Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias
ISSN:
ISSN: 1697-011X
revista.eureka@uca.es
Universidad de Cádiz
España

Un *BreakoutEDU* para evaluar contenidos de expresión genética en 4 ESO. Diseño, aplicación y evaluación de las emociones de su puesta en práctica

Martínez-Carmona, Marina
Plaza Griñán, Antonia
Ayuso Fernández, Enrique
Fernández Díaz, Manuel
Goyena Salgado, Marina

Un *BreakoutEDU* para evaluar contenidos de expresión genética en 4 ESO. Diseño, aplicación y evaluación de las emociones de su puesta en práctica
Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias, vol. 21, núm. 1, p. 120501, 2024
Universidad de Cádiz
Disponible en: https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=92075647014
DOI: https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2024.v21.i1.1205

PDF generado a partir de XML-JATS4R por Redalyc
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

Un *BreakoutEDU* para evaluar contenidos de expresión genética en 4 ESO. Diseño, aplicación y evaluación de las emociones de su puesta en práctica

A *BreakoutEDU* to evaluate gene expression contents in 4 ESO. Design, application and evaluation of the emotions of its implementation

Marina Martínez-Carmona
Didáctica de las Ciencias Experimentales. Universidad de Murcia, España
marina.m.c1@um.es
https://orcid.org/0000-0002-2026-6266
Antonia Plaza Griñán
Didáctica de las Ciencias Experimentales. Universidad de Murcia, España
antonia.plaza@um.es
Enrique Ayuso Fernández
Didáctica de las Ciencias Experimentales. Universidad de Murcia, España
ayuso@um.es
https://orcid.org/0000-0002-8510-556X
Manuel Fernández Díaz
Didáctica de las Ciencias Experimentales. Universidad de Murcia, España
manuel.fernandez2@um.es
https://orcid.org/0000-0001-5956-0035
Marina Goyena Salgado
I.E.S. La Florida (Las Torres de Cotillas) Murcia, España
marina.goyena@murciaeduca.es
https://orcid.org/0009-0004-6532-584X

DOI: https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2024.v21.i1.1205

Recepción: 24 Marzo 2023
Revisado: 23 Mayo 2023
Aprobación: 21 Noviembre 2023

Acceso abierto diamante

Resumen

El conocimiento sobre genética es esencial para construir una sociedad capaz de participar en debates sociocientíficos. Sin embargo, el proceso de enseñanza-aprendizaje de este tema conlleva numerosas dificultades, siendo preciso el desarrollo de nuevas estrategias educativas que faciliten su comprensión y su evaluación. Una alternativa podría ser la implementación de un *BreakoutEDU*, un tipo concreto de gamificación similar al famoso *escape room*, en el que el alumnado se enfrenta al desafío de abrir una caja. Para lograrlo el alumnado debe resolver una serie de retos durante los cuales adquiere o refuerza aprendizajes sobre los contenidos elegidos. Con esta idea, se establecen en este trabajo tres objetivos fundamentales: a) diseñar una actividad gamificada de tipo *BreakoutEDU* para evaluar los contenidos sobre expresión genética; b) estudiar las percepciones del alumnado sobre la actividad y las emociones experimentadas con la misma y c) analizar la adecuación y la utilidad de la actividad desde el punto de vista de la docente responsable del aula. El *BreakoutEDU* se ha implementado con un grupo de 28 alumnos/as y su evaluación se ha llevado a cabo mediante cuestionarios, plantillas de observación, videograbación y entrevista a la profesora

PDF generado a partir de XML-JATS4R por Redalyc
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

responsable. El análisis cualitativo y cuantitativo de los resultados muestra que el *BreakoutEDU* diseñado resulta una buena estrategia para contextualizar, evaluar y acercar el contenido abstracto de la expresión genética.

Palabras clave: Expresión genética, Educación secundaria, Gamificación, Educación en Ciencias.

Abstract

Knowledge about genetics is essential to build a society capable of participating in socio-scientific debates. However, the teaching-learning process of this subject involves many difficulties, requiring the development of new educational strategies, to facilitate its understanding and evaluation. An alternative could be the implementation of a *BreakoutEDU*, a specific type of gamification similar to the famous escape room, in which students face the challenge of opening a box. To achieve this, students must solve a series of challenges during which they acquire or reinforce learning about the chosen content. Thus, three main objectives are established in this work: a) to design a gamified activity of the *BreakoutEDU* type to evaluate the contents on gene expression; b) to study the students' perceptions of the activity and the emotions experienced with it and c) to analyze the suitability and usefulness of the activity from the point of view of the teacher in charge of the classroom. The *BreakoutEDU* has been implemented with a group of 28 students and its evaluation has been carried out by means of questionnaires, observation templates, videotaping and an interview with the teacher in charge. The qualitative and quantitative analysis of the results shows that the designed *BreakoutEDU* is a good strategy to contextualize, evaluate and approach the abstract content of gene expression.

Keywords: Genetic expression, Secondary Education, Gamification, Sciences Education.

PDF generado a partir de XML-JATS4R por Redalyc
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

Introducción

Vivimos en un mundo en el que la ciencia avanza a un paso imparable, trayendo consigo importantes cambios en todos los ámbitos de la sociedad. Así, resulta indiscutible que los más recientes descubrimientos en el campo de la inteligencia artificial o de la manipulación genética dirigida mediante CRISPR (Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats), van a desencadenar una transformación social, cuyo desenlace dependerá de las decisiones que tome la sociedad.

La técnica CRISPR ha supuesto una gran revolución en el campo de la ingeniería genética, ya que permite modificar el ADN en sitios específicos con gran precisión y eficacia. Este avance científico abre la puerta a la manipulación genética en embriones, en células madre, en plantas o animales, para conseguir variantes sin genes portadores de enfermedades o variantes que aúnen una serie de características, estéticas o productivas, deseables.

De esta manera, la genética se ha convertido en un pilar de la sociedad actual encontrándose en temas clave como la vacunación, la ingeniería genética o la ingeniería tisular. Por todo ello, se hace necesario una alfabetización científica que asegure que nuestro alumnado esté preparado para en el futuro, actuar como ciudadanía crítica en estas cuestiones, así como tomar decisiones fundamentadas (Abril y Muela, 2015). Así, una adecuada alfabetización científica, con independencia del futuro laboral del alumnado, permitirá que adquieran unos conocimientos mínimos en genética suficientes para evaluar las consecuencias de estos avances científicos, y pertrecharse de argumentos que les capaciten para posicionarse ante los dilemas éticos (López-Gay et al., 2020).

Sin embargo, son numerosos los estudios que ponen de manifiesto las dificultades que presentan los contenidos de genética para el alumnado incluso al acabar la educación formal (Ruiz-González, et al., 2017). Dentro de estas dificultades podemos encontrar concepciones alternativas originadas por el contexto social o por cómo son presentadas en series y películas, confusión en la terminología o a la hora de relacionar conceptos genéticos o problemas para entender las implicaciones de la probabilidad (Oliva Puente, 2013; Buske y Bartholomei-Santos, 2019; Gericke y Wahlberg, 2013). Frente a ello, se hace necesario desarrollar estrategias que permitan superar estos obstáculos, cultivando el interés por la ciencia en el alumnado y acercando la genética a una realidad más próxima. Para ello proponemos el uso de la gamificación como medio de evaluación ya que, debido a sus características y ventajas, ofrece la oportunidad de contextualizar y acercar este contenido abstracto al alumnado, aunando diversión y aprendizaje como germen de la curiosidad y la motivación (Lázaro, 2019), sin perder de vista que el objetivo debe ser que estas actividades contribuyan a "hacer mejor ciencia", promoviendo, por tanto, la motivación intrínseca y el desarrollo de conocimientos por el alumnado (López y Domènech-Casal, 2018).

En este aspecto, proponemos el diseño y evaluación de una actividad gamificada de tipo *Breakout* educativo (en lo sucesivo *BreakoutEDU*) sobre expresión genética. De esta manera, planteamos abordar los procesos de transcripción, traducción y mutación, aprovechando la reciente pandemia para contextualizarlos en el desarrollo de una vacuna. Durante el *BreakoutEDU* se evaluarán los contenidos de expresión genética desarrollados previamente, con un enfoque holístico en el que: 1) el alumnado, trabajando en equipo, autorregule su aprendizaje (para avanzar en la actividad debe resolver el reto, recibiendo un *feedback* instantáneo); 2) el profesorado identifique las dificultades que tiene su alumnado (mediante una rúbrica de observación y un cuestionario posterior) y 3) la propia actividad sea evaluada por el alumnado mediante un cuestionario posterior y por su docente con una entrevista.

Dificultades en la enseñanza-aprendizaje de los contenidos relacionados con la expresión genética

Las investigaciones educativas han identificado diferentes dificultades de los estudiantes de secundaria al estudiar la herencia biológica, en general, y la expresión genética, en particular. Así, entre otros aspectos, se ha puesto de manifiesto la falta de relación entre seres vivos, células, cromosomas, genes e información

PDF generado a partir de XML-JATS4R por Redalyc
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

hereditaria (Ruiz-González et al., 2017), que la información genética solo estaría presente en los gametos (Íñiguez y Puigcerver, 2013) o incluso que estos tipos celulares solo contienen cromosomas sexuales (Vlckova et al., 2016). Además, también se detecta la dificultad del alumnado para comprender la regulación de la expresión génica (Todd y Kenyon, 2016; Zudaire y Napal Fraile, 2021).

Desde otra perspectiva, ciertas simplificaciones pueden llevar a los estudiantes a considerar que un gen siempre es responsable de un rasgo o que un gen con una mutación siempre causa una enfermedad representando una especie de "determinismo genético" (Mills Shaw et al., 2008). Sobre este aspecto, trabajos como el de Carver et al. (2017), con la finalidad de medir su presencia en las respuestas de los estudiantes, alertan sobre su importancia al devaluar el papel de los factores ambientales sobre los seres vivos y, en consecuencia, dificultar la alfabetización genética.

En la Tabla 1 se resumen estas y otras dificultades de aprendizaje puestas de manifiesto en investigaciones educativas centradas en la enseñanza de la genética.

Tabla 1

Resumen de trabajos sobre dificultades del alumnado acerca de la expresión genética

Contenido analizado	Referencias
Desconocimiento sobre cómo un gen puede determinar una característica.	Dorrell y Lineback, 2019; Ellefson et al., 2008; Lewis et al., 2000; Todd y Kenyon, 2016; Zudaire y Napal Fraile, 2021.
Todas las características están determinadas por los genes (determinismo genético).	Lewis y Wood-Robinson, 2000; Mills Shaw et al., 2008; Osman et al., 2017; Zudaire y Napal Fraile, 2021.
Consideración del gen como unidad hereditaria independiente, que determina un carácter concreto. Dificultad para entender que los genes no codifican directamente los rasgos.	Mills Shaw et al., 2008; Todd y Kenyon, 2016.
Ausencia de comprensión de la base genética de algunas enfermedades.	Mills Shaw et al., 2008.
Dificultad para relacionar ADN y proteína.	Íñiguez y Puigcerver, 2013.
Dificultad para entender que los genes codifican proteínas. Dificultad para comprender las funciones de las proteínas.	Marbach-Ad y Stavy, 2000; Marbach-Ad, 2001; Lewis y Kattmann, 2004; Duncan y Reiser, 2007; Dorrell y Lineback, 2019; Todd y Kenyon, 2016; Machová y Ehler, 2021; Dorrell y Lineback, 2019.
Dificultad para relacionar ARNm y gen y ARNm y proteína.	Gericke y Wahlberg, 2013; Vlckova et al., 2016; Choden y Kijkuakul, 2020.
Dificultad para entender la expresión diferencial, que defiende que dependiendo del tipo celular se expresan unas proteínas u otras.	Dougherty et al., 2011; Todd y Kenyon, 2016.
Dificultad para comprender la regulación de la expresión genética, o directamente no la conciben.	Mills Shaw et al., 2008; Zudaire y Napal Fraile, 2021.
No diferenciación adecuada de genotipo y fenotipo.	Lewis y Kattmann, 2004; Duncan y Reiser, 2007; Mills Shaw et al., 2008; Karagöz y Çakir, 2011; Jalmo y Suwandi, 2018.

En general, la revisión bibliográfica pone de manifiesto la dificultad que entraña el conocimiento sobre expresión genética, por su nivel de abstracción y la necesidad de relacionar diferentes niveles moleculares. Con este *BreakoutEDU* se pretende abordar dichas dificultades planteando un problema contextualizado

PDF generado a partir de XML-JATS4R por Redalyc
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

en una situación cercana para ellos, en el que para poder progresar deben, entre otras cosas, cuestionar sus ideas, relacionar los distintos niveles moleculares y comprender la regulación genética.

Gamificación y *BreakoutEDU*

La gamificación puede entenderse como una actividad en la que se emplean elementos del juego en escenarios no lúdicos (López y Domènech-Casal, 2018). Su incorporación en la educación ha demostrado ser una vía para conseguir incentivar la motivación en el alumnado, así como, una forma de que estos conozcan la evolución de su aprendizaje, a la vez, que obtienen recompensas inmediatas (Hursen y Bas, 2019). En esta línea, Cornellà et al. (2020) afirman que: "Gamificar consiste en construir un escenario donde los participantes se convierten en los auténticos protagonistas y donde avanzan para lograr un reto propuesto utilizando algunos de los elementos de juego" (p.12). Estas y otras ventajas se recogen a modo de resumen en la Tabla 2.

Tabla 2
Ventajas de la gamificación

Ventajas	Referencias
Reconocimiento inmediato del esfuerzo realizado.	(Lázaro, 2019)
El alumnado puede percatarse rápidamente de las dificultades, así como del avance de los aprendizajes.	(Lázaro, 2019)
Aumenta la motivación del alumnado al usar estrategias que acercan el contenido.	(Brady y Andersen, 2019) (Lázaro, 2019) (Hursen y Bas, 2019)
Ofrece la oportunidad de descubrir otras estrategias para el aprendizaje.	(Brady y Andersen, 2019) (Lázaro, 2019) (Hursen y Bas, 2019)
Participación activa.	(Cornellà et al., 2020) (Lázaro, 2019)
Ayuda a desarrollar una motivación intrínseca.	(Lázaro, 2019)
Favorece el trabajo cooperativo.	(Brusi y Cornellá, 2020)
Presenta el contenido de una manera atractiva y creativa.	(Lázaro, 2019)
Ofrece la oportunidad de contextualizar el contenido.	(Brusi y Cornellà, 2020)
Permite que el alumnado pueda errar sin riesgos.	(Cornellà et al., 2020)

Además, el juego, no solo en la niñez sino a lo largo de toda la vida, conlleva experimentar numerosas emociones. Este hecho puede ser aprovechado en la educación ya que diversos autores señalan la vinculación entre las emociones y el proceso de enseñanza y aprendizaje (López-Gay et al., 2020), siendo más duraderos los aprendizajes que se adquieren mediante procesos agradables que aquellos que se dan en ambientes más desafortunados (Ayén, 2017). Por otra parte, la actividad gamificada puede promover en el alumnado emociones que van desde las relacionadas con la ansiedad y la competitividad a las que ofrecen la oportunidad de estrechar vínculos sociales (Cornellà et al., 2020).

Dentro de la gamificación encontramos la modalidad del *BreakoutEDU*, que es una variación del *Escape Room* (habitación cerrada de la que se debe escapar), pero en este caso se deben ir superando los retos para abrir cofres cerrados mediante candados. Aunque el concepto es similar en ambos, solucionar enigmas en un tiempo limitado para resolver un misterio, los *BreakoutEDU* están más extendidos en las aulas al necesitar menos material que puede ser fácilmente reutilizable y aplicable a un mayor número de personas simultáneamente, no necesitar el encierro en un aula, y permitir que se favorezca la colaboración y no la competición del alumnado (Cornellà et al., 2020).

Algunas ventajas específicas de las actividades de tipo *Escape Room* y *BreakoutEDU* son: 1) la capacidad que presentan para adaptarse a diversos contenidos (Cornellà et al., 2020), lo que es una gran ventaja para

PDF generado a partir de XML-JATS4R por Redalyc
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

su implantación en el ámbito educativo; 2) promueven el trabajo en grupo para conseguir alcanzar el objetivo (Moreno Fuentes, 2019); 3) su puesta en práctica permite no solo trabajar contenidos conceptuales sino también desarrollar competencias como la matemática, científica y tecnológica, aprender a aprender, social y cívica y de comunicación lingüística (Martínez-Carmona et al., 2022); 4) favorecen que el alumnado desarrolle habilidades para resolver problemas y el pensamiento crítico; 5) entrenan la capacidad de trabajar bajo presión y favorecen el pensamiento deductivo (Cornellà et al., 2020).

Sin embargo, este tipo de actividades también conllevan una serie de desventajas como la complejidad que requiere diseñar una actividad equilibrada desde el punto de vista lúdico y didáctico; o errar al considerar que para diseñar la actividad se deben simplificar los contenidos, o, al contrario, centrarse demasiado en la parte disciplinar y dejar de lado la diversión. Al mismo tiempo, las actividades deben tener un nivel de dificultad tal que permita al alumnado interesarse sin provocar desánimo (Martínez-Carmona et al., 2022). Además, resulta de gran importancia realizar una planificación previa para delimitar los objetivos, contenidos y competencias a abordar, la adecuación del nivel a los y las destinatarios/as de la actividad y el tiempo disponible. De la misma forma, hay que prestar atención a la narrativa que debe contextualizar las distintas pruebas y facilitar la inmersión del alumnado en la actividad, así como a las mecánicas que deben ser expuestas y aclaradas antes del inicio de la misma (Brusi y Cornellà, 2020).

Por último, aunque no menos importante, es necesario resaltar que el diseño de la actividad debe contemplar desde el principio el objetivo de la evaluación, pues las pruebas serán diferentes en función de aquello que prime en estos objetivos (Ayén, 2017). En este sentido resulta indispensable definir, como expondremos a continuación, qué tipo de evaluación se persigue con esta actividad.

Papel de la evaluación

La evaluación es un elemento clave en todo proceso educativo ya que no sólo mide el nivel de los logros adquiridos, sino que condiciona todo el proceso de enseñanza-aprendizaje, desde qué y cómo se enseña hasta qué y cómo aprende el alumnado (Sanmartí, 2008). Si bien evaluar no es solo calificar, para una mayoría de los docentes, de todos los niveles, es frecuente que se realicen exclusivamente evaluaciones finales para asignar una nota numérica a los contenidos conceptuales. Esto conlleva que los y las estudiantes perciban la evaluación como algo negativo y se preocupen solo de formarse para aprobar y no para aprender (Moreno, 2016). Dicha malinterpretación de la evaluación deriva de malos hábitos heredados de la propia experiencia y de la falta de pensamiento crítico a la hora de priorizar la mejora de la educación, sin que se conciba como una experiencia de aprendizaje en sí misma, no solo para el alumnado sino también para el docente (Cáceres Mesa et al., 2018). El alumnado, al reforzar sus saberes previos movilizándolos de forma integrada para resolver un problema, puede ser consciente de sus aciertos y sus dificultades autorregulando su aprendizaje y por qué no, ayudándose entre iguales (Jiménez Galán et al., 2011). El docente porque comprueba si se ha producido o no aprendizaje, pudiendo tomar decisiones efectivas respecto a la práctica, los instrumentos o los procedimientos empleados (Moreno, 2016). Este modelo de evaluación se hace todavía más necesario con la nueva ley educativa que propone una enseñanza y una evaluación basadas en competencias (Ministerio de Educación y Formación Profesional, 2022). Si las competencias ponen el foco en el saber hacer, fundamentado en el saber conocer, la evaluación debería perfilarse en esta misma línea, prestando atención no solo a lo que el alumnado sabe sino a cómo aplica y argumenta sobre dichos conocimientos en diversos contextos, por lo que será requerida una diversidad de herramientas e instrumentos contextualizados (Jiménez Galán et al., 2011).

Objetivos del trabajo

Teniendo en cuenta lo expuesto anteriormente, nos planteamos los siguientes objetivos:

1. Diseñar una gamificación de tipo *BreakoutEDU* que pueda ser empleada como actividad de aplicación en una secuencia didáctica, para que al alumnado 4 º ESO mejore y autorregule su comprensión sobre expresión genética.

PDF generado a partir de XML-JATS4R por Redalyc
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

2. Estudiar las autopercepciones y emociones experimentadas por el alumnado como consecuencia de la aplicación y puesta en práctica del *BreakoutEDU* diseñado, teniendo en cuenta la posible vinculación, que, desde diferentes investigaciones, se establece entre las emociones y el proceso de enseñanza y aprendizaje.

3. Analizar la adecuación y la utilidad de la actividad desde el punto de vista del profesorado de la universidad y la docente responsable del aula, aunando investigación educativa y realidad escolar.

Metodología

Participantes y contexto

El *BreakoutEDU* fue implementado en un instituto público de la Región de Murcia en el que el nivel socioeconómico del alumnado es medio. Se llevó a cabo en un grupo de 4º ESO formado por 28 estudiantes (11 alumnas y 17 alumnos, de edades comprendidas entre 15 y 16 años) en la asignatura de Biología y Geología. Previamente a la implementación la profesora responsable del grupo (coautora de este artículo) analizó la propuesta y dio su visto bueno en cuanto a contenidos y temporalización. La profesora formó previamente al alumnado en cuestiones relacionadas con la genética básica, de acuerdo con lo establecido en el currículo para secundaria (BORM, 2015). Unas semanas más tarde, se implementó el *BreakoutEDU* en una sesión de 50 minutos a modo de evaluación. El alumnado se dividió en 5 grupos (de 5 o 6 personas), uno por cada caja de retos, siendo la composición de cada equipo decidida por los propios estudiantes. Durante la actividad tanto la profesora del grupo como dos docentes de la universidad actuaron como evaluadores con ayuda de una rúbrica descrita en el apartado de instrumentos. Dos días después el alumnado rellenó los cuestionarios de percepción. Finalmente, la actividad fue evaluada por todos los autores y autoras de este artículo, incluida la profesora responsable del grupo que realizó una reflexión global del *BreakoutEDU* desde la perspectiva del docente de Secundaria. La figura 1 resumen los pasos descritos anteriormente.

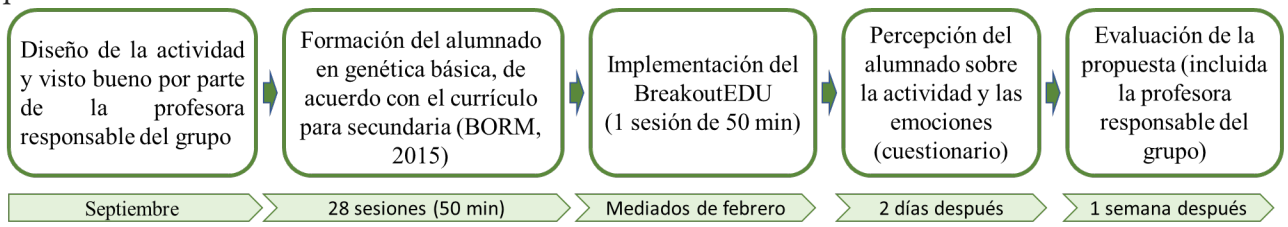

Figura 1
Temporalización de la investigación

Diseño de la actividad de *BreakoutEDU*

Atendiendo a los objetivos expuestos en este trabajo, se diseñó una actividad de evaluación gamificada de tipo *BreakoutED*U que pudiese servir como experiencia de aprendizaje en sí misma (Cáceres Mesa et al., 2018), para abordar principalmente, la expresión genética. Para ello, y teniendo en cuenta las dificultades a la hora de relacionar los distintos conceptos genéticos se diseñaron los retos para poner en práctica los conocimientos en un problema real (Buske y Bartholomei-Santos, 2019). Además, teniendo en cuenta la importancia de elaborar una narrativa que favorezca la inmersión del alumnado (Brusi y Cornellà, 2020), se contextualizó la actividad en la necesidad de crear una vacuna para las nuevas variantes del virus SARS-CoV-2. Para ello, justo antes de empezar la actividad se proyectó el video (https://youtu.be/92bCugOriUo) que termina con una cuenta atrás de 50 minutos.

En el desarrollo de la actividad, cada uno de los grupos (identificados por colores: azul, rojo, amarillo, verde y rosa) se enfrenta a una caja cerrada con un candado de tres números que esconde en su interior varias cajas cerradas con candados digitales (accesibles con código QR y anclados a las cajas con bridas). Un representante de cada grupo podrá emplear el móvil con el único propósito de tener acceso a los candados digitales. A medida que resuelven las pruebas, ligeramente distintas para cada grupo, deducen los códigos necesarios para ir abriendo los candados. El primer candado (físico) lo abren directamente, pero en los

PDF generado a partir de XML-JATS4R por Redalyc
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

retos sucesivos (candados digitales) deben justificar ante el profesorado, responsable de cortar las bridas con unas tijeras, como han llegado a la solución. El hecho de solicitar una justificación permite 1) comprobar que no se ha logrado el código correcto por prueba/error; 2) valorar que la respuesta indica una apropiación adecuada del conocimiento (Custodio et al., 2015); y 3) aclarar las dudas que pudiera tener algún estudiante. Finalmente, y teniendo en cuenta que se quiere fomentar el trabajo colaborativo (Martínez-Carmona et al., 2022), el último código, un candado *criptex* de 6 letras, solo puede ser resuelto con la ayuda de los 5 grupos. En la última caja cada grupo encuentra información sobre una proteína diferente y en base a los datos reunidos deben argumentar y decidir entre todos qué proteína es la mejor para generar la vacuna. Este pequeño reto de argumentación se incluye persiguiendo la idea, ya mencionada, de que el *BreakoutEDU* sea una actividad de aprendizaje en sí misma. En este sentido, la argumentación y la discusión en base a pruebas favorecen una comprensión más profunda de los contenidos (Custodio et al., 2015).

La Tabla 3 muestra a modo de resumen una breve descripción de los 4 retos del *BreakoutEDU*, cuyos materiales están accesibles en la siguiente dirección: https://figshare.com/s/202deb6ecd93611d5e3b.

PDF generado a partir de XML-JATS4R por Redalyc
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

Tabla 3

Descripción de los retos del *BreakoutEDU* indicando los objetivos y las tareas específicas que debe realizar cada grupo

Reto	Objetivo	Tarea por Equipos
Uno	Iniciar al alumnado en la dinámica del juego. Identificar las palabras correspondientes a diversas definiciones.	Cada equipo dispone de 3 preguntas (con diferencias entre los equipos) relacionadas con conceptos de genética. El número de letras de cada palabra da el código necesario para abrir el candado físico.
Dos	Realizar la transcripción de la secuencia de ADN que da lugar al ARNm del virus.	Cada equipo recibe la secuencia de ADN que codifica una proteína distinta del virus. Se les indica que las muestras fueron mezcladas por error y que solo tenemos los nombres con letras chinas. Para realizar la transcripción de forma adecuada deben tener en cuenta tres premisas: sentido de transcripción 3'a 5', codón de inicio y codón fin de mensaje. El código que permite pasar al reto 3 consta de 5 letras chinas que se corresponden con los 5 tripletes de la secuencia transcrita.
Tres	Realizar la traducción del ARNm que codifica una proteína del virus.	Cada equipo debe realizar la traducción de su proteína con ayuda de un *diagrama del sol naciente* para el código genético. El código para pasar al reto 4 es la secuencia correcta de aminoácidos de cada proteína.
Cuatro	Comprobar el efecto que tienen en las proteínas las mutaciones producidas en la secuencia de ADN.	Cada equipo recibe una mutación sufrida en distintos puntos de la secuencia de ADN codificada mediante código *snote*. Las mutaciones afectan al nucleótido previo al codón de inicio del gen de la proteína (equipo azul); a un nucleótido del codón de inicio (rojo); una mutación que intercambia un nucleótido por otro que codifica el mismo aminoácido (amarillo); un intercambio de un nucleótido por otro que codifica un aminoácido distinto (verde) y una pérdida de un nucleótido en el tercer triplete del gen de la proteína de interés (rosa). Para pasar al último reto los grupos deben responder a 3 preguntas relacionadas con su mutación: 1) decir si la mutación afecta o no a la proteína; 2) seleccionar el número de aminoácidos a los que afecta y 3) indicar la justificación de dicho resultado.
Cinco	Introducir la argumentación. Seleccionar la mejor proteína para obtener la vacuna.	Cada equipo accede a la información de la proteína que ha traducido, incluyendo nombre y una breve descripción de su localización y función (información completa en los materiales). La proteína S, en la superficie que permite al virus unirse a las células del cuerpo humano y penetrar en ellas (equipo azul); proteína M, de membrana, que mantiene firme la membrana que protege al material genético (rojo); proteína N en el interior del virus unida al material genético (amarillo); proteína E, de envoltura, que mantiene la estructura exterior del virus (verde); y proteína H, proteína humana que reconoce la proteína S del virus (rosa). El código final está formado por 6 letras: La primera letra de la palabra proteína, la consonante de la proteína en cuestión y la primera inicial de los 4 aminoácidos que constituyen dicha proteína.

Instrumentos de evaluación

PDF generado a partir de XML-JATS4R por Redalyc
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

Se han elaborado diferentes instrumentos de evaluación con finalidades distintas (https://figshare.com/s/202deb6ecd93611d5e3b). Los datos fueron obtenidos en formato .xlsx y tratados con Microsoft Excel, también usado para generar las tablas y gráficas.

Rúbrica de observación del profesorado

Durante la realización de la actividad la profesora responsable de la actividad y dos docentes de la universidad, evalúan la actuación grupal del alumnado respecto a la aplicación de los aprendizajes adquiridos, el comportamiento y las dificultades. La rúbrica completa se adjunta en el enlace anteriormente facilitado. En relación con los aprendizajes adquiridos, en la Tabla 4 se muestran los aspectos analizados en cada uno de los retos de la actividad, diferenciando cuatro niveles en cada caso para medir el grado de autonomía del alumnado a la hora de resolver los retos. Esta información es completada, en los resultados de la investigación, con las observaciones del profesorado sobre las dificultades de aprendizaje del alumnado. Resulta importante indicar que sólo se han considerado como pistas aquellas relacionadas con los contenidos genéticos y no con la resolución de los juegos, es decir, no se ha tenido en cuenta en dichas dificultades que la mayor parte de los grupos necesitó ayuda para descifrar la mutación propuesta mediante el código *snote* (mensaje secreto legible cuando el documento se dispone de forma horizontal a la altura de los ojos).

Tabla 4

Rúbrica de logros de los equipos durante la realización de los retos del *BreakoutEDU*

Niveles del *BreakoutEDU*	Excelente (3)	Notable (2)	Suficiente (1)	Insuficiente (0)
1. Localización de la información genética 2. Transcripción. 3. Traducción. 4. Mutaciones. 5. Argumentación-Vacunas.	Logra resolver el reto del nivel sin ningún tipo de ayuda.	Recibe una pequeña pista (del profesorado, comodines, otros equipos) sobre los contenidos, aunque es capaz de resolver el reto del nivel con soltura.	Es capaz de resolver el reto del nivel con ayuda considerable (profesorado, comodines, otros equipos).	No es capaz de resolver el reto del nivel, aunque reciba ayuda.

Cuestionario del alumnado

Dos días después de la realización del *BreakoutEDU* se pide al alumnado que rellene un cuestionario conformado por 4 secciones. En la primera sección el alumnado reflexiona sobre la actividad e indica su autopercepción sobre el aprendizaje de los distintos contenidos trabajados. Para ello se incluye un cuestionario de escala Likert, basado en el propuesto por Jiménez-Liso et al. (2020) con 4 niveles (entre 1, totalmente en desacuerdo y 4, totalmente de acuerdo), con una serie de afirmaciones sobre los contenidos trabajados que fueron consensuados con la profesora responsable del aula en base al currículo de secundaria (BORM, 2015).

En la segunda sección se le plantean al alumnado una serie de preguntas abiertas para que explique detalladamente los pasos/reflexiones realizadas de modo que el profesorado pueda evaluar individualmente los conocimientos adquiridos.

En la tercera sección el alumnado opina sobre la adecuación de la propuesta gamificada y la utilidad de la actividad. Primero, mediante un breve cuestionario de tipo Likert sobre la dificultad, el tiempo empleado y la relación diversión/aprendizaje características de un buen *BreakoutEDU* (Martínez-Carmona et al., 2022). Segundo, a través de preguntas abiertas sobre este tipo de actividades en centros escolares y propuestas de mejora.

La cuarta sección es un cuestionario de autopercepción sobre las emociones experimentadas. Para ello, siguiendo otras propuestas como Jiménez-Liso et al. (2020) y (de la Cerda-Polo et al., 2023) se miden las

PDF generado a partir de XML-JATS4R por Redalyc
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

emociones sentidas en cada uno de los momentos (antes, durante y después de los distintos retos). En la figura 2, se representa un diagrama de flujo con las secciones del cuestionario aplicado a los estudiantes tras la implementación del *BreakoutEDU*.

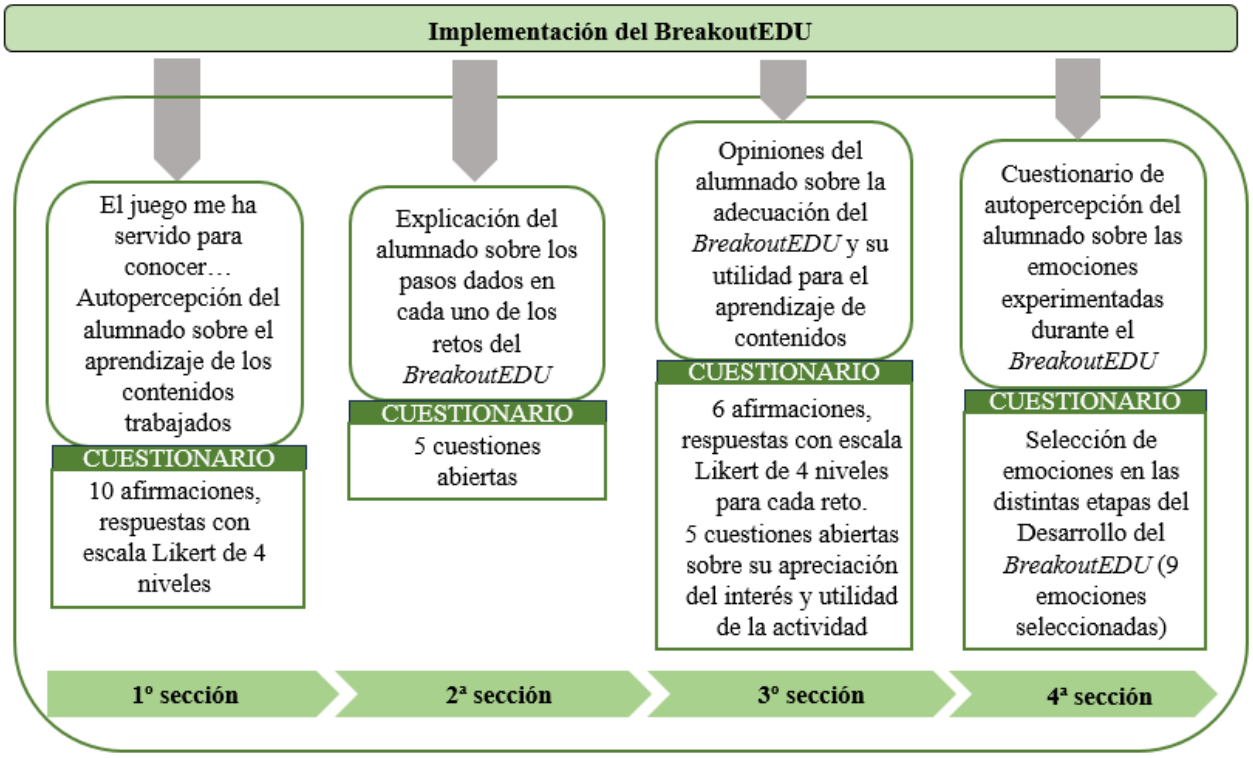

Figura 2
Diagrama de flujo con las diferentes secciones del cuestionario del alumnado tras la implementación del *BreakoutEDU*.

Evaluación de la propuesta por parte del profesorado

Una semana después de la implementación del *BreakoutEDU* se reúnen la profesora responsable del aula y el profesorado de la universidad para analizar conjuntamente la actividad e introducir propuestas de mejora.

Resultados y discusión

Observación durante la realización del *BreakoutEDU*

La Figura 3 muestra las puntuaciones obtenidas para cada equipo en los cinco retos. Aunque todos los equipos fueron capaces de superarlos, las dificultades encontradas fueron variadas. Por un lado, los equipos verde y rosa resolvieron todos los retos de forma autónoma sin necesidad de pedir ayuda. Los equipos azul y amarillo necesitaron pedir una pista para resolver los dos primeros retos y el equipo rojo necesito ayuda para resolverlos todos. En las observaciones, recogidas durante el desarrollo de la actividad, se pudo comprobar que dichas dificultades se relacionaban con identificar algunos términos sobre expresión genética (reto 1) y sobre cómo identificar el codón de inicio (reto 2). Sin embargo, excepto en el grupo rojo, no se observaron grandes problemas para realizar la transcripción, la traducción, para identificar qué es un codón o para saber si una mutación afecta a una proteína. Respecto al último reto, en el que todos los grupos trabajaban conjuntamente para seleccionar la mejor proteína para hacer la vacuna, fue necesario guiarlos en el proceso. Estos resultados demuestran que la propuesta realizada es adecuada al nivel del alumnado, pero también que la agrupación libre supuso la formación de equipos académicamente poco homogéneos y por tanto diferencias en el rendimiento de los mismos.

PDF generado a partir de XML-JATS4R por Redalyc
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

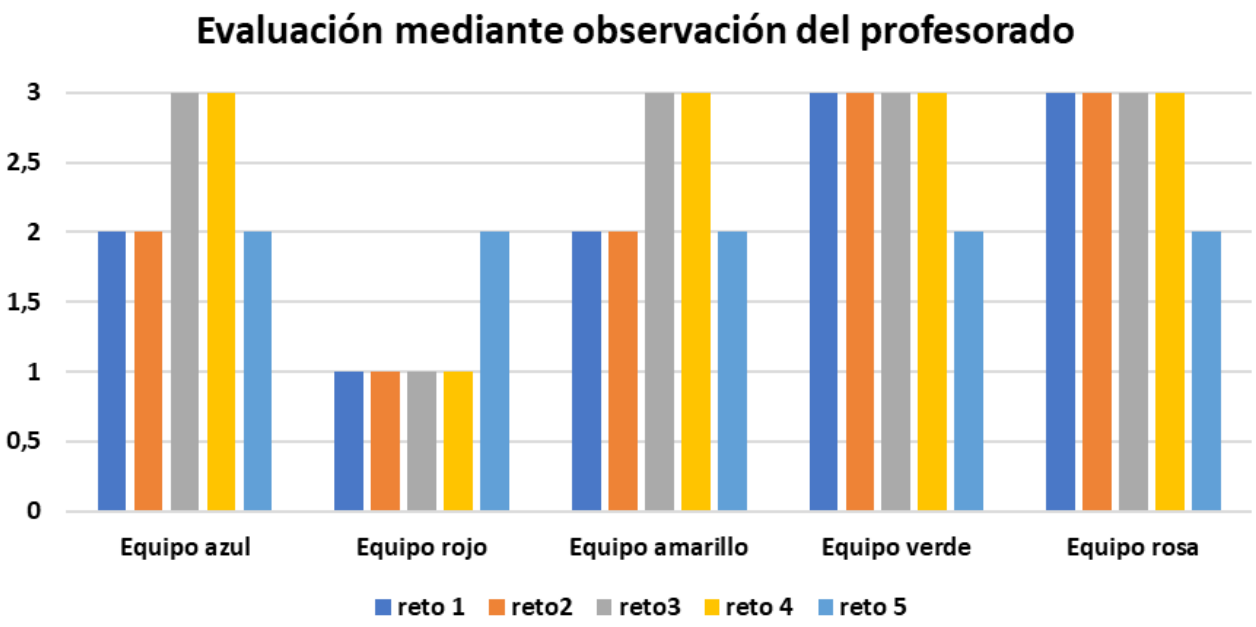

Figura 3

Evaluación mediante observación por parte del profesorado en base a una rúbrica de logros donde 0 es no aceptable y 3 excelente

Valoración de los estudiantes participantes del *BreakoutEDU*: autopercepción y emociones experimentadas

En relación con la autopercepción del alumnado sobre su grado de conocimiento científico acerca de los contenidos de genética aplicados, en la Figura 4 se muestra que en todos los ítems la mayor parte del alumnado dice estar ¨bastante" o "totalmente de acuerdo¨ con que la actividad les ha servido para aprender y sólo en 5 de los ítems aparece la opción ¨totalmente en desacuerdo¨ y siempre mínimamente representada. De este modo, la media de la puntuación obtenida (Figura 4) es superior a 3 en todos los ítems salvo A1.

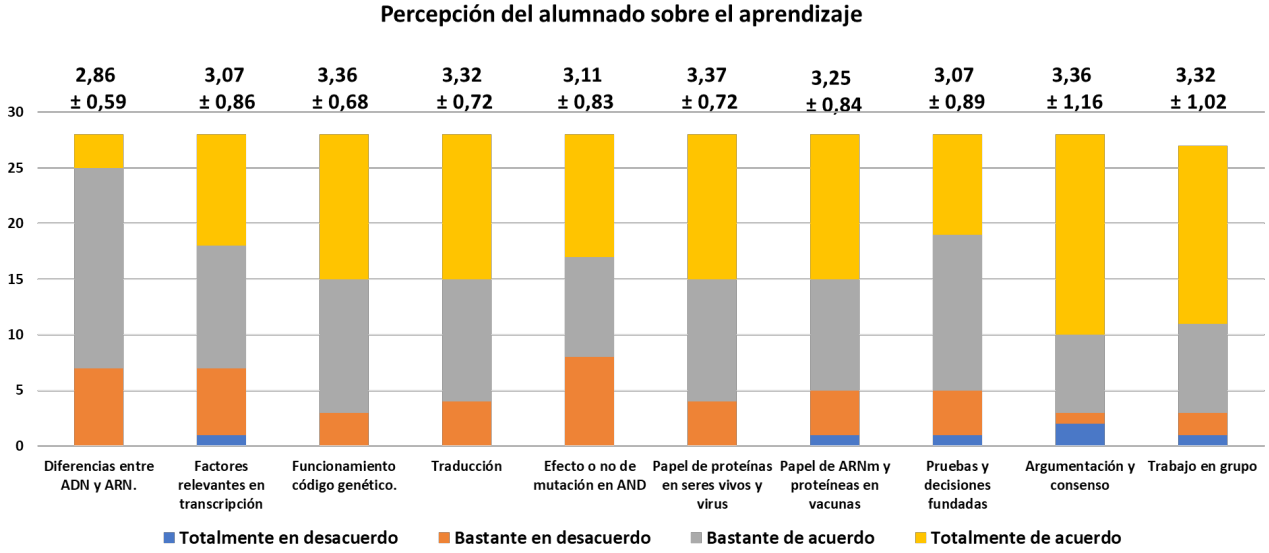

Figura 4

Autopercepciones del alumnado sobre sus aprendizajes (incluyendo número de alumnos que indican cada respuesta, puntuación media y desviación estándar).

PDF generado a partir de XML-JATS4R por Redalyc
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

La autopercepción del alumnado sobre sus propios aprendizajes es positiva y se sienten confiados en que este *BreakoutEDU* les ha permitido profundizar en la realización de la transcripción, la traducción, la utilización del código genético y en el hecho de que una mutación en la secuencia de ADN puede o no afectar a la posterior secuencia de aminoácidos de la proteína que codifica. Junto a ello, también se destaca que el alumnado considera que esta actividad les ha permitido conocer la importancia de las proteínas en seres vivos y en virus, y otros aspectos básicos sobre el sistema inmunitario y vacunas. Además, el alumnado valora positivamente la actividad para familiarizarse con la importancia de tener pruebas y argumentar en la toma de decisiones (A9) y en trabajo en grupo (A10), contenidos que van más allá de lo conceptual pero necesarios en la sociedad actual.

La Figura 5 resume cómo percibe el alumnado la actividad propuesta respecto a distintos factores planteados entre los que se encuentran las instrucciones recibidas, los términos utilizados, la dificultad de los retos, el tiempo empleado o el equilibrio entre diversión y aprendizaje. Los resultados demuestran que el alumnado percibe todos los retos de forma positiva en todos los criterios. Respecto a las instrucciones, la puntuación obtenida es superior a 3 en los retos 2, 3 y 5 y ligeramente inferior en el 1 y el 4. Probablemente porque en el primero aún no conocían del todo la dinámica y en el cuarto reto por las dificultades al usar el código *snote*. La valoración de las expresiones empleadas es superior a 3 en todos los casos lo que da a entender que estaban familiarizados con el contenido trabajado.

Si analizamos los datos relativos a las figuras y gráficas empleadas, una vez más la puntuación es superior a 3 en todos los retos con excepción del segundo que queda ligeramente por debajo, posiblemente debido a algunas dificultadas a la hora de relacionar la secuencia de nucleótidos transcrita con la codificación de letras chinas propuesta. Respecto a la dificultad de los retos y el tiempo que disponían para resolverlos, se observa que la mayor parte de los participantes ha indicado que todos los retos se ajustaban a su nivel y al tiempo disponible. Aunque la muestra es pequeña para realizar afirmaciones fundadas, los datos parecen indicar que se ha logrado el equilibrio de dificultad necesario para motivar sin desanimar a los participantes. Finalmente, cuando se les pide que valoren la relación entre diversión y aprendizaje es mayoritaria la selección de las opciones “totalmente” o “bastante de acuerdo”, hecho que también se refleja en una media superior a 3 en todos los retos.

PDF generado a partir de XML-JATS4R por Redalyc
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

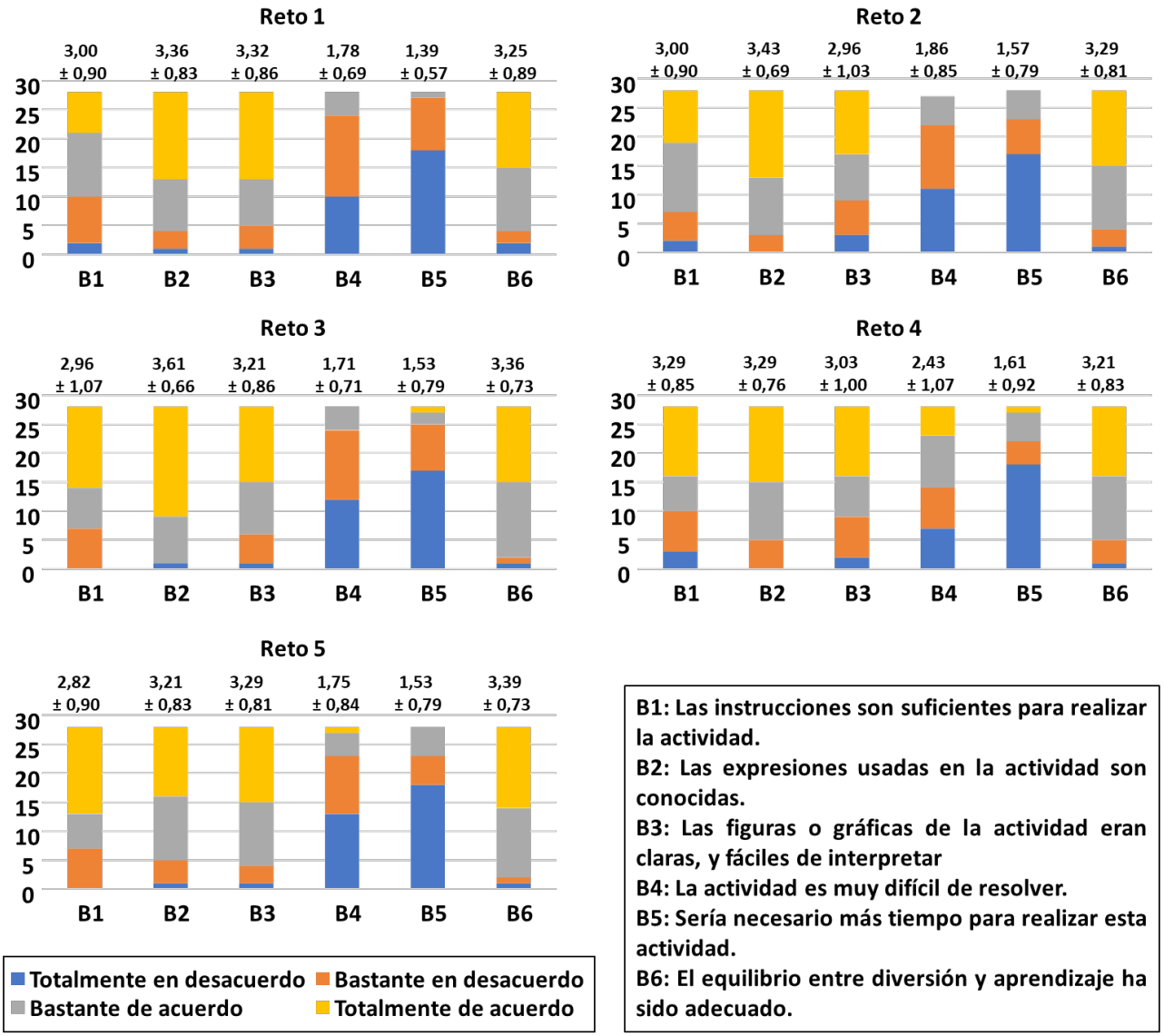

Figura 5

Percepción del alumnado sobre la adecuación del *BreakoutEDU* (incluyendo número de alumnos y alumnas que indican cada respuesta, puntuación media y desviación estándar).

En la Figura 6 se presentan las respuestas dadas por el alumnado a una serie de preguntas abiertas sobre la actividad. En la primera pregunta se les pedía que comentasen qué parte del *BrekoutEDU* les parecía más interesante siendo el reto 5 el más citado (10), en el que de forma conjunta debían seleccionar la mejor proteína para obtener la vacuna, seguidos por los retos 1 y 4. Con respecto a la parte más complicada, la mayor parte del alumnado se decanta por el reto 4 (11), seguido por los retos 1 y 5. Se observa que los retos que parecen conllevar una mayor dificultad son también los mejor valorados por el alumnado, hecho que podría indicar que la actividad presentada respeta la teoría del *flow channel*. Esta teoría recomienda que las pruebas que componen los juegos mantengan un equilibrio entre las habilidades del alumnado y la dificultad de las pruebas, pues de no ser así, se podría provocar ansiedad o aburrimiento en los participantes (Brusi y Cornellà, 2020; Cornellà et al., 2020). Otra evidencia, que podría apoyar este hecho, son las respuestas a la pregunta sobre qué prueba les había parecido más interesante, en la que la mayoría del alumnado señala aquellas, que, a su parecer, presentan mayor dificultad, aludiendo argumentos como que debían esforzarse más o que nunca lo habían hecho y les había parecido muy interesante.

Por otra parte, a la pregunta de si cambiarían algo, la mayor parte del alumnado responde negativamente (16) y en menor medida hace referencia a alguno de los retos, al tiempo empleado o a la música de fondo durante el desarrollo de la tarea. La respuesta a la cuarta pregunta "¿Crees que este tipo de actividades se

PDF generado a partir de XML-JATS4R por Redalyc
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

deberían realizar más en las aulas?" fue unánime. Todos los participantes consideran que deberían incorporarse en las aulas justificando su respuesta, principalmente, en base a la diversión que produce (11 personas) y al aprendizaje que genera (8). Estas respuestas coinciden con la pedagogía emocional mencionada por Ayén (2017), que apoya que los aprendizajes que se adquirieren divirtiéndose se interiorizan mejor y son más duraderos. Por último, se les pide que comenten si les ha gustado participar en el *BreakoutEDU* obteniendo una gran mayoría de respuestas positivas (26 de 28).

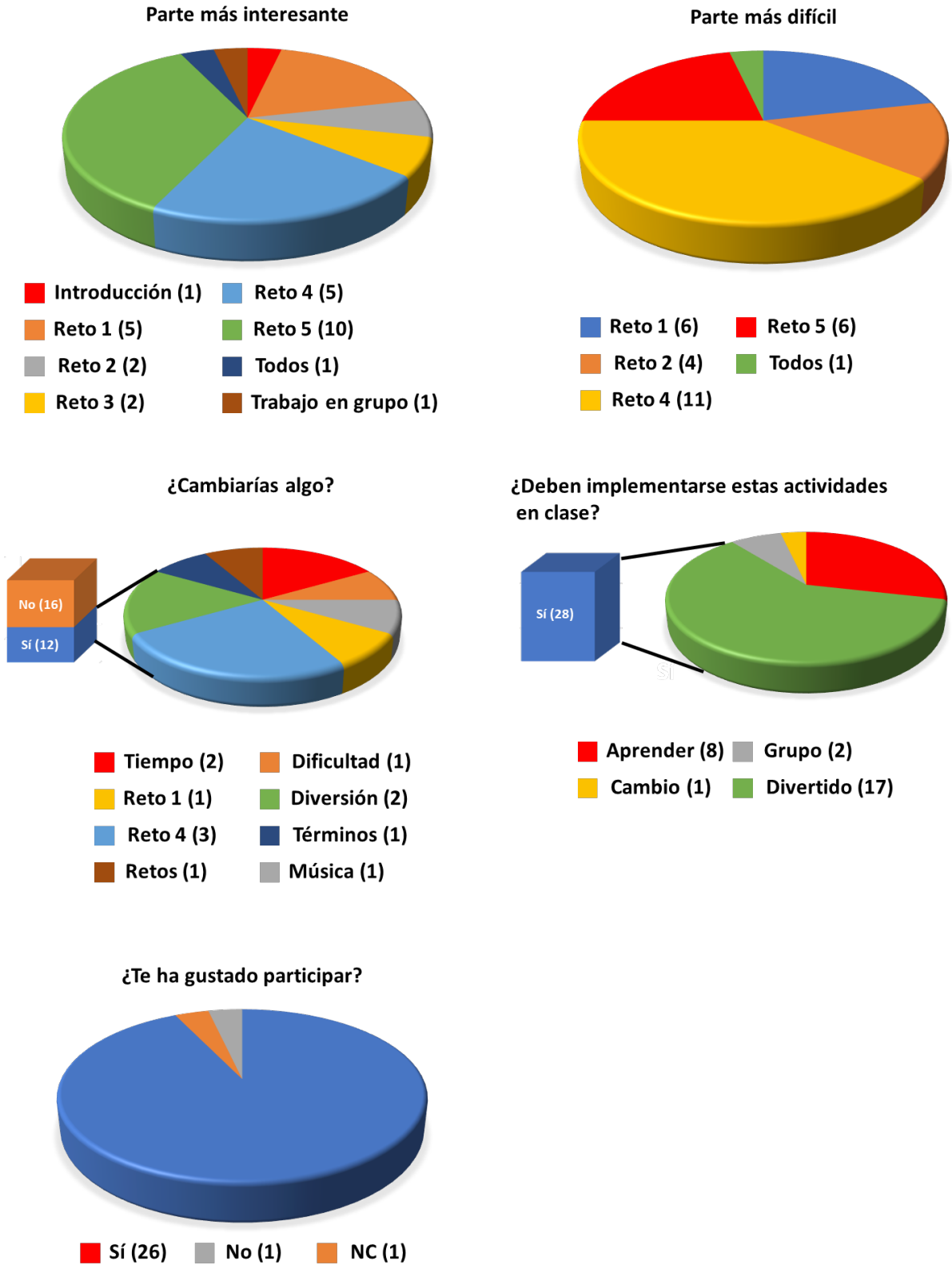

Figura 6
Opinión del alumnado sobre el *BreakoutEDU*

PDF generado a partir de XML-JATS4R por Redalyc
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

Un aspecto que se ha considerado de interés evaluar en este trabajo es el de las emociones experimentadas por el alumnado durante el *BreakoutEDU*. De este modo, en la Figura 7 se indica el número de veces que han sido marcadas por el alumnado en las distintas partes de la actividad. Se observa que las emociones positivas (interés, concentración, confianza y satisfacción) son las más expresadas, mientras que las negativas puntuales (aburrimiento, rechazo e insatisfacción) se expresan en niveles claramente inferiores.

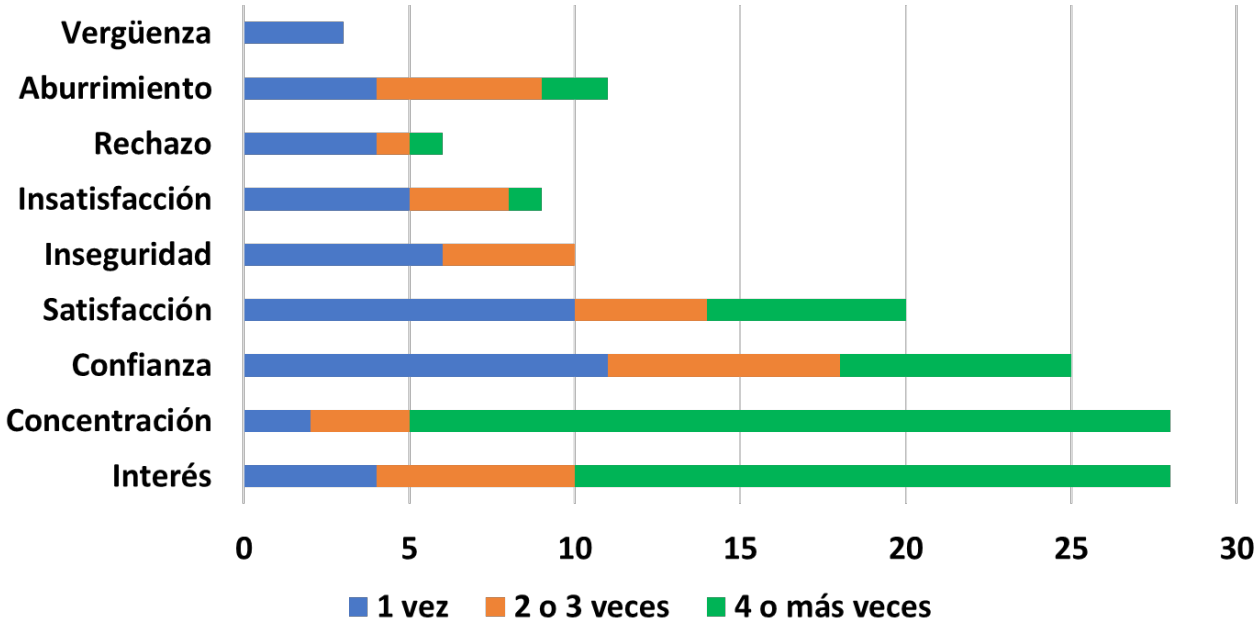

Figura 7
Número de veces que se ha sentido cada emoción durante el *BreakoutEDU*

Si analizamos las emociones expresadas en cada uno de los momentos de la actividad (Figura 8) podemos ver que el interés destaca antes de comenzar, durante la proyección de la introducción. Este hecho estaría en consonancia con la importancia de una buena narrativa que capte la atención del alumnado por el *BreakoutEdu* (Brusi y Cornellà, 2020).

En cuanto a los sentimientos experimentados durante la realización del mismo, resultan remarcables los altos niveles de interés, satisfacción y, sobre todo, concentración durante todos los retos, que parecen indicar una buena predisposición y actitud de aprendizaje. Aunque en menor medida, también se observa la presencia de aburrimiento, emoción que fue seleccionada principalmente por los componentes del equipo rojo (que presentaron más dificultades para resolver los retos) y por un miembro del equipo azul (los primeros en terminar). Hecho que vuelve a resaltar la influencia que tiene en el buen desarrollo de la actividad la formación de grupos compensados.

Con respecto a las emociones seleccionadas al finalizar el *BreakoutEDU*, se puede observar que aquellas consideradas positivas se mantienen en nivel alto mostrándose un claro ascenso en la satisfacción y la confianza. De la misma forma, los sentimientos negativos se mantienen en niveles bajos, observándose un ligero descenso en la insatisfacción, el aburrimiento o la inseguridad.

Estos resultados, aunque no son significativos dadas las limitaciones del estudio, muestran datos prometedores. Se podría deducir que el alumnado experimentó mayoritariamente interés por la actividad, concentración e interés por resolver las pruebas, satisfacción por ir superando los retos y confianza por los conocimientos adquiridos. Esto se encuentra en sintonía con la bibliografía que indica una mayor presencia de emociones positivas (Cornellà et al., 2020). Por otro lado, Mese y Dursun (2018) señalan que la gamificación permite al alumnado sentir emociones positivas, pero también emociones negativas, debido principalmente al factor de competitividad. En este caso, el *BreakoutEDU* posee un bajo nivel de competitividad, lo que podría estar relacionado con la baja presencia de emociones negativas.

PDF generado a partir de XML-JATS4R por Redalyc
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

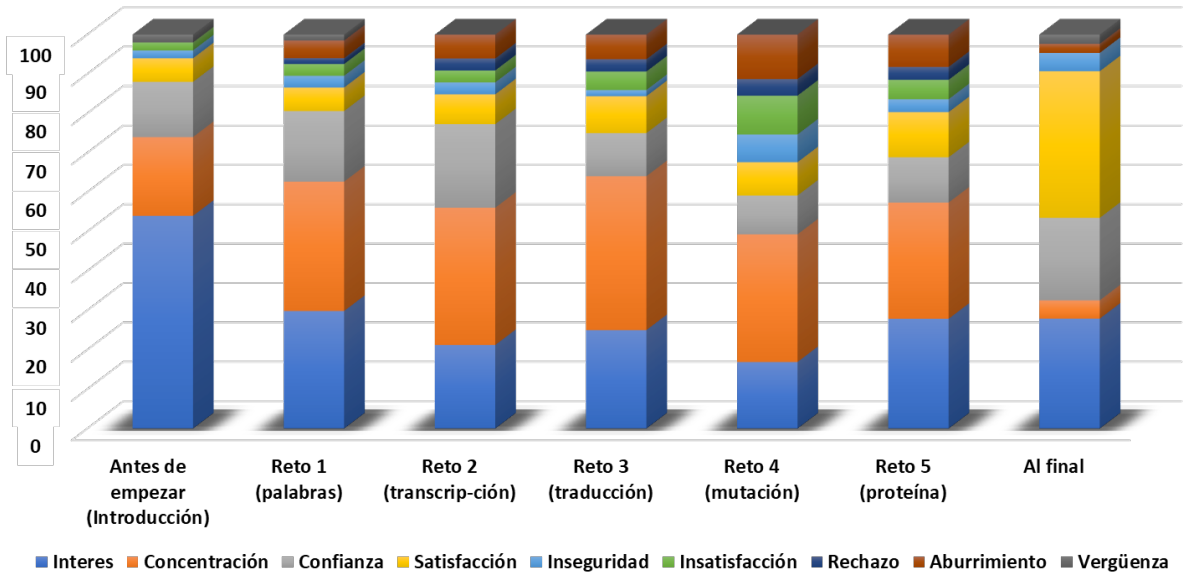

Figura 8

Emociones experimentadas durante las distintas fases del *BreakoutEDU* (expresadas en porcentaje)

Preguntas para evaluar de forma individual al alumnado

Las respuestas dadas a las preguntas abiertas de reflexión se centran, en su mayoría, en explicar los pasos seguidos para resolver el acertijo relacionado con el reto y no en los contenidos de la materia que lo acompañan. A modo de ejemplo se incluyen las respuestas de dos participantes a las cuestiones 2 y 4 ("Al transcribir el ADN a ARNm la secuencia resultante encajaba con una de las opciones que nos daban. La opción estaba asociada a una serie de caracteres que abrieron el candado digital", "En el círculo salían unas palabras mezcladas y las fuimos adivinando. Al escanear el código nos salían unas preguntas y las fuimos descubriendo y así conseguimos pasar a la última prueba"). Por tanto, los resultados obtenidos en este apartado resultan insuficientes para valorar si el alumnado ha adquirido o no los conocimientos esperados.

Evaluación de la propuesta por parte del profesorado

El primer punto en el que coinciden todos los docentes es que, debido al elevado número de ítems y la precisión con la que se describen, la rúbrica propuesta inicialmente para evaluar la actividad in situ resulta poco manejable, al menos para un solo docente. En el caso de querer mantenerla sería necesario que hubiese un profesor en exclusiva para cada grupo, hecho que resulta imposible en la realidad de las aulas. Es por ello que se acuerda simplificar la rúbrica de manera que solo se indique el grado de autonomía mostrado por el alumnado para resolver los retos (Tabla 4).

Otro punto en el que coinciden todos los docentes es en la necesidad de que los grupos no sean formados aleatoriamente por el alumnado, sino estratégicamente constituidos por el profesorado responsable del aula para que exista un equilibrio que disminuya el aburrimiento o la inseguridad en los grupos descompensados.

Además la tutora responsable del grupo indica una serie de consideraciones que se tendrán en cuenta para futuras implementaciones: 1) la actividad tal y como está planteada (evaluación), resulta adecuada, pero no podría incluirse en ningún otro momento de la secuencia ya que requiere que todos los contenidos teóricos hayan sido trabajados previamente; 2) el cuestionario de autopercepción del aprendizaje resulta muy útil para el alumnado que se mostró contento y satisfecho de ver lo que había aprendido y los retos que había resuelto; 3) las preguntas abiertas de reflexión sobre lo aprendido con los retos podrían resultar adecuadas para evaluar los conocimientos individuales del alumnado si se les familiariza con el formato y si se les especifica que serán calificadas; 4) es necesario mantener el formato de cuestionario constante (en unos casos se les pedía que marcase casillas y en otro que rellenasen del uno al cuatro), porque les resulta

PDF generado a partir de XML-JATS4R por Redalyc
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

confuso, especialmente al alumnado con dislexia; 5) resultaría más adecuado pasar el cuestionario tras la finalización de la actividad y no en la siguiente sesión para que el alumnado tenga ¨fresco¨ el recuerdo, aunque reconoce la dificultad de hacerlo por cuestiones de tiempo; 6) respecto al último reto, selección de la mejor proteína, propone que, una vez que todos los grupos acceden a la información de su proteína, se proyecten las pistas en la pantalla para que esté accesible a todo el alumnado y no solo a aquellos que las leen dificultando la comprensión de la información. Además, recomienda que se discuta primero en cada uno de los grupos y finalmente con toda la clase mediante portavoces, facilitando así la participación de todo el alumnado.

Conclusiones e implicaciones educativas

En primer lugar, los resultados podrían inducir a pensar que la actividad de *BreakoutEDU* presentada cumple con la mayoría de requisitos establecidos para una buena actividad gamificada (Ayén, 2017) y que podría emplearse como un modelo de evaluación holístico vinculado mayoritariamente con emociones positivas. Con ella se cumplen los tres objetivos buscados ya que: 1) El hecho de que el alumnado necesite resolver un reto para continuar con el siguiente le aporta información inmediata sobre los conocimientos adquiridos y las dificultades superadas (Lázaro, 2019); 2) el alumnado percibe haber mejorado su aprendizaje durante el desarrollo de la actividad al mismo tiempo que experimenta principalmente emociones positivas y 3) la docente responsable del aula pone de manifiesto la utilidad de incorporar el *BreakoutEDU* propuesto en el aula, destacando su capacidad para que el alumnado sea consciente en tiempo real de su aprendizaje y sus dificultades, así como el desarrollo de habilidades para el trabajo en grupo y la resolución de problemas.

Dentro de las implicaciones educativas es fundamental tener en cuenta una serie de recomendaciones:

1. La importancia de realizar grupos equilibrados por parte del profesorado en lugar de por afinidad entre compañeros, dificultando así, la descompensación en los grupos que puede afectar al rendimiento y a la aparición de emociones negativas por frustración o aburrimiento.

2. Diseñar una rúbrica de evaluación por observación que resulte abordable para el profesorado que implementa la actividad o incluir, si es posible, un observador por grupo que pueda realizar dicha observación de forma rigurosa.

3. Las cuestiones propuestas para reflexionar sobre los aprendizajes tienen un enfoque adecuado, sin embargo, es necesario familiarizar previamente al alumnado en este tipo de preguntas para que sean efectivas. De forma contraria se centran más en el contenido lúdico del reto que extraer los aprendizajes adquiridos durante la actividad.

Además, siempre teniendo en cuenta las limitaciones del estudio, se podría decir que la implementación de actividades gamificadas tipo *BreakoutEDU,* adecuadamente diseñadas, resulta una buena herramienta que el profesorado podría emplear en ocasiones para motivar al alumnado, fomentar el trabajo en equipo, desarrollar competencias y contextualizar el contenido, ayudando a conseguir una mayor comprensión de este (Lázaro, 2019; Moreno Fuentes, 2019; Morera-Huertas y Mora-Román, 2019; Martínez-Carmona et al., 2022) y acercándose más a un juego para “hacer mejor ciencia” que para “hacer mejor clase” (López y Domènech-Casal, 2018).

De la misma forma, estos resultados podrían apoyar las evidencias que señalan que gamificar permite que el alumnado se divierta y aprenda (Martínez-Carmona et al., 2022) siendo dichos aprendizajes más duraderos por las condiciones en los que se han producido. Sin embargo, para confirmar esta teoría sería preciso realizar futuras investigaciones en las que se midiesen los conocimientos tiempo después de realizar el *BreakoutEDU*.

PDF generado a partir de XML-JATS4R por Redalyc
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

Referencias

Abril Gallego, A. M., y Muela García, F. J. (2015). Significados sobre genética transmitidos por el cine y la educación formal. *Didáctica de Las Ciencias Experimentales y Sociales, 0*(29), 195–214. https://doi.org/10.7203/dces.29.3908

Ayén, F. (2017). ¿Qué es la gamificación y el ABJ? *Iber: Didáctica de Las Ciencias Sociales, Geografía e Historia, 86*, 7–15.

Boletín Oficial de la Región de Murcia (2015). Decreto n.º 220/2015, de 2 de septiembre de 2015, por el que se establece el currículo de la Educación Secundaria Obligatoria en la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia.

Brady, S. C., y Andersen, E. C. (2019). An escape-room inspired game for genetics review. *Journal of Biological Education, 00*(00), 1–12. https://doi.org/10.1080/00219266.2019.1703784

Brusi, D., y Cornellà, P. (2020). Escape rooms y Breakouts en Geología. La experiencia de "Terra sísmica." *Enseñanza de Las Ciencias de La Tierra, 28*(1), 74–88.

Buske, R., y Bartholomei-Santos, M. L. (2019). What is worse: to mislearn or to forget? Knowledge about Mendelian inheritance among high school senior students. *Journal of Biological Education, 55*(5), 461–471. https://doi.org/10.1080/00219266.2019.1707260

Cáceres Mesa, M., Gómez Meléndez, L., y Zúñiga Rodríguez, M. (2018). El papel del docente en la evaluación del aprendizaje. *Conrado, 14*(63), 196–207.

Carver RB, Castéra J, Gericke N, Evangelista NAM, y El-Hani CN (2017) Young Adults' Belief in Genetic Determinism, and Knowledge and Attitudes towards Modern Genetics and Genomics: The PUGGS Questionnaire. PLoS ONE 12(1): e0169808. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0169808

Cornellá, P., Estebanell, M., y Brusi, D. (2020). Gamificación y aprendizaje basado en juegos. Consideraciones generales y algunos ejemplos para la Enseñanza de la Geología. *Enseñanza de Las Ciencias de La Tierra, 22*, 5–19.

Custodio, E., Márquez, C., y Sanmartí, N. (2015). Learning to justify scientifically by studying the origin of living beings Aprender a justificar científicamente a partir del estudio del origen de los seres vivos. *Ensenanza de Las Ciencias, 33*(2), 133–155. https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.1316

Choden, T., y Kijkuakul, S. (2020). Blending problem based learning with scientific argumentation to enhance students' understanding of basic genetics. *International Journal of Instruction, 13*(1), 445–462. https://doi.org/10.29333/iji.2020.13129a

de la Cerda-Polo, S., López-Banet, L. y Martínez-Carmona, M. (2023) Diseño e implementación en Educación Secundaria Obligatoria de una secuencia de indagación para eliminar el virus SARS-CoV-2 de las manos. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias, 20*(3), 380201–380224. doi: 10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2023.v20.i3.3802

Dougherty, M. J., Pleasants, C., Solow, L., Wong, A., y Zhang, H. (2011). A Comprehensive Analysis of High School Genetics Standards: Are States Keeping Pace with Modern Genetics? *CBE—Life Sciences Education, 10*(3), 318–327. https://doi.org/10.1187/cbe.10-09-0122

Duncan, R. G., y Reiser, B. J. (2007). Reasoning across ontologically distinct levels: Students' understandings of molecular genetics. *Journal of Research in Science Teaching, 44*(7), 938–959. https://doi.org/10.1002/tea.20186

Dorrell, M.I., y Lineback, J.E. (2019). Using Shapes y Codes to Teach the Central Dogma of Molecular Biology: A Hands-On Inquiry-Based Activity. The American Biology Teacher, 81, 202 - 209.

Ellefson, M. R., Brinker, R. A., Vernacchio, V. J., y Schunn, C. D. (2008). Design-based learning for biology: Genetic engineering experience improves understanding of gene expression. *Biochemistry*

PDF generado a partir de XML-JATS4R por Redalyc
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

and Molecular Biology Education : A Bimonthly Publication of the International Union of Biochemistry and Molecular Biology, 36(4), 292–298. https://doi.org/10.1002/bmb.20203

Gericke, N., y Wahlberg, S. (2013). Clusters of concepts in molecular genetics: A study of Swedish upper secondary science students understanding. *Journal of Biological Education, 47*(2), 73–83. https://doi.org/10.1080/00219266.2012.716785

Hursen, C., y Bas, C. (2019). Use of gamification applications in science education. *International Journal of Emerging Technologies in Learning, 14*(1), 4–23. https://doi.org/10.3991/ijet.v14i01.8894

Íñiguez, F. J., y Puigcerver, M. (2013). Una propuesta didáctica para la enseñanza de la genética en la Educación Secundaria. *Revista Eureka Sobre Enseñanza y Divulgación de Las Ciencias, 10*(3), 307–327.

Jalmo, T., y Suwandi, T. (2018). Biology education students' mental models on genetic concepts. *Journal of Baltic Science Education, 17*(3), 474–485. https://doi.org/10.33225/jbse/18.17.474

Jiménez Galán, Y. I., González Ramírez, M. A., y Hernández Jaime, J. (2011). Propuesta de un modelo para la evaluación integral del proceso enseñanza-aprendizaje acorde con la Educación Basada en Competencias. *CPU-e, Revista de Investigación Educativa*, 1–25. https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=283121730002]

Jiménez-Liso, M. R., Gómez, H., Martínez, M., Garrido, A., y López, R. (2020). Egagrópilas como fuente de pruebas en una indagación. Percepciones de los estudiantes sobre lo que aprenden y sienten. *Revista Eureka Sobre Enseñanza y Divulgación de Las Ciencias., 17*(1), 1–17. 10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2020.v17.i1.1203

Karagöz, M., y Çakir, M. (2011). Problem solving in genetics: Conceptual and procedural difficulties. *Kuram ve Uygulamada Egitim Bilimleri, 11*(3), 1668–1674.

Lázaro, I. (2019). Escape Room como propuesta de gamificación en educación. *Hekademos, 27*, 71–79.

Lewis, J., y Kattmann, U. (2004). Traits, genes, particles and information: re-visiting students' understandings of genetics. *International Journal of Science Education, 26*(2), 195–206. https://doi.org/10.1080/0950069032000072782

Lewis, J., y Wood-Robinson, C. (2000) Genes, Chromosomes, Cell Division and Inheritance—Do Students See Any Relationship? International Journal of Science Education, 22, 177-195. http://dx.doi.org/10.1080/09500690210126793

Lewis, J., Leach, J., y Wood-Robinson, C. (2000). All in the genes? — young people's understanding of the nature of genes. *Journal of Biological Education, 34*(2), 74–79. https://doi.org/10.1080/00219266.2000.9655689

López-Gay, R., Jiménez-Liso, M. R., Martínez-Chico, M., y Castillo-Hernández, F. (2020). Evidencias para la mejora de la enseñanza de las ciencias. *Dosier, 5*, 39–43.

López Simó, V., y Domènech-Casal, J. (2018). Juegos y gamificación en las clases de ciencia: ¿una oportunidad para hacer mejor clase o para hacer mejor ciencia? *Revista Eletrônica Ludus Scientiae, 2*(1). https://doi.org/10.30691/relus.v2i1.1059

Machová, M., y Ehler, E. (2021). Secondary school students' misconceptions in genetics: origins and solutions. *Journal of Biological Education*, 1–14. https://doi.org/10.1080/00219266.2021.1933136

Marbach-Ad, G. (2001). Attempting to break the code in student comprehension of genetic concepts. *Journal of Biological Education, 35*(4), 183–189. https://doi.org/10.1080/00219266.2001.9655775

Marbach-Ad, G., y Stavy, R. (2000). Students' cellular and molecular explanations of genetic phenomena. *Journal of Biological Education, 34*(4), 200–205. https://doi.org/10.1080/00219266.2000.9655718

Martínez-Carmona, M., Serrano, F., y Ayuso Fernández, G.E. (2022). Propuesta de un Breakoutedu de cinemática para el alumnado de primero de bachillerato. *Ápice. Revista de Educación Científica, 6*(1), 75–101.

PDF generado a partir de XML-JATS4R por Redalyc
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

Mese, C., y Dursun, O. O. (2018). Influence of Gamification elements on emotion, interest and online participation. *Egitim ve Bilim, 43*(196), 67–95. https://doi.org/10.15390/EB.2018.7726

Mills Shaw, K. R., Van Horne, K., Zhang, H., y Boughman, J. (2008). Essay contest reveals misconceptions of high school students in genetics content. *Genetics, 178*(3), 1157–1168. https://doi.org/10.1534/genetics.107.084194

Ministerio de Educación y Formación Profesional (2022). Real Decreto 217/2022, de 29 de marzo, por el que se establece la ordenación y las enseñanzas mínimas de la Educación Secundaria Obligatoria.

Moreno Fuentes, E. (2019). El "*BreakoutEDU*" como herramienta clave para la gamificación en la formación inicial de maestros/as. *Edutec. Revista Electrónica de Tecnología Educativa, 67*, 66–79. https://doi.org/10.21556/edutec.2018.66.1247

Moreno, T. (2016). Evaluación del aprendizaje y para el aprendizaje. In *UAM, Unidad Cuajimalpa*. https://n9.cl/z4e6m

Osman, E., BouJaoude, S., y Hamdan, H. (2017). An Investigation of Lebanese G7-12 Students' Misconceptions and Difficulties in Genetics and Their Genetics Literacy. *International Journal of Science and Mathematics Education, 15*(7), 1257–1280. https://doi.org/10.1007/s10763-016-9743-9

Ruiz-González, C., Banet, E., y López-Banet, L. (2017). Conocimientos de los estudiantes de secundaria sobre herencia biológica: implicaciones para su enseñanza. *Revista Eureka Sobre Enseñanza y Divulgación de Las Ciencias, 14*(3), 550–569. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2017.v14.i3.04

Sanmartí, N. (2008). Evaluar para aprender. *Aula de Infantil, 44*, 17–18.

Todd, A., y Kenyon, L. (2016). Empirical refinements of a molecular genetics learning progression: The molecular constructs. *Journal of Research in Science Teaching, 53*(9), 1385–1418. https://doi.org/10.1002/tea.21262

Vlckova, J., Kubiatko, M., y Usak, M. (2016). Czech high school students' misconceptions about basic genetic concepts: preliminary results. *Journal of Baltic Science Education, 15*(6), 738–745. https://doi.org/10.33225/jbse/16.15.738

Zudaire, I., y Napal Fraile, M. (2021). Exploring the Conceptual Challenges of Integrating Epigenetics in Secondary-Level Science Teaching. *Research in Science Education, 51*(4), 957–974. https://doi.org/10.1007/s11165-019-09899-5

Información adicional

Para citar este artículo: Martínez-Carmona, M., Plaza Griñán, A., Ayuso Fernández, E., Fernández Díaz, M. y Goyena Salgado, M. (2024) Un *BreakoutEDU* para evaluar contenidos de expresión genética en 4 ESO. Diseño, aplicación y evaluación de las emociones de su puesta en práctica. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias 21*(1), 1205. doi: 10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2024.v21.i1.1205

PDF generado a partir de XML-JATS4R por Redalyc
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto