

Artículo original breve

“Farmaling”: Implementación y adaptación de una plataforma virtual de simulación para la docencia de Biología Molecular y Biotecnología

“Farmaling”: Reshaping a research and development cloud-based platform for Molecular Biology and Biotechnology teaching

Pajuelo Domínguez E¹, Rodríguez Llorente ID¹, Merchán Ignacio F¹, Espinosa Oliva AM², Gavilán Dorronzoro E², Muñoz Pinto MF², Manfredi Lozano M² y Carrasco López JA^{1*}

¹ Departamento de Microbiología y Parasitología, Facultad de Farmacia, Universidad de Sevilla

² Departamento de Bioquímica y Biología Molecular, Facultad de Farmacia, Universidad de Sevilla

*Correspondencia: jcarrascol@us.es

Resumen: Tras una época de cambios sin precedentes en la educación mundial, tanto escuelas como universidades han adoptado métodos de enseñanza a distancia y virtual, haciendo que las herramientas que los educadores usan para sus cursos evolucionen. Las crisis globales presentes y futuras requieren soluciones científicas avanzadas, por lo que preparar a los estudiantes para carreras científicas y técnicas nunca ha sido más importante. Herramientas que ofrezcan soluciones sencillas y virtuales con pocos requerimientos (una dirección de correo electrónico y conexión a internet) son esenciales para que los profesores transmitan sus conocimientos y experiencia a sus estudiantes de forma efectiva. Este estudio implementa una plataforma virtual de Biología Molecular y Biotecnología (www.benchling.com) como una herramienta didáctica, centrando el aprendizaje del alumno en la resolución de problemas y la colaboración. Esta plataforma, basada en la nube, se utiliza para diseñar, registrar y analizar experimentos. Adaptada como una herramienta de aprendizaje virtual, puede ayudar a emular el proceso científico sin estar en el laboratorio, permitiendo al alumno familiarizarse con cada paso de un experimento, desde el diseño hasta el análisis de los datos y la documentación del proceso en libros de protocolos electrónicos. Proporciona amplias oportunidades para el aprendizaje práctico y exploratorio. Si bien las soluciones virtuales no sustituyen la experiencia práctica en el laboratorio, la familiaridad con el proceso experimental que aportan estas plataformas tiene beneficios clave que se extienden mucho más allá del aula. Su uso facilita el acceso homogéneo a los materiales e información, facilita el aprendizaje asincrónico, el trabajo en equipo, reduce el riesgo de exposición a sustancias peligrosas en el laboratorio a alumnos sin experiencia

previa y proporciona un conjunto de habilidades transferibles para el próximo paso formativo o profesional de los estudiantes, ya sea académico o en el sector privado.

Abstract: After a period of unprecedented changes in worldwide education, both schools and universities have adopted distance and virtual teaching methods, forcing the tools that educators use for their courses to evolve. Present and future global crises require advanced scientific solutions, so preparing students for scientific and technical careers has never been more important. Tools that offer simple and virtual solutions with few requirements (an email address and internet connection) are essential for teachers to effectively communicate their knowledge and experience to their students. This study implements a virtual platform for Molecular Biology and Biotechnology (www.benchling.com) as a didactic tool, focusing student's learning on problem solving and collaboration. This cloud-based platform is used to design, record, and analyze experiments. Adapted as a virtual learning tool, it can help emulate the scientific process without being in the laboratory, allowing the student to become familiar with each step of an experiment, from the initial design to data analysis and documentation of the process in electronic notebooks. While virtual solutions are not a substitute for hands-on experience in the lab, the familiarity with the experimental process that these platforms bring has key benefits that extend well beyond the classroom. Its use facilitates homogeneous access to materials and information, facilitates asynchronous learning, teamwork, reduces the risk of exposure to hazardous substances in the laboratory to students without previous experience, it offers abundant opportunities for exploratory learning, and provides a set of transferable skills for the student's next professional or academic steps.

Palabras clave: farmaling, biología molecular, biotecnología, innovación, plataforma virtual, divulgación.

Keywords: farmaling, molecular biology, biotechnology, innovation, cloud-based platform, divulgation.

1. Introducción

Los planes de estudio de las titulaciones de Grado y Máster de la Universidad de Sevilla tienen entre sus objetivos el desarrollo de distintas estrategias para mejorar cualitativamente la práctica de la enseñanza, el proceso y los resultados del aprendizaje. De acuerdo con esto, nuestro proyecto de innovación docente, enmarcado en el IV Plan Propio de Docencia, pretende que los alumnos trabajen nuevas estrategias de aprendizaje para adquirir los conocimientos de las asignaturas implicadas y transversalmente trabajen otras habilidades como el pensamiento analítico e innovación, habilidad de resolver problemas complejos, uso de nuevas tecnologías e idiomas. El estudio se basa en la implementación de una plataforma de virtual de aplicación biotecnológica en la enseñanza mediante el diseño y simulación de protocolos de Biología Molecular. Este tipo de enseñanza es muy relevante en dicho campo de estudio, pero

puede ser rápidamente adaptada a otras disciplinas como bioquímica, bioingeniería, bioinformática, microbiología o genética, por lo que el impacto educativo en la comunidad universitaria podría extenderse ampliamente.

1.1 ¿Qué son las plataformas virtuales de simulación?

Son plataformas de software basada en la nube que se utilizan para diseñar, registrar y analizar experimentos (Figura 1). Adaptadas como una herramienta de aprendizaje virtual, puede ayudar a emular el proceso científico sin estar en el laboratorio, permitiendo al alumno familiarizarse con cada paso de un experimento, desde el diseño hasta el análisis de los datos y la documentación del proceso en libros de protocolos electrónicos, proporcionando amplias oportunidades para el aprendizaje práctico y exploratorio. Si bien reconocemos que las soluciones virtuales no sustituyen la experiencia práctica en el laboratorio, la

familiaridad con el proceso experimental que aportan estas plataformas tiene beneficios clave que se extienden mucho más allá del aula.

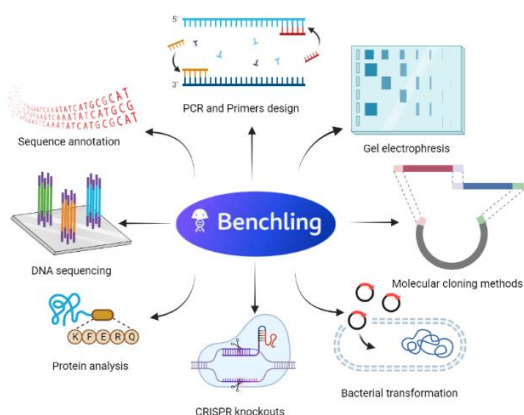


Figura 1. Actividades que pueden ser simuladas e implementadas como recursos educativos en la plataforma basada en la nube Benchling (www.benchling.com). El proceso, que incluye desde la identificación de secuencias de ADN hasta el análisis de proteínas, puede ser simulado y registrado en esta plataforma, permitiendo la evaluación del progreso del trabajo realizado por parte de cada participante.

La inclusión de actividades de innovación docente en las asignaturas contribuye a incrementar el interés de los alumnos y fomentar su participación y seguimiento a lo largo del curso, minimizando el absentismo y el abandono a medida que avanza el mismo [1]. El hecho de que estas actividades tengan un formato virtual colaborativo puede ejercer como reclamo para incrementar la participación en las mismas [2]. De hecho, la simulación y diseño experimental en plataformas digitales se está consolidando definitivamente como una herramienta didáctica de gran impacto y amplias posibilidades [3]. El trasfondo de este proyecto es aumentar el interés y la participación de los alumnos y utilizar nuevos métodos didácticos que permitan adquirir las competencias de modo más efectivo y colaborativo. Es importante reseñar que, aunque la realización de estas actividades de forma presencial es más colaborativa y permite una mejor interacción tanto entre los propios estudiantes como entre estudiantes y profesores, es posible desarrollarlas también en formato on-line o en semi-presencialidad.

1.2 Objetivos generales

Los objetivos generales que persigue este proyecto son:

I) Que los alumnos trabajen nuevas estrategias de aprendizaje a través de técnicas de resolución de problemas complejos, investigación y trabajo colaborativo para afianzar los conceptos teóricos impartidos en las asignaturas.

II) Reducir la brecha entre enseñanza teórica y práctica en materias científico/técnicas.

El diseño de experimentos y el contenido a preparar debe basarse en temas relevantes del proyecto docente de las asignaturas implicadas. Los objetivos específicos de las actividades desarrolladas en nuestro estudio incluyen:

1. Reforzar conceptos teóricos previos mediante *Learning by doing*.
2. Avivar la capacidad de búsqueda de información relevante para producir un trabajo de calidad.
3. Mejorar la comunicación y capacidad de síntesis de la información.
4. Agudizar el pensamiento analítico y desarrollar habilidades transversales.
5. Estimular el trabajo colaborativo para impulsar un mayor contacto entre alumnos.
6. Mejorar la motivación, el aprendizaje y el rendimiento académico del alumnado.
7. Fomentar el aprendizaje de carácter innovador y el uso de tecnología aplicada.
8. Crear nuevos materiales docentes disponibles para la comunidad universitaria.

El uso de estas plataformas conlleva un acceso homogéneo a los materiales e información, facilita el aprendizaje asincrónico, el trabajo en equipo, reduce el riesgo de exposición a sustancias peligrosas en el laboratorio a alumnos sin experiencia previa y proporciona un conjunto de habilidades transferibles para el

próximo paso formativo o profesional de los estudiantes, ya sea académico o en el sector privado.

2. Material y métodos

2.1 Plataformas de software

La plataforma “Benchling” (<https://benchling.com/>, 680 Folsom St., 8th Floor San Francisco, CA 94107) [4] fue seleccionada para la realización de las actividades diseñadas en este proyecto de innovación docente ya que incluye dos aplicaciones necesarias: Notebook, un libro electrónico de protocolos (LEP) y un conjunto de herramientas de diseño, manipulación y análisis de datos de Biología Molecular. El cuaderno de laboratorio electrónico permite a los estudiantes encontrar protocolos, capturar notas, compilar secuencias in silico y compartir datos e imágenes en un solo lugar, haciendo fácil centralizar todo el trabajo del curso, determinar la aportación de cada alumno y evaluar el trabajo realizado. La plataforma “Blackboard” (www.blackboard.com, Blackboard International B.V. Paleisstraat 1, 1012 RB Amsterdam, Netherlands) fue seleccionada para la realización de tutorías online y grabación de videos tutoriales para responder a las preguntas y dudas de los estudiantes participantes sobre el uso de Benchling y la realización de las actividades. La aplicación *Forms* de Microsoft 365 (© Microsoft, Redmond, Washington, Estados Unidos) se usó para la creación de formularios de registro de participantes, registro de equipos de trabajo, evaluación del trabajo desarrollado en las actividades, trabajo en equipo y de las actividades en sí mismas, y para el análisis de los datos aportados por los estudiantes en las evaluaciones. La aplicación *Excel* de Microsoft 365 (© Microsoft, Redmond, Washington, Estados Unidos) se utilizó para analizar los datos aportados por los participantes. La aplicación *Outlook* de Microsoft 365 (© Microsoft, Redmond, Washington, Estados Unidos) se utilizó para el envío de comunicaciones automáticas. La aplicación online “PCR Simulator” (<http://virtual-pcr.ico2s.org/pcr/>) [5] fue utilizada para la

simulación de reacciones de PCR y optimización del proceso. La aplicación online Primer3

(<https://www.primer3plus.com/index.html>) [6] se utilizó para el diseño de primers en aquellos casos en los que fue necesario.

2.2 Tutoriales de uso de plataforma y actividades a desarrollar

Una descripción teórica del uso básico de la plataforma Benchling fue desarrollada en clase para que los alumnos se familiarizaran con ella. Así mismo, se explicó cómo crear cuentas de usuario para unirse a la Organización “Biotecnología Farmacéutica 2022-23” previamente creada en la plataforma por el profesorado y acceder a los materiales de las actividades. Los materiales creados para el desarrollo de las actividades consistieron en cinco tutoriales en idioma inglés donde se explicaba el uso básico de la plataforma y cuatro actividades que incluían las instrucciones para el desarrollo de las mismas (material suplementario tutoriales T1 a T5 y actividades A1 a A4).

2.3 Secuencias utilizadas en el estudio

La base de datos publica GenBank® (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/genbank/>) [7] fue utilizada para la obtención de la secuencia del genoma de *Haemophilus influenzae* Rd KW20 (**Accession: L42023.1**) [8]. La base de datos de vectores de clonación y expresión Addgene (<http://www.addgene.org>) [9] fue utilizada para obtener la secuencia del vector de clonación pBlueScript II SK (+).

2.4 Registro de estudiantes para la realización de las actividades y generación de cuentas de usuarios de Benchling

Estudiantes de la asignatura de Biotecnología Farmacéutica de la Facultad de Farmacia fueron invitados a participar en la realización del proyecto de Innovación Docente “Farmaling”. Para ello se creó un correo de respuesta automática al texto “Farmaling” con las instrucciones de registro en un formulario de participación y las instrucciones para crear una cuenta de usuario en la plataforma “Benchling”

estableciéndose una fecha límite de registro de tres días a partir de la comunicación.

2.5 Realización de las actividades

Una vez finalizada la fecha de registro y generadas las cuentas de usuarios, los participantes fueron autorizados a acceder a los materiales para completar las actividades del proyecto de innovación docente. Se estableció un plazo de 3 semanas para completar dichas actividades.

2.6 Evaluación del trabajo realizado por cada participante, del trabajo de equipo y del proyecto de innovación docente

Tras el periodo de realización de actividades, se estableció una semana de evaluación obligatoria en la que los participantes evaluaron el trabajo de sus pares, el trabajo en equipo y el proyecto de innovación docente. Cada estudiante evaluó de forma anónima y aleatoria el trabajo de dos participantes evitándose autoevaluaciones o evaluaciones dentro del mismo equipo de trabajo. Los formularios de evaluación pueden verse en material suplementario (F1 a F6)

3. Resultados

3.1. Registro de estudiantes para la realización de las actividades y generación de cuentas de usuarios de Benchling

Los estudiantes de la asignatura de Biotecnología Farmacéutica de la Facultad de Farmacia que mostraron interés en participar en la realización del proyecto de Innovación Docente enviaron un correo electrónico al coordinador del mismo incluyendo “Farmaling” en el título del mensaje. Se recibieron 162 correos electrónicos de los cuales 142 se correspondieron con solicitudes de acceso a la plataforma Benchling. Los participantes que completaron el formulario de registro para trabajo en equipo o individual fueron en total 160. De estos, se registraron un total de 116 participantes en equipos de 4 (52), 3 (48) o 2 miembros (16) y 44 de forma individual (Figura 2). El 72% de los participantes prefirió el trabajo en equipo al individual.

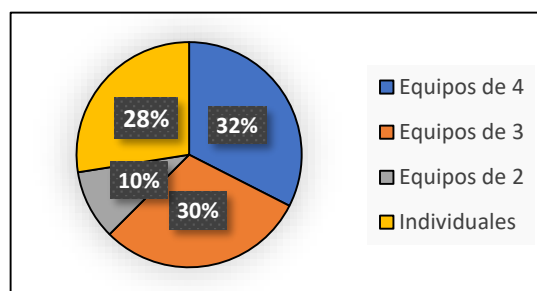


Figura 2. Distribución de los estudiantes registrados por equipos. La mayoría de los participantes prefirió la participación en equipo para el desarrollo del trabajo en este proyecto de innovación docente.

Un total de 87 participantes completó todas las tareas del proyecto de innovación docente, lo que supone aproximadamente un 54% del total de estudiantes que mostró interés inicialmente y un 75% de los que se registraron activamente.

3.2. Realización de las actividades

Las actividades creadas para el proyecto de innovación de docente se diseñaron teniendo en cuenta el proyecto docente de la asignatura. Las actividades, de carácter voluntario, se realizaron, a elección del alumnado participante, individualmente, o en grupos de hasta 4 personas para fomentar el trabajo en equipo. Las cuatro actividades se diseñaron con dificultad creciente para facilitar la familiarización de los alumnos con el uso de la plataforma y ampliar las habilidades adquiridas con la finalización de cada actividad. El trabajo realizado por cada participante se registró en una carpeta de trabajo individual, aunque los miembros del mismo equipo podían compartir datos y archivos entre ellos.

3.2.1. Actividad 1. Aislar un gen del genoma de *Haemophilus influenzae* Rd KW20

A cada participante individual o equipo de trabajo se le asignó un gen del genoma completo de *Haemophilus influenzae* Rd KW20 para ser identificado, aislado y realizar diferentes ejercicios con posterioridad. La Actividad 1 está disponible en material suplementario (A1). Los alumnos crearon una nueva secuencia de DNA en su carpeta de trabajo con el gen asignado en cada caso y completaron una tabla de datos con

Se obtuvieron 155 respuestas en el formulario de evaluación de la actividad 2. Del total de evaluados, 72 fueron correctamente revisados en duplicado por sus compañeros. Los 15 restantes fueron evaluados por un revisor solamente, por lo que la valoración final requirió supervisión por parte del profesorado. La dificultad promedio de la actividad fue valorada por los alumnos en 5,46 sobre 10. El 95% de los estudiantes completaron correctamente la Actividad 2. El formulario de evaluación (F2) y su resultado (RF2) pueden verse en materiales suplementarios.

3.3.3. Evaluación de la Actividad 3. Simulación de una PCR con los primers diseñados

Al igual que en la actividad anterior, se obtuvieron 155 respuestas en el formulario de evaluación de la actividad 3. Del total de evaluados, 70 fueron correctamente revisados en duplicado por sus compañeros. Los 17 restantes, o bien no fueron evaluados por sus pares, o bien lo fueron por un solo revisor, por lo que la valoración final requirió supervisión por parte del profesorado. La dificultad promedio de la actividad fue valorada por los alumnos en 6,41 sobre 10. El 99% de los estudiantes completaron correctamente todos los requerimientos de la Actividad 3, salvo la optimización de PCR, que fue completada correctamente por el 75% de participantes. El formulario de evaluación (F3) y su resultado (RF3) pueden verse en materiales suplementarios.

3.3.4. Evaluación de la Actividad 4. Cloning del fragmento de PCR en un vector de clonación

Se obtuvieron 151 respuestas en el formulario de evaluación de la actividad 3. Del total de evaluados, 72 fueron correctamente revisados en duplicado por sus compañeros. Los 15 restantes, o bien no fueron evaluados por sus

pares, o bien lo fueron por un solo revisor, por lo que la valoración final requirió supervisión por parte del profesorado. La dificultad promedio de la actividad fue valorada por los alumnos en 7,79 sobre 10, habiendo un 46% de participantes que valoraron la actividad como difícil o muy difícil. El 90% de los estudiantes completaron correctamente todos los requerimientos de la Actividad 4. El formulario de evaluación (F4) y su resultado (RF4) pueden verse en materiales suplementarios.

3.3.5. Evaluación del trabajo en equipo

Uno de los objetivos del proyecto es estimular el trabajo colaborativo para impulsar un mayor contacto entre alumnos. Para ello se creó un formulario de registro de equipos de trabajo formados por 2 a 4 personas. La mayoría de estudiantes prefirió el trabajo en equipo (72%) frente al individual (28%). Tras finalizar la evaluación de las actividades los participantes evaluaron la comunicación, las aportaciones individuales, la participación de cada componente y el esfuerzo en el trabajo desarrollado en equipo (Figura 5). Se obtuvieron 70 respuestas en total. La comunicación de los componentes de los equipos se valoró como excelente entre el 76,7% y 88,6%, y como muy poca entre el 3% y el 10% (Figura 5A). Las aportaciones individuales fueron valoradas entre iguales como buenas o excelentes entre el 80,0% y el 97,1% y como pocas entre el 2,3% y 6,7% (Figura 5B). La participación en el trabajo de equipo fue valorada como buena o excelente entre el 83,3% y el 100% y como poca entre el 5,3% y el 13,3% (Figura 5C). Finalmente, el esfuerzo en el trabajo fue valorado como bueno o excelente entre el 83,3% y el 97,1% y como poco entre el 1,4% y el 6,7%. El formulario de evaluación del trabajo en equipo (F5) y los resultados del mismo (RF5) están disponibles en materiales suplementarios.

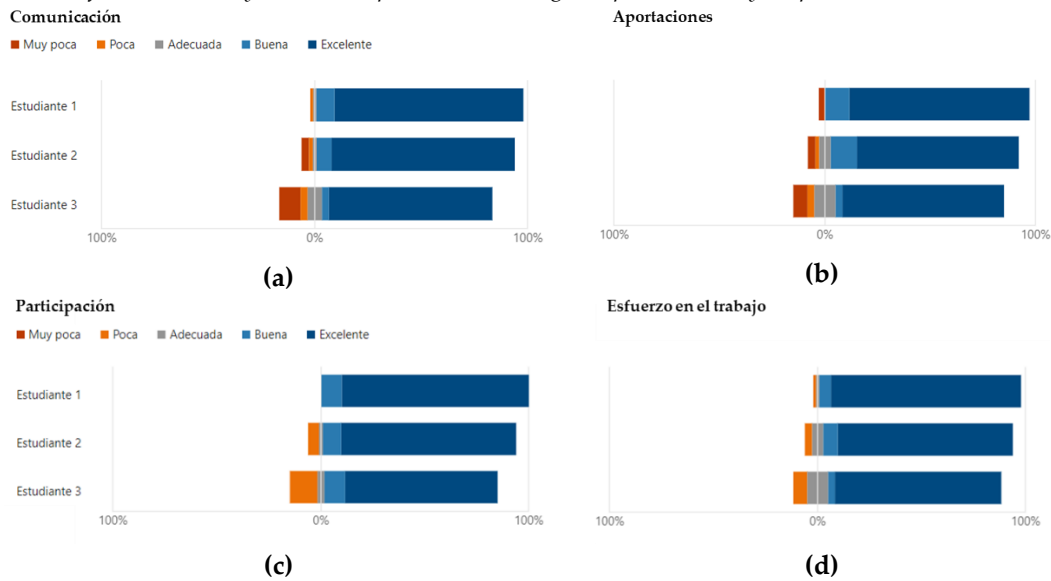


Figura 5. Evaluación del trabajo en equipo. Los participantes que realizaron el trabajo en equipo valoraron (a) la comunicación con cada miembro del grupo, (b) las aportaciones de cada uno al proyecto, (c) la participación del trabajo realizado y (d) el esfuerzo de cada miembro del grupo.

3.3.6. Evaluación del proyecto de innovación docente por parte de los participantes

Una parte fundamental de este proyecto es la evaluación del mismo y de su utilidad didáctica. Para ello se realizó un formulario de satisfacción que los participantes completaron para recabar información relevante sobre el interés de las actividades, el efecto de ellas en el proceso de enseñanza-aprendizaje, la adecuación del formato de las actividades y comparación con formato tradicional, la pertinencia del número de actividades y su dificultad, la valoración general sobre la utilidad de las actividades y dar la oportunidad de comentar a los participantes de forma anónima sobre el trabajo realizado. Se recogieron un total de 71 encuestas. De todos los encuestados, el 99% no conocían la plataforma Benchling. El 94% de los participantes opina que las plataformas bioinformáticas online son útiles para adquirir conocimientos. El 13% de los encuestados prefirió trabajar individualmente, el 40% de los encuestados no mostró preferencia por trabajo en equipo o individual y el 38% prefirió trabajar en equipo. El 9% preferiría no hacer nada, aunque son conscientes de que no es una opción viable. Los participantes valoraron la dificultad media de las actividades con un 6,8 sobre 10. La claridad de las instrucciones de las actividades fue valorada con un 7,32 sobre 10 como promedio y

un 33% la valoró entre 9 y 10. El contenido de las actividades fue valorado con un promedio de 8,77 sobre 10, y un 65% de los encuestados lo valoró entre 9 y 10. La valoración de la innovación docente fue en promedio de 9,04 sobre 10, con un 54% de valoraciones igual a 10. El 73% de los encuestados considera que tres semanas es tiempo adecuado para realizar las actividades. Un 80% de los encuestados considera que hay motivación suficiente para realizar las actividades y el 20% restante considera que, aunque la hay no es suficiente, siendo el peso de la nota final y el tiempo dedicado las principales causas de esto. Un 60% de los encuestados opina que el interés por la asignatura aumento por el planteamiento de las actividades, siendo la valoración media de 3,76 sobre 5. Un 72% de los encuestados considera que la realización de estas actividades aumentará sus habilidades para adecuarse a las demandas del mundo laboral, siendo la valoración media de 3,9 sobre 5 en este apartado. La adquisición de nuevos conceptos relacionados con la asignatura fue valorada en promedio con un 7,89 sobre 10. El fomento del aprendizaje con la metodología empleada y el refuerzo de conceptos previos fueron valorados con un promedio de 8,20 y 8,38 sobre 10. El 84% de los encuestados manifestaron preferencia por el aprendizaje mediante resolución de problemas valorando este apartado con un 8,24

sobre 10. A un 67% de los encuestados le gustaría participar en actividades similares relacionadas con otros conceptos de la asignatura, valorando este apartado entre 8 y 10 sobre 10. El formulario de evaluación del proyecto (F6) y los resultados (RF6) están disponibles en materiales suplementarios.

4. Discusión

La estrategia y metodología de nuestro proyecto docente estaba diseñada para maximizar la atracción y participación del alumnado mediante el uso de herramientas online multiplataforma fácilmente accesibles. El uso de correos automáticos y formularios electrónicos de registro multiplataforma facilitó el reclutamiento inicial de participantes, pero no fue garantía de su participación en las actividades propuestas. Si bien, conseguimos que el 75% de los alumnos registrados completaran todas las actividades propuestas. Los resultados avalan la preferencia de los alumnos de realizar trabajo en equipo y además indican que, aquellos que trabajan en equipo, tienden a completar las actividades en mayor porcentaje (68,9%) que los que trabajan individualmente (15,9%). Las actividades realizadas por los alumnos se diseñaron teniendo en cuenta el plan docente de la asignatura de Biotecnología Farmacéutica con el objetivo de reforzar conceptos previos como la PCR e introducir otros como su optimización o estrategias de aislamiento y clonación de genes a partir del genoma de un patógeno. Adicionalmente, los estudiantes hicieron camino al andar, ya que la dificultad creciente de las actividades facilitó la familiarización con la plataforma online al inicio del proyecto, para posteriormente poder realizar tareas más complejas, como se refleja en los resultados de las evaluaciones de las mismas. La realización de las actividades en equipo estimuló el trabajo colaborativo y la motivación para completarlas, lo cual impacta directamente en el rendimiento académico del alumnado y desarrolla habilidades transversales imprescindibles en el mercado laboral actual. Aunque la mayoría de estudiantes mostraron preferencia por el trabajo en equipo, hay un porcentaje significativo que opta por el trabajo individual. Esto indica que

hay una parte del alumnado que hay que tener en cuenta a la hora de diseñar actividades didácticas en equipo, ya que puede generar un sesgo de evaluación no relacionado con la adquisición de competencias, sino con habilidades sociales. El proyecto de innovación docente muestra la importancia de las plataformas basadas en la nube como herramientas docentes. Una de las ventajas de estas plataformas es la posibilidad de registro temporal de las acciones individuales, diseñado para asegurar la reproducibilidad y el registro de actualizaciones de protocolos estandarizados de operaciones, si se usa como herramienta docente, permite el seguimiento de las contribuciones de los participantes. Una limitación que se ha detectado durante el desarrollo del proyecto de innovación docente es la necesidad de alternativas en casos de fallos en las plataformas online. Por ejemplo, empleo de Primer3 en aquellos casos donde el diseño de primers falló en Benchling. Esto conlleva un aumento en las horas de tutoría y modificaciones en la evaluación final del trabajo. Por otro lado, esto dio lugar a la detección y notificación de los errores a la plataforma para su corrección. Afortunadamente, la mayoría de participantes no tuvieron este problema. En general, la valoración del proyecto por parte de los participantes fue muy positiva, siendo la innovación docente el punto mejor calificado con más de 9 puntos sobre 10, lo cual fomentó el interés por la asignatura.

5. Conclusiones

Las principales conclusiones obtenidas de nuestro trabajo se describen brevemente a continuación.

1. La adaptación de plataformas bioinformáticas online como herramientas docentes son útiles para adquirir competencias relevantes para el alumnado.
2. El trabajo en equipo y la resolución de problemas como metodología educativa fomenta la adquisición de competencias y reduce el abandono de tareas.

3. La nota asociada a las actividades y la obtención de competencias relevantes al mundo laboral son elementos motivadores para el alumnado a la hora de realizar el proyecto de innovación docente.

4. Actividades similares pueden ser implementadas para trabajar diferentes temas del plan docente de la asignatura, o aplicarse en otras asignaturas y grados, incrementando el impacto positivo en la comunidad universitaria.

financiación del proyecto de innovación docente “FARMALING”, ADAPTACIÓN DE UNA PLATAFORMA VIRTUAL DE SIMULACIÓN PARA LA DOCENCIA DE BIOLOGÍA MOLECULAR”. José A. Carrasco López agradece la financiación de la ayuda María Zambrano (Universidad de Sevilla, Ministerio de Universidades, Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia - Financiado por la Unión Europea - Next Generation EU).

Agradecimientos

Los autores agradecen a la Universidad de Sevilla y al IV Plan Propio de Docencia la

Conflicto de intereses

Los autores declaran la no existencia de conflictos de interés.

Referencias bibliográficas

1. de Vries LE, May M. Virtual laboratory simulation in the education of laboratory technicians- motivation and study intensity. *Biochem Mol Biol Educ*. 2019 May;47(3):257-262. doi: 10.1002/bmb.21221
2. Gouvea J, Wagh A, Hayes R, Simon M. Hybrid Labs: How Students Use Computer Models to Motivate and Make Meaning from Experiments. En: Pelaez NJ, Gardner SM, Anderson TR, editores. *Trends in Teaching Experimentation in the Life Sciences: Putting Research into Practice to Drive Institutional Change*. 1ª ed. Cham: Springer International Publishing; 2022. p. 395-413.
3. Buckholt MA, Rulfs J. Electronic Laboratory Notebook Use Supports Good Experimental Practice and Facilitates Data Sharing, Archiving and Analysis. En: Pelaez NJ, Gardner SM, Anderson TR, editores. *Trends in Teaching Experimentation in the Life Sciences: Putting Research into Practice to Drive Institutional Change*. 1ª ed. Cham: Springer International Publishing; 2022. p. 415-440.
4. Benchling Inc. Benchling (Biology Software) [internet]. San Francisco, copyright desde 2012-hasta 2023 [consultado en 2023]. Disponible en: <https://benchling.com>
5. Fellermann H, Shirt-Ediss B, Kozyra J, Linsley M, Lendrem D, Isaacs J, Howard T. Design of experiments and the virtual PCR simulator: An online game for pharmaceutical scientists and biotechnologists. *Pharm Stat*. 2019 Jul;18(4):402-406. doi: 10.1002/pst.1932.
6. Untergasser A, Cutcutache I, Koressaar T, Ye J, Faircloth BC, Remm M, Rozen SG. Primer3--new capabilities and interfaces. *Nucleic Acids Res*. 2012 Aug;40(15):e115. doi: 10.1093/nar/gks596

7. Sayers EW, Cavanaugh M, Clark K, Pruitt KD, Schoch CL, Sherry ST, Karsch-Mizrachi I. GenBank. *Nucleic Acids Res.* 2022 Jan 7;50(D1):D161-D164. doi: 10.1093/nar/gkab1135
8. Fleischmann RD, Adams MD, White O, Clayton RA, Kirkness EF, Kerlavage AR, Bult CJ, Tomb JF, Dougherty BA, Merrick JM, et al. Whole-genome random sequencing and assembly of *Haemophilus influenzae* Rd. *Science.* 1995 Jul 28;269(5223):496-512. doi: 10.1126/science.7542800
9. Kamens J. The Addgene repository: an international nonprofit plasmid and data resource. *Nucleic Acids Res.* 2015 Jan;43(Database issue):D1152-7. doi: 10.1093/nar/gku893

Este trabajo debe ser citado como:

Pajuelo E, Rodríguez ID, Merchán F, Espinosa AM, Gavilán E, Muñoz MF, Manfredi M y Carrasco JA. “Farmaling”: Implementación y adaptación de una plataforma virtual de simulación para la docencia de Biología Molecular y Biotecnología. *Rev Esp Cien Farm.* 2023;4(1):95-106.