

MEMORIA PROYECTO INNOVACIÓN DOCENTE

APLICACIÓN DE RECURSOS DE INVESTIGACIÓN
PARA LA DOCENCIA VIRTUAL DE LA
CLIMATOLOGÍA



**VNiVERSiDAD
D SALAMANCA**

CAMPUS DE EXCELENCIA INTERNACIONAL

CÓDIGO DEL PROYECTO: ID2014/0129

RESPONSABLE: CONCEPCIÓN RODRÍGUEZ PUEBLA

Depto. Física Fundamental
Facultad de Ciencias

Salamanca, 9 de junio de 2015

Índice general

1. Justificación del proyecto	1
1.1. Introducción	1
1.2. Grado de Innovación y difusión	2
2. Materiales elaborados	4
2.1. Actividades para el diseño de los casos de estudio	4
2.2. Datos	5
2.3. Métodos	6
3. Bibliografía	7
3.1. Libros de consulta	7
3.2. Webs de interés	9
4. Agradecimientos	1
5. Anexo	2
5.1. WEB DEL PROYECTO DOCENTE	2

Justificación del proyecto

1.1. Introducción

Este proyecto docente proporciona recursos para el aprendizaje de asignaturas en el ámbito de la **ciencia moderna del clima**. Estos recursos se han aplicado para la enseñanza de la **Climatología** en los grados universitarios en Física, Biología e Ingeniería Agroalimentaria, así como en Másteres en Física y en Geotecnologías Cartográficas en Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de Salamanca.

Tradicionalmente, la climatología trataba de sintetizar los estados del tiempo atmosférico mediante métricas estadísticas que cuantifican valores medios y variabilidad. Sin embargo, la climatología moderna complementa esta descripción del sistema mediante la búsqueda de **explicaciones físicas** que permiten, además, modelizar el sistema así como predecir sus cambios y variabilidad. En este contexto, el proyecto muestra una descripción geográfica de las variables climáticas, así como estudios de variabilidad estacional, interanual y tendencias climáticas. Pero además, se introducen métodos que tratan de justificar las diferentes escalas de variabilidad y de obtener relaciones entre propiedades atmosféricas globales y los climas locales y regionales. Para ello se consideran los factores que intervienen en el sistema climático, éstos pueden ser externos, internos, interacción entre sus componentes y procesos de retroalimentación. Como ejemplo de factor externo tenemos el fenómeno del **calentamiento de la atmósfera**, en el que las actividades del hombre desempeñan un papel muy importante. Como ejemplo de factor interno se estudia el fenómeno de las **teleconexiones climáticas**. Por otra parte, la vulnerabilidad de la sociedad y ecosistemas a las variaciones climáticas contribuye a que la Climatología tenga aplicaciones de gran interés, por ejemplo en ciencias Agrícolas y Biológicas. Estas consideraciones justifican el interés de diferentes especialidades de **Ciencias de la Tierra** por la comprensión del funcionamiento del sistema climático, la descripción de los componentes del sistema y sus interacciones, los análisis sobre las causas de

la variabilidad, el cambio climático e impactos del clima para la vida, sociedad y ecosistemas.

Objetivos específicos del proyecto:

Diseñar métodos para:

- Comprender la variabilidad del clima de la península Ibérica en comparación con variaciones climáticas globales.
- Determinar las tendencias del clima locales y en diferentes regiones del planeta.
- Identificar conexiones climáticas locales y regionales con señales climáticas globales.
- Justificar las variaciones climáticas mediante la aplicación de los conocimientos teóricos de los procesos físicos que controlan el clima y los estudios empíricos que se desarrollan en el proyecto.
- Determinar impactos de la variabilidad climática en producciones agrícolas de España.

1.2. Grado de Innovación y difusión

Lo más innovador del proyecto es el planteamiento de **casos de estudio** para obtener una descripción, análisis e interpretación de los componentes del sistema climático. Para conseguir estos objetivos se utilizan datos climáticos de diferentes fuentes observados y simulados, así como otras herramientas informáticas y bibliográficas. La idea de plantear casos de estudios es facilitar el aprendizaje de la climatología mediante la propia comprensión de experiencias con situaciones reales.

Difusión del proyecto En el congreso EGU General Assembly 2015, Viena. en la sesión "Teaching on Earth Science" se presentó el trabajo que se indica a continuación. El cuál forma parte de uno de los casos de estudio incluidos en el proyecto.

Geophysical Research Abstracts

Vol. 17, EGU2015-9893, 2015

EGU General Assembly 2015

Author(s) 2015. CC Attribution 3.0 License.

Experiences on climate variability education from an empirical perspective


Concepcion Rodriguez-Puebla

University of Salamanca, Fundamental Physics, Salamanca, Spain (concha@usal.es)

Abstract


Education materials based on investigations are prepared for teaching climate matters using graphics representation, data analysis and GrADS software. An example of how climate teleconnection are included in the teaching activities would be presented. The goal is for students to learn about how climate variability and extreme events over a region are connected to large-scale atmospheric and oceanic circulation from an empirical perspective. Exercises and questions are prepared for collaborative and interactive learning considering the visualization and workshop activities included in the Moodle learning platform.

Panel



Experiences on climate variability education from an empirical perspective

C. Rodríguez-Puebla
 Dept. of Fundamental Physics, University of Salamanca, Spain
 EMAIL: concha@usal.es



Introduction

- Activities to visualize and interpret climate data are incorporated as part of learning climate
- Students are encouraged to discuss questions and conceptual topics by using real-world data (Pardya et al. 2012)
- The objective is to discover how real data are tied with lecture topics by exploring the spatial and temporal variability of the distribution of energy and matter on the Earth.

Procedure

- Compare observations, model data and Physics laws to learn climate science.
- The experiences depend on the background and student graduation
- Physics graduation needs to learn relationships between theoretical dynamics of the atmosphere and climate processes
- Biology, Ecology gradations need to learn about the ecosystem vulnerability to climate change and variability
- Data, software and additional information are provided to discuss the atmospheric science.

Case of study

- Link precipitation extremes and variability to large-scale atmospheric field.
- Associate the large-scale fields to theoretical atmospheric patterns.
- Quantify the connections between the teleconnection indices with the regional climate variability.
- Submit a reports with results and discussions through workshop module of MOODLE platform to provide feedbacks from the students.

Methods

- Start each chapter with questions related to the particular topics:
 - Is precipitation changing?
 - Is it caused by changes in the moisture flux?
 - Why precipitation variability is related to pressure?
- Form groups to study specific regions and insist on the importance of comparing data in different places by encouraging interactions.
- Students share results through web platform (MOODLE).
- The exercises are developed by using scripts with GrADS software.

Case of Study: Relationships between Precipitation and Large-scale variables

Fig. 1: Precipitation climatology

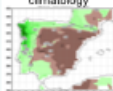


Fig. 2: Climograph of the Iberian Peninsula

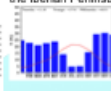
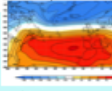


Fig. 5: NAO teleconnection pattern



Descriptive

- Draw spatial distribution of precipitation climatology over the Iberian Peninsula (Fig.1)
- Compare annual cycle of temperature and precipitation distributions in climographs from different locations (Fig.2)
- Represent time series of extremes, to identify years with extreme precipitation (Fig.3)

Analysis

- Obtain composite maps of sea level pressure for years with extreme precipitation
- Regression of sea level pressure onto precipitation time series (Fig.4)

Discussion

- Find association between the large-scale fields and teleconnection patterns (Fig.5)
- Obtain the links between the teleconnection indices and the precipitation over the Iberian Peninsula (Fig.6) by statistical correlation.

Fig. 3: Time series of Precipitation anomalies

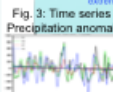


Fig. 4: Regression of sea level pressure and precipitation time series

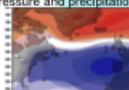
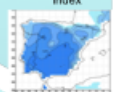


Fig. 6: Regression of Precipitation field and NAO index



Summary

The studies referred in this experience are presented to demonstrate:

- Links between large-scale variables and regional climate.
- Justification of the effects of high and low pressure on precipitation.
- Possibilities of applying large-scale field to downscale and predictions.
- Importance of atmospheric dynamics to explain climate variability.
- Interactions between components of the climate system.

Conclusions

- Students enjoy working with real data.
- Spend more time to discuss conceptual topics.
- Show interest for the complementary material (animation, videos, ...)
- Find applications and benefits of learning this Science.

Other cases of studies

- Analysis of short and long wave radiation over the Earth. Changes in energy budget.
- Temperature distribution and heat transfer.
- Water cycle. Divergence of moisture flux.
- Synoptic climatology. Weather types and extremes.
- Severe weather.
- Climate classification. Climates over the Iberian Peninsula.

Acknowledgments

- Data provided by the ERA5 dataset from the EUMETSAT project (https://climate.ecmwf.int/en/press-releases/first-look-ERA5-reanalysis-dataset)
- Development of the MOODLE platform by the MOODLE project (https://moodle.org/)
- This work was supported by USAL education project (EUMETSAT) The Ministry of Economy and Competitiveness of Spain under National I+D+I+I+D+I project with FEDER European funds.

References

AMS Climate studies. Introduction to climate science. Investigation manual. 2011-2012 Summer 2012. ISBN: 978-1-937229-01-1

GrADS: the [open] graphics. <http://www.ips-lmip.org>

Parsons, J., S. Chelton, C. Cornillon, D. Smith and S. Yulaeva (2012). Trends in the AMS education Symposium and highlights from IPCC Working Group II Contribution to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (AR4). *Journal of Climate*, 25, 1977-1989

Quilley, C. C., L. Thompson and S. M. Mullen (2012). Empirical investigation of atmospheric moisture flux in an undergraduate atmospheric science program (AMS), 11, 1641-1649

Materiales elaborados

El proyecto se estructura y organiza en cinco unidades que incorporan los diferentes casos de estudio prácticos y otras consideraciones generales que son necesarias para desarrollar el trabajo. Cada unidad se introduce con cuestiones previas para motivar el estudio. Las lecciones de cada unidad se ilustra con figuras referentes al contenido que hay que aprender. Para el desarrollo de la lección se utiliza la bibliografía recomendada en la correspondiente sección al final del proyecto. El objetivo de los casos de estudio es complementar el aprendizaje de las lecciones con el análisis empírico de datos climáticos. Los casos de estudio se diseñan con los siguientes apartados: objetivos, conocimientos previos, actividades y resumen. Los resultados de los casos de estudio se entregan utilizando una plantilla, la cual se incluye en la actividad taller del aula virtual STUDIUM de la Universidad de Salamanca.

2.1. Actividades para el diseño de los casos de estudio

1. Preparación y adecuación de los datos de diferentes fuentes para llevar a cabo los análisis.
2. Elaboración de los programas para obtener las representaciones.
3. Planteamiento de los objetivos y orientaciones sobre los análisis y estudios que se proponen en cada caso.
4. Distribución de las actividades entre los grupos de clase.
5. Creación de plantillas para homogeneizar la entrega de los resultados de los casos de estudio.

En la unidad 1 se introduce la asignatura, los métodos de trabajo, consideraciones generales sobre las actividades y ejemplos de programas elaborados para realizar los

casos de estudio. En la unidad 2 se estudia la fuente de energía para la Tierra y como se distribuye la energía térmica. En la unidad 3 se analiza el ciclo hidrológico y como se invierte la energía en los procesos de evaporación y condensación. En la unidad 4 se estudia la climatología dinámica, es decir, como se invierte la energía en el movimiento y circulación atmosférica. Esta unidad incluye las teleconexiones, tipos de tiempo y tiempos severos. La unidad 5 trata sobre aplicaciones climáticas, analiza y sintetiza los climas de la Tierra mediante las clasificaciones climáticas y se aplican los conocimientos climáticos para determinar impactos del clima en producciones agrícolas.

2.2. Datos

La preparación de los datos para los casos de estudio se ha realizado de la siguiente manera: a partir de los datos de diferentes variables se han extraído los valores mensuales y se han obtenido promedios de las estaciones primavera (mam), verano (jja), otoño (son) e invierno (djf), así como la serie promedio anual (year). Los estudiantes de clase se dividen en grupos y cada grupo analiza la variabilidad en una época del año. Los resultados se incorporan en la actividad taller de MOOD-LE, de tal manera que todos pueden disponer, comentar y debatir la información proporcionada por los demás grupos.

Los datos utilizados son:

- Observaciones interpoladas de temperatura máxima (tx), mínima (tn), media (tg) y precipitación (rr) obtenidos de la base E-OBS preparados en el marco del proyecto Europeo ENSEMBLES (<http://eca.knmi.nl/>). Estos datos se emplean para describir y analizar la variabilidad climática de la península Ibérica y compararla con variaciones climáticas a gran escala
- Datos de reanálisis preparados en los centros de investigación climática Europeos y de Estados Unidos. Se han utilizado variables atmosférica en superficie y en niveles de presión, así como de temperatura superficial del mar: ERA-interim <http://www.ecmwf.int/>; NCEP/NCAR <http://www.esrl.noaa.gov/psd/data/gridded/data.ncep.reanalysis.html>; MERRA <http://gmao.gsfc.nasa.gov/merra/>; 20CR reanalysis http://www.esrl.noaa.gov/psd/data/20thC_Rean/
- Datos de índices de teleconexión para llevar a cabo los análisis de variabilidad y teleconexiones climáticas <http://www.cpc.ncep.noaa.gov/data/teledoc/teleindcalc.shtml>

- Series históricas de producciones agrícolas: cereales, olivos, viñedos y cítricos en España para realizar los estudios de impacto del clima en la agricultura <http://www.magrama.gob.es/es/>

2.3. *Métodos*

Los casos de estudio incluyen una descripción de la distribución espacial y temporal de los datos, análisis de la variabilidad local, relaciones con señales globales y determinación de los impactos en la agricultura.

Los programas informáticos empleados para la realización de los casos de estudio se basan en el software GrADS (Grid Analysis Display System), que facilita la representación de los datos, realizar cálculos para obtener variables derivadas, analizar procesos, obtención de correlaciones y estudios de tendencia. Se programan scripts para el desarrollo de los casos de estudio. Los scripts pueden ser modificados y adaptados para usos particulares, con diferentes tipos de datos o según preferencias de tipo de representación. Es decir que la herramienta que se proporciona es abierta a los casos particulares.

Los scripts o programas tienen diferente grado de dificultad, unos son sencillos y se aplican para obtener representaciones. Otros más complicados realizan cálculos para los análisis de variabilidad climática mediante mapas de correlación entre señales del clima como el fenómeno El Niño Oscilación Austral (ENSO) o la Oscilación del Atlántico Norte (NAO) y las variables climáticas regionales, o mediante mapas compuestos que muestran las asociaciones no lineales y para valores extremos. Otros scripts incorporan funciones para el cálculo de tendencias de las series temporales, otros proporcionan imágenes de climogramas, etc.

Los estudiantes obtienen los gráficos en las clases de laboratorio informático e interpretan los resultados con el material proporcionado en las clases presenciales, consultas bibliográficas y mediante información complementaria incluida en el aula virtual STUDIUM.

En conclusión, se ha elaborado una herramienta para la enseñanza de la climatología mediante recursos, datos y programas informáticos, que se utilizan en la investigación. Para mostrar el proyecto se ha utilizado la herramienta **eXe learning**, especialmente diseñada para la creación de contenidos educativos.

El proyecto completo está disponible en la dirección web <https://diarium.usal.es/concha/docencia/proyectos-docentes/>
https://dl.dropboxusercontent.com/u/36921552/web_docente/index.html

En el anexo a esta memoria se muestran capturas de algunas de las páginas del

proyecto desarrollado.

Bibliografía

3.1. Libros de consulta

- Ackerman S.A. and Knox J. A.** 2007: Meteorology. Understanding the Atmosphere. Thomson Brooks/Cole. ISBN: 0-495-10892-8
- AEMET** 2014: Manual de uso de términos Meteorológicos
- Aguado, E. and J.E. Burt** 2007: Understanding Weather and Climate. Pearson, Prentice Hall ISBN 0-13-149696-4.
- Ahrens, C.D.** 2009: Meteorology Today. Brooks/Cole. Thomson Learning. ISBN 13:978-0-495-55573-5
- Ahrens C.D. and Samson P.** 2011: Extreme Weather and Climate . Brooks/Cole. Cengage learning. ISBN: 13:978-1-4390-4913-6
- Barry R.G. and A. M. Carleton** 2001: Synoptic and Dynamic Climatology . Routledge, Taylor and Francis group. ISBN: 0-415-03116-8
- Committee on a National Strategy for Advancing Climate Modeling** 2012: Avancing Climate Modeling. The National Academies Press. ISBN 13: 978-0-309-25977-4
- Committee on climate change education** 2012: Climate change education, a workshop summary. The National Academies Press. ISBN 13: 978-0-309-26016-9
- Critchfield H. J.** 1966: General Climatology. Prentice-Hall. Library of Congress Catalog Card No 66-13327
- Cuadrat, J.M. y M.F. Pita** 2000: Climatología. Cátedra ISBN10 8437615313.

- Dessler, A.E.** 2012: Introduction to Modern Climate Change. Cambridge University press. ISBN 978-0-521-17315-5
- Elias Castillo, F. y F. Castellvi Sentis** (2001): Agrometeorología. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. ISBN: 9788471149732.
- Font Tullot I.** 2000: Climatología de España y Portugal. Ed. Universidad de Salamanca. ISBN 84-7800-944-2.
- Grotjahn R.** 1993: Global Atmospheric Circulations. Observations and Theories. Oxford University Press. ISBN: 0-19-507245-6
- Hannah L.** 2011: Climate Change Biology. Elsevier. ISBN 978-0-12-374182-0
- Hewitt P.G.** 2001: Conceptual Physics. Pearson
- Holton** 2004: An introduction to Dynamic Meteorology. International Geophysics Series, 88. Elsevier. ISBN 0.12.354016-X
- IPCC** 2013: Climate Change. The Physical Science Basis. <http://ipcc.ch/report/ar5/wg1/>
- IPCC** 2014: Climate Change 2014. Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Food security and food production systems. <http://ipcc.ch/report/ar5/wg2/>
- Lackmann G.** 2011. Midlatitude Synoptic Meteorology. Dynamics, Analysis and Forecasting. AMS. ISBN: 978-1-878220-10-3
- Lorenz E.N.** 1967: The Natures and theory of the General Circulation of the Atmosphere. WMO
- Mavi H.S. and Tupper G. J.** 2004: Agrometeorology. Principles and Applications of Climate studies in agriculture. Food Products Press. ISBN: 1-56022-972-1
- McKillup S. and Dyar M.D.** 2010: Geostatistics explained. Cambridge. ISBN:978-0-521-74656-4
- Nafría García et al.** 2013. Atlas agroclimático Castilla y León. AEMET, Instituto Tecnológico Agrario de Castilla y León. Junta de Castilla y León. NIPO digital 281-13-008-5. <http://publicacionesoficiales.boe.es/>
- National Research Council Climate change** : evidence, impacts, and choices. The National Academies Press. ISBN 978-0-309-27842-3

- Neelin, J.D.** 2011: Climate change and climate modeling. Cambridge University press. ISBN 978-0-521-60243-3
- OMM** 1987: Atlas Internacional de Nubes. OMM, n° 407. ISBN: 978-92-63-12407-8
- Peixoto J. and Oort A.** 1992: Physics of climate. AIP ISBN 0-88318-712-4
- Polyak I.** 1996: Computational statistics in Climatology. Oxford University Press. ISBN 0-19-509999-0
- Randall D.A.** 2005: An introduction to the General circulation of the Atmosphere
- Salby M.L.** 2012: Physics of the Atmosphere and Climate. Cambridge. ISBN 978-0-521-76718-7
- Thiebaut H.J.** 1994: Statistical Data Analysis for ocean and atmospheric Science. Academic Press. ISBN: 0-12-686925-1
- Wallace J and Hobbs P.** 2006: Atmospheric Science: an introductory survey. Academic Press ISBN 13:978-0-12-732951-2.
- Wilks D.S.** 2006: Statistical methods in teh atmospheric Science. Elsevier. ISBN 13-978-0-12-751966-1

3.2. *Webs de interés*

<http://www.iges.org/grads/> Doty, B.; Holt, T. and M. Fiorino (1995) The Grid Analysis and Display System. GrADS.

<http://eca.knmi.nl/> datos E-OBS

<http://www.ecmwf.int/> datos reanálisis ERA-Interim

<http://gmao.gsfc.nasa.gov/merra/> datos reanálisis MERRA

<http://www.esrl.noaa.gov/psd/data/gridded/data.ncep.reanalysis.html> dato reanálisis NCEP/NCAR

http://www.esrl.noaa.gov/psd/data/20thC_Rean/ datos reanálisis 20CR

www.globalchange.gov Conocimiento climático. Los principios esenciales de la Ciencia Climática.

<http://www.divulgameteo.es/> Divulgameteo web de José Miguel Viñas.

https://www.wmo.int/pages/index_es.html Organización Meteorologica Mundial OMM:

<http://www.ame-web.org/> Asociación Meteorológica Española (AME)

<http://www.aeclim.org/> Asociación Española de Climatología (AEC)

<http://www.tiempo.com/ram/> Revista del Aficionado a la Meteorología (RAM)

<http://amsedu.ametsoc.org/amsedu/login.cfm> AMS 2014: Climate studies 2014-2015. NOAA

<http://faostat3.fao.org/browse/Q/QC/E> Comparación de producciones agrícolas

Agradecimientos

Deseo expresar mi agradecimiento al apoyo institucional de la USAL por la concesión del proyecto. También a los estudiantes de los grados y másters que han motivado el desarrollo de esta actividad innovadora.

Además hay que indicar que para desarrollar el proyecto se han utilizado recursos informáticos y datos climáticos. Por ello deseo agradecer a los desarrolladores del programa GrADS y a los diferentes centros proveedores de datos climáticos, referenciados en el proyecto, por la ayuda que supone poder disponer de estos recursos para las actividades docentes, en particular para la enseñanza de la climatología.

Anexo

5.1. WEB DEL PROYECTO DOCENTE

El trabajo eXe learning con el contenido de este proyecto está en la página web <https://diarium.usal.es/concha/docencia/proyectos-docentes/>
https://dl.dropboxusercontent.com/u/36921552/web_docente/index.html

A continuación se muestran algunas capturas de pantalla de la herramienta desarrollada.

Menú
Siguiente »

Aplicación de recursos de investigación para la docencia en Climatología
Proyecto de Innovación docente en Climatología

**PROYECTO DE INNOVACIÓN
DOCENTE EN CLIMATOLOGÍA**

- Datos del proyecto
- Justificación del proyecto
- Materiales elaborados
- Agradecimientos
- Unidad 1: Introducción a la climatología
- Unidad 2: Energía en el sistema climático
- Unidad 3: Ciclo hidrológico
- Unidad 4: Climatología dinámica
- Unidad 5: Aplicaciones climáticas
- Bibliografía

Obra publicada con Licencia Creative Commons Reconocimiento 4.0

Siguiente »

Menú « Anterior Siguiente »

Aplicación de recursos de investigación para la docencia en Climatología
Datos del proyecto

**PROYECTO DE INNOVACIÓN
DOCENTE EN CLIMATOLOGÍA**

Datos del proyecto

Justificación del proyecto

Materiales elaborados

Agradecimientos

Unidad 1: Introducción a la climatología

Unidad 2: Energía en el sistema climático

Unidad 3: Ciclo hidrológico

Unidad 4: Climatología dinámica

Unidad 5: Aplicaciones climáticas

Bibliografía

APLICACIÓN DE RECURSOS DE INVESTIGACIÓN PARA LA DOCENCIA VIRTUAL DE LA CLIMATOLOGÍA



Código del proyecto	ID2014/0129
Línea de actuación	Desarrollo de docencia virtual
PDI Responsable del proyecto	Concepción Rodríguez Puebla Dept. Física Fundamental Facultad de Ciencias Universidad de Salamanca

Obra publicada con [Licencia Creative Commons Reconocimiento 4.0](#)

« Anterior Siguiente »

Menú « Anterior Siguiente »

Aplicación de recursos de investigación para la docencia en Climatología
Unidad 1: Introducción a la climatología

**PROYECTO DE INNOVACIÓN
 DOCENTE EN CLIMATOLOGÍA**

Datos del proyecto

Justificación del proyecto

Materiales elaborados

Agradecimientos

Unidad 1: Introducción a la climatología

Lección: Introducción al sistema climático

Métodos y datos para los casos de estudio

Unidad 2: Energía en el sistema climático

Unidad 3: Ciclo hidrológico

Unidad 4: Climatología dinámica

Unidad 5: Aplicaciones climáticas

Bibliografía

Cuestiones previas

¿Qué es el sistema climático?

¿Qué procesos ocurren en el sistema climático?

¿Cómo se define la ciencia del clima?

Objetivos de la unidad

- Presentar aspectos sobre el clima que motiven el interés de su estudio.
- Introducir los métodos para estudiar la distribución de las variables climáticas: temperatura, precipitación, presión, viento, humedad, etc.
- Fomentar las aplicaciones de conocimientos sobre los procesos físicos dinámicos y termodinámicos que controlan el funcionamiento del sistema climático.
- Justificar la necesidad de estudio de las causas de los diferentes climas.

Obra publicada con [Licencia Creative Commons Reconocimiento 4.0](#)

« Anterior Siguiente »

Menú « Anterior Siguiente »

Aplicación de recursos de investigación para la docencia en Climatología
Unidad 2: Energía en el sistema climático

**PROYECTO DE INNOVACIÓN
 DOCENTE EN CLIMATOLOGÍA**

<p>Datos del proyecto</p> <p>Justificación del proyecto</p> <p>Materiales elaborados</p> <p>Agradecimientos</p> <p>Unidad 1: Introducción a la climatología</p> <p>Unidad 2: Energía en el sistema climático</p> <p> Lección 2.A: Radiación en la atmósfera</p> <p> Lección 2.B: Temperatura</p> <p>Unidad 3: Ciclo hidrológico</p> <p>Unidad 4: Climatología dinámica</p> <p>Unidad 5: Aplicaciones climáticas</p> <p>Bibliografía</p>	<p>Cuestiones previas</p> <p>¿Cuánta energía recibe la Tierra respecto a la que emite el sol?</p> <p>¿Qué procesos experimenta la radiación al atravesar la atmósfera?</p> <p>¿Qué es lo que causa el calentamiento del planeta?</p> <p>¿Qué es el efecto invernadero?</p> <p>¿Cuáles son las causas de los gradientes térmicos latitudinales, longitudinales y verticales?</p> <p>¿Qué factores justifican el equilibrio atmosférico si en las capas altas la temperatura del aire es inferior que el del aire en las capas bajas?</p> <p>Objetivos de la unidad</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Análisis de las componentes de radiación solar (onda corta) y terrestre (onda larga) en superficie y en el tope atmosférico. ■ Análisis de la radiación neta. ■ Temperatura. Mecanismos de transmisión del calor. ■ Modelo térmico. ■ Explicaciones dinámicas para la distribución de la temperatura en la Tierra. ■ Perfil térmico. ■ Temperatura potencial.
--	--

Obra publicada con [Licencia Creative Commons Reconocimiento 4.0](#)


« Anterior Siguiente »

Menú « Anterior Siguiente »

Aplicación de recursos de investigación para la docencia en Climatología
Unidad 3: Ciclo hidrológico

**PROYECTO DE INNOVACIÓN
 DOCENTE EN CLIMATOLOGÍA**

Datos del proyecto	Cuestiones previas
Justificación del proyecto	¿Cuál es el papel del agua en los distintos componentes del sistema climático?
Materiales elaborados	¿Cuál es la relación entre el contenido de vapor de agua y la temperatura?
Agradecimientos	¿Qué son las nubes?
Unidad 1: Introducción a la climatología	¿Qué circunstancias se presentan para que ocurra el proceso de la precipitación?
Unidad 2: Energía en el sistema climático	
Unidad 3: Ciclo hidrológico	Objetivos de la Unidad
Lección 3A: Vapor de agua y Evaporación	<ul style="list-style-type: none"> ■ Describir las estructuras espaciales y variabilidad anual y temporal de las variables que caracterizan en el ciclo del agua. ■ Justificar los procesos físicos e intercambios de energía que intervienen en los cambios de fase del agua. ■ Analizar las relaciones entre los procesos dinámicos de flujos de vapor y los termodinámicos de evaporación y precipitación en el balance de masa.
Lección 3B: Condensación y precipitación	
Unidad 4: Climatología dinámica	
Unidad 5: Aplicaciones climáticas	
Bibliografía	



Aplicación de recursos de investigación para la docencia en Climatología

Unidad 4: Climatología dinámica

PROYECTO DE INNOVACIÓN DOCENTE EN CLIMATOLOGÍA

Datos del proyecto

Justificación del proyecto

Materiales elaborados

Agradecimientos

Unidad 1: Introducción a la climatología

Unidad 2: Energía en el sistema climático

Unidad 3: Ciclo hidrológico

Unidad 4: Climatología dinámica

Lección 4A: Viento y presión

Lección 4B: Patrones de circulación atmosférica y oceánica

Lección 4C: Tiempos severos

Lección 4D: Tipos de tiempo en la península Ibérica

Unidad 5: Aplicaciones climáticas

Bibliografía

Cuestiones previas

¿Por qué en latitudes medias los vientos van del oeste al este y en tropicales del Este al oeste?

¿Que fuerzas intervienen en el movimiento atmosférico?

¿Cuál es la causa de la fuerza de Coriolis y la fuerza del gradiente de presión?

¿Por qué los ciclones tienden a formarse en ciertas regiones?

¿Qué procesos intervienen en la generación de tiempos severos?

¿Qué es un patrón de Circulación?

¿Cuál es la causas de las teleconexiones climáticas?

¿Se puede justificar la variabilidad climática regional mediante la circulación a gran escala?

Objetivos de la Unidad

Diferentes fuerzas son responsables del viento, de los regímenes de tiempo y de la configuración de las masas de aire en ciclones y anticiclones. Los movimientos verticales son condicionantes de la formación de nubes y de la precipitación, pero los movimientos verticales y horizontales están conectados mediante teoremas de conservación. El objeto de estudio de esta unidad son las características de las fuerzas que causan los movimientos del aire y la circulación atmosférica, además se analizarán las situaciones preferentes de la circulación, las que causan daños por su severidad y los tiempos que controlan el clima de la península Ibérica



Menú
« Anterior Siguiente »

Aplicación de recursos de investigación para la docencia en Climatología
Unidad 5: Aplicaciones climáticas

**PROYECTO DE INNOVACIÓN
DOCENTE EN CLIMATOLOGÍA**

Datos del proyecto

Justificación del proyecto

Materiales elaborados

Agradecimientos

Unidad 1: Introducción a la climatología

Unidad 2: Energía en el sistema climático

Unidad 3: Ciclo hidrológico

Unidad 4: Climatología dinámica

Unidad 5: Aplicaciones climáticas

Lección 5A: Clasificaciones climáticas

Lección 5B: Climas en la península Ibérica

Lección 5C: Impactos climáticos

Bibliografía

Cuestiones previas


¿Cómo se puede comparar el clima de diferentes lugares?

¿Qué factores justificarían los diferentes comportamientos climáticos?

¿Qué condiciones climáticas requieren diferentes cultivos?

Objetivos de la unidad

Una forma tradicional de comparar los climas es estableciendo clasificaciones climáticas. En esta unidad se comparan las propiedades climáticas de zonas climáticas en diferentes latitudes. Una de las regiones con más variabilidad climática es la península Ibérica. Se analizan las causas de esta variabilidad considerando la procedencia de masas de aire. Esta diversidad climática justifica el potencial para la variedad de producciones agrícolas. Se estudian los requerimientos climáticos de diferentes producciones y el impacto de la variabilidad en las mismas.



Obra publicada con [Licencia Creative Commons Reconocimiento 4.0](#)

« Anterior Siguiente »

Aplicación de recursos de investigación para la docencia en Climatología

Lección 2.A: Radiación en la atmósfera

PROYECTO DE INNOVACIÓN DOCENTE EN CLIMATOLOGÍA

Datos del proyecto

Justificación del proyecto

Materiales elaborados

Agradecimientos

Unidad 1: Introducción a la climatología

Unidad 2: Energía en el sistema climático

Lección 2.A: Radiación en la atmósfera

Caso estudio 2.A: Componentes de la radiación

Lección 2.B: Temperatura

Unidad 3: Ciclo hidrológico

Unidad 4: Climatología dinámica

Unidad 5: Aplicaciones climáticas

Bibliografía

Índice

- Consideraciones teóricas sobre la radiación solar
 - Consideraciones orbitales
 - Ecuaciones de radiación: Planck, Stefan-Boltzmann, Wien
- Interacción de la radiación y la atmósfera
 - Óptica atmosférica: absorción, reflexión, difracción, etc
- Análisis de datos

Consideraciones Teóricas sobre la radiación

Componentes


EspectroElectromagnético


Inclinación (Clima)


Estaciones


$$I = \frac{S}{4} \cdot \left(\frac{r_0}{r}\right)^2 \cos \theta$$

Interacción de la radiación y la atmósfera









$$0,7 \frac{S}{4} = 0,7 \frac{1367}{4} = 238 = \sigma T^4$$

$$T = 255K$$

$$T = -18^\circ C$$

Peixoto and Oort

$$T_{int} = 288$$

$$T_{int} = T_{out} + \Delta T$$

$$\Delta T = 33K$$


Obra publicada con Licencia Creative Commons Reconocimiento 4.0

[« Anterior](#) [Siguiente »](#)

« Anterior Siguiente »

Aplicación de recursos de Investigación para la docencia en Climatología
Caso estudio 2.A: Componentes de la radiación

PROYECTO DE INNOVACIÓN DOCENTE EN CLIMATOLOGÍA

Datos del proyecto

Justificación del proyecto

Materiales elaborados

Agradecimientos

Unidad 1: Introducción a la climatología

Unidad 2: Energía en el sistema climático

Lección 2.A: Radiación en la atmósfera

Caso estudio 2.A: Componentes de la radiación

Lección 2.B: Temperatura

Unidad 3: Ciclo Hidrológico

Unidad 4: Climatología dinámica

Unidad 5: Aplicaciones climáticas

Bibliografía

Objetivos

Obtener representaciones de la energía que llega a la Tierra y la que emite la Tierra como factores determinantes de la variabilidad y cambio climático

- Explicar las variaciones espaciales y temporales de radiación solar y terrestre
- Comparar y explicar los datos en diferentes regiones del planeta
- Los efectos de la distribución de la energía radiante en la distribución de la temperatura

Conocimientos previos

Los factores que contribuyen al cambio del balance radiativo son

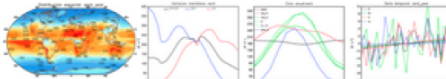
- Cambio en la radiación solar de onda corta
- Cambio en la radiación reflejada o albedo
- Cambio en la radiación de onda larga o terrestre emitida al espacio

El clima responde directamente a estos cambios e indirectamente a otros factores de retroalimentación

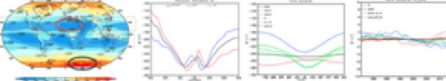
Actividades

En esta experiencia se representan y analizan las variaciones de radiación solar en el tope atmosférico en la superficie de la tierra, radiación de onda larga en superficie y en el tope. Con el fin de comparar los datos de diferentes reanálisis, en unos cursos se han utilizado los datos ERA-interim, en otros MERRA y NCEPNCAR. En esta memoria se muestran representaciones para las componentes de radiación obtenidas con los datos de reanálisis ERA-interim

Radiación de onda corta en la superficie terrestre (ssrd)



Radiación de onda larga emitida por la Tierra en el tope atmosférico (ttr) (Valores negativos, por sentido opuesto a la radiación incidente)



Resumen

La radiación solar que llega a la superficie de la Tierra está controlada por factores astronómicos, pero cambia de un lugar a otro y con la época del año debido a los efectos de atenuación por la atmósfera. Es interesante hacer comparaciones entre lo que ocurre en latitudes tropicales, polares y medias, así como variaciones locales seleccionadas en la península Ibérica. La radiación solar ssrd promediada para todo el planeta toma valores entre 180 y 210 W/m^2 . Se analiza y justifica el que las variaciones estacionales sean mayores en regiones polares y menores en zonas tropicales, en latitudes medias se observa un comportamiento intermedio. Se observa una tendencia creciente para la península Ibérica.

La radiación emitida por la Tierra (ttr) presenta los valores absolutos mayores en zonas desérticas y los menores en zonas polares. Se observa una tendencia de disminución en zonas polares ¿que interpretación puede tener este resultado en relación a las variaciones térmicas?

Otra publicada con Licencia Creative Commons Reconocimiento 4.0

« Anterior Siguiente »

Menú « Anterior Siguiente »

Aplicación de recursos de investigación para la docencia en Climatología

Caso estudio 2.B: Variabilidad de la temperatura

PROYECTO DE INNOVACIÓN DOCENTE EN CLIMATOLOGÍA

Datos del proyecto

Justificación del proyecto

Materiales elaborados

Agradecimientos

Unidad 1: Introducción a la climatología

Unidad 2: Energía en el sistema climático

Lección 2.A: Radiación en la atmósfera

Lección 2.B: Temperatura

Caso estudio 2.B: Variabilidad de la temperatura

Unidad 3: Ciclo hidrológico

Unidad 4: Climatología dinámica

Unidad 5: Aplicaciones climáticas

Bibliografía

Objetivos

- Explicar la distribución espacial de la temperatura
- Justificar las variaciones latitudinales en diferentes meses
- Justificar el perfil térmico o variaciones con la elevación
- Comparación de las variaciones estacionales en distintas regiones
- Análisis de las series temporales y tendencia en diferentes regiones

Conocimientos previos

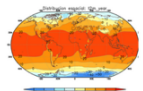
Estudiar los factores que influyen en la distribución de la temperatura media en el planeta y que permiten interpretar las variaciones. Las variaciones latitudinales se justifican por la distribución de las componentes de radiación. Otras variaciones regionales requieren consideraciones orográficas, advección de masas de aire y la influencia de las corrientes oceánicas.

Actividades

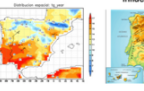
Por una parte se obtienen una descripción de las distribuciones espaciales de las variables térmicas. Se analiza la variación latitudinal, el ciclo anual en diferentes regiones y las series temporales. El estudio se desarrolla con datos observados y de reanálisis. Para esta variables se puede comparar el acuerdo entre los datos observados y de reanálisis.

Para justificar las variaciones se consideran factores como la influencia de la temperatura del mar y la advección de masas de aire. Se establecen debates sobre la estabilidad atmosférica y los gradientes verticales térmicos y se introduce el concepto de temperatura potencial.

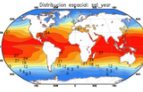
Distribución espacial



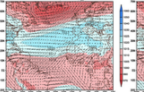
Influencia orográfica



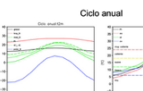
Influencia de la temperatura del mar



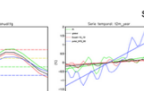
Influencia de la advección



Ciclo anual



Series temporales



Resumen

Una preocupación relacionada con el clima es el fenómeno del calentamiento o aumento de la temperatura. En esta experiencia se estudia la distribución de temperaturas en el planeta y se compara la magnitud de los cambios y tendencia en diferentes lugares de la península Ibérica y regiones polares, tropicales y en latitudes medias. Aquí se muestra el ejemplo para series anuales pero los estudiantes comparan resultados para las estaciones del año. Se introduce al estudiante a la búsqueda de explicaciones de las tendencias y de la aparición de años con valores extremos de temperatura.

Obra publicada con Licencia Creative Commons Reconocimiento 4.0

« Anterior Siguiente »

« Anterior Siguiente »

Caso estudio 3B: Variabilidad de la precipitación

PROYECTO DE INNOVACIÓN DOCENTE EN CLIMATOLOGÍA

Datos del proyecto

Justificación del proyecto

Materiales elaborados

Agradecimientos

Unidad 1: Introducción a la climatología

Unidad 2: Energía en el sistema climático

Unidad 3: Ciclo hidrológico

Leción 3A: Vapor de agua y Evaporación

Leción 3B: Condensación y precipitación

Caso estudio 3B: Variabilidad de la precipitación

Unidad 4: Climatología dinámica

Unidad 5: Aplicaciones climáticas

Bibliografía

Objetivos

- Describir la distribución de la precipitación y aridez en el planeta mediante datos de reanálisis, comparar con la distribución de la precipitación observada en la península Ibérica.
- Comparar las variaciones estacionales en diferentes regiones. Identificar las características peculiares del régimen de precipitación en climas Mediterráneos.
- Obtener las tendencias en series de precipitación y aridez. Identificar años con precipitaciones anómalas.

Conocimientos previos

La justificación de la variabilidad espacial y temporal de la precipitación es necesario considerar propiedades térmicas y dinámicas en relación a la convergencia y divergencia de los flujos de humedad, estudiados en la lección 3A. Además en la lección 3B se estudia las condiciones para que se produzca la condensación, formación de nubes y la inestabilidad atmosférica que se necesitan para el proceso de precipitación.

Actividades

El caso de estudio de esta lección consiste en el análisis y comparación de distribuciones de precipitación y variaciones temporales. Para este ejercicio se dispone de datos de reanálisis y observados. De la comparación se evalúa, también los datos de reanálisis. Las figuras que muestran el gradiente latitudinal de precipitación son informativas de las células de circulación de Hadley y Ferrel, aspecto que será tratado en la unidad de circulación. El régimen de precipitación estacional varía considerablemente entre unas y otras regiones. Es interesante debatir sobre el régimen particular en climas Mediterráneos. Las tendencias de precipitación no son tan significativas como las de temperatura. Sin embargo, se observan fluctuaciones decadales de gran interés.

La aridez depende no solo de la precipitación sino de condiciones térmicas. Como en el caso de precipitación se describen y analizan las diferentes configuraciones espaciales y temporales.

Este trabajo se desarrolla para las diferentes estaciones del año, mostrando a continuación ejemplos de gráficos para las series anuales.

Precipitación total



Índice de aridez



Resumen

El trabajo de este caso de estudio pretende proporcionar conocimientos sobre la distribución de la precipitación en el planeta, comparar los diferentes regímenes de precipitación en las diferentes regiones y observar como el calentamiento del planeta puede afectar a la tendencia de la precipitación.

Los resultados tan diferentes obtenidos para las diferentes regiones y épocas del año ofrece numerosos aspectos para debatir y motivar el estudio de la circulación global y las teleconexiones como factores internos del sistema climático que justifican la variabilidad de la precipitación.

Menú
« Anterior Siguiente »

Aplicación de recursos de investigación para la docencia en Climatología

Caso estudio 4C: Huracanes

**PROYECTO DE INNOVACIÓN
DOCENTE EN CLIMATOLOGÍA**

Datos del proyecto

Justificación del proyecto

Materiales elaborados

Agradecimientos

Unidad 1: Introducción a la climatología

Unidad 2: Energía en el sistema climático

Unidad 3: Ciclo hidrológico

Unidad 4: Climatología dinámica

 Lección 4A: Viento y presión

 Lección 4B: Patrones de circulación atmosférica y oceánica

 Lección 4C: Tiempos severos

 Caso estudio 4C: Huracanes

 Lección 4D: Tipos de tiempo en la península Ibérica

Unidad 5: Aplicaciones climáticas

Bibliografía

Objetivos

- Representar la trayectoria del Huracán
- Caracterizar las propiedades de la masa de aire en superficie y en altura
- Visualizar los efectos de las precipitaciones ocasionadas por los huracanes

Conocimientos previos

El desarrollo de esta experiencia requiere conocimientos de las propiedades físicas de los huracanes: formación, trayectoria y anatomía. Además de las características de las variables climáticas que se utilizan para el estudio de los huracanes: presión, viento, vorticidad, geopotencial y precipitación.

Actividades

Se obtiene las siguientes representaciones: trayectoria del huracán identificando el centro de presiones más bajo o el ojo del huracán. Presión, viento y vorticidad en superficie, el geopotencial en altura y la precipitación para diferentes días. Aquí se muestra un ejemplo del huracán Ivan, para el 8 de septiembre de 2004.



Resumen

Los tiempos severos se desarrollan con masas de aire calientes y húmedas o contrastes de masas de aire frías y calientes. Las tormentas en todas las latitudes. Los tornados en latitudes medias, asociados a los frentes. Los huracanes en latitudes tropicales, sobre el mar. En esta experiencia se investiga las propiedades climáticas de los huracanes. Los océanos son parte constituyente del sistema climático, el aumento de energía sobre los océanos puede explicar aspectos importantes como el impacto en la intensidad y frecuencia de los huracanes. Se reparte el estudio de diversos huracanes entre los grupos de estudiantes y se comparan las propiedades físicas y características peculiares de cada uno de ellos.

Obra publicada con [Licencia Creative Commons Reconocimiento 4.0](#)

« Anterior Siguiente »

Menú « Anterior Siguiente »

Aplicación de recursos de Investigación para la docencia en Climatología
Caso estudio 4B: teleconexiones

PROYECTO DE INNOVACIÓN DOCENTE EN CLIMATOLOGÍA

Datos del proyecto
 Justificación del proyecto
 Materiales elaborados
 Agradecimientos
 Unidad 1: Introducción a la climatología
 Unidad 2: Energía en el sistema climático
 Unidad 3: Ciclo hidrológico
 Unidad 4: Climatología dinámica
 Lección 4A: Viento y presión
 Lección 4B: Patrones de circulación atmosférica y oceánica
Caso estudio 4B: teleconexiones
 Lección 4C: Tiempos severos
 Lección 4D: Tipos de tiempo en la península Ibérica
 Unidad 5: Clasificaciones climáticas
 Bibliografía

Objetivos

- Obtener las configuraciones de los patrones de teleconexión
- Comprobar las interacciones océano atmósfera en el Pacífico
- Obtener el impacto de los patrones de teleconexión en el clima de la península Ibérica
 - Mediante mapas de correlación
 - Mediante mapas compuestos para valores extremos de los índices de teleconexión
- Obtener configuraciones de mapas de presión para extremos climáticos de la península Ibérica

Conocimientos previos

Características de circulación, fluctuaciones y variabilidad. Estadísticos sobre correlación, composición de mapas, análisis de tendencia y detección de extremos.

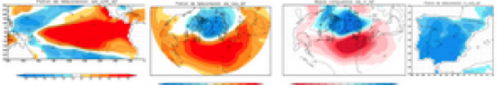
Actividades

Se obtienen las configuraciones de los patrones de teleconexión mediante mapas de correlación entre los índices de teleconexión y los campos de temperatura del mar o de presión.

Se obtiene el impacto de los índices de teleconexión en series de temperatura y precipitación de la península Ibérica de forma lineal mediante mapas de correlación y de forma no lineal mediante mapas compuestos de variables climáticas para años con extremos de los índices de teleconexión.

Por otra parte se identifican las configuraciones de presión o temperatura del mar para obtener de forma indirecta las asociaciones entre variables a gran escala y climas regionales. Este estudio puede informar de forma indirecta de los efectos de las teleconexiones o bien de las situaciones sinópticas que afectan al clima y que se detallarán en otro caso de estudio.

¿Se pueden explicar las variaciones de temperatura y precipitación de la península Ibérica mediante los patrones de teleconexión?
 ¿Existen otras configuraciones de la temperatura del mar y de la circulación que justifiquen las variaciones del clima de la península Ibérica?



Resumen

En el sistema climático ocurren fluctuaciones en escalas interanuales y decadales. Las interacciones entre el océano y la atmósfera desempeñan un papel muy importante en la existencia de estas fluctuaciones. Una de las fluctuaciones más significativas es la asociada al fenómeno El Niño. Pero en el clima de Europa influyen otras fluctuaciones como la NAO. En esta experiencia se comprueba la influencia de los patrones de teleconexión en el clima de la península Ibérica. El estudio se realiza para las diferentes estaciones del año, repartiendo el trabajo entre los grupos de estudiantes.

El estudio se particulariza para estudiantes del grado en Ingeniería Agroalimentaria para obtener el impacto de las teleconexiones en producciones agrícolas.

Obra publicada con Licencia Creative Commons Reconocimiento 4.0

« Anterior Siguiente »

Menú « Anterior | Siguiente »

Aplicación de recursos de investigación para la docencia en Climatología
Caso estudio 5C: Clima y agricultura

PROYECTO DE INNOVACIÓN DOCENTE EN CLIMATOLOGÍA

Datos del proyecto

Justificación del proyecto

Materiales elaborados

Agradecimientos

Unidad 1: Introducción a la climatología

Unidad 2: Energía en el sistema climático

Unidad 3: Ciclo hidrológico

Unidad 4: Climatología dinámica

Unidad 5: Aplicaciones climáticas

Lección 5A: Clasificaciones climáticas

Lección 5B: Climas en la península Ibérica

Lección 5C: Impactos climáticos

Caso estudio 5C: Clima y agricultura

Bibliografía

Objetivos

- Obtener los efectos de variables climáticas en producciones agrícolas: cereales, cítricos, olivos y viñedos.
- Explicar la influencia en diferentes meses durante el período vegetativo.
- Determinar la influencia de las teleconexiones en producciones agrícolas.
- Describir las implicaciones que el cambio climático puede causar en las producciones.

Conocimientos previos

Las características climáticas en diferentes regiones de la península Ibérica. La evolución estacional y tendencias de diferentes variables. Las teleconexiones climáticas y características generales sobre la circulación. Además es necesario comprender términos estadísticos como tendencia y correlación.

Actividades

Esta experiencia se aplica en cursos de climatología que se centran en los impactos del clima en ecosistemas. Los estudiantes deben tener conocimientos sobre variables climáticas y las características del clima de la península Ibérica. Las producciones que se analizan son muy importantes en la península Ibérica.

Se comienza el estudio representando las series temporales de producciones y se hacen preguntas sobre tendencia y variabilidad. A continuación se analizan los requerimientos térmicos de las producciones en diferentes meses y lo mismo se realiza para determinar requerimientos hídricos.

El estudio se desarrolla de forma lineal mediante la obtención de mapas de correlación entre las producciones y las variables térmicas e hídricas para diferentes meses y estaciones. Se complementa la experiencia obteniendo asociaciones de forma no lineal, para ello se identifican las características climáticas que causaron las anomalías de producción mediante la obtención de composición de mapas climáticos para esos años anómalos.

Cómo las anomalías climáticas están causadas por determinadas condiciones atmosféricas el estudio se desarrolla, también con variables a gran escala como la presión y temperatura superficial del mar. Con ello obtienen el impacto de las teleconexiones en las producciones.

Cereales

EVOLUCIÓN Rendimiento de cultivos: cereales

EVOLUCIÓN Rendimiento de cultivos: cereales

Cítricos