



**VNiVERSiDAD  
D SALAMANCA**

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**Departamento de Física General y de la Atmósfera**

MEMORIA DEL PROYECTO DE INNOVACIÓN DOCENTE

**APLICACIÓN DE SIMULACIONES AGROCLIMÁTICAS PARA EL ESTUDIO DE  
RELACIONES ENTRE EL CLIMA Y PRODUCCIONES AGRÍCOLAS**



Responsable: **Concepción Rodríguez Puebla**

Salamanca 29 de junio 2011

Financiado por la convocatoria de ayudas del Vicerrectorado de Docencia para el curso 2010-2011.

**Código: ID10/036**

## Contenido

---

|   |                                |    |
|---|--------------------------------|----|
| 1 | Introducción.....              | 3  |
| 2 | Actividades desarrolladas..... | 4  |
| 3 | Metodología .....              | 5  |
| 4 | Resultados .....               | 8  |
| 5 | Valoración de resultados.....  | 13 |
| 6 | Conclusiones.....              | 15 |
|   | Referencias.....               | 15 |
|   | Anexo 1.....                   | 16 |

## 1 Introducción

---

En este proyecto de innovación docente se han elaborado materiales para el desarrollo de la enseñanza de la asignatura Geología y Climatología (GyC) del grado de Ingeniería Técnica Agroalimentaria (ITA) de la Universidad de Salamanca, con aplicación específica en la parte de Climatología.

Para la elaboración de los materiales se tuvieron en consideración los siguientes aspectos: el carácter básico de la asignatura, la cualificación requerida y las competencias que deben adquirir los estudiantes. Por ello, estos materiales deben proporcionar **conocimientos básicos** descriptivos del sistema climático y de **utilidad práctica** sobre la influencia de las variaciones climáticas en producciones agrícolas.

**El objetivo general de este proyecto** es la preparación de profesionales para actuaciones en el ámbito de especialidades agrícolas o del sector agroalimentario.

**Los objetivos concretos son:**

- Realizar experiencias que demuestren los efectos del clima en distintas producciones agrícolas.
- Interpretar y justificar las relaciones del clima en las distintas etapas de crecimiento de los cultivos.

El proyecto se enmarca dentro de la línea de otros proyectos desarrollados anteriormente y que tuvieron los siguientes objetivos: la organización de la materia de la asignatura Climatología para el análisis de los climas de la Tierra (US31/04); propuesta de métodos de evaluación mediante preguntas opción múltiple y respuestas cortas (ID/0061) y diseño de experiencias para el estudio de fenómenos climáticos (ID09/206). Aunque los materiales elaborados en estos proyectos fueron aplicados a la asignatura de Climatología de la licenciatura de Físicas, la continuidad del trabajo ha facilitado la elaboración de los materiales específicos para desarrollar los estudios sobre la relación del clima y la agricultura, que es el objetivo de este proyecto (ID10/036) y que se resume en esta memoria. Los resultados de este proyecto son extrapolables para trabajos prácticos en asignaturas de Climatología de otros grados y licenciaturas. Por lo tanto, el punto de partida de este trabajo son los resultados de los proyectos anteriores [ID/0061](#) y [ID09/206](#) cuyas memorias se encuentran en el repositorio docente [GREDOS](#).

La programación de la asignatura de Climatología incluye la realización de tareas personales y trabajos en grupo sobre temas relacionados con la variabilidad climática, el cambio climático y los impactos del clima en producciones agrícolas. La parte esencial de la enseñanza de la asignatura de Climatología lo constituye el análisis de datos. Esta metodología experimental proporciona indudables beneficios porque los estudiantes se implican en la asignatura y desarrollan un aprendizaje activo.

Tanto las tareas como los trabajos en grupo tienen como soporte las lecciones impartidas en las clases teóricas y los métodos de trabajo aprendidos en las clases prácticas. Las novedades de este proyecto respecto a anteriores se resumen en los siguientes puntos:

- Diseño de experiencias para cuantificar las relaciones entre el clima y algunas producciones agrícolas.
- Preparación de temas específicos sobre agrometeorología y modelos agroclimáticos.
- Mejoras de los métodos para el estudio de la variabilidad climática espacial y temporal.

# APLICACIÓN DE SIMULACIONES AGROCLIMÁTICAS PARA EL ESTUDIO DE RELACIONES ENTRE EL CLIMA Y PRODUCCIONES AGRÍCOLAS

## 2 Actividades desarrolladas

En la memoria inicial de este proyecto se plantearon dos líneas de actuaciones, la primera incluye las tareas de preparación del trabajo mientras que la segunda incluye las tareas de aplicación y obtención de los resultados respectivamente. Las actividades y tareas se resumen en la Tabla 1.

La preparación del trabajo supone, por una parte, adecuar el trabajo previamente desarrollado de anteriores proyectos para los objetivos específicos que se persiguen en esta asignatura. Para ello fue necesario confeccionar nuevos programas para el estudio experimental, mediante el soporte informático [GrADS](#) (Grid Analysis Display System), que ofrece especiales características para trabajar con bases de datos climáticos y meteorológicos. Por otra parte, se introducen aspectos innovadores como la incorporación de modelos de simulación agroclimática. Este trabajo requería un esfuerzo adicional en relación a la selección y análisis de las diferentes opciones sobre modelos agroclimáticos. Por ello, solicitamos información en los centros donde se llevan a cabo este tipo de experiencias para docencia e investigación, como en Estados Unidos ([DSSAT](#)), en Australia ([APSIM](#)) y Europa ([WOFOST](#)). Por diversas razones como, por ejemplo, la documentación, la extensión de uso y la variedad de cultivos simulados tomé la decisión de considerar el modelo DSSAT. Otra de las tareas consistió en la preparación de datos agrícolas y climáticos para desarrollar los estudios empíricos. Los datos agrícolas fueron tomados de los anuarios de estadística del [Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino](#): cereales de invierno, cítricos, viñedos y olivos. Los datos climáticos preparados para estas experiencias fueron de los centros [European Climate Assessment & Dataset](#) (E-OBS), de la [Agencia Estatal de Meteorología](#) (AeMET) y del [reanálisis de Estados Unidos](#) (NCEP/NCAR).

La ejecución del proyecto conlleva la realización de:

- La enseñanza teórica y práctica del contenido de la asignatura, utilizando como referencia los libros: Aguado and Burt (2007); Ahrens (2009); Mavi and Tupper (2004); Elias Castillo y Castellví Sentis (2001); Font Tullot (2000); Doty et al. (1995).
- La preparación y propuesta de las tareas.
- La preparación y propuesta de los trabajos por grupos de estudiantes del curso.

Tabla 1: Distribución de actividades y tareas del proyecto docente

| Actividades | Tareas            |  |
|-------------|-------------------|--|
| Preparación | Teoría            | Temas objeto de la asignatura y simulaciones teóricas  |
|             | Práctica          | Datos agrícolas y climáticos   |
|             |                   | Métodos gráficos y estadísticos  |
| Ejecución   | Clases y trabajos | Explicaciones teóricas de las lecciones<br>Desarrollo de las Prácticas<br>Realización de Tareas<br>Realización y presentación de Trabajos en grupo |
|             | Resultados        | Objetivos conseguidos: aprendizaje e interés por la asignatura<br>Memoria del proyecto   |

### 3 Metodología

---

#### 3.1 Consideraciones generales

La enseñanza del análisis de datos es una tarea bastante laboriosa para estudiantes de primer curso de grado. Con el fin de fomentar este trabajo, en las clases teóricas se plantearon cuestiones e hipótesis sobre causas del comportamiento del sistema climático explicando las características y significado físico de los datos. La idea es motivar la búsqueda de respuestas mediante el análisis de datos y predisponer al estudiante para aprender la metodología adecuada para el análisis.

Algunos recursos de análisis de datos fueron preparados en proyectos anteriores pero se adecuaron para los objetivos específicos de esta asignatura y, además, se introdujeron otros nuevos que se detallan en la Tabla 2. Se utiliza, por lo tanto, el mismo soporte ([GrADS](#)).

Por una parte, se trabajó con datos climáticos básicos de interés agrícola como temperatura, precipitación, presión al nivel del mar y radiación. Por otra, los elementos derivados que pueden tener consecuencias importantes en producciones agrícolas. Por ejemplo, número consecutivo de días de precipitación, precipitación máxima en un día, aridez, evaporación, días cálidos, noches frías, días tropicales, días de helada. A continuación se estudiaron clasificaciones climáticas y los climas de la península Ibérica considerando diferentes criterios (Ahrens, 2009; Font, 2000). Dentro de la descripción se incluye, también la enseñanza de los climogramas para caracterizar el comportamiento climático de diferentes lugares. Considero muy importante que comprendan el régimen de precipitaciones y temperaturas de cada mes en cada lugar y el significado de precipitación efectiva para la agricultura.

En una segunda etapa, se representaron las series de producciones agrícolas, se identificaron la tendencia y años extremos. Mientras que la tendencia no se puede justificar climáticamente, los años extremos si admiten justificación climática, como veremos más adelante.

Las series agrícolas se correlacionaron con los elementos básicos, derivados y globales para determinar los meses más importantes desde una perspectiva agrícola y se utilizaron métodos estadísticos para interpretar dicha influencia. Además, se obtuvieron las condiciones climáticas que se dieron en años de producciones agrícolas abundantes y escasas con el fin de reconocer los daños que los extremos climáticos pueden producir en las producciones.

En definitiva, se intenta que, con este estudio empírico, el estudiante adquiera preparación para comprender las simulaciones y modelos agroclimáticos. Los modelos pueden agruparse en estadísticos y en dinámicos. Los modelos estadísticos no requieren información del desarrollo del cultivo, siendo, por lo tanto, relativamente sencillos y útiles para caracterizar la influencia del clima en cultivos de grandes superficies. Este tipo de simulaciones se puede aplicar para la enseñanza de esta asignatura con estos estudiantes. Por el contrario, los modelos dinámicos requieren conocer los procesos de desarrollo del cultivo. A lo largo del curso percibí que los estudiantes captan el significado de los modelos estadísticos, sin embargo, el estudio de los modelos dinámicos requiere mayor preparación que la que han adquirido los estudiantes de primer curso. Por lo tanto, el estudio de los modelos dinámicos se llevará a cabo en estudios más avanzados, como por ejemplo de máster.

**APLICACIÓN DE SIMULACIONES AGROCLIMÁTICAS PARA EL ESTUDIO DE RELACIONES ENTRE EL CLIMA Y PRODUCCIONES AGRÍCOLAS**

Tabla 2: Resumen con métodos para el desarrollo del proyecto docente

|   |   |  |
|---|---|--|
| <b>Descripción climática</b>              | Elementos básicos                               | <i>Radiación solar, Temperatura, precipitación, presión, temperatura del aire, superficial del mar</i>   |
|   | Elementos derivados                             | <i>Días consecutivos de precipitación, precipitación máxima en un día, aridez, evaporación, días cálidos, noches frías, días tropicales, días de helada</i>      |
|   | Clasificaciones climáticas                      | <i>Climogramas</i>   |
| <b>Descripción producciones agrícolas</b> | Series temporales<br>Tendencias y años extremos | <i>Cereales invierno<br/>Cítricos<br/>Olivos<br/>Viñedos</i>   |
| <b>Relaciones clima y agricultura</b>     | Correlaciones                                   | <i>Mapas de correlación. Identificación de meses de influencia.</i>  |
|   | Efectos de extremos climáticos                  | <i>Mapas compuestos de variables climáticas regionales y a gran escala para extremos de producciones. Justificación de los efectos del clima en producciones</i> |
| <b>Modelos y simulaciones</b>             | Estadísticos                                    | <i>Regresión</i>   |
|   | Dinámicos                                       | <i>Simulación DSSAT</i>  |

### 3.2 Recursos para el desarrollo del proyecto

Para llevar a cabo este proyecto docente hemos utilizado recursos bibliográficos, programas informáticos y datos climáticos y agrícolas. Los principales recursos bibliográficos están referenciados a lo largo de la memoria, otros complementarios se indican en el aula virtual de la USAL. La referencia a los datos utilizados se mostró previamente en la memoria. Por ello, en esta sección se enfoca hacia los recursos informáticos específicos del proyecto.

Se utilizan tres tipos de soporte:

- GrADS orientado a las representaciones gráficas aunque también permite llevar cálculos para el análisis.
- MATLAB orientado al cálculo y procedimientos estadísticos.
- DSSAT para las simulaciones agrícolas.

**GrADS** es un soporte informático para el trabajo con grandes bases de datos climáticos en formato [NetCDF](#) (Network Common Data Form). Los datos se organizan en cinco dimensiones (Latitud, longitud, niveles, tiempo y tipo de datos, por ejemplo el modelo). Incorpora numerosas funciones matemáticas de interés meteorológico programadas, y otras nuevas funciones se pueden incorporar y realizar operaciones de forma rápida con grandes matrices de datos. Las graficas que proporciona son muy variadas y, en gran medida, para aplicaciones geofísicas. Esta herramienta ha sido implemetada para su uso en esta universidad por la profesora responsable de este proyecto desde que

## APLICACIÓN DE SIMULACIONES AGROCLIMÁTICAS PARA EL ESTUDIO DE RELACIONES ENTRE EL CLIMA Y PRODUCCIONES AGRÍCOLAS

imparte la enseñanza de Climatología a alumnos de Físicas. Algunos de los programas fueron ya publicados en la memoria del proyecto docente ID09/206 y en otros anteriores de la Junta de Castilla y León.

**MATLAB** es un soporte informático con licencia en esta universidad y que permite llevar a cabo algunas experiencias estadísticas. La financiación se aplicó para adquirir dos “toolbox” para tratamiento de datos y series temporales. Sin embargo, por no ser libre estamos trabajando para implementar estas experiencias en lenguaje R.

El programa **DSSAT** (Decision Support System for Agrotechnology Transfer), es una herramienta para simular producciones agrícolas. Esta aplicación requiere licencia, pero es asequible. La utilización del programa puede tener una gran complejidad si se persiguen detalles relacionados con las propiedades del terreno y tratamientos. Pero el objetivo del uso de este programa es obtener la influencia del clima en cultivos y, por lo tanto, se simplifica la aplicación mediante la fijación de otros condicionantes. En estas experiencias no se pretende que los estudiantes conozcan los detalles de cómo se representan los diferentes procesos, ya que ello requiere conocimientos más avanzados para los que estos estudiantes aún carecen de formación. Lo que realmente se persigue es proporcionar una introducción a esta herramienta, con el fin de motivar los siguientes estudios y, también, dar la opción de continuar el trabajo de la simulación agroclimática en futuras investigaciones o en profesiones técnicas. La Figura 1 muestra la interactividad que proporciona el programa DSSAT. Permite diferentes simulaciones, tratamientos, análisis y datos. El programa viene con la documentación y ejemplos de aplicaciones.

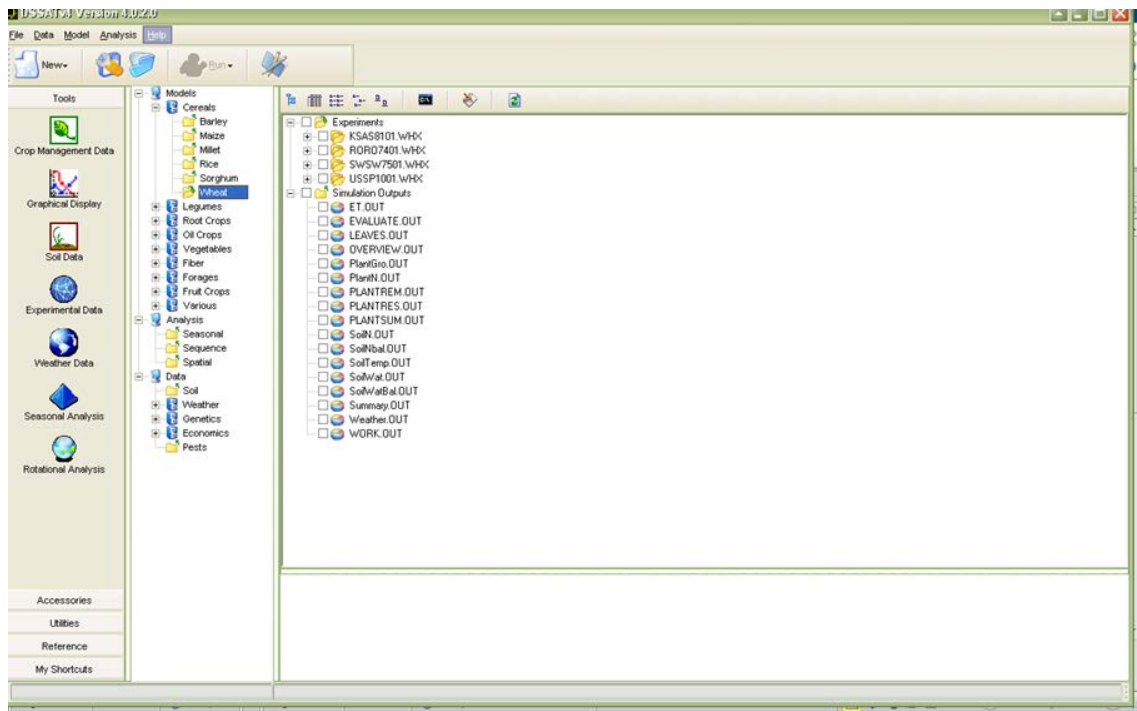


Figura 1: Ventana del programa DSSAT.

## 4 Resultados

Siguiendo el esquema de actividades de la memoria, se presenta a continuación algunos resultados concretos y específicos de este proyecto: a) un ejemplo de cuestión propuesta en el examen final para justificar los conocimientos sobre las características climáticas locales; b) los resultados que se obtienen sobre las relaciones empíricas entre producciones agrícolas y clima; c) otros detalles en relación a las simulaciones agrícolas. El trabajo que se realiza sobre la actividad descriptiva climática no se incluye porque es bastante parecido al presentado en las memorias de anteriores proyectos.

### a) Ejemplo de actividad descriptiva: Cuestión planteada en el examen.

Indicar la correspondencia entre los climogramas y los lugares indicados en el mapa: SS (San Sebastián), ZA (Zamora), VL (Valencia), AL (Almería). ¿A qué región climática pertenecen estos lugares según la clasificación de Font? ¿Qué clima le corresponde según la clasificación de Köppen?

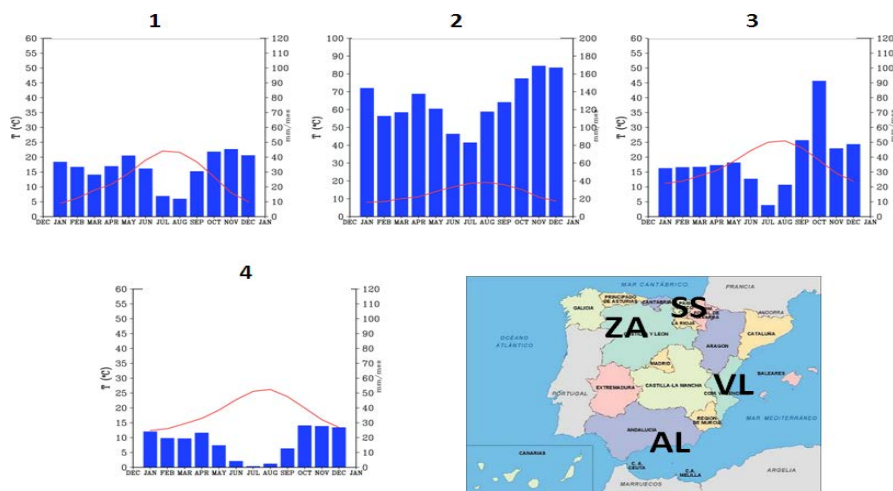


Figura 2: Climogramas de lugares de España con climas diferentes.

### b) Ejemplos de actividad descriptiva de producciones agrícolas

Un ejemplo de estas actividades se muestra en la Figura 3 con las series de producciones iniciales y las anomalías de producciones respecto a la tendencia que son con las que trabajamos, ya que la tendencia, probablemente, tiene justificación relacionada con el desarrollo tecnológico y no con variaciones climáticas.

Las figuras 4 y 5 son ejemplos de la influencia de condiciones climáticas de las variables temperatura y precipitación en diferentes producciones. Sin embargo, estos efectos se aprecian de forma más acusada para otras variables climáticas derivadas como grados día de crecimiento, días de helada, rachas húmedas y secas, índices de sequía, etc. cuyo estudio se realiza en las clases prácticas y se asigna como tareas. Los efectos dependen del mes y cultivo, lo cual se justifica por el ciclo vegetativo de cada cultivo. Los estudiantes comprenden, a través de estas experiencias, la importancia de la variabilidad climática y de los cambios de clima para la agricultura. El significado de estas representaciones necesita de algunos parámetros y términos estadísticos que se explican en clase.



APLICACIÓN DE SIMULACIONES AGROCLIMÁTICAS PARA EL ESTUDIO DE RELACIONES ENTRE EL CLIMA Y PRODUCCIONES AGRÍCOLAS

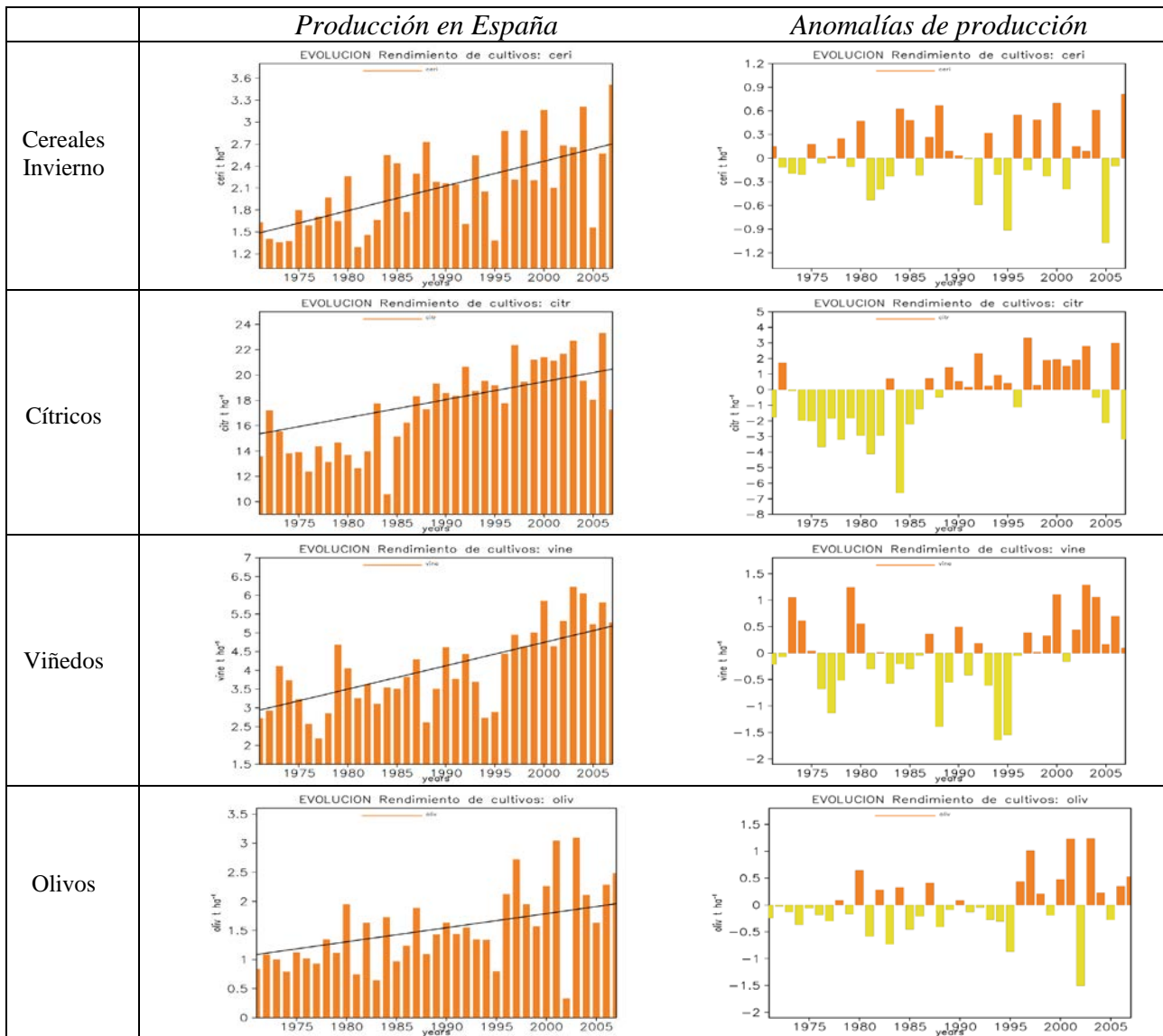
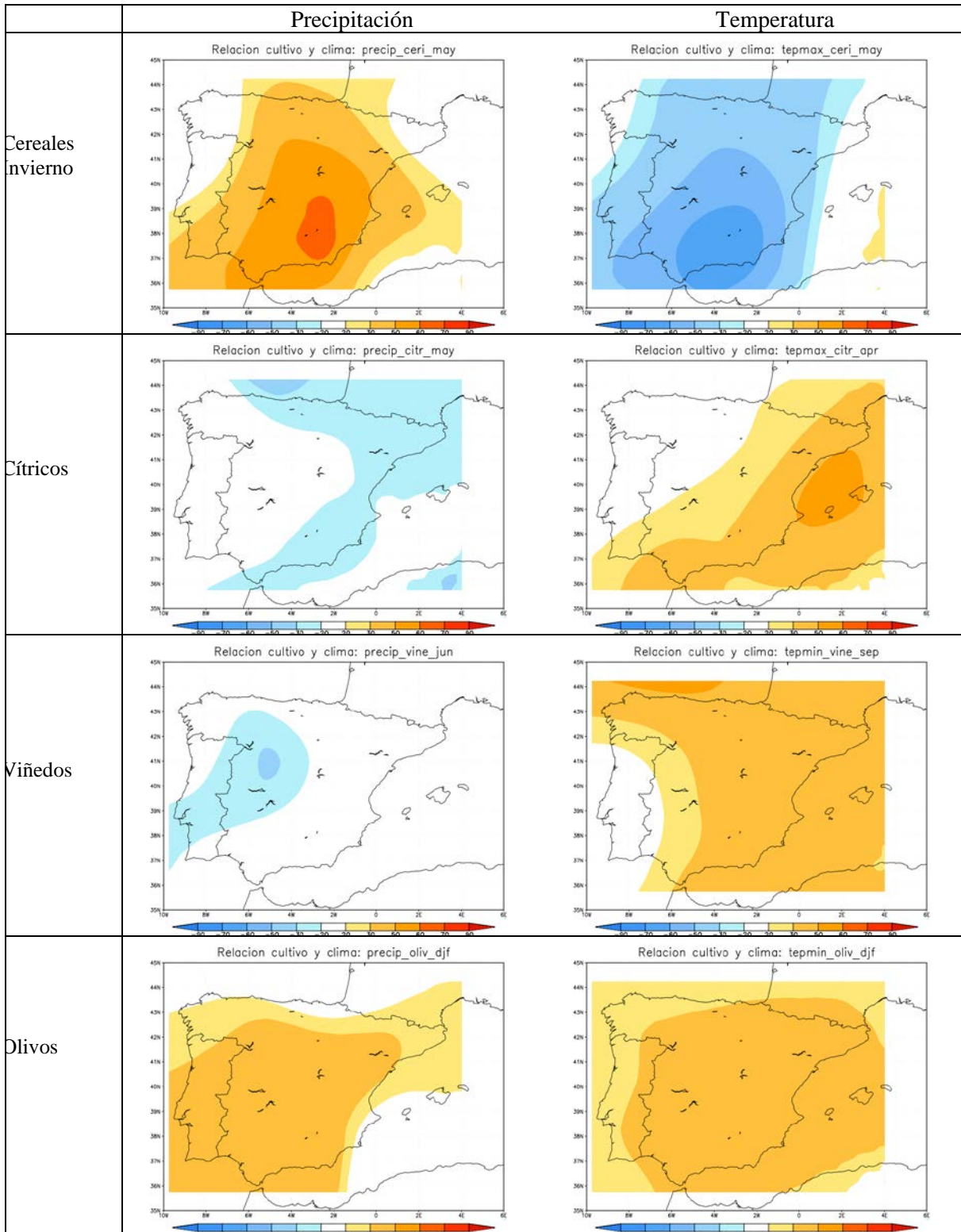


Figura 3: Series temporales de producciones agrícolas.

# APLICACIÓN DE SIMULACIONES AGROCLIMÁTICAS PARA EL ESTUDIO DE RELACIONES ENTRE EL CLIMA Y PRODUCCIONES AGRÍCOLAS

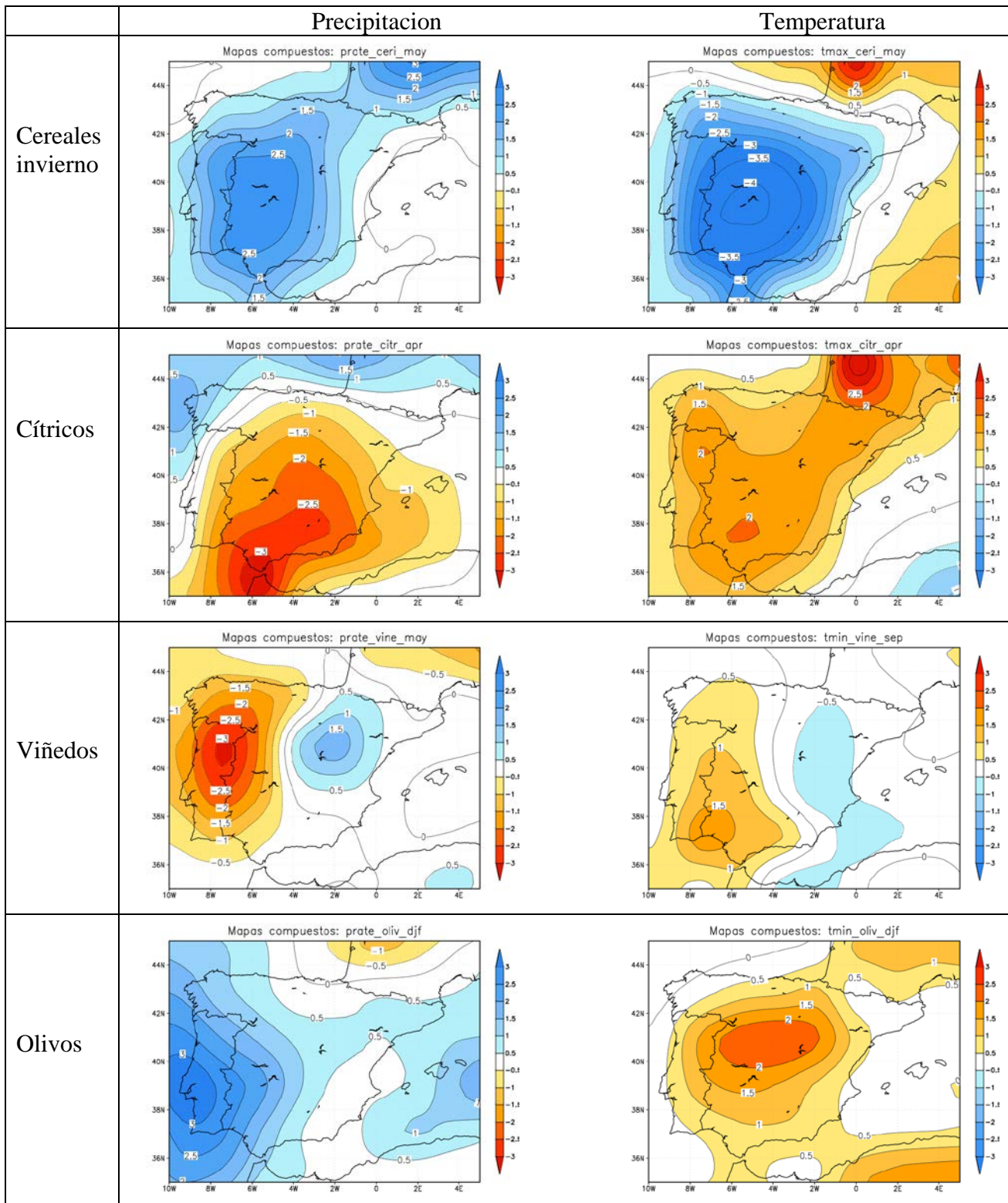
*Ejemplos de relaciones de producciones agrícolas y variables climáticas: temperatura, precipitación*



*Figura 4: Correlaciones (x 100) de producciones agrícolas y las variables temperatura y precipitación.*

# APLICACIÓN DE SIMULACIONES AGROCLIMÁTICAS PARA EL ESTUDIO DE RELACIONES ENTRE EL CLIMA Y PRODUCCIONES AGRÍCOLAS

*Ejemplo de influencia de condiciones climáticas en años extremos de producciones*



*Figura 5: Mapas compuestos de anomalías de precipitación y temperatura para años con producciones agrícolas abundantes y escasas.*

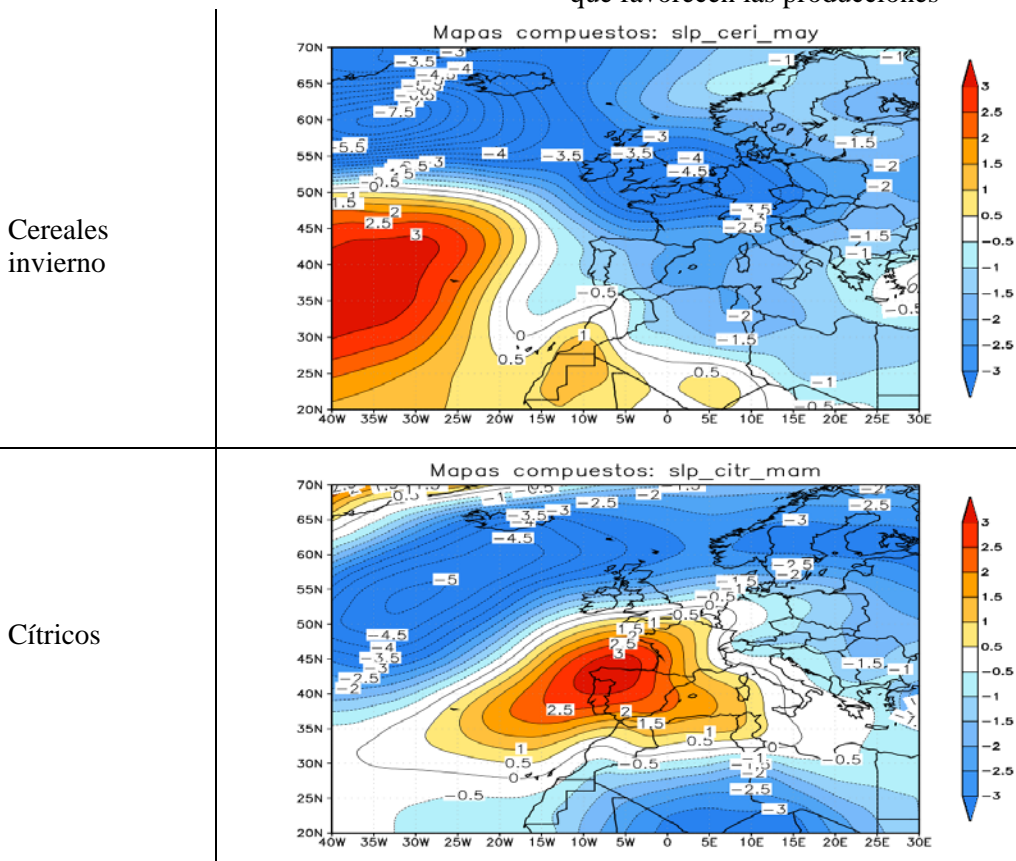
## APLICACIÓN DE SIMULACIONES AGROCLIMÁTICAS PARA EL ESTUDIO DE RELACIONES ENTRE EL CLIMA Y PRODUCCIONES AGRÍCOLAS

### *Ejemplos de justificación de las relaciones encontradas*

Una de las preguntas que se sugiere es sobre la necesidad de justificar y sintetizar las relaciones obtenidas entre las diferentes variables climáticas y las producciones agrícolas. Es decir, si otras variables físicas pudieran recoger las condiciones atmosféricas energéticas y dinámicas requeridas por los cultivos. Una aproximación al problema se puede comprender mediante la representación de los mapas de presión al nivel del mar.

La Figura 6 muestra como situaciones de bajas presiones sobre la península en la primavera son adecuadas para buenas producciones de cereales de invierno, sin embargo perjudicarían a las producciones de cítricos que requieren altas presiones en primavera. Las bajas presiones conducen a precipitaciones abundantes y bajas temperaturas máximas, mientras que lo contrario sucede con las altas presiones. Estos resultados justifican lo observado en las Figuras 4 y 5. De esta manera, los estudiantes relacionan producciones con condiciones climáticas y tipos de tiempo. Además se consigue explicar las anomalías de producciones de las series temporales de la Figura 3.

Mapas compuestos de anomalías de presión al nivel del mar. Indican los tipos de tiempo que favorecen las producciones



*Figura 6: Mapas de anomalías de presión al nivel del mar para años de producciones abundantes y escasas para cereales y cítricos.*

## APLICACIÓN DE SIMULACIONES AGROCLIMÁTICAS PARA EL ESTUDIO DE RELACIONES ENTRE EL CLIMA Y PRODUCCIONES AGRÍCOLAS

### c) Ejemplos de simulaciones agroclimáticas

Otra forma de modelizar las relaciones climáticas y producciones se consigue mediante modelos dinámicos del crecimiento y desarrollo de cultivos. Esta metodología incluye muchos procesos y factores, dependiendo de la radiación, en particular de la fotosintéticamente activa, la evapotranspiración etc. Estos modelos son complejos porque hay que considerar otros datos relacionados con los tipos de suelo y las características de la planta. A la hora de aplicarlos surgen numerosos problemas y es preciso considerar bastantes simplificaciones. Consecuentemente los resultados difieren de la realidad. Posteriormente, hay que efectuar valoraciones entre los datos simulados y reales y ajustar el modelo a las características particulares de la zona de estudio.

En la Figura 7 se muestra un ejemplo de simulación para el trigo en función de la variación de los datos climáticos. Aunque la experiencia fue especialmente diseñada para estos estudiantes, no fue posible profundizar en los detalles del procedimiento de ejecución por razones previamente comentadas y que se valoran en la siguiente sección. Sin embargo, esta experiencia puede ser aplicada a estudiantes con conocimientos más avanzados, por ejemplo, de máster.

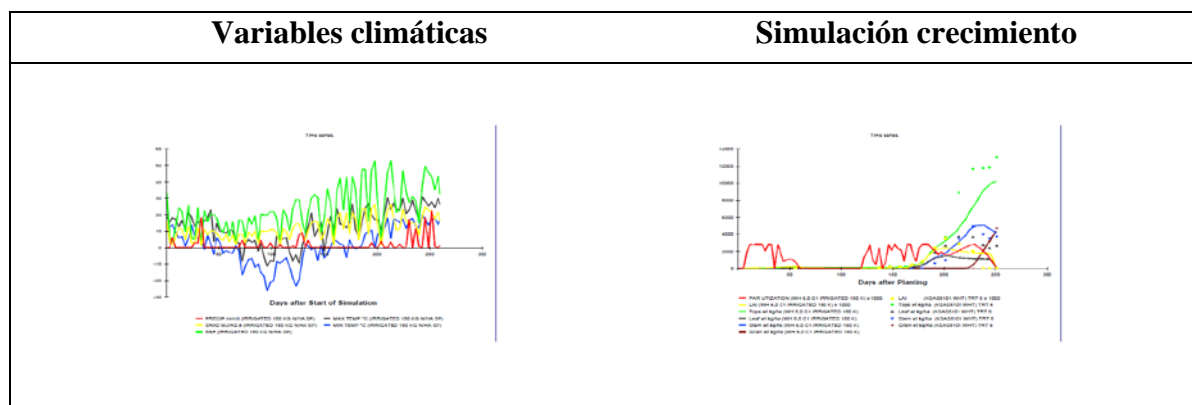


Figura 7: Simulación del crecimiento de trigo en función de variables climáticas.

## 5 Valoración de resultados

Este proyecto fue aplicado a la asignatura Geología y Climatología con estudiantes de Ingeniería Agroalimentaria. Son los primeros alumnos del grado y han sido objeto de nuevas experiencias metodológicas de enseñanza.

Las primeras impresiones fueron gratificantes pues los estudiantes mostraban su interés mediante preguntas oportunas. Sin embargo, el trabajo de enseñar el análisis de datos fue realmente arduo y se necesitó más tiempo del previsto. Otras experiencia, en este sentido, fueron desarrolladas con estudiantes de 4º curso de Físicas. Comparando a los dos tipos de estudiantes he podido comprobar que la escasez de madurez de los primeros dificulta la aplicación de la metodología de enseñanza del EEES a estudiantes de primeros cursos.

Además, los resultados de las tareas propuestas fueron poco gratificantes, indicándome la necesidad de dedicar más tiempo a la enseñanza práctica y de llevar a cabo un mejor control de las tareas en las propias horas de clases prácticas. A raíz de estos resultados, la planificación de la asignatura se veía alterada y fue necesario reorientar la enseñanza hacia aspectos centrados en la temática agroclimática, y prescindir de otros temas climáticos cuyo seguimiento presentaba ciertas dificultades para estos estudiantes. Por ejemplo, dediqué más tiempo a los temas del clima de la península Ibérica para obtener las relaciones con producciones agrícolas de interés en España y

## APLICACIÓN DE SIMULACIONES AGROCLIMÁTICAS PARA EL ESTUDIO DE RELACIONES ENTRE EL CLIMA Y PRODUCCIONES AGRÍCOLAS

prescindí de los estudios sobre procesos climáticos globales. Las presentaciones y prácticas se entregaron a través del campus virtual de la USAL, [STUDIUM](#).

Este cambio de orientación de la asignatura produjo mejoras en la realización de las tareas, aunque había impuntualidad en las entregas. La metodología de asignación de tareas también la empleo con estudiantes de la “licenciatura” de Físicas y, de la misma manera indicada anteriormente, y detecto notables diferencias no solo en la realización del trabajo sino en la responsabilidad de las entregas.

Otra actividad del curso es el trabajo colaborativo, los estudiantes se distribuyen en grupos para realizar un trabajo empírico sobre la influencia del clima en producciones agrícolas. Por los motivos anteriormente mencionados, la parte práctica fue realizada en clase y se asigna a los estudiantes que completen el trabajo, mediante búsqueda en la web o bibliográfica, y organicen la presentación para exponerlo delante de sus compañeros, así como para entregar el documento con el contenido del estudio. El resultado de la experiencia demostró, en general, falta de coordinación. La justificación dada por los estudiantes se basó en la cantidad de trabajos que tenían que entregar en esas fechas. Sin embargo, los documentos de trabajo los confeccionaron con mayor esmero. El contraste de presentación fue bastante grande entre los estudiantes de primero de grado y 4º de Físicas. Por consiguiente, se confirma que la metodología del EEES es adecuada y efectiva para estudiantes de cursos avanzados. La Figura 8 muestra ejemplos de fotografías de los estudiantes de Ingeniería Agroalimentaria durante la exposición del trabajo.

### Cítricos



### Olivos



#### *d) Comentarios de estudiantes*

*Como fortalezas señalan la enseñanza de GrADS, la realización de las prácticas y complementariedad entre teoría y prácticas. La realización del trabajo en grupo.*

*Como debilidades señalan asignación de demasiadas tareas.*

## 6 Conclusiones

---

Considero interesante presentar aquí un resumen de valoración sobre las experiencias de metodologías de este proyecto aplicadas en docencias de primero y cuarto curso.

### Estudiantes de Ingeniería Agroalimentaria

- Fortalezas
  - Los estudiantes tienen gran interés por estudios de variabilidad climática, cambio climático y su impacto en producciones agrícolas.
  - Relacionan los resultados con sus propias experiencias y preguntan cuándo obtienen resultados que contradicen su percepción.
  - Una vez que aprenden la metodología de análisis de datos, hacen numerosas preguntas sobre la interpretación de resultados.
- Debilidades
  - La experiencia sobre simulaciones dinámicas agroclimáticas fue complicada llevarla a la práctica por el nivel de los estudiantes y el carácter básico de la asignatura. Sin embargo, se introdujo al estudiante en este tema para que pueda retomar este trabajo en estudios más avanzados.
  - Necesidad de reorientar la asignatura centrándome en temas básicos porque son estudiantes con formación bastante básica y suprimir otros porque esta parte de la asignatura solo tiene tres créditos.
  - Realizan de forma bastante superficial las tareas y no las entregan puntualmente. Los estudiantes indican exceso de tareas asignadas en las diferentes asignaturas.
  - Realizan el trabajo colaborativo con escasa coordinación.

### Estudiantes de Climatología de la licenciatura de Físicas

- Fortalezas
  - Se familiarizan enseguida con el programa de análisis de datos.
  - Se interesan por procesos climáticos, teleconexiones y climas severos.
  - Realizan bastante bien las tareas.
  - En general, presentan muy bien los trabajos en grupos.
- Debilidades
  - Se confían en el trabajo realizado a lo largo del curso y fallan en cuestiones básicas en el examen final.

## Referencias

---

- Aguado E. and Burt J.E. (2007) Understanding Weather & Climate. Pearson Prentice Hall.
- Ahrens G.D. (2009) Meteorology Today. Books /Cole. Cengage Learning.
- Doty, B., Holt, T., and M. Fiorino (1995). The Grid Analysis and Display System. GrADS. (<http://www.iges.org/grads/>).
- Elias Castillo F. y Castellví Sentis F. (2001) Agrometeorología.

## APLICACIÓN DE SIMULACIONES AGROCLIMÁTICAS PARA EL ESTUDIO DE RELACIONES ENTRE EL CLIMA Y PRODUCCIONES AGRÍCOLAS

Font Tullot I. (2000) Climatología de España y Portugal. Ediciones Universidad de Salamanca.

Mavi H.S. and Tupper G.J. (2004) Agrometeorology Principles and Applications of Climate studies in Agriculture. Food Products Press

---

### Anexo

---

*Programa para realizar las experiencias: Disponibles en el campus virtual Studium de la USAL en la asignatura Geología y Climatología.*

*Persona de contacto: [concha@usal.es](mailto:concha@usal.es) (responsable del proyecto)*