup 1, IS
Guia docent	A
Idioma	Català

continua i les dates de lliurament dels treballs. A més, el professor o la professora informará els estudiants si el pla de treball de l'assignatura es durá a terme a través del cronograma o per una altra via, inclosa la plataforma Campus Extens.

### Activitats de treball no presencial

Modalitat	Nom	Descripció	Hores
Estudi i treball autònom individual	Estudi teòric	L'estudiant haurà d'aprofundir en la matèria a través de la consulta de la bibliografia de l'assignatura i petites tasques encarregades durant les classes teòriques i que serviran per a iniciar les sessions de teoria successives. L'estudiant haurà de cercar fonts d'informació probabilista a Internet, en preparació de l'examen pràctic.	17
Estudi i treball autònom individual autònom o en grup	Elaboració del treball	A partir d'un tema, tractat per un o més recursos bibliogràfics que li són oferits de dins un catàleg preparat ad-hoc per l'assignatura (articles, informes tècnics, capítols de llibres,...) l'alumne ha d'estudiar amb major detall el tema, dissenyar un experiment numèric que el treballi (i d'acord amb el professor a les tutories ECTS), realitzar l'experiment i escriure un informe breu ( <i>extended abstract</i> de 2-3 planes màxim) sobre el treball, que també ha de presentar davant el grup.	40

### Riscs específics i mesures de protecció

Les activitats d'aprenentatge d'aquesta assignatura no comporten riscos específics per a la seguretat i salut dels alumnes i, per tant, no cal adoptar mesures de protecció especials.

### Avaluació de l'aprenentatge dels estudiants

#### Examen pràctic

Modalitat	Avaluació
Tècnica	Proves de resposta llarga, de desenvolupament ( <b>recuperable</b> )
Descripció	Examen pràctic sobre els conceptes treballats durant el curs. A més de la discussió d'algun concepte treballat durant el curs, es demostrarà la capacitat d'utilitzar prediccions probabilistes disponibles a Internet. No hi ha limitacions de material emprat, únicament es limita la comunicació amb altres persones.
Criteris d'avaluació	L'examen consistirà en l'explicació d'algun concepte treballat a les classes teòriques i la discussió d'alguna predicció probabilista problema. Es valorarà la precisió en les respostes i l'ús adequat dels conceptes i raonaments treballats a classe.

Percentatge de la qualificació final: 25% amb qualificació mínima 3





Any acadèmic	2014-15
Assignatura	11275 - Predictibilitat
Grup	Grup 1, IS
Guia docent	A
Idioma	Català

### Presentació curta de treball autònom

Modalitat	Avaluació
Tècnica	Treballs i projectes ( <b>recuperable</b> )
Descripció	L'estudiant presentarà davant la resta del grup el treball autònom realitzat, en un suport electrònic i emprant amb precisió els conceptes i llenguatge propis de l'assignatura.
Criteris d'avaluació	L'estudiant haurà de presentar en exposició davant la resta de companys el treball realitzat, en un temps d'entre 10-20 minuts depenent del número d'estudiants matriculats. Es valorarà la capacitat de síntesi del treball, la precisió en l'ús dels conceptes i llenguatge, així com la qualitat del treball realitzat.

Percentatge de la qualificació final: 35% amb qualificació mínima 4

### Elaboració del treball autònom

Modalitat	Estudi i treball autònom individual o en grup
Tècnica	Treballs i projectes ( <b>recuperable</b> )
Descripció	A partir d'un tema, tractat per un o més recursos bibliogràfics que li són oferits de dins un catàleg preparat ad-hoc per l'assignatura (articles, informes tècnics, capítols de llibres,...) l'alumne ha d'estudiar amb major detall el tema, dissenyar un experiment numèric que el treballi (i d'acord amb el professor a les tutories ECTS), realitzar l'experiment i escriure un informe breu (extended abstract de 2-3 planes màxim) sobre el treball, que també ha de presentar davant el grup.
Criteris d'avaluació	L'informe breu serà valorat segons la precisió en el llenguatge, la claretat en la presentació dels resultats dels treballs realitzats, i en el nivell de les interpretacions oferides dels resultats. La capacitat de síntesi i destil·lació de la informació rellevant també serà valorada.

Percentatge de la qualificació final: 40% amb qualificació mínima 4

### Recursos, bibliografia i documentació complementària

Tot i que existeixen una enorme diversitat de fonts d'informació meteorològica i climàtica en línia, les que discuteixen de manera rigurosa i científica el problema i reptes que planteja la predicció no abunden. Aquí detallam un recull de les fonts recomanades.

#### Bibliografia bàsica

- \* 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.

#### Bibliografia complementària

- \* 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





---

Any acadèmic	2014-15
Assignatura	11275 - Predictibilitat
Grup	Grup 1, IS
Guia docent	A
Idioma	Català

- \* 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

