

Aplicación del Aprendizaje basado en Retos en la Agricultura de Precisión para una agricultura sostenible

Application of Challenge-Based Learning in Precision Agriculture for sustainable agriculture

Severiano Real-Moreno¹, Fernando Aragon-Rodriguez², Sergio Castro-Garcia³
& Juan Agüera-Vega⁴

Fecha de recepción: 02/03/2022; Fecha de revisión: 30/06/2022; Fecha de aceptación: 01/09/2022

Cómo citar este artículo:

Real-Moreno, S., Aragón-Rodríguez, F., Castro-García, S. & Agüera-Vega, J. (2022). Aplicación del Aprendizaje Basado en Retos en la Agricultura de Precisión para una agricultura sostenible. *Revista de Innovación y Buenas Prácticas Docentes*, 11(2), 49-62.

Autor de Correspondencia: g92arrof@uco.es

Resumen:

El Aprendizaje Basado en Retos (ABR) es una metodología que fomenta la creatividad y el pensamiento crítico mediante el planteamiento de retos relevantes para la formación del estudiante claramente identificables como situaciones reales. En la agricultura actual se están empleando nuevas técnicas y tecnologías las cuales nos permiten conocer y gestionar la variabilidad de la producción para mejorar la sostenibilidad y eficiencia de los sistemas agrícolas, conformándose la denominada agricultura de precisión (AP). Se plantea que los alumnos de 2º curso del Máster de Ingeniería Agronómica, a través del ABR y los principios de la AP, realicen una experiencia real del manejo de un cultivo. Para ello, se ha orientado el aprendizaje hacia la toma de decisiones en la Gestión de Flotas de vehículos agrícolas y la distribución variable de insumos, articulándose en cuatro actividades guía. Participaron un total de 26 alumnos, trabajándose habilidades blandas, como la comunicación, toma de decisiones y orientación a resultados, y habilidades técnicas relacionadas con el dominio agrícola y herramientas tecnológicas específicas. Se evaluaron los aspectos citados mediante un cuestionario teórico, evaluación de las actividades guía y una exposición de la solución aportada, alcanzando puntuaciones más elevadas que en cursos anteriores con metodologías convencionales.

Palabras clave: aprendizaje por experiencia, pedagogía por objetivos, método activo, nuevas tecnologías, agricultura.

¹ Universidad de Córdoba (España), g12remos@uco.es; CÓDIGO ORCID: 0000-0002-8492-7502

² Universidad de Córdoba (España), g92arrof@uco.es; CÓDIGO ORCID: 0000-0001-5417-4354

³ Universidad de Córdoba (España), scastro@uco.es; CÓDIGO ORCID: 0000-0002-0480-1847

⁴ Universidad de Córdoba (España), mc1agvej@uco.es; CÓDIGO ORCID: 0000-0003-2089-2643

Abstract:

Challenge-Based Learning (CBL) is a methodology that fosters creativity and critical thinking by posing challenges relevant to the student's training that are clearly identifiable as real situations. In today's agriculture, new techniques and technologies are being used which allow us to know and manage the variability of production to improve the sustainability and efficiency of agricultural systems, forming the so-called precision agriculture (PA). It is proposed that students in the 2nd year of the Master's Degree in Agronomic Engineering, through the ABR and the principles of PA, carry out a real experience in the management of a crop. For this purpose, learning has been oriented towards decision-making in the management of fleets of agricultural vehicles and the variable distribution of inputs, articulated in four guiding activities. A total of 26 students participated, working on soft skills, such as communication, decision-making and results orientation, and technical skills related to the agricultural domain and specific technological tools. The aforementioned aspects were assessed by means of a theoretical questionnaire, evaluation of the guiding activities and a presentation of the solution provided, achieving higher scores than in previous courses with conventional methodologies.

Key Words: experiential learning, pedagogy by objectives, active method, new technologies, agriculture.

1. INTRODUCCIÓN

La metodología del Aprendizaje Basado en Retos (ABR) facilita que el estudiante participe de forma activa en una experiencia abierta y relevante en su formación, con el objetivo de proponer una solución a un problema en el marco de una situación real, alcanzando el significado práctico de la formación recibida (Kohn et al., 2020). Es el propio reto, en forma de actividad o tarea, el encargado de estimular al estudiante, despertando su reflexión, síntesis y análisis crítico. A su vez, este empoderamiento del alumno promueve una actitud emprendedora que facilita su integración en empresas preestablecidas y la creación de nuevas (Martínez & Crusat, 2020).

La metodología del Aprendizaje Basado en Retos ha sido aplicada, desde su relación con el Aprendizaje Basado en Proyectos o en Problemas (Kohn et al., 2020) y la formación basada en CDIO (Concebir-Diseñar-Implementar-Operar) (Crowley et al., 2007), con gran éxito en titulaciones de ingeniería (Enelund et al., 2013; López-Fernández et al., 2020; Yoosomboon & Wannapiroon, 2015). Una propuesta en su metodología es la aportada por Apple (Apple, 2011), la cual consigue que aumente la motivación del alumno en el aprendizaje y se potencien sus habilidades creativas y de pensamiento crítico. Esta metodología pone en énfasis la realidad a la que se enfrenta nuestro mundo como ha sido plasmado con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) promovidos por la Organización de las Naciones Unidas (ONU) cimentados en una serie de metas o retos englobados en 17 objetivos. En los ODS la educación juega un papel muy importante, debiendo ser esta flexible, dinámica e integral, de tal manera que prepare al alumnado para enfrentarse a los retos de nuestra sociedad (Membrillo-Hernández et al., 2021).

El alumno de segundo curso del Máster de Ingeniería Agronómica ya dispone de un gran número de las competencias necesarias para la toma de decisiones en agricultura. Sin embargo, este alumno aún no se ha enfrentado a una situación cercana a su próxima vida laboral. Es decir, identificar un problema, establecer un reto a superar, plantear y exponer una solución. Acciones que deberá hacer normalmente en grupo, con espíritu crítico y constructivo e investigando sobre el estado actual de la técnica. La formación recibida por el estudiante apunta que existen muchos problemas en agricultura que pueden ser solucionados para alcanzar una agricultura más eficiente y eficaz, mejorando su sostenibilidad. El proyecto docente planteado quiere contribuir a que el alumno pueda identificar y superar el desafío que supone el rápido cambio y avance que la agricultura está experimentando, a través de la agricultura de precisión (Kitchen et al., 2002). Se trata de una estrategia de gestión que reúne, procesa y analiza datos temporales, espaciales e individuales y los combina con otra información para apoyar las decisiones de gestión según la variabilidad estimada para mejorar la eficiencia del uso de los recursos, la productividad, la calidad, la rentabilidad y la sostenibilidad de la producción agrícola. En este sentido, son muchas y diversas las tecnologías y soluciones disponibles para el avance del sector hacia su digitalización y transformación (Tey & Brindal, 2012). La aplicación del Aprendizaje Basado en Retos permitirá que el alumno se involucre activamente en la resolución de un problema real, identificando el reto e implantando una solución (Yang et al., 2018). Esta metodología es aplicada en la asignatura de “Agricultura de precisión”, de segundo curso del Máster Universitario en Ingeniería Agronómica en la Escuela Técnica Superior de Ingeniería

Agronómica y de Montes de la Universidad de Córdoba durante el curso académico 2020/21.

El objetivo principal del proyecto es que el alumno, en base a la información recibida y con ayuda de herramientas tecnológicas aplicadas a la agricultura de precisión, pueda realizar, explicar y aplicar una propuesta de manejo de un cultivo, basado en criterios de sostenibilidad y aprovechamiento de recursos. Dicho objetivo está materializado en la correcta aplicación de una estrategia de abonado variable a una parcela de cereal para mejorar su eficiencia y sostenibilidad.

Los objetivos específicos del proyecto son:

1. Búsqueda, acceso y análisis de la información proveniente de los equipos de agricultura de precisión (distribución variable, sensores remotos y gestión de flotas) para la adquisición de las habilidades técnicas necesarias en la consecución del reto.
2. Diseñar un plan de abonado variable para un cultivo extensivo, a partir de los conocimientos adquiridos en las actividades guía, bajo los criterios de sostenibilidad de la producción agrícola y la rentabilidad empresarial.

2. DESARROLLO DE LA EXPERIENCIA DE INNOVACIÓN

La idea general del reto es que el alumno pueda explorar y conocer en la asignatura las múltiples tecnologías aplicadas en la Agricultura de Precisión. En el marco de la sostenibilidad, la actividad práctica se enfoca en plantear una propuesta donde los criterios actuales de manejo del cultivo puedan ser reemplazados por decisiones basadas en información, que permitan realizar un manejo más sostenible del mismo. Para resolver el reto planteado, el estudiante ha partido del conocimiento de la tecnología disponible y se les hace partícipes de plantear una solución específica mediante el diseño de una estrategia de abonado variable a emplear en la próxima campaña de cultivo.

Para abordar el reto, el alumno ha realizado 4 actividades guía, en base a cada objetivo del proyecto, y diseñadas para establecer los fundamentos que le sirven para la resolución del reto (Figura 1):

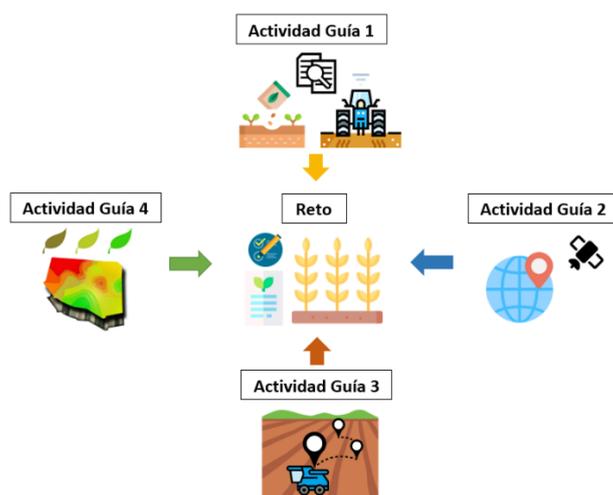


Figura 1. Esquema de cada una de las actividades guía y reto.

Actividades del **objetivo 1**:

- *Actividad 1.* Acceso a información de equipos para la implantación de técnicas de distribución variable de fertilizantes basada en mapas y guiado automático.
- *Actividad 2.* Acceso a información remota de servidores de datos para la aplicación variable precisa con maquinaria agrícola. Interpretación y análisis de información.
- *Actividad 3.* Evaluación de la información para la gestión de flotas aplicadas a tareas agrícolas.

Actividades del **objetivo 2**:

- *Actividad 4.* Acceso a información del cultivo (NDVI) y a los mapas de rendimiento obtenidos desde cosechadoras dotadas con la tecnología adecuada.

Reto:

Mejorar la sostenibilidad en la producción de cereal en una parcela de cultivo real en base a los datos recogidos del cultivo en la campaña anterior a través de una estrategia de abonado variable de fondo.

Actividad Guía 1:

El alumno realiza una búsqueda y selección de la tecnología actual, por medio de la identificación de los equipos comercialmente disponibles que serían necesarios para que una empresa de servicios agrícolas pueda ofrecer trabajos de fertilización variable basada en mapas, así como el guiado automático de los tractores. Se supone que la empresa dispone de tractores a los que incorporar dicha tecnología, y de las máquinas abonadoras convencionales tipo remolque. En la selección puede contemplarse la transformación de dichas máquinas abonadoras o la adquisición de nuevas máquinas que incorporen de fábrica la tecnología de distribución variable.

Recursos necesarios: Acceso a información de marcas comerciales y catálogos de productos.

Cada alumno realiza un informe individualizado y lo entrega en una tarea programada en Moodle.

Actividad Guía 2:

La realización de operaciones agrarias de forma precisa requiere que los sistemas de posicionamiento global (*Global Navigation Satellite System*, GNSS) a bordo de las máquinas obtengan señales de corrección que permitan reducir los errores de los datos observables. Existen diversas formas de obtener las señales de corrección, desde el empleo de un GNSS diferencial, soluciones o sistemas de correcciones diferenciales RTK (*Real Time Kinematic*), señales de correcciones vía satélite (*Satellite-based Augmentation System*, SBAS) como EGNOS o el protocolo NTRIP (*Networked Transport of RTCM via Internet Protocol*). En la actividad guía se indica que el alumno realice la configuración de la aplicación GNSS Internet Radio de

la Red Andaluza de Posicionamiento (RAP) para establecer una conexión NTRIP que permita descargar señales de corrección en tiempo real (Figura 2) en dos escenarios:

- Una estación base de punto simple de la RAP.
- Una solución de red (estación base virtual, VRS) de la RAP.

Recursos necesarios: Acceso a red de datos y obtención de datos de corrección desde el portal Geodésico de Andalucía (Junta de Andalucía, s.f.)

Cada alumno realiza un informe individualizado y lo entrega en una tarea programada en Moodle.

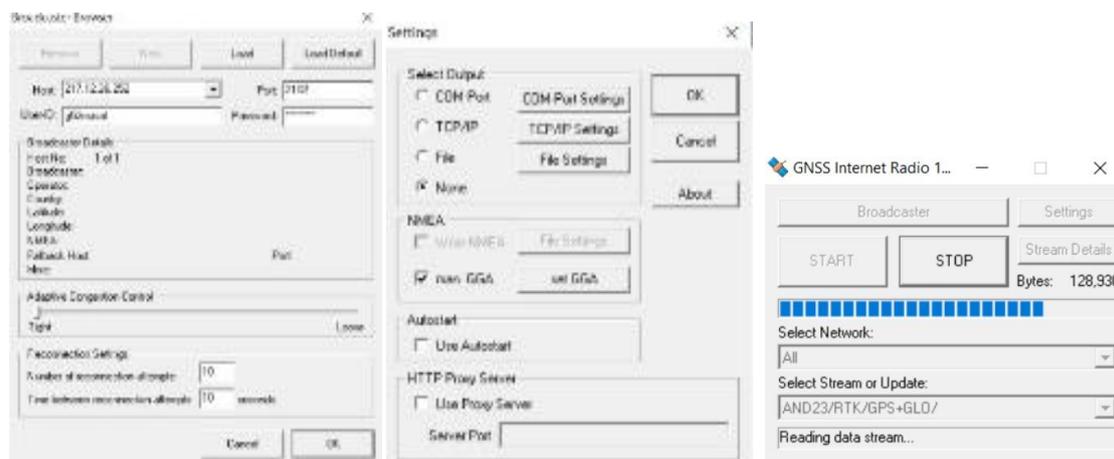


Figura 2. Interfaz de la GNSS Internet Radio, configuración y configuración con envío de datos de corrección.

Actividad Guía 3:

La evaluación de la gestión de las operaciones agrarias se puede realizar en base a un sistema de gestión de flotas. Estos sistemas de gestión permiten obtener la información de la maquinaria a tiempo real y realizar el análisis descriptivo de la información, un análisis prescriptivo de las operaciones o el análisis predictivo sobre el mantenimiento de las operaciones. Para la realización de la actividad, a los alumnos se le proporciona acceso a la plataforma Agroplanning (Agroplanning, s.f.), y se les asigna un día de trabajo de una cosechadora de olivar superintensivo (Figura 3). El alumno realiza un informe de trabajo de la cosechadora, evaluando los tiempos de trabajo, generando los resultados del seguimiento en un archivo “.kml”, y su exportación a Google Earth. Asimismo, desde la aplicación obtiene la información correspondiente al índice de vegetación NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) de una parcela de su elección, realiza la exportación de los datos y elabora un mapa donde se observa el rango de valores de dicho indicador.

Recursos necesarios: acceso a la aplicación Agroplanning.

Cada alumno realiza un informe individualizado y lo entrega en una tarea programada en Moodle.

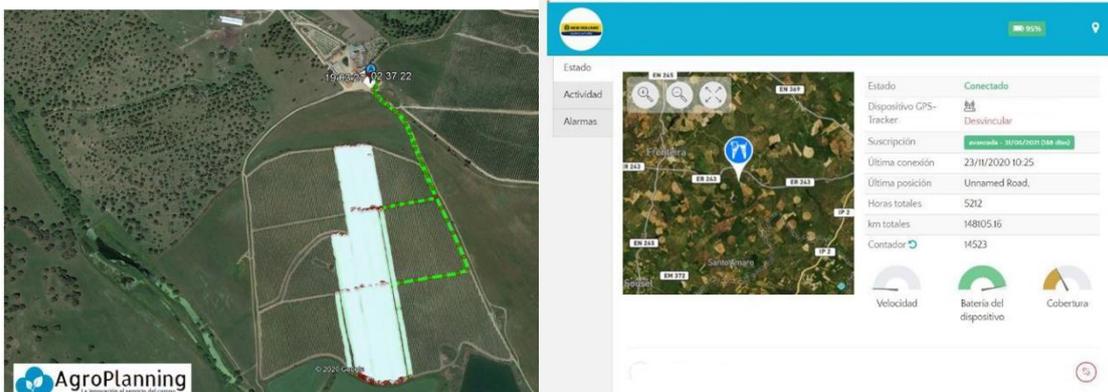


Figura 3. Sistema de gestión de flotas y generación de informes en una operación de recolección mecanizada en olivar de alta densidad.

Actividad Guía 4:

Para la gestión georreferenciada de los datos, los alumnos deben conocer los fundamentos de los Sistemas de Información Geográfica (SIG). En la actividad guiada se solicita que los alumnos confeccionen un mapa de variabilidad de NDVI en una parcela de cultivo como indicador de la variabilidad resultante y de la necesidad de actuar de forma diferencial con el plan de abonado y su correspondiente relación con los mapas de producción obtenidos desde cosechadora en años anteriores. Para ello, el alumno debe confeccionar un mapa del NDVI de una parcela, diferenciando 8 niveles distintos por color, a partir de imágenes del satélite SENTINEL-2 (European Space Agency, s.f.), procesadas en QGIS (QGIS.org, 2021) y exportar el resultado a formato “.pdf”.

Recursos necesarios: acceso a las imágenes SENTINEL-2 y al programa QGIS.

Cada alumno realiza un informe individualizado y lo entrega en una tarea programada en Moodle.

Reto:

El reto planteado a cada alumno consiste en la prescripción de un abonado variable de fondo en un cultivo de cereal en base al mapa de rendimiento obtenido en la campaña anterior (Figura 4) con una cosechadora dotada de monitor de rendimiento, trabajando en la Finca Experimental de Rabanales, Córdoba (UCO). Para ello, se utiliza el software comercial Trimble Ag. Farm Works (Trimble, 2012). A cada alumno se le asigna una parcela de cultivo, y se le proporciona la información correspondiente a la cosecha por medio de un archivo “.xml”. La solución aportada de cada alumno debe incluir los archivos vectoriales (“.shp”, “.shx” y “.dbf”) de los

mapas de variabilidad generados, así como los archivos correspondientes para ejecutar la tarea (Figura 5).

Recursos necesarios: acceso a la aplicación Trimble Ag. Farm Works y datos correspondientes al mapa de rendimiento del cultivo anterior.

Cada alumno realiza un informe individualizado y lo entrega en una tarea programada en Moodle. Asimismo, se realiza una presentación de la solución aportada al resto de compañeros justificándola y creando un debate a modo de mesa redonda.

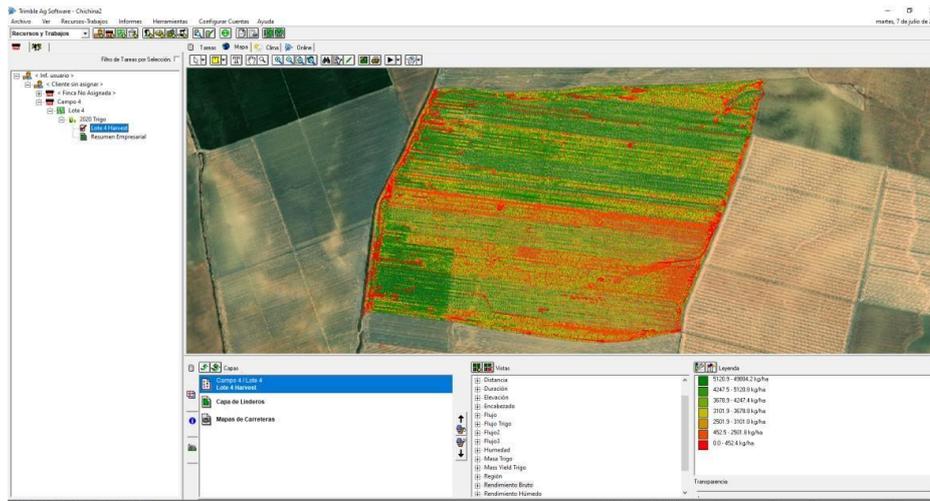


Figura 4. Mapa de rendimiento del cultivo procesado con Trimble Ag. Farm Works.

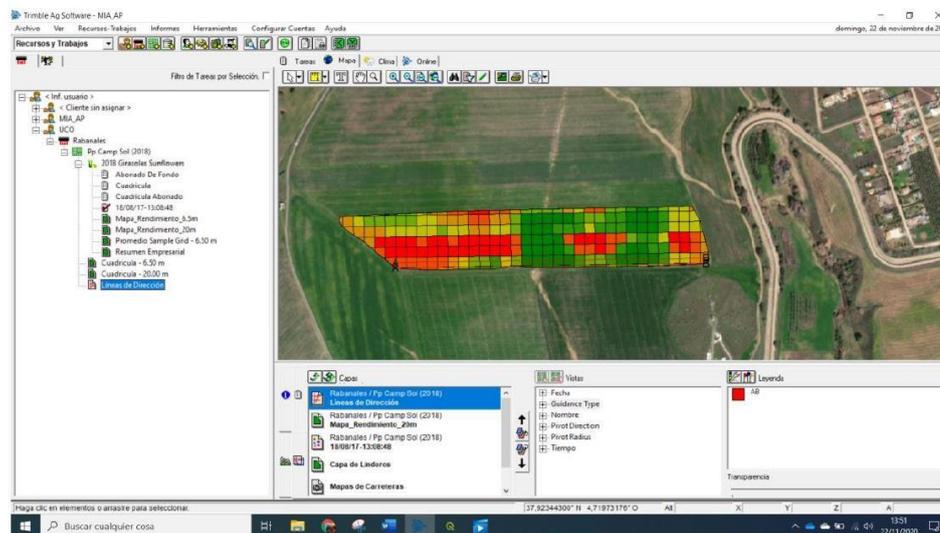


Figura 5. Mapa de prescripción de abonado variable de fondo sobre cultivo de cereal realizado con con Trimble Ag. Farm Works.

3. RESULTADOS

Cada actividad guía ha sido evaluada para alcanzar la resolución del reto por parte del alumno. Finalmente, la resolución del reto ha sido evaluada de forma individual en cada alumno. En la tabla 1 se indica el seguimiento y método de evaluación de cada actividad.

Tabla 1.
Evaluación y seguimiento de las actividades guía/reto.

Actividad guía	Fecha	Criterio	Procedimiento
1	2 octubre 2020	Identificación de la tecnología comercial y alternativas disponibles. Dimensionamiento del parque de maquinaria.	Entrega de informe en Moodle
2	21 octubre 2020	Acceso y configuración de la aplicación, establecimiento de las configuraciones propuestas y envío de la información.	Entrega de informe en Moodle
3	28 octubre 2020	Acceso a la información, capacidad para interpretación y selección de variables a estudiar	Entrega de informe en Moodle
4	11 noviembre 2020	Acceso a la información, tratamiento de la información y elaboración de mapas	Entrega de informe en Moodle y tutoría para la preparación del reto
Reto	30 noviembre 2020	Tratamiento de los datos, planificación de la operación, mejora en la eficiencia de insumos, capacidad comunicativa y pensamiento crítico	Entrega de informe en Moodle y exposición de la solución aportada. Realización de un cuestionario final

Fuente: Elaboración propia.

La asignatura ha sido evaluada mediante la participación y entregables de las actividades guía y un cuestionario final, con un total de 26 alumnos. La distribución de los resultados obtenidos, tanto en el apartado de actividades guía como del cuestionario final, pueden observarse en la figura 6. Se muestra que las distribuciones son compactas y se sitúan en la zona de aprobado. La media y mediana de las notas relativas a las actividades guía es ligeramente superior a las del cuestionario final.

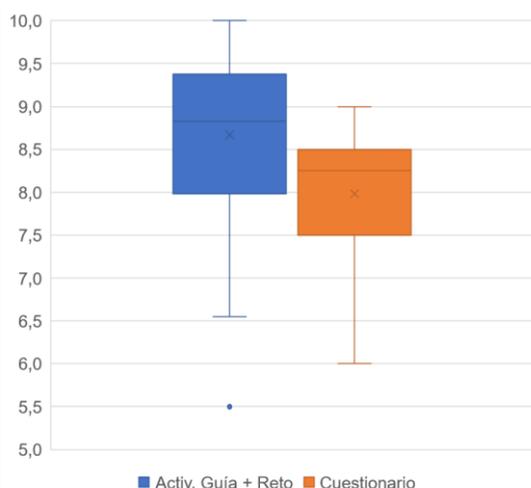


Figura 6. Distribución de las notas obtenidas en las actividades guía + reto y cuestionario para el curso académico de estudio (2020/21).

En la figura 7 se desglosa la distribución de las actividades guía/reto para cada una de sus partes. Se puede vislumbrar que la mayoría, incluido el reto, tienen altos valores de puntuación, estando las notas muy concentradas, salvo la Actividad Guía 1, relativa al “Acceso a información de equipos para la implantación de técnicas de distribución variable de fertilizantes basada en mapas y guiado automático”. La disparidad en los resultados de esta actividad guía, obteniendo valores más bajos y según la evaluación de los entregables asociados, puede ser debida a que no ha calado en los alumnos la importancia a nivel real de conocer y evaluar la idoneidad de la tecnología que ofrecen los diversos actores comerciales. Esta etapa inicial es decisiva para cualquier proyecto y se debe suplir esta carencia en próximos cursos aplicando un mayor énfasis en el alcance práctico de la misma.

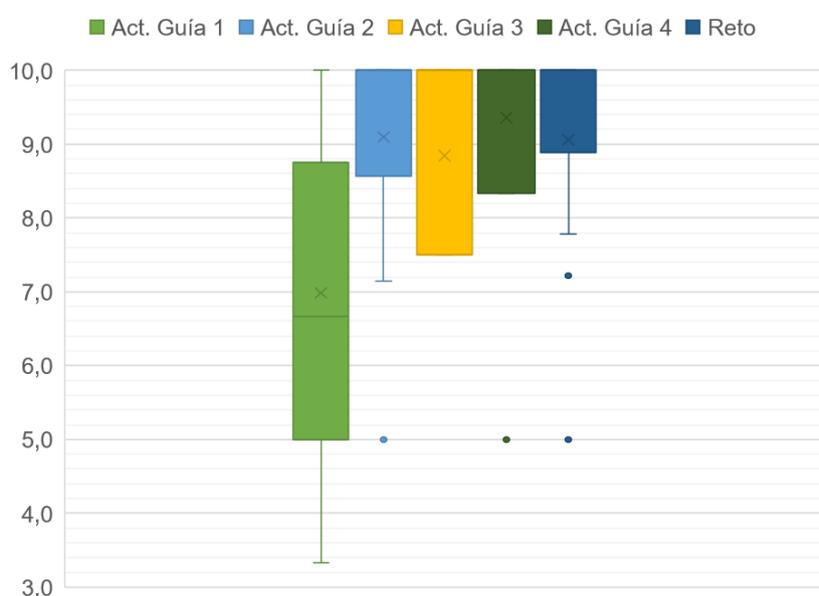


Figura 7. Distribución de las notas obtenidas en las actividades guía y el reto para el curso académico de estudio (2020/21).

En referencia al reto a superar, este ha sido expuesto y explicado por el alumno según la solución adoptada. En cada solución, el alumno ha indicado los datos básicos del cultivo (especie, fecha, ancho de corte, velocidad media de la maquina y combustible utilizado), el sistema de procesamiento de los datos (filtrado y sistema de interpolación), y ha realizado el mapa de rendimiento del cultivo. Posteriormente, establece el criterio para el diseño y estrategia de abonado variable según la información que dispone. La entrega y explicación de la solución aportada al reto fue muy bien recibida por los alumnos, con una nota media de 9,1, incrementando su motivación hacia la asignatura, con observaciones similares en otros estudios (Martínez, & Crusat, 2020).

La evaluación de la asignatura durante los cursos anteriores al curso académico de estudio (2020/21) se realizó en dos partes: una parte práctica relativa a trabajos convencionales y otra parte relativa a un cuestionario teórico final, ponderando 2/3 y 1/3 respectivamente de la nota final de la asignatura. En el curso académico 2020/21 se sustituyó la parte práctica de los trabajos convencionales por las actividades guía y reto, manteniendo de igual manera el cuestionario teórico y la ponderación en la nota global de la asignatura. La figura 8 muestra los valores medios de puntuación obtenidos para las actividades guía o trabajos convencionales y el cuestionario teórico de los últimos

tres cursos académicos anteriores al curso de estudio. Asimismo, en la figura 9 se observa la distribución en proporción de las notas finales obtenidas por los alumnos para cada curso académico. En las figuras se expone que las notas relativas a las actividades guía/reto frente a los trabajos convencionales y el cuestionario han sido más elevadas y equilibradas que en curso anteriores, con una nota global de 8,36, desapareciendo los suspensos e incrementándose las notas elevadas como notables y sobresalientes. Esto pone de manifiesto que el alumnado ha asimilado mayores conocimientos teórico/prácticos frente a años anteriores empleando métodos de enseñanza convencionales, con resultados similares aportados por otros autores (Membrillo-Hernández et al., 2021).

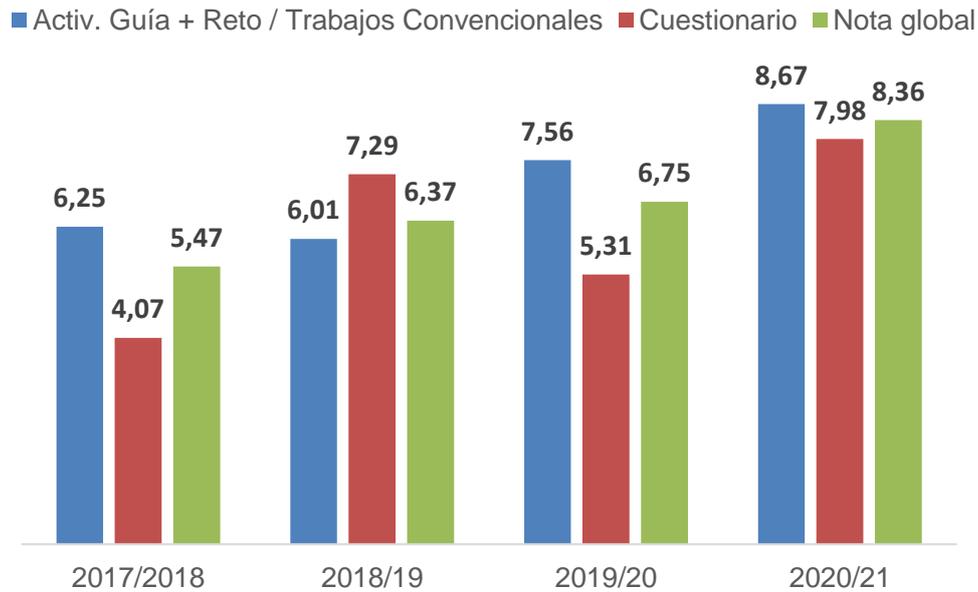


Figura 8. Comparativa de los valores medios obtenidos para las actividades guía / trabajos convencionales, cuestionario y nota global durante el curso académico de estudio (2020/21) y los tres anteriores.

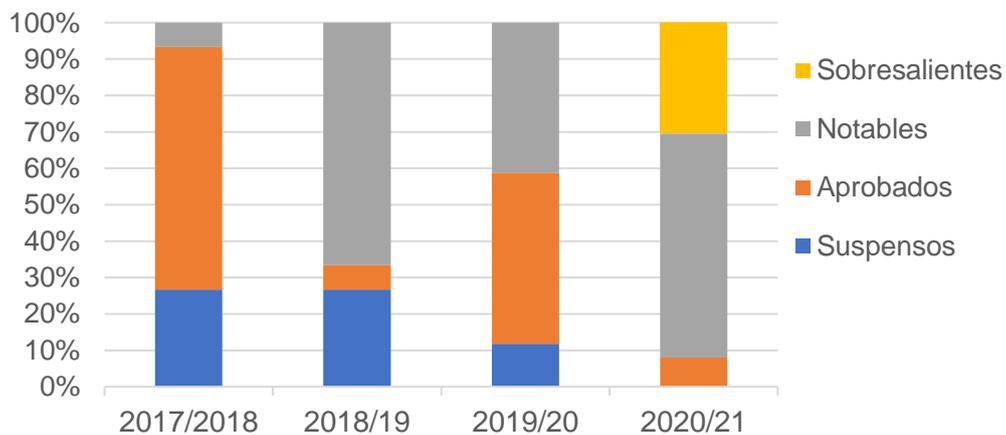


Figura 9. Desglose porcentual de las notas obtenidas para el curso académico de estudio (2020/21) y los tres anteriores.

Finalmente, se realizó una encuesta final anónima al alumnado para conocer su experiencia acerca del ABR aplicado a la asignatura (Figura. 10). Esta encuesta fue respondida por el 65.4% de los alumnos (17/26) con una valoración global de 4.3/5. El aspecto más negativo (3.9/5) valorado ha sido el referente a los plazos de entrega/presentación de los trabajos. Este apartado podría ser mejorable intentado adecuar con mayor precisión los plazos de entrega al contenido teórico/práctico de la actividad guía. Por otro lado, el aspecto más positivo ha sido el seguimiento e instrucciones sobre la realización de las actividades guía/reto (4.7/5), seguido de la estructura y material de la asignatura (4.6/5) y el desarrollo de la misma empleado ABR (4.6/5). Los dos primeros puntos indican que los alumnos poseen todo el material y las herramientas necesarias por parte del profesorado para llevar a buen término la asignatura. El último punto es diferencial y muy importante, ya que muestra la satisfacción del alumnado con esta metodología y la predisposición a la misma.

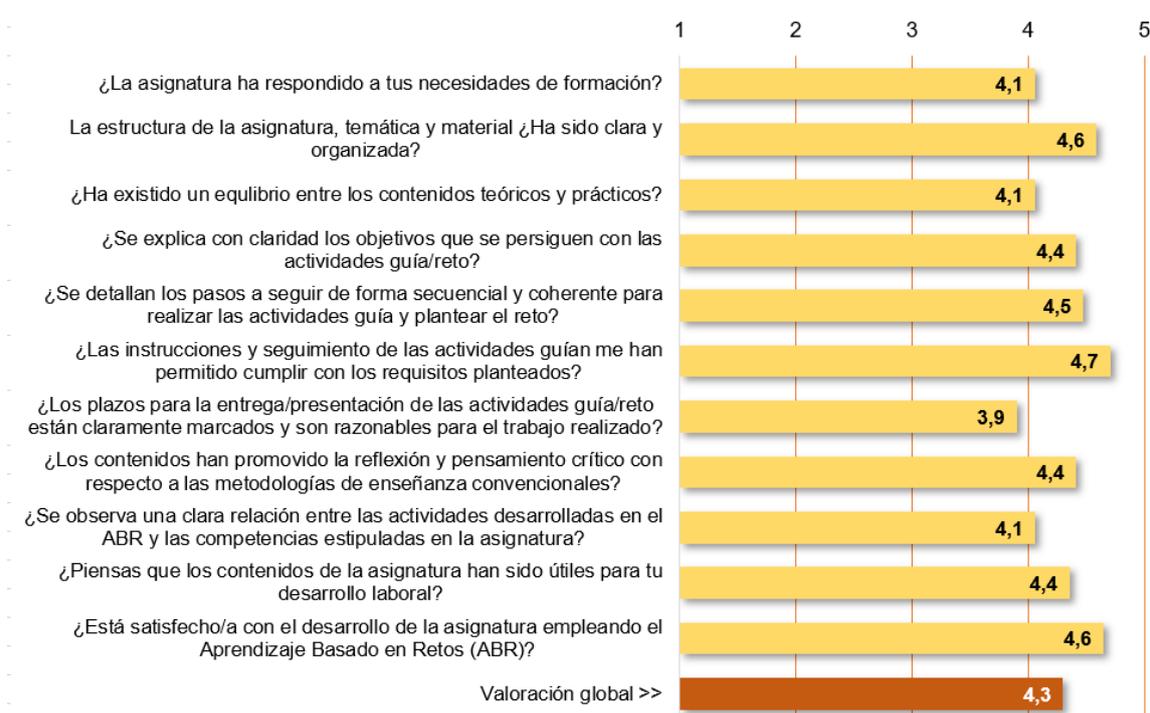


Figura 10. Valores medios (de 1 a 5; 1: nada, 5: totalmente) obtenidos en la encuesta realizada a los alumnos en el curso académico de estudio (2020/21).

4. CONCLUSIONES

La aplicación de la metodología del Aprendizaje Basado en Retos aplicado en la asignatura “Agricultura de Precisión” de 2º curso del Máster de Ingeniería Agronómica ha permitido una mejor comprensión y asimilación contenidos teórico/prácticos por parte del alumnado, así como una mejor adquisición de las competencias relativas al alcance de la asignatura. Por tanto, se considera que se han cumplido los objetivos marcados en el proyecto de innovación docente, pudiendo afirmarse que:

- Se ha incrementado el rendimiento académico entre un 24 y un 53% empleando la metodología ABR, plasmado como nota final de la asignatura, similar a los resultados obtenidos por otros autores (Membrillo-Hernández et al., 2019).
- Se han eliminado los alumnos suspensos y se han incrementado las notas cualitativas, llegando al nivel de sobresaliente.
- Se ha familiarizado al alumnado con técnicas de agricultura de precisión basadas en la toma de decisiones mediante datos, aportándole habilidades técnicas relacionadas con las tecnologías de la información y comunicación (TIC), muy importantes para la eficiencia agrícola (El Bilali, & Allahyari, 2018).
- Se han mejorado las habilidades blandas del alumnado, centradas en la autonomía, autoaprendizaje, pensamiento crítico, innovación y comunicación (López-Fernández et al., 2020).
- Se han recabado posibles mejoras en la aplicabilidad de la metodología ABR a través de las encuestas realizadas a los alumnos que se tendrán en cuenta para próximos cursos.

Sin embargo, esta metodología puede tener ciertas limitaciones relativas al tiempo en su desarrollo, tanto en el acompañamiento como en la realización por parte del profesorado (Portuguez-Castro, & Gomez-Zermeno, 2020), al igual que en la potencial implicación e interés del alumnado en la misma, siendo esta pieza fundamental para el buen desarrollo de esta metodología (Lin, & Chen, 2018). Por consiguiente, para la correcta implantación y desarrollo del ABR es importante una planificación y organización adecuadas junto con una gran labor de comunicación a los alumnos de la importancia de las actividades guía y retos, basados en ejemplificaciones prácticas de su posible vida profesional futura.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen la financiación recibida por la Universidad de Córdoba, a través del proyecto de innovación docente “2020-1-5018 Aplicación del Aprendizaje Basado en Retos en la Agricultura de Precisión para una agricultura sostenible” concedido en el Plan de Innovación y buenas prácticas docentes en el curso 2020/2021.

REFERENCIAS

- Agroplanning. (s. f.). *Agroplanning | Agricultura Inteligente*. <https://www.agroplanning.com/es>
- Apple. (2011). *Challenge based learning: A classroom guide*. <https://apple.co/3QXvsw9>
- Crawley, E., Malmqvist, J., Ostlund, S., Brodeur, D., & Edstrom, K. (2007). Rethinking engineering education. *The CDIO Approach*, 302, 60-62. <https://bit.ly/3eYw47N>
- Enelund, M., Knutson Wedel, M., Lundqvist, U., & Malmqvist, J. (2013). Integration of education for sustainable development in the mechanical engineering curriculum. *Australasian Journal of Engineering Education*, 19(1), 51-62. <https://bit.ly/3BQIrgj>
- European Space Agency. (s. f.). *Open Access Hub*. Copernicus Open Access Hub. <https://scihub.copernicus.eu/>
- El Bilali, H., & Allahyari, M. S. (2018). Transition towards sustainability in agriculture and food systems: Role of information and communication technologies. *Information*

- Processing in Agriculture*, 5(4), 456-464.
<https://doi.org/10.1016/j.inpa.2018.06.006>
- Junta de Andalucía. (s. f.). *Correcciones Diferenciales | Portal Geodésico de Andalucía*.
<https://bit.ly/3DyhnIX>
- Kitchen, N. R., Snyder, C. J., Franzen, D. W., & Wiebold, W. J. (2002). Educational needs of precision agriculture. *Precision agriculture*, 3(4), 341-351.
<https://doi.org/10.1023/A:1021588721188>
- Kohn Rådberg, K., Lundqvist, U., Malmqvist, J., & Hagvall Svensson, O. (2020). From CDIO to challenge-based learning experiences—expanding student learning as well as societal impact? *European Journal of Engineering Education*, 45(1), 22-37. <https://doi.org/10.1080/03043797.2018.1441265>
- Lin, J., & Chen, C. (2018). A Study of Challenge-based learning Based on Enhancing Innovative Ability. In W. Sunyu, A. Kolmos, A. Guerra, & Q. Weifeng (Eds.), *7 th International Research Symposium on PBL* (p. 58). <https://bit.ly/3SfVht>
- López-Fernández, D., Sanchez, P. S., Fernández, J., Tíno, I., & Lapuerta, V. (2020). Challenge-Based Learning in Aerospace Engineering Education: The ESA Concurrent Engineering Challenge at the Technical University of Madrid. *Acta Astronautica*, 171, 369-377. <https://doi.org/10.1016/j.actaastro.2020.03.027>
- Martínez, I. M., & Crusat, X. (2020). How Challenge Based learning enables entrepreneurship. In *2020 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)* (pp. 210-213). IEEE.
- Membrillo-Hernández, J., Muñoz-Soto, R. B., Rodríguez-Sánchez, Á. C., Díaz-Quñonez, J. A., Villegas, P. V., Castillo-Reyna, J., & Ramírez-Medrano, A. (2019, April). Student engagement outside the classroom: analysis of a challenge-based learning strategy in biotechnology engineering. In *2019 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)* (pp. 617-621). IEEE.
- Membrillo-Hernández, J., de Jesús Ramírez-Cadena, M., Ramírez-Medrano, A., García-Castelán, R. M., & García-García, R. (2021). Implementation of the challenge-based learning approach in Academic Engineering Programs. *International Journal on Interactive Design and Manufacturing (IJIDeM)*, 15(2), 287-298. <https://bit.ly/3DzqXVQ>
- Portuguez-Castro, M., & Gomez-Zermeno, M. G. (2020). Challenge based learning: Innovative pedagogy for sustainability through e-learning in higher education. *Sustainability*, 12(10), 4063. <https://doi.org/10.3390/su12104063>
- QGIS.org (2021). *QGIS Geographic Information System*. QGIS Association. <http://www.qgis.org>.
- Tey, Y. S., & Brindal, M. (2012). Factors influencing the adoption of precision agricultural technologies: a review for policy implications. *Precision agriculture*, 13(6), 713-730. <https://bit.ly/3LuOeKn>
- Trimble. (2012). *Trimble Agriculture Farm Works*. Trimble Agriculture. <https://bit.ly/3eYnXrL>
- Yang, Z., Zhou, Y., Chung, J. W., Tang, Q., Jiang, L., & Wong, T. K. (2018). Challenge Based Learning nurtures creative thinking: An evaluative study. *Nurse education today*, 71, 40-47. <https://doi.org/10.1016/j.nedt.2018.09.004>
- Yoosomboon, S., & Wannapiroon, P. (2015). Development of a challenge based learning model via cloud technology and social media for enhancing information management skills. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 174, 2102-2107. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.02.008>