

Adaptaciones y tropismos vegetales: una aplicación Android para trabajarlos

Vegetable adaptations and tropisms: An Android application to work them

Autor1*, Autor2^{1#}

¹Afiliación.

* email1

#email2

Resumen

A lo largo de este trabajo, se presenta una aplicación para sistemas Android que incluye una serie de actividades, cuya temática tratada son las adaptaciones de los vegetales a distintos ambientes y sus tropismos en distintos cursos académicos, pero centrándose en 1º Bachillerato. Esta aplicación promueve el uso de la tecnología con fines educativos, a la vez que pretende despertar el interés de los estudiantes por el estudio de las plantas y su importancia en la vida cotidiana. De esta manera, se proponen actividades básicas para la comprensión de conceptos, para luego realizar actividades más profundas de relación, identificación y creación propia que evidencien el aprendizaje de la materia; además, se añaden otras de repaso a modo de conclusión.

Finalmente, se exponen los resultados obtenidos tras utilizar esta aplicación y sus actividades en clase, revelando una aparente mejora en la adquisición de conceptos y su relación entre sí.

Palabras Clave

Adaptaciones en plantas, tropismos vegetales, aprendizaje por problemas, aplicación Android, fisiología vegetal, investigación-acción.

Abstract

In this project, an application for Android systems is presented, which includes different activities about adaptations of plants and tropisms. These activities are for different levels, but we will focus in 1st of Baccalaureate. Thus, this application promotes the use of technology for educational purposes, aimed to encourage students' interest on plants and their importance in daily life. Thus, other activities are proposed such as: basic activities to understand concepts, activities to make further relationship, identification and own creation to demonstrate the learning of the subject. Besides, other activities have been added in order to review contents.

Finally, the results obtained are reported after using this application and its activities with students. They reveal an apparent improvement in the acquisition of concepts and their relationship among them.

Keywords

Adaptations of plants, tropisms of plants, problem-based learning, Android application, plant physiology, research-action.

1. Introducción y justificación teórica

Comúnmente, el estudio de temas ecológicos y fisiológicos tiende a centrar sus ejemplos sobre el reino animal, dejando en un segundo plano a los vegetales y su importante función en los ecosistemas y en nuestra vida diaria. Además, la búsqueda bibliográfica sobre problemas o dificultades de los alumnos en el aprendizaje de temas botánicos y fisiológicos de los vegetales mostró el escaso estudio acerca de las limitaciones que encuentran ellos a la hora de estudiar las adaptaciones de las plantas y sus movimientos. Por ello, es de importancia trabajar en este campo y profundizar en las técnicas que mejoren el aprendizaje de estos temas. En concreto, sobre las adaptaciones que han desarrollado los vegetales en los diferentes ambientes que habitan, y analizando más a fondo los tropismos generados por la luz y la gravedad.

Los vegetales forman parte de nuestro día a día, siendo una importante fuente recursos. Entre éstos está la producción de medicamentos. Desde tiempos antiguos las plantas han sido una gran fuente de remedios y sustancias activas combatientes de síntomas y enfermedades. El primer registro escrito de este hecho data de hace 5.000 años, en la época de los sumerios (Raskin et al., 2002; Swerdlow, 2000), aunque el registro fósil añade evidencias de uso medicinal de las plantas anterior. No obstante, no fue hasta 1897 que las plantas dejaron de ser usadas directamente como medicamentos de manera tan masiva. Esto se debe al auge del ácido acetyl salicílico, obtenido de la corteza de sauce el principio activo que lo compone (Pierpoint, 1994; Raskin et al., 2002). A partir de esta fecha, la misión principal era la de obtener principios activos para obtener medicamentos de manera sintética en el laboratorio, convirtiéndose en un absoluto triunfo para la industria farmacéutica (Raskin et al., 2002).

Además, las plantas influyen en gran manera en la vida que existe en nuestro planeta. Son fuente de emisión de oxígeno molecular gracias al proceso esencial de la fotosíntesis, donde la luz y el agua juegan un papel esencial. Esto causó un cambio en la vida primitiva en la Tierra, puesto que se sustentaba en organismos anaeróbicos para los que el oxígeno resultó ser una sustancia tóxica (Coleman y Coleman, 1990). Nosotros, como organismos aeróbicos, necesitamos del oxígeno molecular para la obtención de energía usada en los procesos celulares y vitales que se desarrollan en nuestro organismo.

Pero los vegetales también tienen una acción directa sobre nuestra salud. Según un informe publicado por la Organización Mundial de la Salud en 2002, cada año podrían evitarse 1,7 millones de muertes por cardiopatías y cánceres gastrointestinales, si se aumentara el consumo de frutas y verduras lo suficiente. Por esta razón, el Organismo, en 2004 [1] puso en marcha el plan de Fomento del consumo mundial de frutas y verduras.

En vista de lo mencionado, las plantas son un bien preciado para nosotros y gran parte de los seres vivos. Sin embargo, gran parte de su diversidad está viéndose mermada. Para el periodo de años comprendido entre 2000 y 2050, el uso del suelo que hace los humanos (aumentando el terreno dedicado a la agricultura y a viviendas), generará una pérdida de biodiversidad del 7-13% (Van Vuuren et al., 2006). Pero no es el único agente causante de pérdida de diversidad vegetal; el cambio climático o calentamiento global se calcula que será responsable de una pérdida de 15-37% para el periodo de tiempo antes mencionado (Thomas et al., 2004; Van Vuuren et al., 2006).

¿Qué efectos puede tener esta pérdida de diversidad? En primer lugar, la pérdida de variabilidad genética que se produce da lugar a una menor eficiencia en el uso de nutrientes, agua, luz... y su conversión en biomasa (Cardinale et al., 2006, 2007, 2011, 2012; Quijas et al., 2010; Worm et al., 2006); en segundo lugar, disminuye la estabilidad de las funciones de un ecosistema (Cardinale et al., 2012; Ives y Carpenter, 2007); en tercer lugar, a medida que la pérdida es mayor, los impactos en las funciones de los ecosistemas son cada vez mayores (Cardinale et al., 2006, 2011, 2012); en cuarto lugar, la productividad de la comunidad disminuye, por la ausencia de especies clave de gran influencia (Cardinale et al., 2011, 2012); en quinto lugar, la red trófica de los ecosistemas se ve alterada, influyendo en la biomasa vegetal (Cardinale et al., 2012; Estes et al., 2011; Shurin et al., 2002); en sexto y último lugar, la extinción de unas especies genera impactos en el ecosistema cambiando sus funciones ecológicas (Cardinale et al., 2012; Hooper et al., 2005).

Y, también, cabe preguntarse: ¿cómo puede afectar a nosotros directamente la pérdida de diversidad vegetal, en nuestra vida cotidiana? La respuesta es sí. La baja diversidad vegetal redundará en una menor disponibilidad de productos derivados de los mismos, aumento de ciertas enfermedades... (Cardinale et al., 2012).

Ante este panorama al que nos enfrentamos, es de vital importancia conocer y estudiar a fondo las características de las plantas. Por ello, el material docente generado que se presenta en este trabajo, busca que los alumnos sean conscientes de las adaptaciones que las plantas presentan para sobrevivir a diferentes medios, que tengan una mayor motivación y que su aprendizaje sea significativo para ellos.

1.1. Actitud del alumnado frente a temas científicos y botánicos

La actitud de los jóvenes respecto a la Ciencia, ha sido ampliamente estudiada a lo largo del tiempo. Sin embargo, el interés hacia la Biología u otros campos de conocimiento más específicos no ha sido tan investigado. En general, el interés que se muestra hacia el estudio de temas científicos decae con la edad (Osborne et al., 2003; Prokop et al., 2007), sintiéndose los hombres más atraídos hacia la Ciencia que las mujeres (Francis y Greer, 1999; Prokop et al., 2007). Además, son ellas las que muestran más interés a las ciencias biológicas, ya que les resultan más sencillas que a ellos (Jones et al., 2000; Prokop et al., 2007; Prokop et al., 2007).

Según una investigación realizada con estudiantes adolescentes, durante las clases y prácticas de la asignatura de Biología se prefiere manipular animales y plantas. En contraposición, consideran que el conocimiento biológico no es algo necesario y útil para sus vidas diarias y que carece de gran importancia (Prokop, et al., 2007).

Por otro lado, destaca lo que apuntó Strgar en 2007. Según su estudio, existe una reticencia común de interés entre los estudiantes hacia las plantas, prefiriendo saber más sobre animales. Pero después de métodos didácticos que despierten la curiosidad y actividades atractivas, se consiguió influir en el interés de los estudiantes. Apoyando esto, Randler, Osti, y Hummel (2012) señalan que, a lo largo de un periodo amplio de años, las generaciones van perdiendo el interés en la Biología, con especial caída en Botánica (hasta un 12%) y bastante menos en Zoología (hasta un 3%).

Otros trabajos, apoyan la idea de Strgar, y dan una visión también negativa de la actitud del estudiantado hacia temas botánicos. Independientemente del sexo del alumno, existen predisposiciones negativas de interés hacia el conocimiento y aprendizaje sobre plantas. Esto, se cree que puede deberse a la falta de comprensión de la importancia de los vegetales por parte de los jóvenes (Fančovičová y Prokop, 2010). Y es que, desde la escuela primaria, el temario que se dedica al estudio de las plantas es escaso, lo que genera un vacío de conocimiento que imposibilita el interés por dicho contenido (Anderson et al., 2014; Lally et al., 2007).

En vista de los estudios presentados, la tendencia es a la pérdida de interés y motivación hacia la Biología y las ciencias que abarca. Esto constituye un punto de trabajo muy importante, donde el docente, debe esforzarse por despertar la curiosidad de los alumnos en los vegetales desde una edad temprana. Es por esto que las actividades que se van a exponer a continuación pretenden motivar a los alumnos haciendo que su interés por la Ciencia y por las plantas sea mayor, independientemente de su género.

1.2. Dificultades en el aprendizaje de las adaptaciones vegetales

Puede suceder que el bajo interés en el estudio de los vegetales radique en dificultades a la hora de su estudio. Trabajos realizados muestran que los alumnos tienen concepciones y conocimientos limitados sobre las plantas y su crecimiento (Barman et al., 2006; Stein et al., 2000; Tunnicliffe y Reiss, 2000). Como ejemplo, en una práctica se pidió a los jóvenes que dibujaran una planta, sin ninguna especificación más. Éstos representaron en su mayoría una planta con flores y obviando los árboles. Además, muchos de ellos no concebían que una planta no tuviera características distintivas como flor o tallo. Esto es una muestra de la falta de conocimiento sobre la diversidad vegetal que les rodea y de la existente en el planeta (Barman et al., 2006; Stein et al., 2000).

Nash et al., en 2015, publicaron un estudio realizado con jóvenes alumnos en el que pretendían que ellos conocieran y comprendieran las diferencias entre animales y plantas de climas desérticos y húmedos. Centrándonos en lo referente a los vegetales, se tomaron medidas de la epidermis en fotografías de microscopía óptica de plantas diversas, unas adaptadas a carencia de agua y otras a climas con amplia disponibilidad de ésta. Además, ellos desconocían en todo momento de qué plantas se trataban. Tras realizar las mediciones el alumnado debía sacar conclusiones y razonar a qué tipo de vegetal pertenecía cada fotografía. Los resultados que se desprenden de este estudio muestran que los alumnos no tuvieron dificultades significativas en clasificar las fotografías de epidermis distintas según el clima al que debía pertenecer la planta. No obstante, no se realizó ninguna observación ni clasificación de plantas completas in

vivo, para analizar sus peculiaridades según el ambiente en el que viven y así poder diferenciarlas a simple vista.

Profundizando en la comprensión de las adaptaciones vegetales por parte de los estudiantes, se ha visto que la idea genérica de adaptación es inteligible de manera sencilla. De igual manera, comprenden la inevitable relación entre el clima y las plantas, generando cambios en ellas. Sin embargo, la posibilidad existente de que un clima que resulta perjudicial para algunos seres vivos no lo sea para otros y que, además, estén adaptados a ese clima genera desconcierto. Esto se debe a que se intenta justificar lo observable mediante experiencias propias, para después generalizar a todos los casos. Pero, algo que destaca es el posible efecto de los medios de comunicación en la concepción de la diversidad vegetal de cada ambiente. Así, los jóvenes tienden a pensar en plantas de ambientes áridos como cactus, por ejemplo, puesto que es la potenciada por películas, series... con localizaciones en estos ambientes (Espinal Ramírez et al., 2010).

Para intentar poner solución a estos problemas, las nuevas tecnologías pueden servir como una herramienta muy interesante y potente. Veamos las implicaciones de las TIC y su importancia.

1.3. El uso de las tecnologías en el aula

Las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC), han llegado a ser muy conocidas y demandadas en el ámbito educativo, independientemente del nivel o curso. Las principales razones de este fenómeno son que facilitan el acceso a los contenidos, permiten disponer de una variedad amplia de recursos (como textos, animaciones, gráficos, vídeos y sonidos), y mejoran la comunicación entre alumnado y profesorado, repercutiendo en el proceso formativo (Piccoli et al., 2001).

Según lo publicado por García Álvarez et al., en 2015, el uso de los recursos TIC genera que los alumnos se organicen y orienten su aprendizaje. Además, las generaciones recientes y presentes están familiarizadas con las tecnologías en su mayoría. No obstante, se apunta que esto puede llegar a ser un problema, por una posible mezcla de su uso formativo con el uso social y de ocio.

Para el estudio de temas botánicos y vegetales, estas tecnologías pueden ser de gran ayuda, haciendo que el alumnado tenga acceso a material audiovisual que le impacte y llame la atención.

Así, Agüera Buendía y de la Haba Hermida en 2009, generaron un material multimedia para la enseñanza de la Fisiología Vegetal y sus conceptos, para que el alumno aumente su interés, actitud y espíritu crítico respecto a los temas tratados. Se observó que los alumnos necesitaban menos tiempo para realizar las tareas prácticas, asimilaban el contenido con mayor facilidad y calidad, relacionaban mejor los diversos conceptos, y la calidad de las discusiones realizadas era de mejor calidad al poder tener el contenido digital también en casa.

Por su parte, Seisdedos et al., en 2009, analizaron las ventajas de un atlas multimedia sobre anatomía de plantas silvestres y cultivadas en la ciudad de Córdoba (Argentina) creado en 2007. Los resultados obtenidos son muy alentadores, ya que los estudiantes muestran mayor grado de participación y de rendimiento.

Explorando el campo de la tecnología móvil, cada vez son más las aplicaciones desarrolladas para móviles y tabletas, con las que se accede a bases de datos, guías... (Hansen y Purcell, 2012; LaBelle, 2011). Si enfocamos nuestro interés en el estudio de los vegetales, son varias las producciones que existen dirigidas en este sentido. Por ejemplo, Hansen y Purcell en 2012 crearon una aplicación cuya funcionalidad radica en el análisis de diversas plantas para la generación de decoraciones y otros fines comerciales. Para ello, se realizó una recogida de datos que se plasmaron en una base de datos, y mediante herramientas y preguntas la aplicación indica las mejores decisiones según las preferencias indicadas.

Incluso, en investigación sobre ecología y evolución, se prevé que las aplicaciones sustituyan a muchos aparatos y sistemas actuales de análisis (Teacher et al., 2013). Además, se pretende involucrar también a la ciudadanía. Ejemplo de ello es la aplicación “Boskoi”, que recoge todos aquellos lugares urbanos y no urbanos donde existen plantas comestibles silvestres (Van der Bie et al., 2010) [2].

Sin embargo, el uso de esta tecnología móvil para la enseñanza de las peculiaridades de la fisiología y ecología de los vegetales no ha sido utilizada de manera relevante, según la bibliografía consultada.

1.4. Metodología aplicada

Con las actividades que se plantean utilizando la aplicación desarrollada las metodologías utilizadas son diversas. Con ello se persigue una integración de metodologías y así poder llegar a todos los alumnos.

Según la Orden ECD/65/2015, de 21 de enero, por la que se describen las relaciones entre las competencias, los contenidos y los criterios de evaluación de la Educación Primaria, la Educación Secundaria Obligatoria y el Bachillerato (Ministerio de Educación, Cultura y Deporte, 2015a), las metodologías que han de seguirse en el aula deben ser activas. Estas buscan una colaboración entre los alumnos, de manera que, por la resolución de tareas, conjuntamente lleguen a resolver problemas planteados. Es por ello, que se recomienda que el aprendizaje se base en la resolución de problemas, donde el profesor sea un orientador y promotor y el alumno sea el protagonista. De esta forma, estaremos fomentando el aprendizaje de las competencias.

Aprendizaje por indagación

En las actividades planteadas en la aplicación desarrollada se utilizarán diversas metodologías. Una de ellas es el aprendizaje por indagación o descubrimiento. Se distinguen (Ruiz Ortega, 2007):

- Indagación guiada: donde el estudiante debe obtener respuestas a partir de los problemas planteados y el profesor le aporta orientación al respecto.
- Indagación autónoma: cuando el alumno es el que por sí mismo integra la información.

Este modelo resulta más cercano al estudiante, puesto que de la realidad que le rodea se obtiene el conocimiento que precisa. El estudiante es un sujeto que va

aprendiendo y actuando como un científico a pequeña escala, aplicando en sus indagaciones el método científico. Por su parte, el profesor es un coordinador que enseña maneras y habilidades para investigar en los proyectos que se planteen (García Pérez, 2000; Mayorga Fernández y Madrid Vivar, 2010; Ruiz Ortega, 2007).

Concretamente, según indicaron Cortés Gracia y de la Gándara Gómez en 2007, el modelo de indagación genera que los estudiantes se involucren más por hacer ciencia con fenómenos que les rodean. A la vez, manipulan, comprueban sus hipótesis planteadas y resuelven los problemas que investigan dando explicaciones. Y, además, analizan e interpretan los datos obtenidos en sus investigaciones, amplían sus habilidades y evalúan su trabajo junto con su profesor.

Como veremos en las actividades que se presentan, esta metodología es muy apropiada para el estudio de los tropismos vegetales. Así, los alumnos pueden manipular y observar in situ los cambios que se producen en las plantas, con el control de las variables causantes de dichos cambios.

Aprendizaje basado en problemas

Las técnicas que se engloban dentro de la resolución de problemas guardan gran relación con el aprendizaje por indagación. McGrath en 2002, definió el aprendizaje basado en problemas (ABP) como “método de aprendizaje en grupo que usa problemas reales como estímulo para desarrollar habilidades de solución de problemas y adquirir conocimientos específicos”. Como vemos, la característica distintiva de las actividades de este tipo de aprendizaje es la presentación de problemas, que van a promover el aprendizaje y la búsqueda de conocimiento (Restrepo Gómez, 2005).

En este caso, el estudiante vuelve a ser el protagonista del aprendizaje. Él va a comprender y profundizar la respuesta a los problemas que se le plantean, de acuerdo a situaciones que le son familiares o que le rodean. Además, se conseguirá despertar el interés y curiosidad de los alumnos, favoreciendo una actitud de investigación por su parte (Molina Ortiz et al., 2003). Y también, el aprendizaje obtenido será duradero y útil en un futuro, puesto que la mayoría de ellos son semejantes a los que encontrará el alumno en su vida laboral futura (De Caso Fuertes et al., 2006).

Podemos sintetizar el proceso del ABP en las siguientes fases (De Caso Fuertes et al., 2006; Pérez-Urria Carril, 2010; Perrenet et al., 2000):

- Reflexión en grupo sobre el problema e identificación de las necesidades de aprendizaje.
- Estudio individual sobre los temas de aprendizaje necesarios para la resolución.
- Aplicación al problema de los nuevos conocimientos adquiridos, y síntesis de lo aprendido.

Por otro lado, el uso de las tecnologías en el desarrollo del ABP parece abrir un nuevo horizonte muy prometedor. Experiencias previas muestran que la tecnología móvil mejora el trabajo y aprendizaje de los estudiantes a la hora de resolver problemas (Domínguez Merlano et al., 2011). Además, se ha visto que el uso del teléfono móvil

potencia le efectividad del ABP y sus ventajas, generando una alta aceptación por los alumnos (Chávez Saavedra et al., 2016; Valencia et al., 2018)

El tándem que realizan el aprendizaje por indagación con el ABP constituyen la base metodológica de este proyecto, complementándose con el trabajo en grupo entre todos. Además, se potenciará la correcta expresión pública.

2. Contexto curricular

La temática tratada por las actividades integradas en la aplicación diseñada, están basadas en los contenidos dictados en el Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre, por el que se establece el currículo básico de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato (Ministerio de Educación, Cultura y Deporte, 2015b). Este currículo está generado de acuerdo con la Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación (2006), modificada por la Ley Orgánica 8/2013, de 9 de diciembre, para la mejora de la calidad educativa (2013).

Según dicho Real Decreto 1105/2014, las adaptaciones de los vegetales es un tema recurrente en diversos cursos. De esta manera, para la asignatura de “Biología y Geología” de los cursos 1º y 3º ESO, esta temática está contemplada en el bloque 3 “La biodiversidad en el planeta Tierra”. Además, el conocimiento del método científico y las habilidades y conocimientos que requiere son necesarias para poder llevar a cabo otras actividades propuestas. Así, se abarcan temas reflejados en el bloque 1 “Habilidades, destrezas y estrategias. Metodología científica”. Adicionalmente, se han de integrar todos estos conocimientos para la elaboración de una pequeña experimentación, temática reflejada en el bloque 7 “Proyecto de investigación”.

Por otro lado, en la asignatura de “Biología y Geología” de 4º ESO, las adaptaciones se ven incluidas en el bloque 3 “Ecología y medio ambiente”. Y como ocurría en 1º y 3º ESO, se han de integrar contenidos con un pequeño experimento, lo que se refleja en el bloque 4 “Proyecto de investigación”.

Finalmente, para 1º Bachillerato se ha programado el análisis de las adaptaciones de las plantas y, concretamente, se añaden los tropismos. Dicho contenido se encuentra recogido en el bloque 5: “Las plantas: sus funciones, y adaptaciones al medio” de la asignatura de “Biología y Geología”.

No obstante, se podrían aplicar a otros como 3º y 4º ESO, ajustando los contenidos que sean más elevados para dichas etapas.

Junto con esto, con la realización de las actividades de la aplicación se alcanzarán una serie de competencias clave, expuestas en la Orden ECD/65/2015, de 21 de enero, por la que se describen las relaciones entre las competencias, los contenidos y los criterios de evaluación de la Educación Primaria, la Educación Secundaria Obligatoria y el Bachillerato (Ministerio de Educación, Cultura y Deporte, 2015a). Se analizan a continuación:

- Competencia lingüística: realización de exposiciones públicas, opiniones y redacción de materiales escritos.

- Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología: experimento de tropismos aplicando el método científico, búsquedas de datos e información sobre adaptaciones vegetales y tropismos.
- Competencia digital: manejo de programas de edición de vídeo, uso de móvil, tableta y ordenador.
- Aprender a aprender: conciencia propia del alumno de sus fallos y cómo consigue adquirir conocimientos, exposiciones de los resultados y discusión de las actividades para detectar estos procesos.
- Competencias sociales y cívicas: respeto en las exposiciones y a la hora de expresar opiniones, corregir a los compañeros y prestarles ayuda.
- Sentido de iniciativa y espíritu emprendedor: planificación de la realización de un vídeo y puesta en marcha de un experimento.

De igual manera, el material diseñado trabaja materias transversales recogidas por el Real Decreto 1105/2014 para la Educación Secundaria Obligatoria y Bachillerato, en sus páginas 173 y 174. Éstas son el uso y promoción de las Tecnologías de la Información y la Comunicación, expresión oral y escrita, comunicación audiovisual y el civismo y respeto.

3. Objetivos

El objetivo general de este trabajo es diseñar materiales didácticos que suministren a los estudiantes ayuda para entender la importancia de procesos fisiológicos de los vegetales, como son las adaptaciones a los diferentes ambientes y los tropismos, así como reconocer las manifestaciones visibles y fisiológicas de éstos.

De manera más concreta, se pretende conocer y comprender las diferentes adaptaciones vegetales según el ambiente en el que se desarrolle la planta, así como los tropismos, prestando mayor atención al fototropismo y al geotropismo. También utilizar y fomentar el uso de las Tecnologías de la Información y Comunicación y promocionar la realización de experiencias científicas experimentales, para observar las consecuencias morfológicas de procesos fisiológicos.

4. Análisis de la aplicación Android diseñada

La aplicación para “smartphones” y tabletas diseñada se ha configurado para entornos Android exclusivamente, por lo que no se encuentra disponible para dispositivos Apple con sistema operativo iOS.

Para el desarrollo de la aplicación mencionada se ha hecho uso de la herramienta online "MIT App Inventor" (2018) [3]. Este creador de aplicaciones precisa del inicio de sesión con cuenta de Google, por lo que es requisito indispensable poseer correo electrónico Gmail. Además, las aplicaciones creadas requieren que los móviles o tabletas que las instalen tengan la versión del sistema operativo Android 2.3 Gingerbread o superior (MIT App Inventor, 2015) [4]. Este es el caso de la aplicación diseñada que se presenta para la enseñanza de las adaptaciones y tropismos vegetales,

“Descubre y aprende el Reino Vegetal”. Dado que exclusivamente se ha desarrollado para sistemas Android, aquellos alumnos que tengan dispositivos Apple con iOS (iPhone y iPad), pueden acceder a la aplicación mediante el navegador web introduciendo el siguiente enlace <https://lacienciaenelaula.wordpress.com/descubre-y-aprende-el-reino-vegetal/> (Santos Cuesta, 2016a) [5] (véase Figura 1). Igualmente, dicho entorno web puede resultar útil para el alumnado que no disponga de teléfono móvil inteligente o tableta pero sí ordenador.



Figura 1: Entorno web de las actividades incluidas en la aplicación.

En lo que se refiere al diseño gráfico y estética de la aplicación, se ha realizado con Adobe Photoshop CS6, de creación propia.

Para obtener esta aplicación puede ser descargada leyéndose el código QR que muestra la figura 2 y también disponible en el blog “La ciencia en el aula” (Santos Cuesta, 2016b) [6]; además mediante la introducción en el navegador web del siguiente enlace: <http://cort.as/-3UPQ> (Santos Cuesta, 2016) [7] y descarga automática del archivo con extensión APK. Es muy importante que, para una correcta instalación, esté habilitada la opción de seguridad “Orígenes desconocidos: permitir la instalación de aplicaciones de origen desconocido”.



Figura 2: Código QR para la descarga de la aplicación.




Una vez instalada podemos diferenciar tres apartados o secciones:

- Adaptaciones generales: incluye actividades cuya temática se basa en la enseñanza y reconocimiento de las adaptaciones de los vegetales según los distintos ambientes en los que viven.
- Tropismos: con herramientas necesarias para diseñar un pequeño experimento que evidencie la existencia de movimientos vegetales según estímulos luminosos o gravitatorios.

- Otras herramientas: se agrupan funciones de distinto tipo, como un crucigrama interactivo que repasa los conceptos de adaptaciones y tropismos; una herramienta que permite el envío de correos electrónicos por parte del alumno al profesor en caso de necesidad; descarga de apuntes sobre los conceptos básicos de adaptaciones y tropismos.

4.1. Actividades propuestas

En el cuadro resumen (Tabla 1) pueden observarse las características principales del conjunto de herramientas y actividades que incluye la aplicación, descritas con más detalles en trabajos previos (Santos Cuesta, 2016).

<i>Actividad</i>	<i>Descripción</i>
 <p>Crea tu vegetal</p>	<p>Pretende que los alumnos conozcan qué adaptaciones tendrían lugar dependiendo de los distintos ambientes existentes.</p> <p>Al inicio se solicita el nombre del alumno y la elección de un tipo de ambiente (desértico, acuático, frío y con escasez de luz). Después, se ha de escoger una adaptación entre cuatro que se proponen; así hasta 3 veces. En elecciones incorrectas un mensaje de error explica por qué dicha opción es errónea y da la posibilidad de cambio. Si se seleccionan todas las respuestas correctas aparecerá un mensaje de conclusión explicativo junto con una imagen de un vegetal modelo para dicho ambiente.</p>
 <p>¿Cuál es su ambiente?</p>	<p>Pretende que los alumnos sean capaces de distinguir y prever que adaptaciones puede tener un vegetal.</p> <p>Al inicio se solicita el nombre del alumno y la elección de una de las 8 opciones disponibles correspondientes a una fotografía de una planta distinta, junto a un listado de adaptaciones. El alumno debe seleccionar aquellas que considera que están presentes en la planta presentada y elegir el ambiente en el que la planta viviría mejor justificándolo. Finalmente se muestra una pantalla con las adaptaciones correctas y el ambiente al que pertenece.</p>
 <p>Kahoot!</p>	<p>Basada en la herramienta online Kahoot! (2018) [8], para repasar los contenidos aprendidos durante la realización de sus actividades y generar interés en el aprendizaje.</p> <p>El juego diseñado consta de 7 preguntas con hasta 4 opciones posibles y una respuesta correcta como mínimo. Cada alumno debe contestar la opción que considera correcta. Finalmente se muestra un ranking de los 5 jugadores más rápidos que han contestado correctamente.</p>




 <p>Crucigrama</p>	<p>Actividad para recordar conceptos y términos, basada en el software creado en 2013 por el Centro de Humanidades y Computación de la Universidad de Victoria [9], llamado Hot Potatoes.</p> <p>El estudiantado tiene que completar un total de 16 términos relacionados con las adaptaciones y los tropismos de las plantas en 16 minutos.</p>
 <p>¿Sobrevivirá?</p>	<p>Pretende que los alumnos puedan crear y dibujar un vegetal a partir de un ambiente dado y la relación entre conceptos.</p> <p>Al inicio se solicita la identificación del alumno y la elección de una opción. Se desvela el ambiente que ha sido asignado a esa opción y dos caminos posibles:</p> <ul style="list-style-type: none"> • <u>Dibujante por un día</u>: dibujo de una planta para el ambiente asignado que incluya las adaptaciones que tendría este vegetal y un texto explicativo. • <u>Elige tu diseño</u>: elección entre tres opciones de raíz, tallo y hoja. Se genera su propia planta personalizada y posterior corrección.
 <p>¿Cómo se hace un experimento de tropismos?</p>	<p>Trabajo de experimentación para que los alumnos puedan crear y aplicar el método científico.</p> <p>Diseño de un experimento que evidencie los tropismos por la luz y la gravedad y creación de un pequeño vídeo con fotografías tomadas a lo largo del tiempo.</p>

Tabla 1: Resumen de las actividades contenidas en la aplicación.

De entre todas las actividades anteriores, a continuación, se va a analizar más a fondo la titulada “¿Sobrevivirá?”.

Dicha actividad merece más atención debido a sus diversas finalidades. Por un lado, pretende que los alumnos puedan crear y dibujar un vegetal a partir de un ambiente dado, lo que implica una integración de conocimientos, tanto teóricos como prácticos o visuales. Por otra parte, permite que los estudiantes diferencien y reconozcan visualmente algunas adaptaciones importantes de los vegetales analizados. De esta manera, se pretende alcanzar una alta relación entre conceptos, así como su interiorización y comprensión.

Al acceder a la actividad se solicita identificación del alumno, además de la elección entre uno de los colores que aparecen en pantalla. La finalidad que se persigue con la introducción de colores en esta fase previa es no influir en la elección de una opción u otra por parte del estudiante (Figura 3).



Figura 3: Pantalla de identificación y selección.



Figura 4: Asignación de ambiente y elección de opción de actividad.

un vegetal para que el alumnado elija entre tres opciones de raíz, tallo y hoja, y genere su propia planta personalizada. Tras esto, en clase se seleccionarán algunos y se expondrán para que entre todos y con la búsqueda de información necesaria se corrijan y justifiquen los fallos.

4.2. Posibilidades de aplicación, adaptación y generalización a diversos contextos educativos

La aplicación diseñada y sus actividades permiten un amplio grado de modificación. Para ello, tan solo se ha de acceder al formulario de cada actividad y cambiar en él todo aquello que se desee. Esto resulta útil para adaptar los contenidos a los distintos cursos y niveles, en el caso que la clase con la que trabajemos requiera de cierta adaptación en la complejidad y profundidad de contenidos abordados.

Además, la aplicación puede usarse en gran cantidad de contextos, ya que está muy extendido que los estudiantes tengan teléfono, por lo que difícilmente encontraremos que no lo poseen. Pero en casos en los que no se disponga de smartphone existe la versión web para su acceso en el centro de estudios desde cualquier ordenador. Igualmente ocurre con los móviles que utilicen iOS como sistema operativo, incompatible con la instalación de la aplicación.

Dado que es una salida de la rutina de enseñanza, puede ayudar en aquellos casos en que las clases sean difíciles o con alumnos poco motivados. El hecho de hacer que con su propio teléfono o tableta puedan realizar actividades lúdicas y educativas empujará al alumno a mostrar mayor interés y compromiso.

Una vez elegido uno de ellos aparecerá el ambiente que ha sido asignado a ese color y dos posibles opciones (Figura 4):

- *Dibujante por un día:* en ella el estudiante debe dibujar una planta para el ambiente asignado, incluyendo en dicho dibujo las adaptaciones que tendría este vegetal. Además, debe redactar una justificación de las características de su dibujo y cómo puede influir la actividad humana en ese ambiente. Una vez realizado esto, enviará su trabajo mediante una fotografía a la dirección <http://cort.as/-3UV9> (Figura 5). Posteriormente en clase, se expondrán algunos de los dibujos y los demás alumnos y alumnas comentarán y buscarán información, para decidir razonadamente los aciertos y fallos de la creación expuesta.

- *Elige tu diseño:* se presentarán dibujos sobre distintas partes de

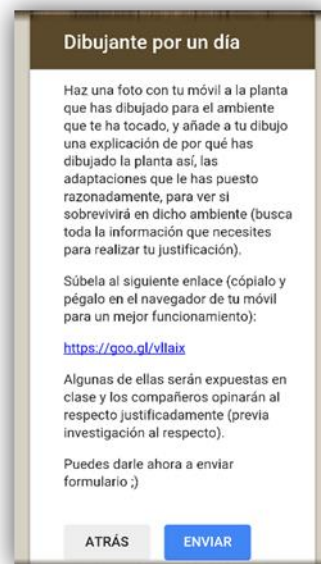


Figura 5: Pantalla de identificación y selección.

Incluso para alumnado con ciertas discapacidades, esta aplicación puede ser usada sin ningún tipo de problema. Quizá sea más difícil para aquellos con dolencias visuales, pero en tal caso puede crearse la figura de compañero mentor que sirva de apoyo a esas personas y les ayude. Así se fomenta también el compañerismo entre iguales y la colaboración y cooperación.

5. Implementación de la aplicación en el aula

Tras el diseño de la aplicación se realizó una puesta en práctica en un centro educativo. Dicho centro se encuentra en un barrio de naturaleza obrera con una gran promoción de la cultura y un nivel de vida entre medio y medio-bajo. El alumnado del centro proviene del barrio, de pueblos del interior de la provincia y de localidades metropolitanas. Algo singular del centro es la existencia de un número importante de alumnos con Necesidades Específicas de Apoyo Educativo (NEAE). En concreto, con discapacidad auditiva, a los que se atiende de manera sistemática y planificada, ya que es un centro preferente de escolarización de este tipo de alumnado. En lo referente al alumnado que probó y utilizó la aplicación pertenecían al primer curso de Bachillerato.

5.1. Metodología aplicada

La metodología seguida se basa en la investigación-acción. Ésta favorece la mejora de la práctica curricular, puesto que los docentes usan los resultados obtenidos en sus investigaciones para mejorar cada vez más. Así, al ser un proceso cíclico, cada fase afecta a las siguientes, que son: identificación de las necesidades, diagnóstico de la situación, desarrollo de un plan de acción, puesta en práctica, y reflexión o evaluación (Romera-Iruela, 2011).

Para evidenciar los conocimientos previos que tenían los estudiantes, se les pidió unas semanas antes que realizaran un cuestionario (Santos Cuesta, 2016) con 18 preguntas de respuesta tipo verdadero o falso. Posteriormente a la realización de las actividades incluidas en la aplicación, se volvió a realizar el mismo cuestionario para comprobar la variación en el número de preguntas correctas e incorrectas.

En el aula, se puso en práctica con los doce alumnos de 1º Bachillerato de la asignatura de “Biología y Geología” durante una sesión de 60 minutos.

En primer lugar, se aclararon una serie de conceptos básicos que debían recordar y manejar los alumnos y alumnas, como son las características de los distintos ambientes, definiciones básicas de tropismos y adaptaciones y las principales adaptaciones según las partes de una planta.

Seguidamente, se realizó la actividad *¿Cuál es su ambiente?*, en la que los estudiantes emplearon la mayor parte del tiempo con búsqueda de información, pequeñas exposiciones y discusiones en clase.

Finalmente, como repaso de los contenidos, se utilizó la herramienta *Kahoot!*, generando en los estudiantes gran interés y diversión, puesto que no era una actividad habitual en sus clases.

Tras esto, se pidió que volvieran a realizar el cuestionario inicial pero ahora recordando muchos de los conceptos aprendidos.

5.2. Resultados obtenidos

Una vez recogidos los datos arrojados por los cuestionarios, se procede a su análisis para sacar conclusiones y analizar la posible eficacia de las actividades y de la aplicación móvil.

Es importante destacar que, debido a lo reducido del número de alumnos y alumnas que componen la clase en la que se usó, los datos estadísticos obtenidos deben tomarse a título informativo. Además, por este mismo motivo, a la hora de analizar estadísticamente los resultados, se ha comprobado que se ajustan a una distribución de t de Student (Valero Mora, 2008).

En la tabla (Tabla 2) se muestran el número de respuestas correctas e incorrectas obtenidas por los estudiantes, tanto en el test previo como en el test posterior. Además, en el gráfico (Figura 6) pueden verse visualmente los resultados medios de cada test en cuanto a aciertos y errores. Podemos observar, de manera general, que antes de usar la aplicación el número de aciertos era bastante bueno, pero que tras realizar las actividades aumentan las preguntas con respuestas correctas. En cuanto a los errores descenden en el test posterior respecto al previo.

Previo		Posterior	
Fallos	Aciertos	Fallos	Aciertos
9	9	1	17
3	15	0	18
2	16	0	18
5	13	2	16
1	17	0	18
8	10	0	18
6	12	3	15
3	15	5	13
6	12	3	15
2	16	4	14
6	12	4	14
6	12	4	14
Media		Media	
5	13	2	16

Tabla 2: Resultados obtenidos respecto al número de respuestas correctas e incorrectas en los dos test.

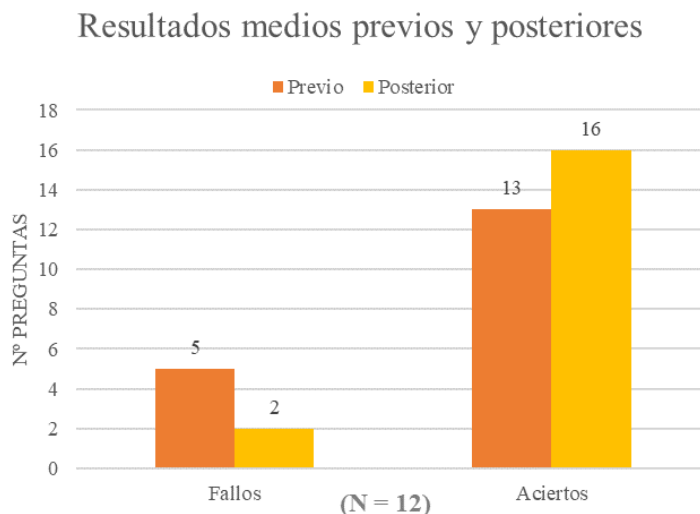


Figura 6: Resultados medios obtenidos de respuestas correctas e incorrectas en los dos test.

Si analizamos el porcentaje de aciertos y fallos, frente a un 28% de fallos tras el uso de la aplicación obtenemos un 11% de errores, lo que supone un descenso del 17%. Los aciertos ascienden un 17% igualmente.

Por otro lado, tras realizar análisis estadísticos con el programa Microsoft Excel 2016, mediante la prueba T para dos muestras emparejadas y con un nivel de significación α de 0,05 (Pita Fernández y Pértega Díaz, 2001), se obtienen los siguientes datos para los resultados previos y posteriores en el número de fallos (Tabla 3):

	<i>Fallos previos</i>	<i>Fallos posteriores</i>
Media	4,750	2,167
Varianza	6,386	3,606
Observaciones	12	12
Coefficiente de correlación de Pearson	0,047	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	11	
Estadístico t	2,898	
P(T<=t) una cola	0,007	
Valor crítico de t (una cola)	1,796	
P(T<=t) dos colas	0,015	
Valor crítico de t (dos colas)	2,201	

Tabla 3: Resultados obtenidos en el análisis estadístico de la variación en el número de fallos cometidos por el alumnado.

A la vista del valor P menor que 0,05, determinamos que en los resultados tienen diferencias significativas en cuanto al número de errores en el cuestionario pasado previa y posteriormente al uso de la aplicación en el aula.

Igualmente, si analizamos la variación en el número de aciertos de la misma manera que anteriormente, observamos lo que se muestra (Tabla 4):

	<i>Fallos previos</i>	<i>Fallos posteriores</i>
Media	13,250	15,833
Varianza	6,386	3,606
Observaciones	12	12
Coefficiente de correlación de Pearson	0,047	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	11	
Estadístico t	-2,898	
P(T<=t) una cola	0,007	
Valor crítico de t (una cola)	1,796	
P(T<=t) dos colas	0,015	
Valor crítico de t (dos colas)	2,201	

Tabla 4: Resultados obtenidos en el análisis estadístico de la variación en el número de aciertos acumulados por el alumnado.

Así, ya que P es menor de 0,05, podemos decir que los resultados tienen diferencias significativas en cuanto al número de aciertos en el cuestionario pasado previa y posteriormente al uso de la aplicación en el aula.

5.3. Análisis y discusión de los resultados

A la luz de los datos arrojados por la experiencia de uso de la aplicación, podríamos decir que parece tener unos resultados muy positivos, ya que descienden las ideas erróneas en el alumnado sobre la temática trabajada.

No obstante, la muestra sobre la que se han recogido los datos es muy reducida. Tan solo 12 personas pudieron completar el proceso que abarca desde la respuesta a las preguntas del test inicial, las actividades de clase y realización del test posterior. Esto puede generar resultados que no sean fiables del todo, puesto que en un grupo mayor podría pasar que los resultados fueran más extremos o moderados, es decir, mayor número de aciertos, de fallos o prácticamente igual cantidad de ambos. No obstante, el análisis estadístico revela que las diferencias son significativas y no fruto del azar sino por efecto del uso de la aplicación aparentemente.

Igualmente, para obtener datos más fiables sería oportuno realizar durante más sesiones una mayor cantidad de actividades de las propuestas por la aplicación. De esa manera podrían sacarse conclusiones más fiables de la utilidad y eficacia de las actividades diseñadas y la funcionalidad de la aplicación.

6. Consideraciones finales

Como cada trabajo realizado y cada diseño de actividades surgen una serie de aspectos que pueden ser mejorables. En este caso, la aplicación creada y las actividades que incluye pueden ser modificadas a fin de adaptarse mejor al alumnado que vaya a realizarlas y a sus necesidades.

Por un lado, se necesita un mayor desarrollo de la aplicación, facilitando al docente la adaptación de la misma en función del alumnado. Dicho de otra manera, para que cada profesor pueda modificar las actividades propuestas mediante formularios de Google y recibir los resultados necesita acceder a la herramienta de diseño e insertar las direcciones web a sus propios formularios. Esto requiere de ciertos conocimientos de programación que posiblemente les sea de alguna dificultad a varios de ellos.

Junto con lo anterior, debe trabajarse en el desarrollo de esta aplicación para sistemas iOS de Apple, de manera que los alumnos que no tengan Android no necesiten recurrir a su navegador web para realizar las actividades. Igualmente, para facilitar la obtención de la aplicación, sería apropiado conseguir que ésta esté disponible en Play Store de Android.

Finalmente, la aplicación que se ha presentado ha tratado de incentivar a los alumnos para que su interés por el estudio de los vegetales aumente. Las actividades basadas en las tecnologías suponen para ellos algo cercano y cotidiano a la vez que fomentan la creatividad, la ciencia y el uso de herramientas digitales. Además, la experiencia de puesta en práctica en el aula muestra aparentes resultados positivos, ya que los conocimientos de los alumnos aumentaban de manera considerable.

7. Referencias

- Agüera Buendía, E., & de la Haba Hermida, P. (2009). Desarrollo de nuevas tecnologías de la información y la comunicación (TIC) para la docencia práctica en el área de Conocimiento de Fisiología Vegetal. *Docencia universitaria*, (44), 59-65.
- Anderson, J. L., Ellis, J. P., & Jones, A. M. (2014). Understanding early elementary children's conceptual knowledge of plant structure and function through drawings. *CBE-Life Sciences Education*, 13(3), 375-386. <http://doi.org/10.1187/cbe.13-12-0230>
- Barman, C. R., Stein, M., McNair, S., & Barman, N. S. (2006). Students' ideas about plants and plant growth. *American Biology Teacher*, 68(2), 73-79.
- Cardinale, B. J., Duffy, J. E., Gonzalez, A., Hooper, D. U., Perrings, C., Venail, P., Narwani, A., Mace, G., Tilman, D., Wardle, D., Kinzig, A., Daily, G., Grace, J., Larigauderie, A., Srivastava, D. & Naeem, S. (2012). Biodiversity loss and its impact on humanity. *Nature*, 486(7401), 59-67. <http://doi.org/10.1038/nature11148>
- Cardinale, B. J., Matulich, K. L., Hooper, D. U., Byrnes, J. E., Duffy, E., Gamfeldt, L., Balvanera, P., O'Connor, M. & Gonzalez, A. (2011). The functional role of producer diversity in ecosystems. *American Journal of Botany*, 98(3), 572-592.
- Cardinale, B. J., Srivastava, D. S., Emmett Duffy, J., Wright, J. P., Downing, A. L., Sankaran, M., & Jouseau, C. (2006). Effects of biodiversity on the functioning of trophic groups and ecosystems. *Nature*, 443(7114), 989-992. <http://doi.org/10.1038/nature05202>
- Cardinale, B. J., Wright, J. P., Cadotte, M. W., Carroll, I. T., Hector, A., Srivastava, D. S., Loreau, M. & Weis, J. J. (2007). Impacts of plant diversity on biomass production increase through time because of species complementarity. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 104(46), 18123-18128. <http://doi.org/10.1073/pnas.0709069104>
- Chávez Saavedra, G., Sandoval, G., Verónica, B & Hidalgo Valadez, C. (2016). Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) a través del m-learning para el abordaje de casos clínicos. Una propuesta innovadora en educación médica. *Innovación educativa (México, DF)*, 16(72), 95-112.
- Coleman, G. & Coleman, W. J. (1990). Cómo producen oxígeno las plantas. *Investigación y Ciencia*, 163, 50-57.
- De Caso Fuertes, A. M., García Sánchez, J. N., Arias Gundín, O., Fidalgo Redondo, R., & Fernández Martínez, M. (2006). El aprendizaje basado en problemas: revisión de estudios empíricos internacionales. *Revista de educación*, (341), 397-418.
- Domínguez Merlano, E., Matos Navas, R., Castro Flores, I. del C., Molina Padrón, C., & Gómez Zúñiga, I. E. (2011). El ABP mediado con tecnología móvil como estrategia pedagógica para el desarrollo de la competencia matemática en resolución de problemas: un caso con la adición de números enteros negativos. *Revista del Instituto de Estudios en Educación Universidad del Norte*, (14), 12-27.
- Espinal Ramírez, I., Cartagena Duarte, M. N., & Márquez Valderrama, V. M. (2010). El cambio en el estatus de las ideas sobre el concepto de adaptación vegetal a

partir de la implementación de una unidad didáctica que usa el museo de ciencias como herramienta de aprendizaje. Universidad de Antioquía. Recuperado a partir de <http://200.24.17.68:8080/jspui/handle/123456789/1875>

Estes, J. A., Terborgh, J., Brashares, J. S., Power, M. E., Berger, J., Bond, W. J., Carpenter, S., Essington, T., Holt, R. D., Jackson, J., Marquis, R. J., Oksanen, L., Paine, R. T., Pickett, E. K., Ripple, W. J., Sandin, S. A., Scheffer, M., Schoener, T., Shurin, J., Sinclair, A., Soulé, M. E., Virtanen, R. & Wardle, D. A. (2011). Trophic downgrading of planet Earth. *Science*, 333(6040), 301-306. <http://doi.org/10.1126/science.1205106>

Fančovičová, J., & Prokop, P. (2010). Development and initial psychometric assessment of the plant attitude questionnaire. *Journal of Science Education and Technology*, 19(5), 415-421. <http://doi.org/10.1007/s10956-010-9207-x>

Francis, L. J., & Greer, J. E. (1999). Attitude toward science among secondary school pupils in Northern Ireland: relationship with sex, age and religion. *Research in Science & Technological Education*, 17(1), 67-74. <http://doi.org/10.1080/0263514990170105>

García Álvarez, S., Bleda Marco, E., Castillo García, F. J., & Cuerva Jimeno, M. (2015). La opinión de profesionales sobre la incorporación de soportes tecnológicos portátiles en las aulas. *Revista de Educación a Distancia*, 39, 1-18.

García Pérez, F. F. (2000). Los modelos didácticos como instrumento de análisis y de intervención en la realidad educativa. *Biblio 3W. Revista Bibliográfica de Geografía y Ciencias Sociales*, 207, 18.

Hansen, G., & Purcell, S. (2012). A smartphone application for landscape plants: a case study and guide to developing a decision-making application. *Journal of Extension*, 50(6).

Hooper, D. U., Chapin, F. S., Ewel, J. J., Hector, A., Inchausti, P., Lavorel, S., Lawton, J. H., Lodge, D. M., Loreau, M., Naeem, S., Schmid, B., Setälä, H., Symstad, A. J., Vandermeer, J. & Wardle, D. A. (2005). Effects of biodiversity on ecosystem functioning: a consensus of current knowledge. *Ecological Monographs*, 75(1), 3-35. <http://doi.org/10.1890/04-0922>

Ives, A. R., & Carpenter, S. R. (2007). Stability and diversity of ecosystems. *Science*, 317(5834), 58-62. <http://doi.org/10.1126/science.1133258>

Jones, M. G., Howe, A., & Rua, M. J. (2000). Gender differences in students' experiences, interests, and attitudes toward science and scientists. *Science education*, 84(2), 180-192.

LaBelle, C. (2011). Place-Based learning and mobile technology. *Journal of Extension*, 49(6). Recuperado a partir de <http://www.joe.org/joe/2011december/iw1.php>

Lally, D., Brooks, E., Tax, F. E., & Dolan, E. L. (2007). Sowing the seeds of dialogue: public engagement through plant science. *The Plant Cell*, 19(8), 2311-2319. <http://doi.org/10.1105/tpc.107.053587>

Mayorga Fernández, M. J., & Madrid Vivar, D. (2010). Modelos didácticos y estrategias de enseñanza en el Espacio Europeo de Educación Superior. *Tendencias pedagógicas*, (15), 91-111.

McGrath, D. (2002). Teaching on the front lines: using the Internet and problem-based learning to enhance classroom teaching. *Holistic Nursing Practice*, 16(2), 5-13.

Ministerio de Educación, Cultura y Deporte. Ley Orgánica 8/2013, de 9 de diciembre, para la mejora de la calidad educativa, 295 § I. Disposiciones generales 97858-97921 (2013). Recuperado a partir de http://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2013-12886

Ministerio de Educación, Cultura y Deporte. Orden ECD/65/2015, de 21 de enero, por la que se describen las relaciones entre las competencias, los contenidos y los criterios de evaluación de la Educación Primaria, la Educación Secundaria Obligatoria y el Bachillerato., 25 § I. Disposiciones generales 6986-7003 (2015). Recuperado a partir de https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2015-738

Ministerio de Educación, Cultura y Deporte. Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre, por el que se establece el currículo básico de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato, 3 § I. Disposiciones generales 169-546 (2015). Recuperado a partir de https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2015-37

Ministerio de Educación y Ciencia. Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación, 106 § I. Disposiciones generales 17158-17207 (2006). Recuperado a partir de <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2006-7899>

Molina Ortiz, J. A., García González, A., Pedraz Marcos, A., & Antón Nardiz, M. V. (2003). Aprendizaje basado en problemas: una alternativa al método tradicional. *Revista de Docencia Universitaria*, 3(2). Recuperado a partir de <http://revistas.um.es/redu/article/view/10191>

Nash, T. R., Yang, S., & Inman, J. C. (2015). Growing a thicker skin: an exercise for measuring organismal adaptations to terrestrial habitats. *The American Biology Teacher*, 77(6), 426-431. <http://doi.org/10.1525/abt.2015.77.6.426>

Organización Mundial de la Salud. (2002). Informe sobre la salud en el mundo 2002. Reducir los riesgos y promover una vida sana (p. 165). Ginebra, Suiza: Organización Mundial de la Salud. Recuperado a partir de <http://www.who.int/whr/2002/es/>

Osborne, J., Simon, S., & Collins, S. (2003). Attitudes towards science: A review of the literature and its implications. *International Journal of Science Education*, 25(9), 1049-1079. <http://doi.org/10.1080/0950069032000032199>

Pérez-Urria Carril, E. (2010). Una propuesta de Aprendizaje Basado en Problemas de Fisiología Vegetal. Estudio de casos. Mapas conceptuales. *Infografías. Reduca (Biología)*, 3(2), 18-31.

Perrenet, J. C., Bouhuijs, P. A. J., & Smits, J. G. M. M. (2000). The suitability of problem-based learning for engineering education: theory and practice. *Teaching in Higher Education*, 5(3), 345-358. <http://doi.org/10.1080/713699144>

Piccoli, G., Ahmad, R., & Ives, B. (2001). Web-Based virtual learning environments: a research framework and a preliminary assessment of effectiveness in basic IT skills training. *MIS Quarterly*, 25(4), 401-426. <http://doi.org/10.2307/3250989>

Pierpoint, W. S. (1994). Salicylic acid and its derivatives in plants: medicines, metabolites and messenger molecules. *Advances in Botanical Research*, 20, 163-235.

Pita Fernández S. & Pértega Díaz S. (2001). Significancia estadística y relevancia clínica. *Investigación: Significación estadística y relevancia clínica*, 1-7.

Prokop, P., Prokop, M., & Tunnicliffe, S. D. (2007). Is biology boring? Student attitudes toward biology. *Journal of Biological Education*, 42(1), 36-39. <http://doi.org/10.1080/00219266.2007.9656105>

Prokop, P., Tuncer, G., & Chudá, J. (2007). Slovakian students' attitudes toward Biology. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 3(4), 287-295.

Quijas, S., Schmid, B., & Balvanera, P. (2010). Plant diversity enhances provision of ecosystem services: A new synthesis. *Basic and Applied Ecology*, 11(7), 582-593. <http://doi.org/10.1016/j.baae.2010.06.009>

Randler, C., Osti, J., & Hummel, E. (2012). Decline in interest in Biology among elementary school pupils during a generation. *EURASIA Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 8(3), 201-205.

Raskin, I., Ribnicky, D. M., Komarnytsky, S., Ilic, N., Poulev, A., Borisjuk, N., Brinker, A., Moreno, D. A., Ripoll, C., Yakoby, N., O'Neal, J. M., Cornwell, T., Pastor, I. & Fridlender, B. (2002). Plants and human health in the twenty-first century. *Trends in Biotechnology*, 20(12), 522-531. [http://doi.org/10.1016/S0167-7799\(02\)02080-2](http://doi.org/10.1016/S0167-7799(02)02080-2)

Restrepo Gómez, B. (2005). Aprendizaje basado en problemas (ABP): una innovación didáctica para la enseñanza universitaria. *Educación y Educadores*, 8(0), 9-19.

Romera-Iruela, M. J. (2011). La investigación-acción en la formación del profesorado. *Revista española de Documentación Científica*, 34(4), 597-614. <http://doi.org/10.3989/redc.2011.4.836>

Ruiz Ortega, F. J. (2007). Modelos didácticos para la enseñanza de las ciencias naturales. *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos*, 3(2), 41-60.

Santos Cuesta, J. (2016). Diseño de una aplicación Android para la enseñanza de tropismos y adaptaciones vegetales (Trabajo Fin de Máster) (85 páginas). Granada: Universidad de Granada. Recuperado a partir de <http://digibug.ugr.es/handle/10481/42875>

Seisdedos, L., Gil, S. P., Pascualides, A. L., & Cerana, M. M. (2009). Atlas multimedia para la enseñanza-aprendizaje de la anatomía vegetal. *Educere: Investigación Arbitrada*, (46), 701-708.

Shurin, J. B., Borer, E. T., Seabloom, E. W., Anderson, K., Blanchette, C. A., Broitman, B., Cooper, S. D. & Halpern, B. S. (2002). A cross-ecosystem comparison of the strength of trophic cascades. *Ecology Letters*, 5(6), 785-791. <http://doi.org/10.1046/j.1461-0248.2002.00381.x>

Stein, M., McNair, S., & Butcher, J. (2000). Drawing on student understanding: using illustrations to invoke deeper thinking about animals. *ResearchGate*. Recuperado

a partir de https://www.researchgate.net/publication/234756178_Drawing_on_Student_Understanding_Using_Illustrations_To_Invoke_Deeper_Thinking_about_Animals

Strgar, J. (2007). Increasing the interest of students in plants. *Journal of Biological Education*, 42(1), 19-23. <http://doi.org/10.1080/00219266.2007.9656102>

Swerdlow, J. L. (2000). *Nature's Medicine: Plants that heal*. National Geographic Society.

Teacher, A. G. F., Griffiths, D. J., Hodgson, D. J., & Inger, R. (2013). Smartphones in ecology and evolution: a guide for the app-rehensive. *Ecology and Evolution*, 3(16), 5268-5278. <http://doi.org/10.1002/ece3.888>

Thomas, C. D., Cameron, A., Green, R. E., Bakkenes, M., Beaumont, L. J., Collingham, Y. C., Erasmus, B., de Siqueira, M., Grainger, A., Hannah, L., Hughes, L., Huntley, B., van Jaarsveld, A., Midgley, G. F., Miles, L., Ortega-Huerta, M., Townsend Peterson, A., Phillips, O. L. & Williams, S. E. (2004). Extinction risk from climate change. *Nature*, 427(6970), 145-148. <http://doi.org/10.1038/nature02121>

Tunncliffe, S. D., & Reiss, M. J. (2000). Building a model of the environment: how do children see plants? *Journal of Biological Education*, 34(4), 172-177. <http://doi.org/10.1080/00219266.2000.9655714>

Valencia, K. G., Garcés, E. de J. M., & Sepúlveda, C. A. M. (2018). El ABP mediado con tecnología móvil: una estrategia para la enseñanza de la resistencia aeróbica. *Aularia: Revista Digital de Comunicación*, 7(2), 53-62.

Valero Mora, P. M. (2008). *Bloque IV: Introducción a la inferencia estadística*.

Van Vuuren, D. P., Sala, O. E., & Pereira, H. M. (2006). The future of vascular plant diversity under four global scenarios. *Ecology and Society*, 11(2), 1-19.

Worm, B., Barbier, E. B., Beaumont, N., Duffy, J. E., Folke, C., Halpern, B. S., Jackson, J., Lotze, H. K., Micheli, F., Palumbi, S., Sala, E., Selkoe, K., Stachowicz, J. & Watson, R. (2006). Impacts of biodiversity loss on ocean ecosystem services. *Science*, 314(5800), 787-790. <http://doi.org/10.1126/science.1132294>

Bibliografía basada en páginas web

[1] Organización Mundial de la Salud. (2004). Fomento del consumo mundial de frutas y verduras. [Web]. Recuperado 28 de mayo de 2016, a partir de <http://www.who.int/dietphysicalactivity/fruit/es/index1.html>

[2] Van der Bie, J., Van der Mark, M., & Vijn, V. (2010). Boskoi [Aplicación]. Recuperado 4 de junio de 2016, a partir de <http://boskoi.org/>

[3] MIT App Inventor 2. (2016). MIT App Inventor 2 | Create apps [Herramienta de creación online]. Recuperado 9 de junio de 2016, a partir de <http://ai2.appinventor.mit.edu/>

[4] MIT App Inventor. (2015). System Requirements | Explore MIT App Inventor [Web]. Recuperado 9 de junio de 2016, a partir de <http://appinventor.mit.edu/explore/content/system-requirements.html>

[5] Santos Cuesta, J. (2016a). Descubre y aprende el Reino Vegetal [Blog]. Recuperado 10 de junio de 2016, a partir de <https://lacienciaenelaula.wordpress.com/descubre-y-aprende-el-reino-vegetal/>

[6] Santos Cuesta, J. (2016b). La ciencia en el aula [Blog]. Recuperado 10 de junio de 2016, a partir de <https://lacienciaenelaula.wordpress.com/>

[7] Santos Cuesta, J. (2016). Descubre y aprende el Reino Vegetal (Versión 1.8.1) [Android]. Granada. Recuperado 4 de abril de 2018 a partir de <http://cort.as/-3UPQ>

[8] Kahoot! (2016). Kahoot! [Juego]. Recuperado 10 de junio de 2016, a partir de <https://kahoot.it/#/>

[9] Centro de Humanidades y Computación de la Universidad de Victoria. (2013). Hot Potatoes [Software]. Recuperado 14 de mayo de 2016, a partir de <https://hotpot.uvic.ca/>