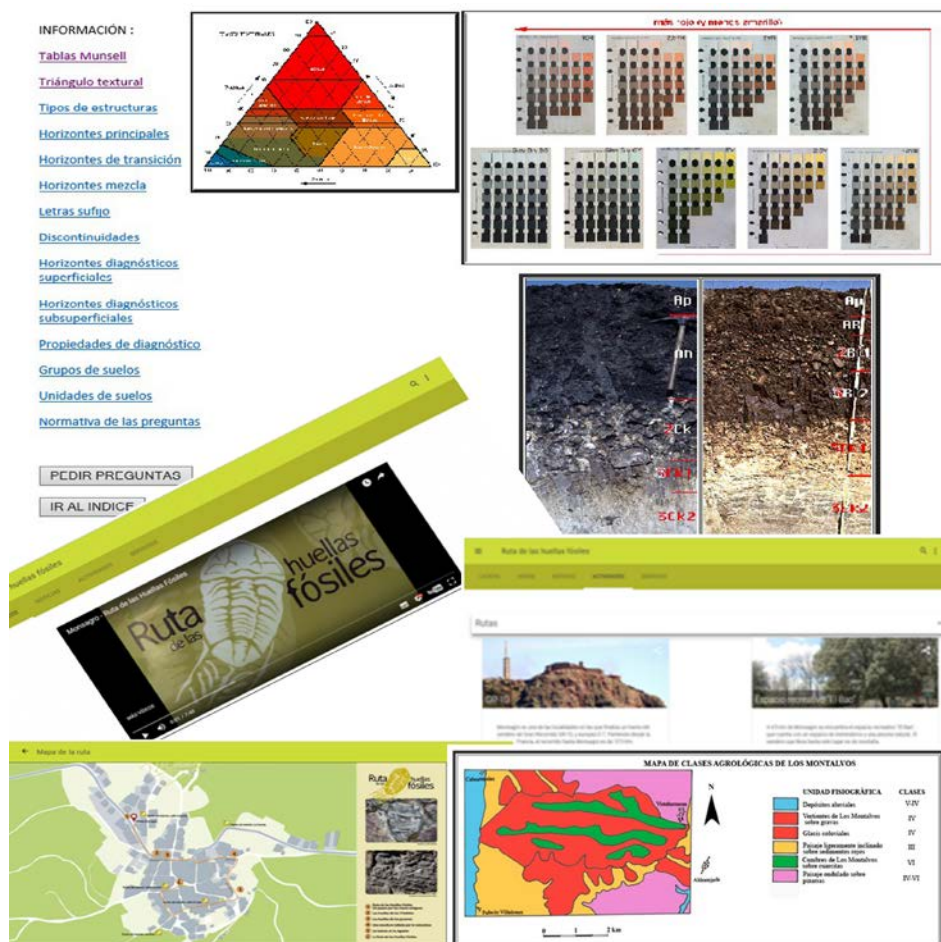




Memoria de ejecución Proyecto Innovación Docente

ID 2016/ 141



IMPLEMENTACIÓN EN NUEVAS TECNOLOGIAS (SMARTPHONE, TABLETS....)
DE GEORECURSOS DIDÁCTICOS INTERACTIVOS Y CREACION SOFTWARE
MULTIMEDIA PARA EL APRENDIZAJE DE LA REALIZACIÓN DE CARTOGRAFÍA
DE SUELOS.

Proyectos de **Innovación y Mejora Docente** de la Universidad de Salamanca para su
ADAPTACION AL ESPACIO EUROPEO DE EDUCACIÓN SUPERIOR

DIRIGIDO A LA SRA. VICERRECTORA DE DOCENCIA DE LA
UNIVERSIDAD DE SALAMANCA

Coordinador: Dr. Antonio Miguel Martínez Graña.
Dpto. Geología-Facultad de Ciencias
Universidad de Salamanca.



Contenido

Introducción.....	3
Objetivos del proyecto	4
Equipo de Trabajo	5
Descripción del Proyecto	6
Resultados Obtenidos	7
Conclusiones	14



Introducción.

Este proyecto desarrolla georecursos, concretamente una geoapp, que sirva de apoyo a “La Ruta de las Huellas Fósiles”, de la localidad salmantina de Monsagro, donde se realiza por sus calles un recorrido didáctico en torno al tema de los fósiles que en esta zona se pueden encontrar y podemos ver expuestos en las fachadas de las casas de la población. En este recorrido ya existen unos paneles informativos/explicativos en los que los geomonitores que, durante los meses del verano, realizan allí sus prácticas, se apoyan para mostrar a los visitantes lo que se les trata de explicar. Pero el contenido en estos carteles es algo reducido, aunque también existen unos códigos QR, que muestran más contenidos, a disposición de aquel que quiera ampliar sus conocimientos. Además, esta app podría mejorar la experiencia del visitante que, en caso de no estar disponible un geomonitor en el momento en el que desea realizar la visita, puede realizar el recorrido por su cuenta.

La app se desarrollará principalmente para dispositivos android aunque cabe la posibilidad de desarrollarlo además en otras plataformas (IOs, Windows Phone,...) para llegar así a un público más amplio.

En esta app se quiere incluir toda esta información de las paradas y su ampliación, acompañado de fotos y audios. En otra sección podemos encontrar los videos explicativos que fueron creados junto al proyecto inicial de la ruta. Otra sección será creada para incluir también los dos videojuegos que se crearon. Una cuarta sección podría incluir noticias relacionadas con Monsagro y su ruta, con enlaces a las noticias, podcast o videos que aparecen los distintos medios de comunicación hablando sobre ello. Finalmente se pueden incluir otras dos secciones, la primera con otros puntos de interés o actividades que se pueden realizar en los alrededores del pueblo, tales como rutas de senderismo, la peña de Francia, las piscinas naturales, etc, y la segunda con información acerca de las casas rurales, bares y restaurantes, comercios, etc, que podemos encontrar en esta localidad.

Además durante la realización del recorrido se podrá interactuar con el entorno, gracias a la inclusión de realidad aumentada, descubriendo fósiles e identificándolos, o pudiendo observar, superpuesto al paisaje, los diferentes estratos que conforman las montañas.

Puede también incluirse un apartado de “Libro de visitas” donde aquellos usuarios que lo deseen puedan dejar algún comentario respecto a la georuta.

Por último, para hacer la aplicación más accesible, se incluirá la posibilidad de mostrar el contenido en el idioma que el usuario seleccione, ya que entre los visitantes que ha tenido ya esta ruta hay gente extranjera. Los idiomas disponibles en un primer momento serían: español, francés, alemán e inglés, con la posibilidad de ampliarse más tarde si fuera necesario o solicitado, como por ejemplo al portugués...



Los textos y la información se redactarán y presentarán de forma que sea comprensible y legible por todos los usuarios que manejarán la aplicación, ya que el rango de edades entre los visitantes es bastante amplio.

En segundo lugar con este programa de innovación docente se introducirá a los estudiantes de varias titulaciones (Ciencias Ambientales, Ingeniería Agrícola, Ingeniería Geológica y Geología) en la metodología para realizar cartografías de suelos, ante la perspectiva de que este tipo de Estudios constituyen una de las salidas profesionales más utilizadas por estos egresados cuando son contratados por empresas de consultorías.

Además, se pretende, con la elaboración de este programa multimedia, realizar una experiencia innovadora y de calidad en el proceso de enseñanza-aprendizaje de las clases prácticas de las asignaturas indicadas anteriormente, y aplicar, a su vez, un sistema de evaluación continua y de auto-evaluación del alumno, ya que el "software" del programa lo llevará incorporado como una herramienta más.



Objetivos del proyecto.

Los objetivos para la creación de un software multimedia para el aprendizaje de la realización de cartografía de suelos son:

- 1) Introducir a los estudiantes de titulaciones relacionadas con el medio ambiente en la metodología para realizar una cartografía temática de suelos, ante la perspectiva de que este tipo de herramientas constituyen una de las salidas profesionales más utilizadas por estos egresados.
- 2) Desarrollar un proyecto innovador de enseñanza-aprendizaje, dirigido a poner en práctica nuevas formas de realizar las clases prácticas de las asignaturas indicadas anteriormente con el fin de facilitar a los estudiantes el autoaprendizaje y un sistema de evaluación continua y de auto-evaluación.
- 3) Estudiar nuevas y mejores metodologías docentes susceptibles de ser implantadas en la Universidad de Salamanca, con la finalidad de involucrarse cada vez más en procesos de mejora de la calidad, sobre todo en el momento actual en el que se va a producir la adaptación de la mayoría de las titulaciones al Espacio Europeo.

Las actividades y recursos generados son utilizados tanto por alumnos como por profesores, sirviendo como recursos didácticos multidisciplinares y interactivos. En algunas actividades realizadas a cabo en este proyecto de innovación docente han participado estudiantes del grado en Geología e Ingeniería Geológica y máster de Enseñanza Secundaria Especialidad Biología y Geología, explicando los contenidos de diferentes puntos de interés geológico, de forma que observa la facilidad con que en destinatario puede o no entender lo que pretende explicar. La utilización de este material docente, potencia el aprendizaje activo de los alumnos, más allá de los modelos tradicionales de enseñanza proclives a una actitud pasiva de los estudiantes



Equipo de Trabajo

MIEMBROS DEL EQUIPO DE TRABAJO:			
NIF	Nombre y apellidos	E-mail	Teléfono
52.491.602-J	Antonio Miguel Martínez Graña	amgranna@usal.es	923294496
24071256-P	Fernando Santos Francés	fsantos@usal.es	923293576
13.077.406-C	José Ángel González Delgado	angel@usal.es	923291523
70917977-F	Anna Elena Chesnais Rodríguez	Annie_chesnais@usal.es	647675787
07.764.709-R	María Filomena Valle Hernández	maruja@usal.es	923291523
07833732-R	María del Rosario Rivas Carballo	crivas@usal.es	923296305
13.116.339-Z	Mariano Yenes Ortega	myo@usal.es	923294488
07802870-M	Ildefonso Armenteros	ilde@usal.es	923294495
50699359-E	Pablo G. Silva Barroso	pgsilva@usal.es	920353500
12356011-C	Pilar Alonso Rojo	palrojo@usal.es	923294527
46590269-C	Carmelo A. Ávila Zarza	caaz@usal.es	923294775
07813302-H	Juan Carlos Gonzalo Corral	jcgonzalo@usal.es	923291598
71093952-D	Marco Criado Nicolás	marcocriadonicolas@gmail.com	923294496
71026064-V	Virginia Valdés Rodríguez	Virginiavaldes2@gmail.com	923294496
28976748-Z	Yolanda Sánchez Sánchez	Yolanda.ss@usal.es	923296317

Descripción del Proyecto.

1. En **primer lugar** para llevar a cabo el diseño de una geoapp que consistirá en una aplicación que sigue un diseño centrado en el usuario. Se ha elegido este método puesto que se tiene en todo momento en cuenta las necesidades, opinión y experiencia del usuario y esto nos permite, mediante los pasos que se siguen en este proceso, prever el grado de aceptación que tendrá esta más adelante, evitando modificaciones costosas ya que se realizan pruebas y modificaciones antes de implementar la aplicación. De esta manera, realizando pruebas con prototipos durante el desarrollo, podemos asegurar que el usuario final podrá manejar sin dificultad y de manera intuitiva la aplicación, lo cual es importante puesto que se espera que esta aplicación sea utilizada por bastantes usuarios y en un rango de edades muy amplio.

La fase del diseño constará de las siguientes etapas:

Investigación:

Inicialmente se debe investigar sobre el campo en el que se va a trabajar, recoger información y realizar una búsqueda de necesidades de los futuros usuarios de nuestro sistema. Una vez obtenida toda la información, con ayuda de esta, se puede pasar al diseño del sistema.

Dentro de esta etapa se pueden distinguir las siguientes subetapas:

- Análisis de la competencia.
- Definición de la audiencia.
- Obtención de la información.

Definición del diseño:

Una vez realizada la investigación y teniendo información sobre el tema a tratar y las necesidades de los usuarios, se comienza a dar forma al sistema definiendo que estilo se seguirá para el diseño, escogiendo colores y tipografías para la interfaz, las pantallas que tendrá el sistema, como se relacionan entre ellas y que acciones llevan a ellas, entre otras cosas.

Dentro de esta etapa se pueden distinguir las siguientes subetapas:

- Flujo de procesos.
- Mapa de la aplicación.
- Diseño.



Prototipado y evaluación con usuarios:

Esta es la parte en la que se pone a prueba el diseño realizado en la fase anterior y se puede ver si se han entendido y satisfecho las necesidades del usuario, mediante la evaluación y aprobación del primer prototipo con usuarios.

Dentro de esta etapa se pueden distinguir las siguientes subetapas:

- Prototipo en papel.
- Prueba con usuarios.
- Conclusiones de la evaluación.

Finalmente para implementar la aplicación se utilizará el entorno de desarrollo multiplataforma Livecode para así realizar más fácilmente el código necesario para cada una de las plataformas en las que se desea implementar la aplicación (Android, ios,...)

2. En **segundo lugar**, en la creación del software multimedia para el aprendizaje de la realización de cartografía de suelos, se establecen varias fases.

Para elaborar un Mapa Temático (Capacidad Agrológica) de suelos de una determinada región geográfica, lo primero que hay que realizar es un proceso de evaluación de suelos, mediante el que se definen las Clases Agrológicas según el USDA (1965), utilizando un amplio conjunto de datos ambientales, morfológicos, físicos y químicos de los suelos. Posteriormente, con los datos obtenidos en el proceso de evaluación se realiza la cartografía interpretativa de suelos. En este programa se enseña a evaluar los suelos según el universalmente reconocido sistema de las Clases Agrológicas (Land Capability Classification del USDA; Montgomery y Kieberg, 1965). De cada suelo se proporcionan datos referentes a características generales de la zona y de la situación donde se encuentra el suelo, clima, datos morfológicos, físicos, químicos y fisicoquímicos, además se muestra una fotografía del perfil y del paisaje así como un mapa con la representación de la unidad cartográfica a que pertenece. Para la evaluación del suelo se utiliza una serie de preguntas consecutivas:

A. PROPIEDADES RELATIVAS AL CLIMA:

1. Pluviometría (Precipitación media anual).
2. Número de meses con actividad vegetativa.
3. Temperatura media del periodo mayo-septiembre.
4. Temperatura media de los meses diciembre-enero.
5. Riesgo de heladas.



B. PROPIEDADES RELATIVAS A LAS CONDICIONES DE LABOREO:

6. Pendiente de la superficie del terreno.
7. Rocosidad.
8. Pedregosidad.

C. PROPIEDADES RELATIVAS AL MOVIMIENTO DEL AGUA EN EL SUELO (EXCESO DE HUMEDAD):

9. Drenaje.

D. PROPIEDADES RELATIVAS A LAS CONDICIONES EN LA ZONA DE DESARROLLO DE RAÍCES:

10. Espesor efectivo o profundidad útil del suelo.
11. Textura.
12. Almacenamiento del agua en el suelo (mm).
13. pH.
14. Capacidad de intercambio catiónico.
15. Conductividad eléctrica (salinidad).
16. Saturación en sodio.
17. Grado de erosión.

Para la autocalificación se comienza con la máxima nota de 10 y cada respuesta errónea se penaliza con un punto negativo.

En esta parte del programa solamente se incluyen los perfiles de suelos más representativos de cada zona geográfica, puesto que es necesario disponer de los datos analíticos (las observaciones de suelos, que poseen solamente datos de campo, no se utilizan para realizar esta evaluación de clases agrológicas).

Resultados Obtenidos

Las actividades realizadas se detallan a continuación y se realizan en diferentes puntos de la provincia de Salamanca.

1. geoApp Ruta de los fósiles, guiada por geolocalización:

En esta aplicación se presenta información acerca de la ruta de los fósiles de Monsagro, tanto la información de los paneles expuestos en las calles a lo largo del recorrido, como vídeos y otros recursos. Además, con esta aplicación el usuario podrá realizar una ruta guiada por geolocalización. Se muestra un mapa al usuario y con el posicionamiento, provisto por el GPS del dispositivo, se le mostrará la posición en tiempo real dentro del recorrido. Dentro del mapa se encuentra la ruta a seguir y una serie de paradas y puntos de interés, los cuales, tras ser pulsados, mostrarán la información correspondiente a la parada o una foto del punto de interés. Para desarrollar esta parte, se ha hecho uso de la API de Google Maps (Fig. 1):

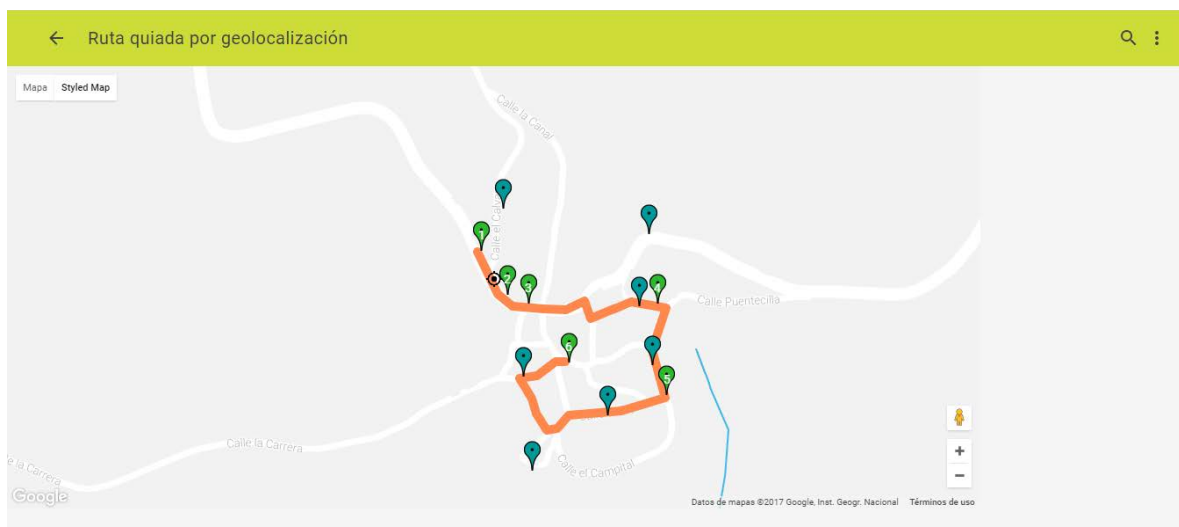


Figura 1. Pantalla de la ruta guiada por geolocalización

Se desarrolla esta aplicación web debido a la diversidad de sistemas operativos presentes en los distintos dispositivos móviles (smartphones, tablets ,...) de los visitantes encuestados. De esta forma se mostrará una interfaz común a todos. Una parte interesante de la aplicación es su disponibilidad en varios idiomas. En español y en inglés en un primer momento con la posibilidad de incluir francés o portugués, ya que según estadísticas recogidas de las visitas, también se recibe un amplio grupo de visitantes de estos países. También se pueden incluir audios a cada parada. De esta manera, en caso de no haber monitores disponibles para realizar la ruta, los usuarios dispondrían de una información más detallada que la proporcionada por los paneles. Los audios también resultan la forma más cómoda de realizar la ruta, para algunos usuarios, y



además se facilitaría el aprendizaje también a otros usuario, con discapacidades visuales o que no puedan o no sepan leer aún.

En la elaboración del Proyecto de Innovación Docente se pueden distinguir cinco apartados principales:

1. La ruta: desde esta sección el usuario puede acceder a la ruta guiada por geolocalización o a la información de las paradas (Fig. 2 y Fig. 3)

LA RUTA VIDEOS NOTICIAS ACTIVIDADES SERVICIOS

Ruta guiada por geolocalización

Ruta guiada por geolocalización

Puede realizar la Ruta de las huellas fósiles guiado por su móvil, donde podrá ver su posición actual sobre el mapa junto con la ruta que debe seguir, la posición de las paradas y otros puntos de interés con relación a la ruta. Si no, siempre puede ver la información de cada parada más abajo en esta sección.

REALIZAR LA RUTA GUIADA

PARADA 1

Las huellas de los trilobites
Russophycus y cruzianas

IR AL CONTENIDO

PARADA 2



Figura 2. Vistas de la pantalla principal



Figura 3. Vista de la imagen del mapa con el recorrido. Acceso desde el menú principal.

2. Vídeos: en este apartado se incluyen videos relacionados con la ruta (Fig. 4).



Figura 4. Vistas del apartado de vídeos



3. **Actividades:** en esta sección se muestran una serie de actividades que pueden realizar y lugares que pueden visitar cerca de Monsagro (Fig. 5).

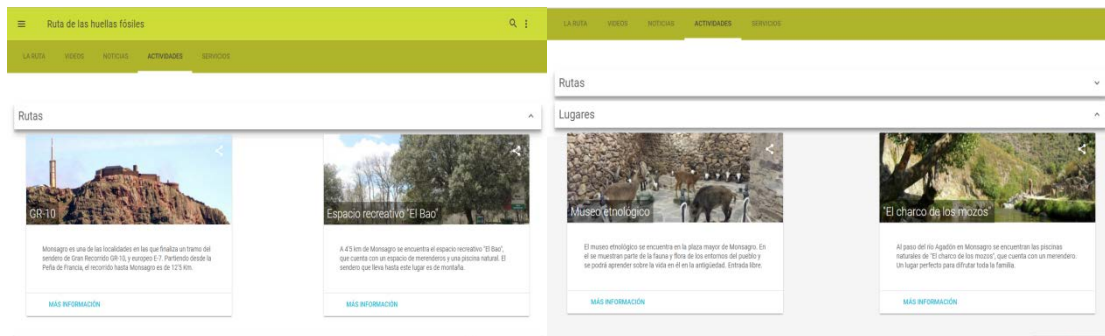


Figura 5. Actividades disponibles

4. **Servicios:** en esta sección se muestran servicios en Monsagro, como alojamiento o restauración (Fig. 6).

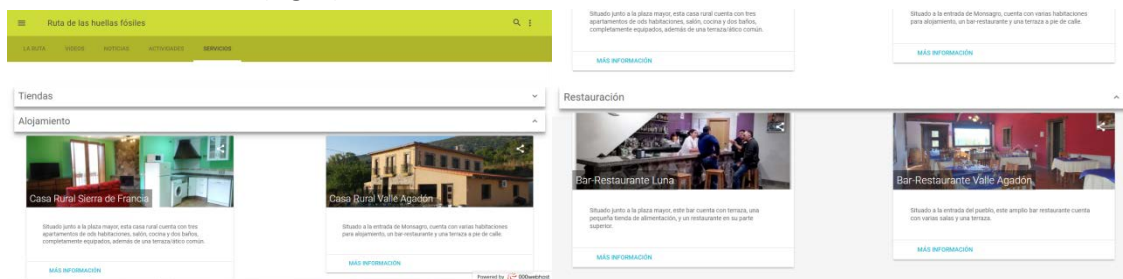


Figura 6. Actividades disponibles

5. **Noticias:** en esta sección se muestran noticias sobre la ruta publicadas en distintos sitios. La aplicación también incluye una serie de ajustes.


Todas las figuras adjuntas (Fig. 7 y Fig. 8) en este texto pertenecen al primer prototipo funcional, que se publicará una vez se disponga de cuenta de desarrollador que permita subir la aplicación a las tiendas de aplicaciones de las diferentes plataformas, ni de un servidor que pueda alojarla en forma de aplicación web.



← Parada 1 🔍 ⋮

Las huellas de los trilobites

Modelo 1:




El mismo individuo o especie puede producir diferentes estructuras correspondientes a diferentes comportamientos. Por este motivo en la misma roca podemos observar tanto huellas de reposo (Russophycus) como trazas de locomoción (Cruziana), ambas generadas por Trilobites.

Powered by 000webhost


Modelo 2:

Es frecuente que en un mismo sustrato convivan organismos de diferentes especies, lo que tiene como consecuencia que dejen huellas distintas. En este caso además se observan Skolithos (galerías de Gusanos, [ver panel 3](#)).



Powered by 000webhost

Modelo 3:



La alta densidad de pistas que aparecen en esta roca, así como la variedad de tamaños, indican que este fondo era rico en nutrientes.

Powered by 000webhost

Figura 7. Vista de una parada desde navegador web desktop

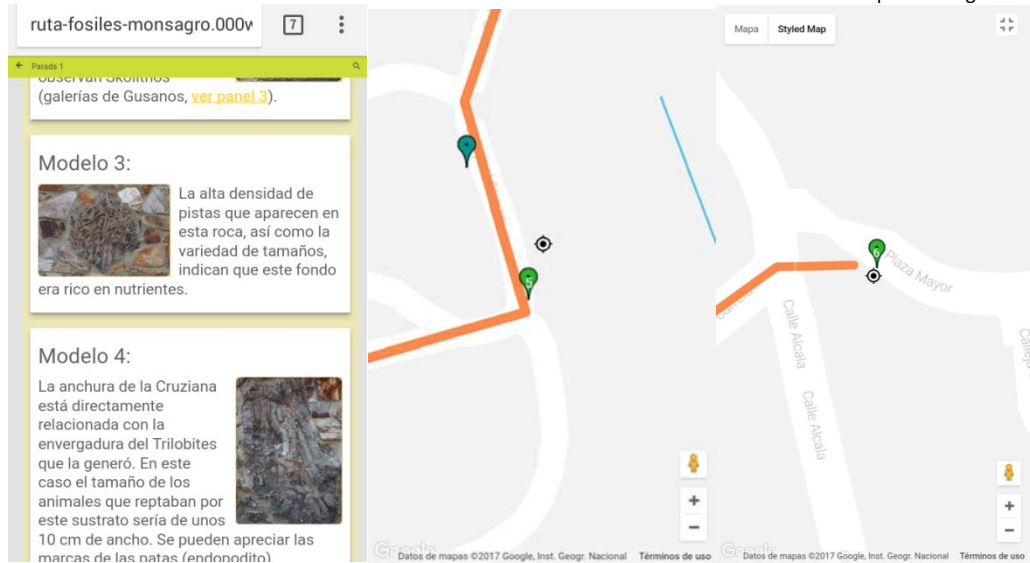


Figura 8. Vista desde un smartphone. Detalle de una parada y mapa de la ruta guiada por geolocalización.

2. Aplicación Web para realizar Cartografía de la Capacidad Agrológica de suelos:

La Capacidad Agrológica de los suelos tiene por objeto interpretar las características y propiedades de los suelos con vistas a su posible utilización agrícola, teniendo en cuenta que el valor agrícola de un suelo reside en las cualidades que posee para sostener la vida vegetal o, lo que es lo mismo, en su capacidad productiva.

La Capacidad Agrológica es un sistema de evaluación de los suelos, relacionado con el rendimiento de los cultivos, en el que se tiene en cuenta que el uso agrícola intensivo del suelo debe ser compatible con el mantenimiento de la capacidad productiva.

Se puede afirmar rotundamente que no existen técnicas que permitan obtener una buena cosecha si las condiciones del suelo no son las adecuadas para ese tipo de cultivo. El uso correcto de la tierra, es decir el empleo de cada porción de la misma de acuerdo con su capacidad para una producción sostenida y económica, es primordial para realizar tanto una buena agronomía como una eficaz conservación de los suelos (control de la degradación y erosión de los suelos).

En el «Mapa de Clases Agrológicas» los suelos están agrupados de acuerdo con sus potencialidades y limitaciones, es decir, de acuerdo a sus capacidades para soportar los cultivos usuales, sin que necesiten tratamientos especiales y sin que durante un período largo de tiempo sufran degradación o destrucción. Además, con el citado mapa se puede llegar a conocer qué suelos pueden destinarse a actividades no agrícolas, evitando las transformaciones prematuras e innecesarias de los mejores suelos agrícolas a otros usos.

Actualmente existe un gran número de países que han desarrollado su propio sistema de evaluación de las clases de capacidad agrológica de los suelos. Prácticamente todos están influenciados o derivan de las ocho clases propuestas y utilizadas por el USDA (sistema realizado por Klingebiel y Montgomery en 1961), que sin embargo ha sido sujeto de diversas críticas por el



hecho de considerar como limitantes sólo a los factores físicos y topográficos, y fundamentalmente porque en las definiciones de las Clases conlleva algunas hipótesis solamente válidas para las condiciones de Estados Unidos. Es por ello que hay que ser prudente en sus aplicaciones en otros países de condiciones sociales y económicas muy diferentes. Así, por ejemplo, según este sistema, algunas de las mejores regiones vitícolas de Europa meridional habría que considerarlas no aptas para el cultivo.

En las diferentes metodologías nacionales o regionales que se han elaborado en los últimos años, se da una interpretación que se ajusta mejor a sus condiciones naturales (suelo y clima) y a sus características socioeconómicas (costumbres sociales, propiedad de la tierra, etc.) ya que todas estas variables pueden afectar a la elección del mejor uso del territorio.

Un carácter que se considera esencial para calcular la Capacidad Agrológica de los suelos es, sin duda, el sistema de explotación al que se encuentran sometidos en la actualidad. Este hecho es particularmente ilustrativo en países en los que, como el nuestro, el paisaje agrario actual o la distribución de los diferentes sistemas de explotación se ha configurado como la síntesis de experiencias acumuladas durante siglos y de esfuerzos por obtener del suelo, mediante los sistemas más idóneos, producciones económicas. De ahí, su valor indicativo, en general, y en interés por incluirlo entre los caracteres a tener más en cuenta en la valoración de la capacidad agrológica de los suelos.

En este proyecto de innovación docente se ha elaborado una metodología de evaluación de la capacidad agrológica que se ajusta mejor a los suelos de Salamanca, tomando como bases principales los estudios efectuados por el Servicio de Reconocimiento y Ordenamiento Agrario de Portugal (1969), las normas publicadas por nuestro Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (1974) y, sobre todo, el sistema elaborado por Sánchez et al. (1984).

Pocas modificaciones se han introducido respecto a estas metodologías, de forma que se mantienen las cinco Clases que en su día ya adoptaron los edafólogos portugueses y han sido utilizadas por Sánchez y colaboradores en Valencia. Se corresponden de la siguiente forma con las ocho clases agrológicas norteamericanas: las Clases I, II y III coinciden con las clases A y B de nuestro sistema, la clase IV con la C, la V y VI con la D y finalmente la VII y VIII con la clase E.

La consideración de cinco clases solamente viene condicionada por el hecho de que el mapa básico de suelos posee unidades cartográficas que son algo heterogéneas y es por ello que se deben considerar unidades de Capacidad de Uso lo suficientemente amplias para que abarquen, en la medida de lo posible, la mayor parte de las variables que esas unidades cartográficas de suelo presentan.

La inclusión de los suelos en una de las cinco clases de capacidad agrológica depende de los valores que tengan una serie de características del suelo que determinan su capacidad productiva, así como aquéllas que regulan el riesgo de pérdida de dicha capacidad.



Por lo tanto, es necesario conocer una serie de propiedades edafológicas fácilmente diagnosticables en el campo o bien mediante simples análisis de laboratorio. Las propiedades más importantes son las siguientes:

- Edafoclima (precipitación y temperatura).
- Pendiente.
- Profundidad del suelo.
- Textura.
- Pedregosidad y rocosidad.
- Grado y riesgo de erosión.
- Necesidad de medidas de conservación.
- Drenaje (presencia de capa freática o propiedades hidromórficas).
- Salinidad.
- Facilidad o dificultad en el laboreo agrícola.

Las cinco clases agrológicas (A, B, C, D y E) están integradas en tres grupos o sistemas de explotación en orden decreciente de intensidad:

- I. Laboreo continuado u ocasional.
- II. Pastos y bosques.
- III. Reserva natural (no aprovechables agrícola ni forestalmente).

GRUPO I. TIERRAS APROPIADAS PARA CULTIVOS Y OTROS USOS.

CLASE A.

En esta clase se encuentran los suelos apropiados para un uso agrícola «intensivo» o con capacidad de uso muy elevada. Los suelos de esta clase tienen muy pocas limitaciones que restringen su uso y son apropiados para cultivar sin métodos especiales. Son suelos llanos o casi llanos y sin problemas de erosión o muy pequeños. Son suelos profundos, generalmente bien drenados y fáciles de trabajar; tienen una buena capacidad de retención de agua, nula o bajísima salinidad, están provistos de nutrientes y responden a la fertilización. Estos suelos poseen un clima favorable para el crecimiento de muchos cultivos comunes y son adecuados para un cultivo intensivo. En caso de drenaje artificial del suelo, el sistema de drenaje deberá ser tal que pueda operarse sin necesidad de métodos especiales.

CLASE B.

En esta clase se incluyen los suelos susceptibles de utilización agrícola, «moderadamente intensiva» o con capacidad de uso elevada. Los suelos de esta clase tienen algunas limitaciones que reducen los cultivos posibles de implantar o requieren alguna prácticas de conservación. Pueden ser usados para cultivos agrícolas, pastos (pastoreo intensivo y extensivo), producción forestal, mantenimiento de la vida silvestre, etc. Las limitaciones de los suelos de esta clase pueden incluir los aspectos siguientes:



- Pendientes moderadas.
- Susceptibilidad moderada a la erosión.
- Profundidad menor que la de un suelo ideal, que limita la zona radicular y la capacidad para almacenar agua.
- Textura y trabajabilidad desfavorables.
- Contenido ligero o bajo en sales.

Las prácticas de mejora que probablemente se necesiten, dependiendo de las características del suelo, clima y sistema de cultivo, son:

- Lucha contra la erosión (laboreo en contorno, cultivos de fajas, terrazas, etc.)
- Drenaje simple
- Remoción de piedras.
- Correcciones fertilizantes o enmendantes.

CLASE C.

En esta clase se encuentran los suelos que tienen posibilidad de utilización para un uso agrícola «restringido» o con capacidad de uso moderada. Son suelos apropiados para cultivos ocasionales o muy limitados con métodos intensivos. Estos presentan limitaciones muy severas que restringen la elección del tipo de cultivo o requieren un manejo muy cuidadoso y costoso. Pueden ser usados para cultivos agrícolas, pastos, producción forestal, mantenimiento de la vida silvestre, etc. La utilización para cultivos viene limitada por uno o más de los siguientes aspectos:

- Pendientes muy pronunciadas.
- Susceptibilidad severa a la erosión.
- Suelos con poco espesor.
- Baja capacidad de retención de agua.
- Frecuentes inundaciones.
- Moderada a alta salinidad.
- Abundante pedregosidad y/o rocosidad.
- Baja fertilidad.
- Textura muy desequilibrada, muy arenosa o excesivamente arcillosa.

GRUPO II. TIERRAS APROPIADAS PARA USO DE PASTIZAL Y FORESTAL (NO ADECUADAS PARA CULTIVOS).

CLASE D.

En esta clase se encuentran los suelos con capacidad de uso baja. Estos suelos son adecuados para soportar una vegetación permanente. No son adecuados para cultivo y las limitaciones severas que poseen, (no resulta práctico eliminarlas) restringen su uso a los pastos, masas



forestales y mantenimiento de la vida silvestre. Son suelos con limitaciones no o difícilmente corregibles, tales como:

- Pendientes muy pronunciadas.
- Susceptibles de erosión severa (erosión en cárcavas).
- Suelos de pequeño espesor (nunca inferior a 15 cm)
- Excesiva humedad o encharcamiento.
- Baja capacidad de retención de agua.
- Elevada salinidad.
- Factores climáticos severos.
- Elevada pedregosidad y/o rocosidad.
- Baja fertilidad.

En estos suelos no hay necesidad de prácticas especiales para conservarlos, tan sólo algunas prácticas de drenaje, como surcos a nivel, canalizaciones, etc. y prevenir los incendios. Para mejorar la producción convendría restringir el pastoreo durante algún tiempo o realizar la llamada «entresaca» de árboles maderables (seleccionar los ejemplares de corta).

GRUPO III.-TIERRAS APROPIADAS PARA RESERVA NATURAL Y OTROS USOS (NO ADECUADA PARA CULTIVOS, PASTOS O USO FORESTAL).

CLASE E.

En esta clase se encuentran los suelos los suelos con capacidad de uso muy baja.Estos suelos no son apropiados para el cultivo ni para la producción de vegetación útil y permanente. Tienen fuertes limitaciones edáficas y son, principalmente, suelos de terrenos muy escarpados, pedregosos, pantanosos (imposibles de desecar), con elevada salinidad o con espesor efectivo muy reducido (menos de 15 cm), cuyo uso para cultivos comerciales está excesivamente restringido y que sólo deben ser usados como zonas recreativas o como reservas naturales (para el mantenimiento de la vida silvestre).En algunos casos convendría o podría ser necesario efectuar alguna medida de protección, para el establecimiento de una cubierta vegetal con el fin de proteger otros suelos más valiosos, para mantener la vida silvestre, etc. También se deberían prevenir los incendios. Una vez conocida la Clase Agrológica a la que pertenece cada unidad de suelo y cada unidad cartográfica el siguiente paso consiste en identificar la principal limitación o limitaciones que afecta a los suelos para su uso agrícola. Dependiendo del tipo de limitación o limitaciones se establecen las «subclases» de Capacidad Agrológica que se representan por una o dos letras minúsculas, que expresan los factores limitantes, y que acompañan a las cinco letras mayúsculas correspondientes a las clases. Se contemplan seis tipos de limitaciones:

- X Riesgos de erosión elevados.
- Z Profundidad efectiva.
- R Pedregosidad, rocosidad o contenido en fragmentos rocosos.
- T Textura superficial y subsuperficial.
- Y Capacidad de cambio catiónico.



- W Exceso de agua en el suelo.

Este proyecto de innovación docente, a partir de estos condicionantes y clases agrológicas, parte de que la realización de una cartografía de suelos es una labor difícil, que requiere muchas horas de dedicación y trabajo, tanto de campo como de gabinete. Mediante esta aplicación multimedia se pretende facilitar la enseñanza de la metodología necesaria para realizar mapas de Capacidad Agrológica de suelos, en dos zonas geográficas diferentes de la provincia de Salamanca (Los Montalvos y Monterrubio de La Armuña), que se utilizan a modo de ejemplo (Fig.9).

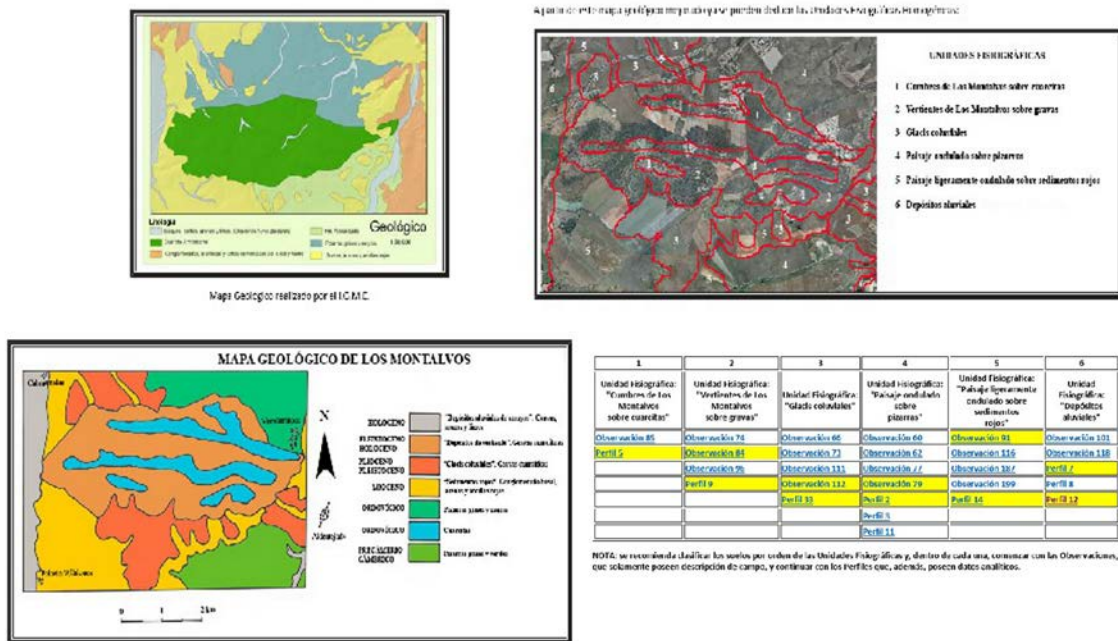


Figura 9. Cartografía inicial del sector de Los Montalvos. Captura de diferentes pantallas de la aplicación elaborada.

Un cartógrafo de suelos tiene que realizar dos tipos diferentes de mapas:

1) MAPA BASICO DE SUELOS.- Las unidades cartográficas de suelos que se utilizan en este mapa son las unidades taxonómicas de una clasificación básica o científica. Es decir, aquella clasificación que tiene en cuenta todas las propiedades y características importantes del suelo, e incluso aquellas que ponen de manifiesto los factores formadores (roca, topografía, clima, organismos y edad de las superficies).

2) MAPA INTERPRETATIVO (CAPACIDAD AGROLÓGICA) DE SUELOS.- Se trata de un mapa utilitario derivado de un mapa básico de suelos. Es decir, de todas las propiedades del suelo que se tienen en cuenta para realizar el mapa básico, se seleccionan las que son relevantes para calcular la Capacidad Agrológica de los suelos, según el método definido por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (Klingebiel y Montgomery, 1961). Este mapa interpretativo de suelos constituye uno de los elementos básicos en los Estudios de Evaluación de Impacto Ambiental y de Ordenación del Territorio.



Con la aplicación multimedia que aquí se presenta, al estudiante se le ofrece una serie de datos, como son: Mapa topográfico, ortofoto, mapa geológico, datos climáticos, descripción de perfiles de suelos, datos analíticos, etc. (Fig. 10). A continuación, mediante esta información se realiza la separación de zonas homogéneas en el territorio, desde un punto de vista fisiográfico y litológico ("Unidades litológico-fisiográficas homogéneas"), las cuales constituyen el primer paso para realizar una cartografía de suelos, puesto que a cada una de estas unidades le suele corresponder una determinada unidad cartográfica de suelo.

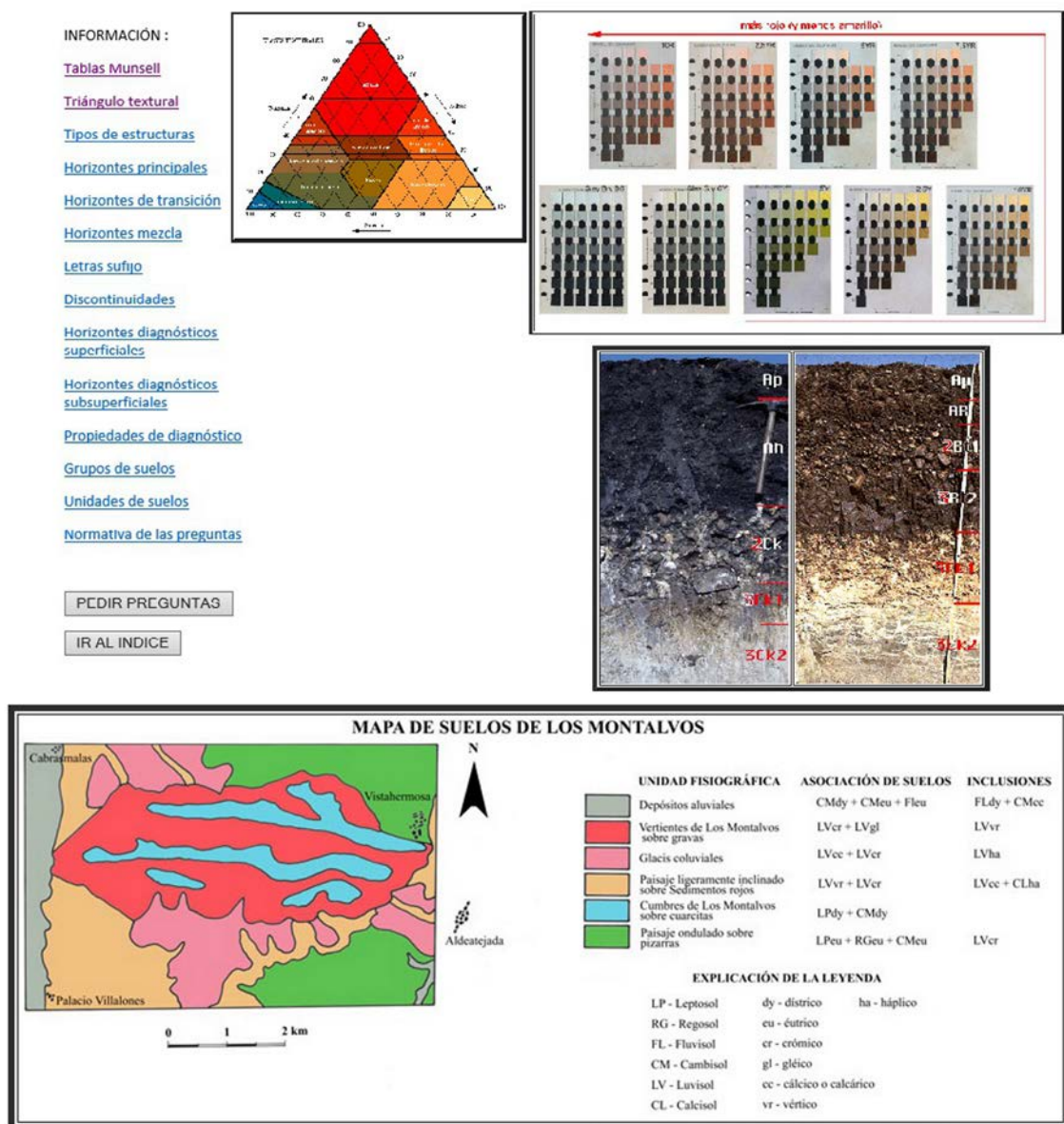


Figura 10. Base de datos para determinar la clase agrologica (tablas Munsell, texturas, horizontes...) y cartografía de suelos



Con objeto de que el alumno pueda resolver las incertidumbres que se presentan en el programa se le ofrecerá un exhaustivo inventario de suelos. Es decir, en el programa de ordenador se aportarán numerosas descripciones de suelos, datos analíticos, fotografías de perfiles y del paisaje, etc., de los perfiles de suelos más representativos de las dos zonas elegidas. Para ello el alumno tendrá que responder a una serie de cuestiones que permitan discriminar cada uso del suelo (Fig. 11).

Perfil 12

12ª Pregunta. Almacenamiento del agua en el suelo (mm).

Quando la precipitación supera a la evapotranspiración el excedente de agua o al menos parte del mismo queda almacenado en el suelo. Esta agua es aprovechada por las plantas (Agua útil) y tiene particular importancia en los momentos de déficit de precipitaciones. Las sequías ocasionales dentro del periodo húmedo y la sequía estacional típica del mundo mediterráneo pueden ser compensadas parcialmente por el agua almacenada en el suelo. Esta cualidad de las tierras es de la máxima importancia en las tierras de secano (en regadío esta propiedad no tiene significación) por prolongar, a veces de forma vital, para algunas plantas el periodo de crecimiento o de actividad vegetativa. Para definir esta cualidad de la tierra es preciso calcular la capacidad de retención de agua disponible para las plantas (CRAD) que tiene el suelo hasta la profundidad útil o hasta 100 cm.

La CRAD se calcula mediante la siguiente fórmula, aplicable a cada uno de los horizontes del suelo, de forma ponderada, hasta la profundidad útil o hasta 100 cm.

CRAD = Agua útil x espesor

Calculadora

Backspace CE C

MC 7 8 9 / sqrt

MR 4 5 6 * %

MS 1 2 3 - 1/x

M+ 0 +/- . + =

Clase	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
	Alta	Moderada	Baja	Cualquiera	Cualquiera	Cualquiera	Cualquiera	Cualquiera
mm	≥150 ó regadío	≥100 ó regadío	≥50 ó regadío	Cualquiera	Cualquiera	Cualquiera	Cualquiera	Cualquiera

Elija la clase agrológica que corresponde con el suelo estudiado.

Clase I Una vez elegida la opción, pulseme para confirmar

1ª Pregunta. Pluviometría (Precipitación media anual).

La humedad es un factor muy importante para la producción vegetal. Se considera que precipitaciones medias anuales del orden o superiores a 600 mm son suficientes para la mayoría de los cultivos, aunque naturalmente, es preciso tener en cuenta el reparto estacional de la lluvias. Por otro lado, se estima que precipitaciones inferiores a 300 mm son insuficientes para obtener prácticamente cualquier cultivo. Ahora bien, si la tierra está bajo riego automáticamente se considera se encuentra en situación óptima.

Clase	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
	Abundante	Moderada	Moderada	Moderada	Cualquiera	Cualquiera	Cualquiera	Cualquiera
mm	≥ 600 ó regadío	300-600 ó regadío	300-600 ó regadío	300-600 ó regadío	Cualquiera	Cualquiera	Cualquiera	Cualquiera

Elija la clase agrológica que corresponde con el suelo estudiado.

Clase I Una vez elegida la opción, pulseme para confirmar

La nota obtenida es: 10

Figura 11. Captura de pantalla con descripción de perfil (arriba) y pregunta sobre factor climático (abajo).

En la siguiente etapa se enseñará a evaluar los suelos según el universalmente reconocido



método de las Clases Agrológicas del USDA (Klingebiel y Montgomery, 1961), utilizando un amplio conjunto de datos ambientales, morfológicos, físicos y químicos de los suelos. Los diferentes tipos de suelos presentan una gran variedad de propiedades (Fig. 12) y, por lo tanto, es fácil comprender que también variará en gran medida su comportamiento frente a un determinado uso agrícola. La evaluación de suelos es la técnica que trata de prever el comportamiento de los suelos frente a sus posibles usos (la respuesta de los suelos estará en función de sus propiedades, lo que nos permite afirmar que conociendo las propiedades podemos valorar el grado de idoneidad del suelo para cada uso propuesto).

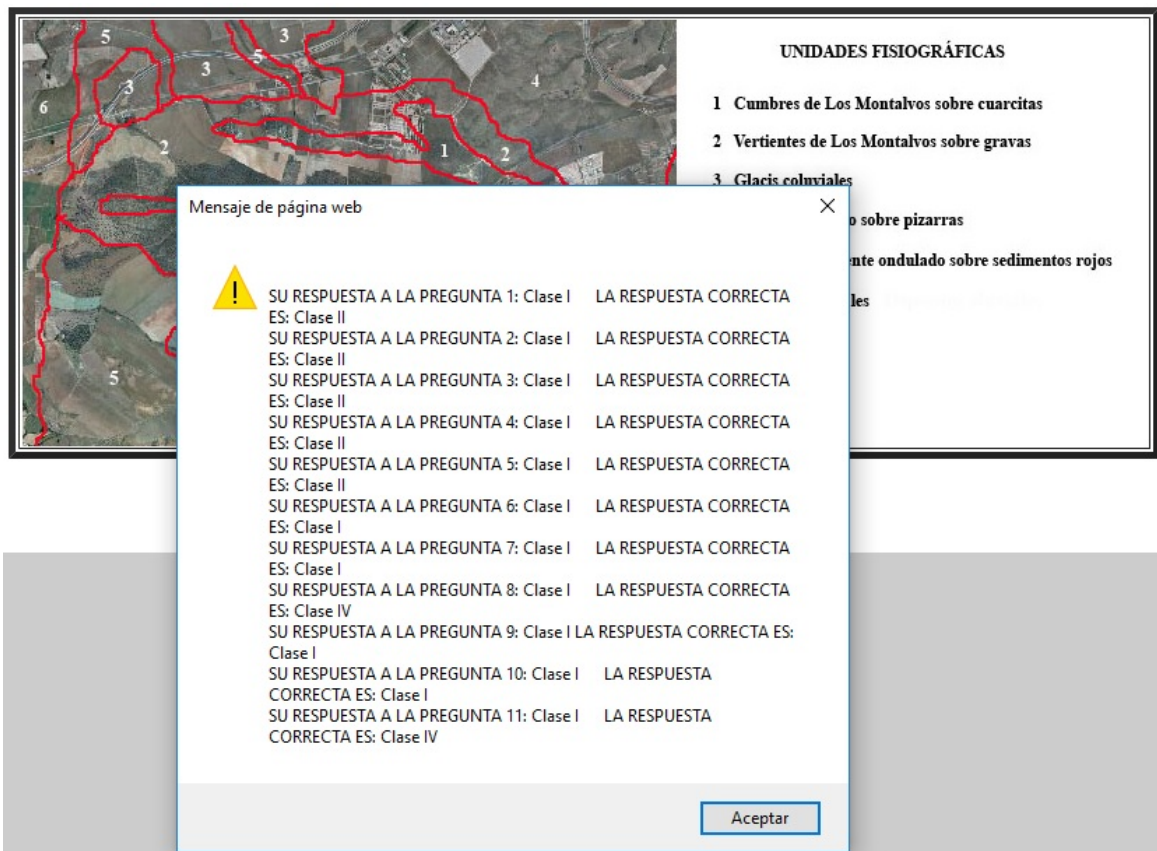


Figura 12. Captura de pantalla de la ventana que muestra una batería de respuestas.

La evaluación de la "Capacidad Agrológica" del suelo se desarrollará a través de 17 preguntas (Pendiente del terreno, profundidad del suelo, rocosidad, pedregosidad, drenaje, textura, pH, saturación en, bases, contenido en carbonatos, salinidad, aridez climática, riesgo de heladas, erosión, etc.). Mediante esta metodología los suelos se clasifican en ocho clases agrológicas, dependiendo de su idoneidad para un uso agrícola, para pastizales o para repoblación forestal. En una tercera etapa se enseñará a realizar la Leyenda del Mapa De Capacidad (Fig. 13).



ELABORACIÓN DE LA LEYENDA DEL MAPA DE CAPACIDAD AGROLÓGICA DE LOS SUELOS

Unidad Fisiográfica "Cumbres de Los Montalvos sobre cuarcitas"

1ª Pregunta. CLASE AGROLÓGICA. .

CLASES

SUELOS PARA UTILIZACION AGRICOLA INTENSIVA

- I Suelos apropiados para laboreo continuado, sin limitaciones para la implantación de cultivos
- II Suelos apropiados para laboreo continuado, con limitaciones escasas o corregibles para la implantación de cultivos
- III Suelos apropiados para laboreo continuado, con limitaciones moderadas o severas

SUELOS PARA UTILIZACION AGRICOLA POCO INTENSIVA O RESTRINGIDA

- IV Suelos apropiados para cultivos ocasionales, restringidos por limitaciones severas o muy severas

SUELOS APTOS PARA PASTOS Y BOSQUES

- V Suelos no apropiados para cultivos. Aptos, sin limitaciones, para praderas y bosques
- VI Suelos aptos para pastos y bosques, con limitaciones. Se recomienda el uso forestal
- VII Suelos con limitaciones para una vegetación permanente. Para uso forestal

SUELOS NO APROVECHABLES AGRICOLA Y FORESTALMENTE

- VIII Suelos no apropiados para vegetación útil y permanente. Terrenos quebrados, rocosos, áridos, etc.

De las anteriores Capacidades Agrológicas de Suelos escriba, en la caja, la o las Clases que predominan en esta Unidad Fisiográfica.

Ha de escribir la respuesta en el siguiente formato:

si considera que en la Unidad predomina solamente la Clase I, escriba Clase I

si considera que predominan dos Clases en la misma Unidad: Clase III-Clase IV.

Una vez escrita la solución pulse **INTRO**.

Figura 13. Captura de pantalla para la elaboración de la leyenda de la cartografía de capacidad agrológica.

Una vez obtenida la evaluación de los suelos de una determinada región, ya se pueden caracterizar con precisión las unidades cartográficas de suelos y construir la leyenda definitiva del mapa interpretativo de suelos. En esta etapa las preguntas que se plantearán serán distintas que en la fase de evaluación de suelos, ya que los objetivos son diferentes. Además, con la elaboración de esta aplicación multimedia, se realiza una experiencia innovadora y de calidad en el proceso de enseñanza-aprendizaje de las clases prácticas de las asignaturas relacionadas con la Ciencia del Suelo y de la Tierra, y aplicar, a su vez, un sistema de evaluación continua y de auto-evaluación del alumno, ya que el "software" del programa lo llevará incorporado como una herramienta más. Este programa de ordenador está estructurado sobre la base de la realización de numerosas preguntas y, por lo tanto, tiene la posibilidad de autoevaluación, de forma que calificará automáticamente al alumno los ejercicios realizados. Las respuestas correctas suman puntos mientras que las respuestas equivocadas representan penalizaciones. Siempre se encontrarán disponibles, dentro del programa, botones de ayuda para que no sea necesario memorizar los conceptos teóricos relacionados con la Capacidad Agrológica de los suelos.

El proyecto de innovación docente que se pretende realizar está dirigido a poner en práctica una nueva forma de transmitir el conocimiento a los estudiantes. El cálculo y la cartografía de la Capacidad Agrológica de los suelos (Fig. 14) tiene como principal objetivo la protección del suelo



y la utilización racional de los recursos agrarios de una región (deben preservarse de la transformación en aras del desarrollo urbano, aquellos suelos con una cierta capacidad agrológica o capacidad que tienen las tierras para producir cultivos, pastos y bosques, sin que ello implique degradación a largo plazo, con el fin de conseguir la utilización racional del suelo).

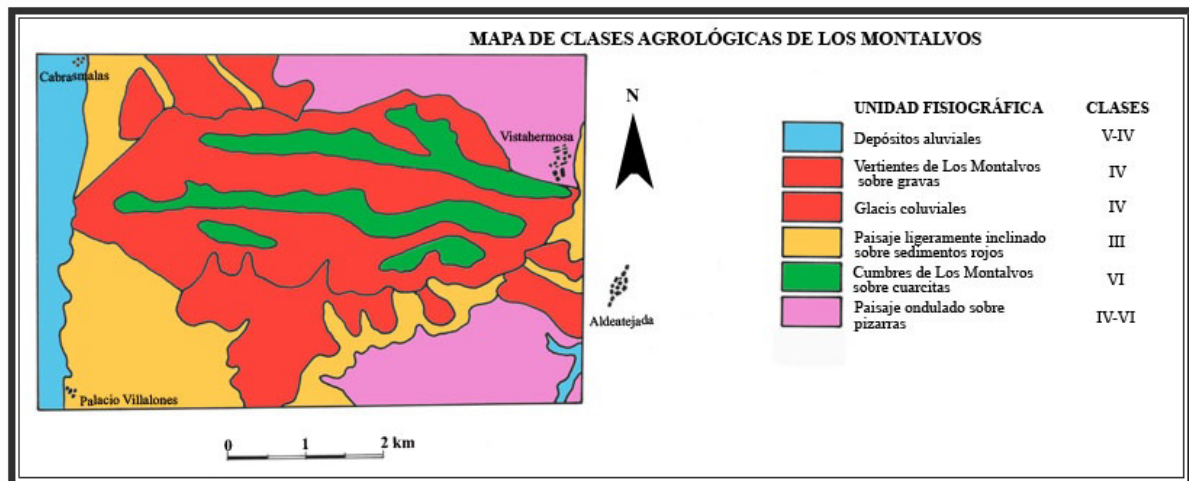


Figura 14. Cartografía final del mapa de clases agrológicas para el sector de Los Montalvos.

El suelo es considerado como un recurso natural productivo, base de la actividad agraria, y resulta ser frágil y limitado. Tanto la degradación del suelo como el cambio de uso a otra actividad no agraria suponen no sólo destruir un factor básico de la agricultura actual sino también hipotecar las oportunidades agrarias de las generaciones futuras. Una de las mayores amenazas, a nivel mundial, que pesan sobre los suelos es el cambio de uso del suelo o, lo que es lo mismo, el paso de elemento productivo a elemento inerte, es decir, mero soporte físico de una actividad no agraria, como urbana, industrial, viaria. etc. Este fenómeno suele afectar a muchas tierras, entre ellas, algunas irremplazables. En este contexto la política de ordenación territorial ha de prestar especial atención a la preservación de las mejores tierras y a su uso sostenible con el fin de garantizar su valor agronómico en general y su fertilidad natural en particular.

Conclusiones

El equipo de la Universidad de Salamanca, formado por 10 miembros, pertenecientes a diferentes Departamentos y áreas de conocimiento de la Universidad de Salamanca, ha participado en varios proyectos de innovación docente durante los últimos años. La idoneidad y número del equipo se justifica por su amplia experiencia en los diferentes campos que contempla el presente proyecto multidisciplinar (edafología, informática, geología....).

Los objetivos planteados inicialmente en este proyecto de innovación educativa se han cumplido con éxito. Se han desarrollado herramientas digitales que son de aplicación directa por los alumnos y profesores, y por ello consideramos que el objetivo de este PID ha sido cumplido ampliamente.

Las recientes publicaciones científicas en revistas del JRC, libros y capítulos de libros del equipo están relacionadas directamente con el desarrollo de estas herramientas y sus campos de aplicación. Una muestra reducida de algunos artículos publicados en el JRC durante este año 2017-2017, son las que a continuación se indican:

Martínez-Graña, A.M., Legoinha, P., González-Delgado, J.A., Dabrio, C.J., Pais, J., Goy, J.L., Zazo, C., Civis, J., Armenteros, I., Alonso-Gavilán, G., Dias, R., Cunha, T. (2016). Augmented Reality in a hiking tour on the Miocene geohéritage of central Algarve cliffs (Portugal). *Geoheritage*. Springer. DOI: 10.1007/s12371-016-0182-3.

Martínez-Graña, A.M. and Valdés V. (2016). Remote Sensing and GIS applied to the landscape Environmental restoration of urbanizations by means of 3D virtual reconstruction and visualization (Salamanca, Spain). *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 5 (1), 2.

Martínez-Graña, A.M. Goy, J.L., Zazo, C. and P.G. Silva (2016). Soil map and 3D virtual tour using a database of soil-forming factors. *Environmental Earth Sciences*. 75 (21), 1-19.

Santos-Francés, F.; Martínez-Graña, A.M.; Ávila Zarza, C.; García Sánchez, A.; Alonso Rojo, P. (2017). Spatial Distribution of Heavy Metals and the Environmental Quality of Soil in the Northern Plateau of Spain by Geostatistical Methods. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 14(6):568 .

S. Veleda; A.M. Martínez-Graña; F. Santos-Francés; J. Sánchez-San Roman;; M. Criado (2017). Analysis of the Hazard, Vulnerability, and Exposure to the Risk of Flooding (Alba de Yeltes, Salamanca, Spain). *Applied Sciences* 7 (2), 157.

A.M. Martínez-Graña; P.G. Silva; J.L. Goy; J. Elez; V. Valdés; C. Zazo. (2017). Geomorphology applied to landscape analysis for planning and management of natural spaces. Case study: Las Batuecas-S. de Francia and Quilamas natural parks, (Salamanca, Spain). *Science of the Total Environment* 584-585:175-188.

Martínez-Graña, A.M., Serrano, L., González-Delgado, J.A., Dabrio, C.J., Legoinha, P. (2017). Digital Geotourism: tools and resources for sustainability and tourism management. Georoute "Route of the fossil footprints" (Monsagro, Salamanca, Spain). *International Journal of Digital Earth* 10:2, 121-138.

Salamanca 30 de Junio de 2017