



UNIVERSIDAD  
**COMPLUTENSE**  
MADRID

**Proyecto de Innovación**

**Convocatoria 2018/2019**

**Nº de proyecto 219**

**Los juegos del agua: el desafío de las aguas subterráneas**

**Responsable  
Lucía De Stefano**

**Facultad de Ciencias Geológicas**

**Departamento de Geodinámica, Estratigrafía y Paleontología**

## 1. Objetivos propuestos en la presentación del proyecto

El objetivo general del proyecto ha sido adaptar y mejorar un juego de rol sobre la gestión de las aguas subterráneas para utilizarlo principalmente con estudiantes de grado y máster, pero también utilizable en la educación secundaria y con profesionales relacionados con el ámbito de la gestión del agua. Se ha realizado la actualización y mejora de un juego (Artichoc) que desarrolló hace años un instituto de formación francés (Lisode). El juego tiene una duración aproximada de 2,5 horas y ayuda a despertar el interés del alumnado sobre los retos del uso y gestión de las aguas subterráneas, haciéndoles por tanto receptivos a los contenidos teóricos relacionados que se explican en las clases siguientes (medidas de gestión del agua, normativa, etc.).

Así el objetivo específico de esta actividad es fomentar la participación activa de los alumnos/as de manera que aprendan jugando cuáles son los factores clave, intereses y decisiones que entran en juego a la hora de gestionar un acuífero con un uso intensivo de las aguas subterráneas para fines agrícolas. El juego posiciona a los estudiantes en el papel de agricultores de alcachofas regadas con aguas subterráneas. Los agricultores cada año deben gestionar su producción y beneficios, así como el uso del agua y del suelo. Dos alumnos tienen el papel del Organismo de cuenca encargado de gestionar el acuífero, de manera que aprenden cuál es su rol, funciones y responsabilidades.

El desarrollo del juego se apoya sobre un modelo de simulación de comportamiento del acuífero que en el juego original está programado en un lenguaje de programación obsoleto y que ya no funciona correctamente. Por tanto, hacía falta redefinir el funcionamiento del modelo de simulación y programarlo de nuevo. Además, resultaba preciso mejorar otros materiales que se utilizan para el desarrollo del juego como son las tarjetas de eventos, parcelas y dinero, para que se adapten mejor a la realidad española, además de aprovechar la oportunidad de traducir todos estos materiales al castellano, dado que el juego se encontraba disponible solo en francés y en inglés.

El principal valor de la actividad es que permite que los alumnos se acerquen al conocimiento a través de la experimentación en primera persona y que entiendan a través de esa experiencia el valor y la utilidad de los conceptos teóricos que se imparten después de la realización del juego de rol. De esta forma, el juego se utiliza como una clase introductoria que facilita posteriormente el desarrollo de las clases teóricas sobre la temática de la gestión de los recursos hídricos.

## 2. Objetivos alcanzados

La actualización y adaptación de los materiales necesarios para el desarrollo del juego han permitido mejorar su utilización, y por tanto, los resultados de aprendizaje previstos:

- ✓ **Mejora en la comprensión de los conceptos relacionados con la gestión de las aguas subterráneas:** El juego permite mostrar de manera concreta y aplicada las principales variables, factores, y problemas que surgen en el uso y gestión de las aguas subterráneas en particular y de la gestión del agua en general.
- ✓ **Adquisición de conocimientos y acercamiento a la realidad compleja de la gestión de las aguas subterráneas,** Los alumnos, en el rol de agricultores mayoritariamente, tienen que diseñar su propia estrategia productiva y relacionarse con otros agricultores y con el organismo de cuenca, experimentando de esta manera la diversidad de intereses, comportamientos y actitudes que en buena medida se encuentran en la realidad.

Para el alcance de estos objetivos ha sido necesario el logro de una serie de objetivos intermedios o instrumentales:

- **Actualización del modelo de simulación del funcionamiento del acuífero**, realizando una reprogramación del mismo que permite la continuidad de su uso al hacerlo compatible con los ordenadores actuales;
- **Actualización y mejora de los materiales necesarios para el desarrollo del juego**, mediante la revisión y rediseño de materiales explicativos y fichas, de manera que se facilita la explicación y desarrollo del mismo.
- **Traducción del juego al castellano**, ya que el material original estaba disponible solo en inglés y francés.

El juego aborda una temática que se encuentra contemplada en el temario de las asignaturas de Cuantificación y Gestión de Recursos Hídricos del Máster en Geología Ambiental y en la asignatura de Hidrogeología del Grado en Ingeniería Geológica y del Grado en Geología impartidas por los docentes involucrados en esta propuesta. También es posible utilizar el juego en cualquier materia que aborde el tema de la gestión de los recursos hídricos en otras facultades como la de CC. Biológicas, entre otras.

El juego de rol aplicado a la enseñanza permite el desarrollo de competencias del alumnado, logrando un aprendizaje más completo y duradero. Este tipo de procesos también promueve la reflexión, el desarrollo de habilidades de comunicación y análisis aplicado a una realidad concreta, lo cual facilita la comprensión del tema. Es de señalar que la Universidad Complutense apuesta por este tipo de técnicas docente. Muestra de ello es la organización de un curso de formación docente titulado “Gamificación y otras metodologías activas en educación” que atendió la coordinadora de este proyecto de innovación docente en 2018.

### 3. Metodología empleada en el proyecto

Para actualizar y mejorar el juego original se llevaron a cabo cuatro actividades, desarrolladas entre febrero y junio de 2019:

**a) Revisión de materiales e identificación de necesidades de mejora** El material revisado incluye:

1. Fichas de presentación del juego e instrucciones
2. Fichas de parcela
3. Fichas de permisos de profundización de pozos
4. Fichas de eventos,
5. Ficha rol organismo de cuenca
6. Fichas estrategia agricultores (evaluación ex-ante)
7. Plantillas de seguimiento de cada ronda
8. Billetes (dinero)
9. Ficha de evaluación expost y sobre el grado de satisfacción del juego

Dichos materiales han sido traducidos al castellano, editados con un formato más atractivo y con mejor resolución, y han sido impresos y plastificados para aumentar su durabilidad y reutilización. También se han reorganizado y editado las fichas de evaluación expost y final sobre el grado de satisfacción del juego.

**b) Diseño y programación del modelo de simulación de funcionamiento del acuífero.** El programa informático necesario para guiar el juego consiste en la simulación del funcionamiento de un acuífero que representa su nivel piezométrico cada año, el cual varía en función del uso de agua realizado por los agricultores. Después de considerar varias opciones y teniendo en cuenta la importancia de no depender de un lenguaje de

programación que está continuamente actualizándose, se decidió preparar el modelo utilizando la herramienta de programación de Macros del programa MS Excel. Esta tarea ha incluido la comprensión del funcionamiento del modelo original, la programación del nuevo y el testeo de su correcto funcionamiento.

**c) Mejora de los materiales de apoyo y complementarios.** Se han mejorado los materiales de apoyo y complementarios que sirven de guía para explicar el juego, facilitar su desarrollo y mejorar el impacto del “debriefing” que se realiza tras la realización del juego. En particular se ha elaborado una guía del facilitador donde se explicitan paso a paso las acciones que hay que ir desarrollando a lo largo del juego y se ha mejorado la descripción escrita del juego, que se facilita a los alumnos como guía del juego.

**d) Testeo del juego con el alumnado.** Como última tarea se ha utilizado con un grupo de alumnos para testear su idoneidad.

#### 4. Recursos humanos

La responsable del proyecto – Lucia De Stefano - se ha encargado de coordinar todas las actividades previstas, así como del control de calidad de los resultados. También ha sido encargada junto con Esperanza Montero González de poner en práctica el testeo de los nuevos materiales.

Fermín Villarroya Gil y Esperanza Montero González han colaborado en la revisión de los materiales, especialmente en relación con el modelo de simulación del acuífero.

Antonio Bolinches Quero y Julia Urquijo Reguera han sido los encargados de la reprogramación del modelo de simulación de funcionamiento del acuífero y de su testeo y puesto a punto. Asimismo, han participado en la revisión, edición y mejora de los materiales de apoyo y complementarios.

#### 5. Desarrollo de las actividades

Las actividades se han desarrollado según la metodología expuesta en el apartado 3 de este informe.

El juego actualizado y adaptado ha sido probado en un curso sobre hidrogeología y gestión de recursos hídricos impartido por las profesoras Lucia De Stefano y Esperanza Montero a un grupo de 20 técnicos agrícolas de la empresa multinacional Driscoll's en Huelva el día 27 de junio de 2019. Los participantes asesoran los agricultores sobre el cultivo de frutos rojos en el sur de España y Portugal y gran parte de su producción utiliza aguas subterráneas. Los técnicos participantes no estaban familiarizados con los conceptos de gestión del agua subterránea y por tanto representaban un alumnado muy idóneo para el testeo.

Al principio de la actividad los alumnos, divididos en parejas o grupos de tres, eligieron su rol (agricultores o funcionarios del organismo de cuenca) y leyeron la ficha de instrucciones proporcionadas. A continuación el *game master* (De Stefano) pidió tanto los agricultores como el organismo de cuenca escribir su estrategia de actuación en una ficha proporcionada a tal efecto. Después de una sesión de aclaraciones se empezó el juego, organizado en rondas que representaban temporadas anuales de riego, en la que los agricultores debía decidir cuántas de sus parcelas regar, si profundizar su pozo para asegurar la disponibilidad del agua y si tomar medidas para asegurar la consecución de sus objetivos (compra de nuevas parcelas, acuerdos con regantes vecinos...). La Prof. Montero estaba encargada de manejar el programa que simulaba la explotación del acuífero y también de gestionar la compraventa de parcelas y la profundización de los

pozos. Al final de cada ronda los agricultores recibían los beneficios de su actividad dependiendo de la extensión de su finca y del nivel del agua en su pozo, que, a su vez, dependía de las actuaciones de sus vecinos. Al mismo tiempo el organismo de cuenca actuaba para intentar gestionar el rápido desarrollo de los recursos subterráneos en la zona y sus efectos sobre un humedal protegido dependiente de las aguas subterráneas. De Stefano se encargó de marcar los tiempos de las temporadas de riego y de dinamizar la actividad actuando, según el momento y las necesidades del juego, como representante del ministerio de medio ambiente o del ministerio de agricultura.

Al final del juego, pero como una parte integrante de ello, se pidió a los alumnos evaluar por escrito (utilizando una ficha específica) si habían podido desarrollar la estrategia definida al principio y qué dificultades habían encontrado. A continuación De Stefano guió a los alumnos en el “debriefing” del juego, ayudándoles a reflexionar sobre lo que habían experimentado y a relacionarlo con casos reales en los que se dan problemáticas y medidas parecidas a las que suelen surgir en el juego. En particular, les ayudó a identificar: a) los retos técnicos, sociales, legales y económicos asociados a la gestión del agua subterránea; b) las consecuencias del uso intensivo y poco planificado de los recursos subterráneos; c) las medidas y estrategias que pueden adoptar los usuarios – de forma individual o colectiva – para mejorar la gestión de un acuífero; y d) las medidas y estrategias que pueden aplicar las autoridades para conseguir un uso más sostenible de las aguas subterráneas. Esto se consiguió en diálogo con el alumnado. Los participantes se involucraron de manera activa en el juego y en la clase teórica posterior, relativa a medidas de gestión del agua en España, la normativa española europea en materia de gestión y planificación de gestión de recursos hídricos y el sistema de derechos de agua en el sistema jurídico español. La participación activa del alumnado durante toda la actividad y la clase teórica y la evaluación final de la sesión de formación confirmó que el juego funcionaba satisfactoriamente para acercar a los alumnos a la gestión de las aguas subterránea desde la experiencia directa.

## 6. Anexos

*Imágenes del testeo del juego en Huelva el 27 de junio de 2019*



*Los alumnos definiendo su estrategia de juego. Cada mesa representa una finca agrícola.*



*Los alumnos interactúan para buscar soluciones la bajada de los niveles de agua en sus pozos debido al uso intensivo de las aguas subterráneas*



*Actividad de debriefing para ayudar a los alumnos a reflexionar sobre el desarrollo del juego a partir de su experiencia y relacionándola con casos reales de acuíferos sobreexplotados en España.*