



## ORIGINAL

# Aprendizaje basado en errores. Una propuesta como nueva estrategia didáctica

## *Error-based learning. A proposal as a new didactic strategy*

Adrián Macho-González<sup>1</sup>, Sara Bastida<sup>1</sup>, Beatriz Sarriá Ruiz<sup>2</sup>, Francisco J Sánchez Muniz<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Nutrición y Ciencia de los Alimentos. Facultad de Farmacia. Universidad Complutense de Madrid, España

<sup>2</sup>Departamento de Nutrición y Metabolismo. Instituto de Ciencia y Tecnología de los Alimentos (ICTAN), CSIC. Madrid, España

Adrián Macho-González  <https://orcid.org/0000-0001-7644-1759>

Sara Bastida  <https://orcid.org/0000-0002-2188-5966>

Beatriz Sarriá Ruiz  <https://orcid.org/0000-0003-0614-4606>

Francisco J Sánchez Muniz  <https://orcid.org/0000-0002-2660-5126>

\* Autores para correspondencia.

Correo electrónico: [frasan@ucm.es](mailto:frasan@ucm.es) (Francisco J. Sánchez-Muniz).

Correo electrónico: [amacho@ucm.es](mailto:amacho@ucm.es) (Adrián Macho-González).

Recibido el 28 de noviembre de 2020; aceptado el 6 de diciembre de 2020.

### Cómo citar este artículo:

Macho-González A, Bastida S, Sarriá Ruiz B, Sánchez Muniz FJ. Aprendizaje basado en errores. Una propuesta como nueva estrategia didáctica. JONNPR. 2020;6(8):1049-63. DOI: 10.19230/jonnpr.4146

### How to cite this paper:

Macho-González A, Bastida S, Sarriá Ruiz B, Sánchez Muniz FJ. Error-based learning. A proposal as a new didactic strategy. JONNPR. 2020;6(8):1049-63. DOI: 10.19230/jonnpr.4146



This work is licensed under a Creative Commons  
Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License  
La revista no cobra tasas por el envío de trabajos,  
ni tampoco cuotas por la publicación de sus artículos.

## Resumen

**Introducción.** Este trabajo reúne información preliminar sobre un proyecto cuya hipótesis es que la inclusión de errores en algunos temas por parte del profesor induce a los alumnos a buscarlos, localizarlos, discutirlos y conocerlos, llevando a un mejor conocimiento de la asignatura y por tanto a adquirir las competencias que marca el Plan Bolonia.



**Métodos.** El proyecto que se concibió para aplicar un método basado en el error, pero con potenciación mediante gamificación en cinco asignaturas de tres grados de la Universidad Complutense de Madrid. A causa de la pandemia COVID-19 se tuvieron que modificar algunos objetivos planificados al solicitar la concesión del proyecto, obteniéndose datos objetivos, muchos aun sin evaluar totalmente, de dos asignaturas. Un 10% de los temas explicados tenían errores. Se hicieron evaluaciones con la plataforma *Kahoot!* y mediante cuestionarios tipo test. Las preguntas tenían cuatro posibles respuestas, de las que solo una era cierta. Se realizaron además un examen parcial liberatorio y un examen final donde se ubicaron preguntas de los temas con errores y sin errores.

**Resultados.** Aunque muchos datos están aún siendo evaluados estadísticamente para conocer el grado de contribución de los temas con errores respecto a sin errores, así como de la gamificación, los resultados sugieren una nota superior y del orden de un 8,2% en los temas con errores. Estas diferencias fueron mucho mayores en el caso de los alumnos de Farmacia (15%,  $p < 0,05$ ) que del Doble grado de Farmacia y Nutrición Humana y Dietética (-4,3%, no significativa). Los alumnos de Farmacia mostraron una nota final superior en relación con el curso anterior, aspecto que no aconteció con los del doble grado. La gamificación se consideró, particularmente efectiva en los alumnos de Farmacia como una iniciativa estimulante y válida.

**Conclusiones.** La inclusión de errores en los temas incrementa la nota y el nivel de acierto, particularmente en aquellos alumnos que con una menor motivación para estudiar, permitiendo que un mayor número de personas logre un nivel más elevado de calificaciones. Se concluye además que un porcentaje elevado de alumnos señalan que en el caso de ser ellos el profesor aplicarían el mismo método para incentivar el aprendizaje basado en la gamificación.

#### Palabras clave

*educación; estrategia docente; gamificación; innovación; nutrición*

#### Abstract

**Introduction.** This work gathers information about a project not yet completed which hypothesis is that the inclusion of errors, by the teacher, in some lessons induces students to search, find, discuss and know them, leading to a better knowledge of the subject and therefore, acquire the competencies set by the Bologna plan.

**Methods.** A method based on error but enhanced by gamification in five subjects of three degrees of the Complutense University of Madrid was conceived. Due to the COVID-19 pandemic, some of the planned objectives set when applying for the funding of the project had to be modified. Having objective data, although part still has not been evaluated. A total of 10% of lessons with errors were introduced. Evaluations were conducted with the *Kahoot!* platform and through multiple choice questionnaires. The questions had four possible answers, of which only one was correct. In addition, partial and final examination were also carried out with questions about the lessons taught with errors and without errors.



**Results.** Although many data are still being statistically evaluated to know the degree of contribution of the topics with errors vs. without errors, as well as gamification, the results suggest a higher score (8.2%) in the topics with errors. These differences were much greater in the case of Pharmacy students (15%,  $p < 0.05$ ) than in the Double degree of Pharmacy and Human Nutrition and Dietetics (-4.3%, not significant). Pharmacy students showed a higher final grade in relation to the previous year, an aspect that did not happen with the double degree students. Gamification was considered particularly effective in Pharmacy students as a stimulating and valid initiative.

**Conclusions.** The errors inclusion in the topics increases the grade and the level of success, particularly in those students with less motivation to study, allowing a greater number of people to achieve a higher qualification level. It is also concluded that a large percentage of students indicate that if they were the teacher they would apply the same method to encourage learning based on gamification.

#### Keywords

*teaching strategy; innovation; education; nutrition; gamification*

## Introducción

Según el diccionario de la Real Academia Española se entiende por aprender el hecho de «Adquirir el conocimiento de algo por medio del estudio o de la experiencia». También este término se refiere a la capacidad de «Fijar algo en la memoria»<sup>(1)</sup>.

Existe consenso en aceptar que el aprendizaje tiene una base innata (capacidades propias de la especie con muchos aspectos heredados) y otra aprendida en la que el condicionamiento es esencial y se basa en la experiencia individual y colectiva<sup>(2)</sup>. En esta última participa un sistema neuronal con base anatómica diversa que se reúne en ciertas zonas especializadas del sistema nervioso (p.ej. sistema límbico) que analizan señales que llegan a nuestro organismo y emiten respuestas que pueden estar condicionadas por diferentes factores (conocimiento del riesgo individual y social, seguridad, existencia, culturales, socioeconómicos) que garantizan una respuesta adecuada entre el ecosistema y el individuo o grupo social al que pertenece. El aprendizaje queda reforzado y puede hacerse permanente cuando existen condicionamientos como el premio o el castigo. Entre los incentivos del aprendizaje que se integran dentro del contexto de recompensa y/o castigo se encuentran, la complicidad, compañerismo, solidaridad, garantía de éxito, juego, etc.<sup>(2,3)</sup>.

El método científico se basa en la razón, pruebas, datos que a través de la observación expliquen tendencias y comportamientos<sup>(4)</sup>. La metodología educativa aplicada en la mayoría



de las asignaturas que se imparten en la Universidad sigue basada en la denominada “Clase Magistral”, apoyada de recursos visuales y trabajos individuales.

En la actualidad, se están empleando diferentes estrategias para incrementar la interacción entre el alumno y el docente, lo cual implica un cambio en el paradigma educativo tradicional y en el uso de metodologías didácticas novedosas<sup>(5)</sup>. Entre esta novedosa enseñanza se destaca el Aprendizaje Basado en Problemas (ABP), el cual se aplicó eficazmente en numerosas facultades de medicina de Estados Unidos y universidades de todo el mundo<sup>(6)</sup>. El ABP es “una metodología de aprendizaje activo basada en el uso de problemas como principio para la comprensión, adquisición y asimilación de nuevos conocimientos”.

Un paso más de esta nueva metodología es hacer que el docente incluya deliberadamente el error y motivar a los estudiantes a encontrarlo, antes de una evaluación consecuente<sup>(7)</sup>. Además de asegurar la autoestima o el placer de haberlo logrado, la búsqueda activa del error y la discusión grupal pueden mediar en la adquisición de conocimientos y promover el trabajo en equipo, situación que aumenta el rendimiento, la dedicación y el compañerismo<sup>(8)</sup>.

Si a esta estrategia se le añade algo de competitividad “sana” entre los alumnos y que estos entiendan en ello una versión de juego<sup>(9)</sup>, el método puede llegar a ser muy productivo. A este respecto se ha planteado la teoría del aprendizaje “gamificado” (del inglés “game”, juego). La gamificación es una técnica de aprendizaje que traslada la mecánica de los juegos al ámbito educativo-profesional con el fin de conseguir mejores resultados, ya sea para absorber mejor algunos conocimientos, mejorar alguna habilidad, o bien para recompensar acciones concretas, entre otros muchos objetivos. No obstante, la idea de la gamificación no es crear un juego, sino valerse de los sistemas de puntuación-recompensa-objetivo que normalmente se encuentran en los mismos. La gamificación generalmente no se usa para reemplazar la instrucción, sino más bien para mejorarla<sup>(10)</sup>. El modelo de juego realmente funciona porque consigue motivar a los alumnos, desarrollando un mayor compromiso de las alumnos, e incentivando el ánimo de superación<sup>(10,11)</sup>. La técnica mecánica es la forma de recompensar al usuario en función de los objetivos alcanzados. Algunas de las estrategias “lúdicas” más utilizadas se resumen en la Figura 1.



**Figura 1. Principales estrategias aplicadas en la gamificación.** a) Obtención de premios y/o “regalos” a medida que se consiguen los objetivos; b) Ganar puntos, asignando un valor cuantitativo a determinadas acciones; c) Superar niveles o puntos de corte planteados para cada acción u objetivo por el profesor; d) Clasificación o liguilla. Los resultados de un grupo de alumnos integrados en un equipo entran en lid con los de otros grupos creándose una competición o liguilla; e) Misiones o retos. El alumno, bien en solitario o formando parte de un equipo, deberá superar unos objetivos propuestos por el profesor; f) Concurso. Se plantea un cuestionario que contiene diferentes preguntas y objetivos relacionados con el proyecto propuesto. Modificado de Gaitan<sup>(11)</sup>.

El uso de la plataforma *Kahoot!* permite la introducción de un entorno de concurso, en el que se evalúa indirectamente el conocimiento de los estudiantes. Dado que esta aplicación da la puntuación según la respuesta correcta y el tiempo que se tarda en responder, se crea un ambiente lúdico con algo de competitividad, que permite reforzar el aprendizaje<sup>(9)</sup>.

Este tipo de aprendizaje gana terreno en las metodologías de formación debido a su carácter lúdico, que facilita la interiorización de conocimientos de una forma más divertida, generando una “experiencia positiva” en el usuario<sup>(9)</sup>.

Teniendo en cuenta estas premisas, se planteó el proyecto «Los errores del profesor mejoran el aprendizaje del alumno». Esta estrategia principalmente se basa en ver el error como una oportunidad, un camino que lleve a descubrir la evidencia científica y que durante este proceso se afiancen los conocimientos. Cada error detectado, bien discutido y justificado, ayuda a retener los aspectos fundamentales que forman parte del cuerpo de doctrina de una ciencia y que deben quedar bien plasmados, estructurados y aprendidos por el alumno<sup>(12)</sup>.

La innovación docente planteada, pretende reforzar los mecanismos del aprendizaje a través de la búsqueda de errores enunciados por el profesor, y con ello incrementar la motivación, colaboración, investigación en equipo y discusión. Bajo un punto de vista fisiológico incide en las propiedades de la memoria que se refieren en decidir cómo hacer las cosas y por



otro lado requieren atención consciente para la recuperación de la información, que a su vez implica el uso de habilidades cognitivas de alto nivel como la comparación y la evaluación<sup>(13)</sup>.

La hipótesis de este proyecto es que la utilización de un método basado en el ensayo-error y con gamificación ayuda a consolidar el aprendizaje a nivel individual y colectivo. El objetivo general de la estrategia docente es fomentar el aprendizaje, basado en la búsqueda y reflexión de errores por parte del alumnado, mediante una competición estimulante, favoreciendo al mismo tiempo el debate y la exposición pública.

## Material y Métodos

### Plan de trabajo propuesto

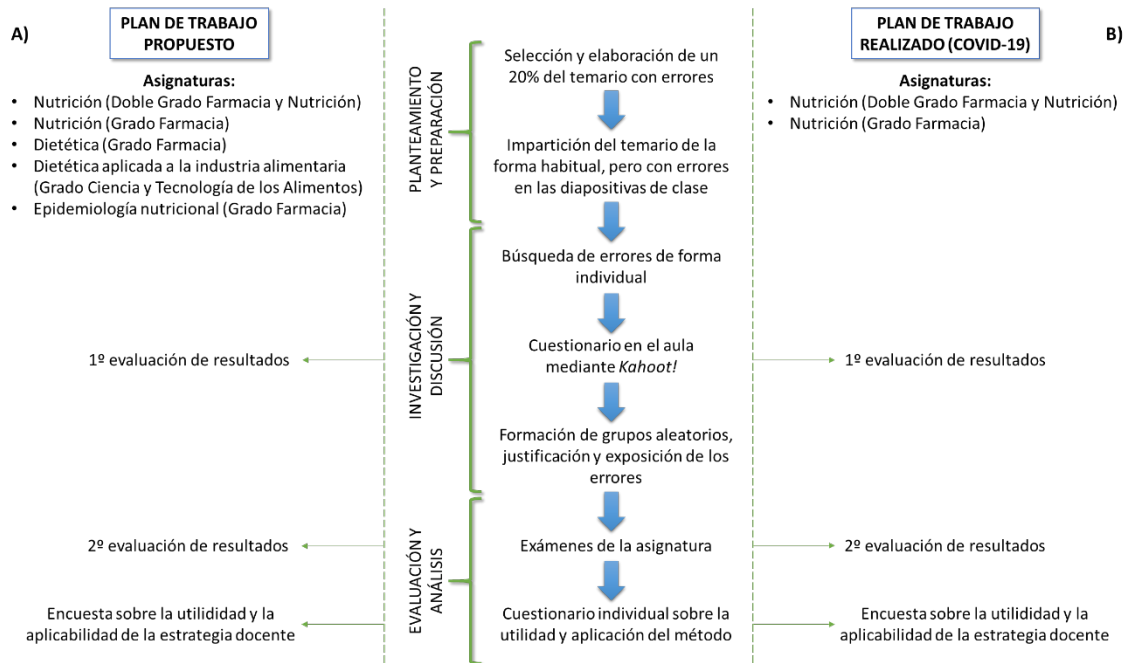
a) **Planteamiento y preparación.** Se coordinarán y diseñarán las preguntas y diapositivas en las que se incluyan errores. Estos se referirán esencialmente a conceptos o evidencias científicas de la materia a impartir. Se introducirán errores en aproximadamente el 20% de los temas de la asignatura, de forma aleatoria y continuada a lo largo del año académico. Elaboración y desarrollo de diapositivas como soporte visual de apoyo con diez errores planificados y designados por tema.

b) **Investigación y discusión.** Implicará la búsqueda de errores de forma individual, la realización de un cuestionario en el aula mediante plataforma tipo *Kahoot!*<sup>(14)</sup> y posterior puesta en común de los errores encontrados.

c) **Evaluación de la metodología empleada.** La efectividad del método se evaluará comparando la nota obtenida en los cuestionarios o preguntas planteadas en la plataforma *Kahoot!* en los temas con errores respecto a los sin errores, exámenes parciales de la asignatura en los que se incluirán un 20% de preguntas relativas a los temas con errores y nota de prácticas de la asignatura.

d) **Encuesta de opinión.** Con el objetivo de conocer la opinión de los estudiantes, se realizará un cuestionario de forma individual sobre el método empleado y su utilidad.

En la Figura 2 se presenta un esquema de las fases previstas a desarrollar en el Proyecto de Innovación Educativa que se solicitó (Figura 2A) y las que verdaderamente pudieron realizarse a causa de la pandemia COVID-19 (Figura 2B).



**Figura 2. Esquema del Proyecto educativo “Los errores del profesor mejoran el rendimiento del alumno”.** (A) Fases previstas antes del confinamiento; (B) Fases cubiertas durante el confinamiento provocado por la pandemia COVID-19.

La metodología propuesta iba a llevarse a cabo en las asignaturas de *Nutrición* (Doble Grado de Farmacia y Nutrición), *Nutrición* (Grado de Farmacia); *Dietética* (Grado de Farmacia); *Epidemiología nutricional* (Grado de Farmacia) y *Dietética aplicada a la industria alimentaria* (Grado de Ciencia y Tecnología de los Alimentos). Desafortunadamente, esta estrategia solo pudo cubrirse parcialmente como se define en el apartado siguiente y en la **figura 2B**.

**Metodología y plan de trabajo realizados durante el periodo de confinamiento por la COVID-19**

**a) Planteamiento y preparación.** Se seleccionaron los temas y se elaboraron diapositivas como soporte visual de apoyo con los errores planificados y designados. Por motivo de la COVID-19 y la consiguiente suspensión de la docencia presencial, se redujo el número de temas con errores, pasando de un 20% a un 10%, aplicándose esta metodología en las asignaturas de Nutrición del Grado de Farmacia, y de Nutrición del Doble Grado de Farmacia y Nutrición Humana y Dietética. También en la asignatura de Dietética aplicada a la industria alimentaria del grado de Ciencia y Tecnología de los Alimentos, se inició la aplicación de esta metodología, aunque posteriormente se abandonó por razones de contexto y dificultad de planteamiento, seguimiento y evaluación de los resultados.



**b) Investigación y discusión.** Los alumnos participaron activamente en la búsqueda y discusión de los errores en cada uno de los temas. Realización del cuestionario de forma individual a través de la plataforma *Kahoot!*<sup>(14)</sup> y posterior discusión de los errores. Una vez decretado el Estado de Alarma, los alumnos trabajaron de forma telemática en los temas con errores sin exigir el trabajo en grupo, pero siguiendo la misma metodología de cuestionario *Kahoot!*. Posteriormente, el profesor incluyó un listado con los errores contenidos en los temas y en las preguntas y su ubicación en las diapositivas, explicando de forma razonada por qué eran errores.

**c) Evaluación de la metodología empleada.** En las dos asignaturas de Nutrición en las que se completó la estrategia didáctica, se incluyeron preguntas de los temas con y sin errores en un examen parcial y en el final de la asignatura en forma de preguntas tipo test cerradas. En ambos exámenes aproximadamente un 20% de preguntas eran relativas a los temas con errores. Una vez finalizada la asignatura se realizó un cuestionario de forma individual y anónimo sobre el método implementado y su utilidad, a fin de incrementar la eficacia y dinamismo del método (Figura 2B).

## Estudio estadístico

Los resultados obtenidos fueron analizados según número de temas con errores y sin errores, con respecto a la calificación media (o número de aciertos) en la evaluación de temas con errores y temas sin errores, género, edad de los alumnos y otras variables de interés. Las variables cuantitativas se expresan mediante la media  $\pm$  la desviación estándar, y las variables categóricas como frecuencias y porcentajes. Con respecto al cuestionario de opinión, se analizarán las respuestas según frecuencias y porcentajes. De la misma manera, se compararán los resultados recogidos de la encuesta de opinión entre los grupos de ésta intervención docente. Las diferencias se consideraron significativas para un valor de la  $p < 0,05$ . Para el análisis estadístico se empleó el software SPSS versión 25.0.

## Resultados y Discusión

Tradicionalmente, el profesor era el único vehículo de conocimiento en la clase. Hoy, sin embargo, se han promovido nuevos sistemas y estrategias educativas<sup>(5,6,12,14,15,16)</sup> que además de incrementar la participación del alumno en la propia enseñanza, potencian la interacción del alumno con el profesor y lo hacen al alumno gestor de su aprendizaje<sup>(12,15-17)</sup>. La



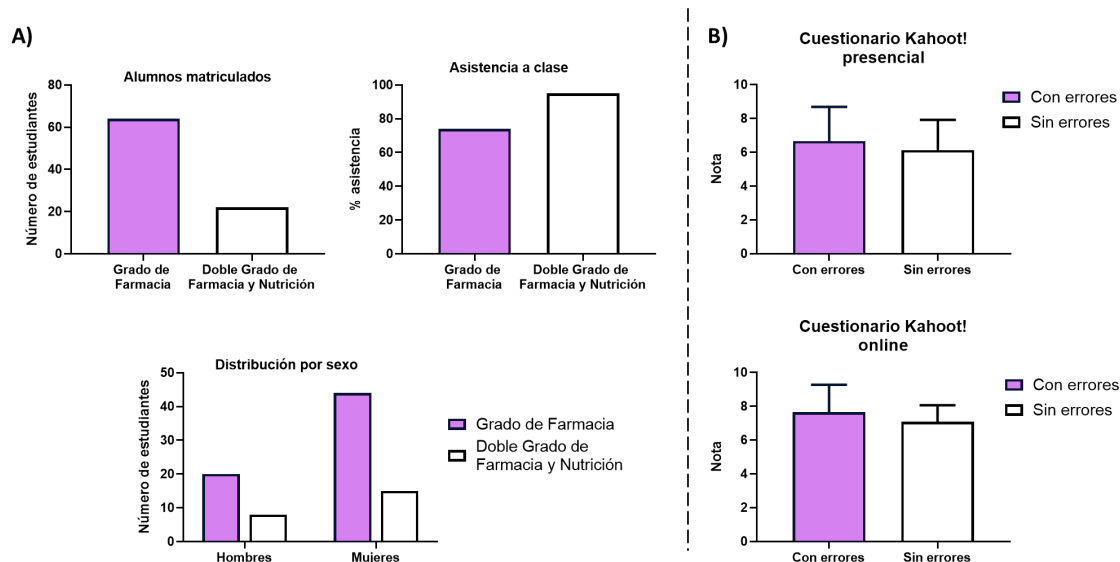


estrategia de innovación educativa descrita, se basó en metodología PBL<sup>(6)</sup> y se llevó a cabo fundamentalmente en el segundo cuatrimestre del curso académico 2019/20.

La problemática con el SARS-CoV-2<sup>(18)</sup> hizo replantear la estructura del proyecto, aplicando esta metodología, como se ha indicado en el último subapartado titulado “Metodología y plan de trabajo realizados durante el periodo de confinamiento por la COVID-19”, tan solo en dos asignaturas: *Nutrición* ubicada en el tercer curso de un total de cinco del Grado de Farmacia y *Nutrición* ubicada en el segundo curso de un total de seis del Doble Grado Farmacia y Nutrición Humana y Dietética.

No obstante, queremos comentar que las profesoras Sarria Ruiz y Bastida Codina introdujeron durante la fase presencial esta innovación docente en la asignatura de *Dietética Aplicada a la Industria Alimentaria*, optativa del Grado de Ciencia y Tecnología de los Alimentos (CyTA). Esta asignatura, presenta una metodología fundamentalmente práctica<sup>(19)</sup>, por lo que se incluyeron errores en textos científicos y en seminarios prácticos. Sin embargo, al no poderse completar los cuestionarios *Kahoot!*, no se dispone de resultados objetivos. Estas profesoras consideraron que el cambio presencial a telemático no permitía garantizar el trabajo en equipo y decidieron dar por ultimado su participación en el proyecto en la fecha en la que se inició en confinamiento y se perdió la presencialidad. No obstante, su apreciación, aunque subjetiva, sugiere un grado de implicación por parte del alumnado muy superior al de cursos previos.

La Figura 3A resume algunos datos relacionados con la edad de los estudiantes, la proporción de género (hombre/mujer) y el porcentaje de asistencia a las asignaturas. De los 87 participantes del curso académico 2019-2020 a las dos asignaturas donde se ultimó el estudio, el 67,8% eran mujeres y el 32,2% hombres, con edades comprendidas entre los 19-24 años (edad media  $20,3 \pm 1,4$  años). No obstante, se observó una diferencia de alrededor de un año entre ambas asignaturas de nutrición (datos nos mostrados), lo que podría tener cierta influencia en los datos obtenidos, dado la mayor edad y posiblemente madurez e implicación con la materia por parte de los alumnos de Farmacia. Las asignaturas de Nutrición incluyeron un total de 31 temas en el Grado de Farmacia, mientras que 17 en el Doble Grado de Farmacia y Nutrición, de los cuales el 10% presentó errores en cada asignatura.



**Figura 3. Resultados preliminares del proyecto “Los errores del profesor mejoran el rendimiento del alumno”. A.** Distribución del número de alumnos, porcentaje de asistencia a clase durante el proyecto. **B.** Diferencias en las notas en los temas con errores frente a sin errores aplicando la plataforma *Kahoot!* de forma presencial u on-line.

Hasta la fecha los resultados deben considerarse de preliminares, estando en marcha un estudio estadístico exhaustivo de los resultados y del valor de la gamificación. No obstante, discutiremos los resultados de los cuestionarios realizados en el aula al finalizar cada uno de los temas mediante la plataforma *Kahoot!* y otros aspectos destacables.

La aplicación de la metodología sugiere una participación e interacción y, en definitiva, motivación del alumnado, reafirmando lo señalado por otros autores respecto al uso de la plataforma *Kahoot!* Como alternativa educativa adecuada para vencer el miedo del alumno a contestar o participar en público<sup>(12,14,15)</sup>. En nuestra propuesta, las contestaciones se realizaron bajo un pseudónimo, tipo acrónimo, que exclusivamente era identificable por cada alumno, lo que potenció la participación activa y disminuyó el miedo al fallo. Muchos de los estudiantes de hoy en día sufren vergüenza al equivocarse delante de sus compañeros y por ello, evitan formular o contestar en voz alta a las preguntas de los profesores, siendo esta la causa principal de la falta de respuesta y participación del alumnado a la mayoría de cuestiones planteadas públicamente en el aula. Curiosamente, en esta primera experiencia observamos, cuando se evaluaron de forma conjunta los resultados de las dos asignaturas, que aquellos temas impartidos con errores revelaron una nota media un 8,5% superior que los explicados de forma tradicional (6,66±2,03 vs. 6,14±1,78, respectivamente). De la misma forma, cuando las evaluaciones se empezaron a realizar de forma online, se mantuvo la tendencia en la nota



media, observándose una calificación un 8,2% superior en los temas con errores respecto a los sin errores ( $7,65 \pm 1,62$  vs.  $7,08 \pm 0,98$ ) (Figura 3B).

Cuando se comparó el porcentaje de aciertos en los temas con errores tendió a ser superior que en aquellos sin errores  $65 \pm 7\%$  vs.  $63 \pm 5\%$  ( $p > 0,05$ ). No obstante, es importante recalcar que en el caso de los alumnos de *Nutrición* de Farmacia las diferencias entre los temas con errores vs. sin errores fue mucho mayor ( $15\%$ ;  $p = 0,031$ ) que en el caso de la *Nutrición* del Doble grado ( $-4,3\%$ ; no significativa). Algo similar ocurrió para el porcentaje de aciertos en los temas con errores vs. sin errores que se diferenció claramente en los alumnos de los dos grados (Resultados no mostrados). Aunque no existe una explicación terminante, se debe resaltar que los alumnos del doble grado son considerados alumnos de excelencia y son seleccionados para poder realizar ambos grados en Farmacia y Nutrición Humana y Dietética en seis cursos. Es decir, en estos alumnos ya existe una motivación elevada para estudiar, investigar y ser los mejores. Además, el punto de corte para el Doble Grado es superior al del grado de Farmacia ( $12,503$  vs.  $11,002$ , ambos sobre una nota máxima de 14). En los alumnos del Doble grado se observó desde el primer día de clase, compañerismo, competencia “sana” entre ellos, respuesta común en las actividades que desarrollaban y una similitud de notas muy grande al final del curso entre todos ellos.

El porcentaje de alumnos con notas de notable o superior fue aproximadamente un 15% mayor y significativo ( $p < 0,05$ ) en los temas con errores, y particularmente en el grado de Farmacia (datos no mostrados) denotando la utilidad del Proyecto de Innovación Educativa aplicado en el rendimiento de los alumnos, especialmente de aquellos más brillantes, que no estaban estimulados por la competitividad desde el primer día de clase.

Como aspecto a resaltar señalar que el porcentaje de alumnos cuya calificación final fue de notable, sobresaliente y matrícula de honor fue aproximadamente un 54,7% mayor en la asignatura *Nutrición* del grado de Farmacia ( $p < 0,001$ ) en el curso académico 2019/20 que en 2018/19 en el que no se aplicó esta estrategia educativa. Sin embargo, las notas relativas a la asignatura de *Nutrición* del Doble Grado de Farmacia y Nutrición mostraron una distribución similar a la del año anterior, denotando que la metodología propuesta tiene especial valor en los alumnos brillantes que requieren cierto estímulo para estudiar y ser los mejores, pero parece menos efectiva o incluso algo contraproducente en aquellos que ya estaban estimulados desde el primer día de clase.

También es interesante destacar que la búsqueda de errores, familiarizó a los alumnos con el lenguaje científico (ya que se incluían errores en nombres de enfermedades o alteraciones nutricionales, en las funciones de los nutrientes, en los mecanismos de acción y



en las aplicaciones nutricionales)<sup>(20,21)</sup>. En el contexto de la innovación se orientaba a los alumnos a la utilización de base de datos y libros de texto que les ayudaran a descubrir y justificar de forma razonada los errores encontrados<sup>(5,6)</sup>. Algunas cuestiones relevantes de los alumnos fueron señaladas de forma reflexiva en el campus, lo que promovió un aprendizaje autónomo y potenció el espíritu crítico<sup>(12,15)</sup>. La encuesta realizada a los alumnos sobre esta estrategia docente, reveló un marcado interés por su parte, a pesar de que la gran mayoría consideró que había demandado un incremento notable en su dedicación, alrededor de 30 minutos por tema. También casi el 72% de los encuestados respondió que en caso de ser Profesor de la asignatura aplicaría esta metodología y cerca de la mitad de la clase creía en la interacción con sus compañeros para mejorar la búsqueda y finalmente el aprendizaje que una estrategia.

Como se ha discutido, el uso de la plataforma *Kahoot!*<sup>(9,14)</sup> permite la introducción de un entorno de concurso, en el que se evalúa indirectamente el conocimiento de los estudiantes (Figura 1). En él, se crea un ambiente lúdico con gran rapidez y con mínima competitividad, que permite reforzar el aprendizaje<sup>(9,11,14)</sup>. En términos fisiológicos sería un método con un esquema similar al de condicionamiento instrumental u operante, en el que se actúa sobre la conducta individual y colectiva a través de procesos de recompensa y gratificación<sup>(2,13)</sup>. Sailer y Hommer<sup>(22)</sup> sugieren que la gamificación, tal como está planteada actualmente en los estudios empíricos, es un método eficaz para la instrucción. Respecto a la gamificación resaltar que el 97% de los estudiantes señalan que se trata de una estrategia motivante y válida para reforzar conocimientos, cuya aplicación en una escala de 0 a 10 estaría en el intervalo de 5 a 7,4 para dos tercios de los estudiantes. Estos datos apoyan lo comentado por diferentes autores del papel positivo de la gamificación en la enseñanza<sup>(11,14, 22)</sup>.

A pesar de los beneficios encontrados en este Proyecto, se pueden destacar algunas limitaciones. Estas incluyen que a) la muestra analizada era relativamente pequeña; b) la proporción de mujeres fue mayor que la de hombres; c) el número de estudiantes difirió en ambos grados, así como la exigencia para poder cursarlos; c) la pandemia obligó a cambiar el sistema original, que se basó fundamentalmente en la interacción personal de los estudiantes; d) que el método no tuvo una respuesta equivalente en las dos asignaturas testadas.

## Conclusiones

Los resultados obtenidos cuando se analizan en conjunto las dos asignaturas de dos Grados Universitarios diferentes no demuestran netamente los beneficios de la estrategia de



incluir errores en los temas de aula; no obstante, el estudio por separado claramente si los señala, particularmente en aquellos alumnos cuya motivación necesita ser estimulada. En estos últimos, puede concluirse que dar la oportunidad de encontrar y corregir errores tiene un impacto positivo en su motivación para estudiar. Aprender a buscar las causas fundamentales y las fuentes de los errores desarrolla la comprensión conceptual y, en palabras de los propios estudiantes, muchos conceptos centrales serán recordados permanentemente contribuyendo a un mejor conocimiento de la Nutrición.

## Agradecimientos

Este proyecto de innovación fue aprobado por la Universidad Complutense de Madrid (Proyecto UCM # 129). Macho-González A recibió una beca predoctoral del Ministerio de Educación, Cultura y Deporte de España (FPU15 / 02759).

## Conflictos de interés

Los autores informan de que no existen conflictos de interes.

## Referencias

1. Diccionario de la RAE. <https://dle.rae.es/?id=3IWZ4nr>. Visitado en abril de 2019
2. Hall JE (ed.) Guyton y Hall. Tratado de fisiología médica. Capítulo 58 Corteza cerebral, funciones intelectuales del cerebro, aprendizaje y memoria. 16ª Edición. Elsevier España. Barcelona. 2020.
3. Pellón Suarez de Puga R, Miguens Vázquez M, Orgaz Jiménez, C, Ortega Lahera N, Pérez Hernández V. Psicología del aprendizaje. UNED. Madrid. 2014.
4. Bunge M (ed.). La ciencia, su método y su filosofía. Editorial Sudamericana. Buenos Aires. 2014.
5. Cyr AA, Anderson ND. Learning from our mistakes. Effects of learning errors on memory in healthy younger and older adults. En: Current issues in neuropsychology. Errorless learning in neuropsychological rehabilitation: Mechanisms, efficacy and application Haslam C, Kessels RPC (eds.). Routledge/Taylor & Francis Group. 2018, pp.151–163.



6. Edwards MS, Rosenfeld GC. A Problem-Based Learning Approach to Incorporating Nutrition into the Medical Curriculum. *Med Educ Online*, 2006; 11(1):4611. DOI: 10.3402/meo.v11i.4611
7. Guerrero Benavides JI, Castillo Molina EJS, Chamorro Quiroz HG, Isaza de Gil G. El error como oportunidad de aprendizaje desde la diversidad en las prácticas evaluativas. *Plumilla educativa*. Universidad de Manizales, 2013. pp. 361-385.
8. Forbes H, Duke M, Prosser M. Students' perceptions of learning outcomes from group-based, problem-based teaching and learning activities. *Adv Health Sci Educ*. 2001; 6(3), 205-217. DOI: 10.1023/A:1012610824885.
9. Hernández-Ramos JP, Belmonte ML. Assessment of the use of Kahoot! en face-to-face and virtual higher education. *EKS 2020*; 21. DOI 10.14201/eks.22910.
10. Landers RN. Developing a theory of gamified learning: linking serious games and gamification of learning. *Simul Gaming*, 2014; 45(6): 752–768. DOI: 10.1177/1046878114563660\_
11. Gaitán V. Gamificación: el aprendizaje divertido <https://www.educativa.com/blog-articulos/gamificacion-el-aprendizaje-divertido/>
12. Ramis MA, Chang A, Conway A, Lim D, Munday J, et al. Theory-based strategies for teaching evidence-based practice to undergraduate health students: a systematic review. *BMC Med Educ*, 2019;19(1): 267. DOI: 10.1186/s12909-019-1698-4.
13. Silverthorn DU, Johnson BR, Ober WC, Garrison CW, Silverthorn AC. (eds.). *Fisiología Humana. Un enfoque integrado*. 6ª edición. Editorial Panamericana, Buenos Aires. 2013, pp.316-320.
14. Muñoz Rojas M. Las TIC en educación: “Kahoot!” como propuesta de gamificación e innovación educativa para educación secundaria en educación física. Trabajo de Fin de Master. Universidad Internacional de La Rioja. 2016.
15. Buzón García O, Fernández Rincón JA, Mena Rodríguez E. (Coordinadores). *Presente y futuro de la educación: planteamientos teóricos, experiencias y nuevos modelos educativos*. 1ª Edición. Ediciones Egregius. Sevilla. 2018. ISBN 978-84-17270-11-7.
16. Sein-Echaluce Laclea ML, Fidalgo Blanco A, García Peñalvo F. Metodología de enseñanza inversa apoyada en b-learning y gestión del conocimiento. III Congreso Internacional sobre Aprendizaje, Innovación y Competitividad (CINAIC 2015). Octubre 14-16, 2015, Madrid.
17. Hénard F. *Learning our lesson. Review of quality teaching in higher education*. OECD Publishing, Paris. 2010. DOI: 10.1787/9789264079281-en.



- 
18. Sánchez-Muniz FJ, Sbastida M. COVID-19 and the Mother Earth's day. JONNPR. 2020; 5(6): 603-615. DOI: 10.19230/jonnpr.3701.
  19. Programa de la asignatura Dietética Aplicada a la Industria Alimentaria. Grado de Ciencia y Tecnología de los Alimentos. Universidad Complutense de Madrid. 2019.
  20. Gil A. (Ed.). Tratado de Nutrición. Bases moleculares de la nutrición. Tomo II; Nutrición humana en el estado de salud. Tomo IV; Nutrición y enfermedad. Tomo V. 3ª edición. Editorial Médica Panamericana. Madrid. 2017.
  21. Mahan LK, Raymond JL. Krause Dietoterapia, 14ª edición. Elsevier. Amsterdam. 2017.
  22. Sailer M, Homner L. The Gamification of Learning: a Meta-analysis. Educ Psychol Rev. 2020; 32: 77–112. DOI: 10.1007/s10648-019-09498-w