

<https://doi.org/10.30827/reugra.v29.25969>

Artículos Originales

Una experiencia de aula para el aprendizaje de la genética en 4º de ESO con un escape room por medio de las tecnologías emergentes de visualización

A classroom experience for genetics learning in 10th grade with an escape room through emerging display technologies

Información

Fechas:

Recibido: 2022.09.24

Aceptado: 2023.07.05

Publicado: 2023.12.30

Correspondencia:

Helena Bustos Sánchez-Gabriel
helenabustos5@gmail.com

Conflicto de intereses:

No existe conflicto de interés.

Financiación:

Proyecto TED2021-129474B-I00
financiado por MCIN/
AEI/10.13039/501100011033
y por la Unión Europea
NextGenerationEU/ PRTR.

Autorías

Helena Bustos Sánchez-Gabriel^{1,2}

Javier Carrillo-Rosúa^{1,3}  0000-0003-2889-3966

¹Universidad de Granada, Facultad de Ciencias de la Educación, Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales, Granada, España.

²IES Los Olmos. Consejería de Educación, Cultura y Deportes. Albacete, España

³Instituto Andaluz de Ciencias de la Tierra, CSIC-UGR, Armilla, España

Cómo citar este trabajo:

Sánchez-Gabriel, H., & Carrillo-Rosúa, J. (2022). Una experiencia de aula para el aprendizaje de la genética en 4º de ESO con un escape room por medio de las tecnologías emergentes de visualización. *Revista de Educación de la Universidad de Granada*. 29, 65-82. <https://doi.org/10.30827/reugra.v29.25969>

RESUMEN

Introducción: La enseñanza-aprendizaje de la genética constituye todo un reto para profesorado y alumnado, hasta el punto de llegar a considerarse una de las disciplinas más difíciles de la biología. Por otra parte, las TICs y metodologías como la gamificación se han identificado como recursos y estrategias didácticas útiles. Así, el presente trabajo tiene por objetivo diseñar, implementar y evaluar un *escape room* digital dirigido a combatir en estudiantes de 4º de ESO, por medio de las tecnologías emergentes de visualización, algunas de las principales dificultades recogidas en la literatura.

Método: Se sigue un diseño pre-experimental, de grupo único, con aplicación de instrumentos de carácter cuantitativo y cualitativo tras la intervención. Los participantes son 25 estudiantes de un grupo en contexto socioeconómico de clase media. Además, como herramientas para toma de datos se han utilizado dos cuestionarios de elaboración propia (autovaloración de los aprendizajes y valoración de la experiencia) y un diario de campo.

Resultados y conclusiones: Los resultados de la evaluación del *escape room* "Intruso en el laboratorio" muestran que el recurso ha sido bien acogido por el alumnado, el cual quedó muy satisfecho con la experiencia y la recomendarían a otros estudiantes. Además, se ha demostrado una mejoría estadísticamente significativa en la autopercepción de los aprendizajes por parte del estudiantado, de forma que se ha logrado con éxito crear una herramienta capaz de combatir algunas de las ideas previas erróneas más recurrentes.

Palabras clave: *Escape room*; gamificación; genética; laboratorios virtuales; realidad aumentada

ABSTRACT

Introduction: Teaching and Learning genetics is such a challenge for teachers and students, that it is considered one of the most difficult disciplines of biology. On the other hand, ICTs and methodologies such as gamification have been identified as useful teaching resources and strategies. Thus, the aim of this work has been to design, implement and evaluate a digital escape room aimed at combating in 10th grade students, through emerging display technologies, some of the main difficulties identified in the literature.

Method: A pre-experimental, single-group, design has been followed with the application of quantitative and qualitative instruments after the intervention. The participants are 25 students from a group in a middle-class socioeconomic context. In addition, as tools for data collection, two self-made questionnaires have been used (self-assessment of learning and assessment of experience) and a field diary have been used.

Results and conclusions: The results of the assessment of the "Intruder in the lab" escape room show that the resource has been well received by students, who have been very satisfied with the experience and would recommend it to other students. In addition, a statistically significant improvement in the students' self-perception of learning has been demonstrated; so that a tool capable of combating some of the most recurrent misconceptions has been successfully created.

Keywords: Escape room; gamification; genetics; virtual laboratories; augmented reality

Introducción

Los numerosos avances conseguidos hasta el momento en el área de conocimiento de la genética tienen actualmente un gran impacto en la vida cotidiana del ser humano. Sin embargo, en lo que respecta al ámbito de la enseñanza de la genética, se trata de un campo de lo más complicado para el profesorado y el alumnado que se enfrenta a él y, como consecuencia, surgen una gran cantidad de conceptos y de ideas erróneas que se repiten con los años (Todd et al., 2022). De hecho, son varios los estudios que han demostrado que la genética se considera la parte de la biología más difícil de enseñar y de aprender (e.g. Gericke & Smith, 2014). Pero... ¿qué provoca que la comprensión de la genética sea tan difícil para los alumnos? Se suele dar dos respuestas a esta pregunta: La primera atribuye la complejidad a la invisibilidad de los procesos genéticos ya que, en su gran mayoría, es imposible experimentarlos directamente; y la segunda respuesta se la atribuye a la interacción existente entre todos los niveles de organización biológica (Duncan & Reiser, 2007). Así, algunos de los principales obstáculos con los que se encuentra el alumnado son los siguientes:

- Dificultades con el significado de conceptos básicos de genética, pero también para relacionar dichos conceptos (Caballero-Armenta, 2008; Gericke & Hagberg, 2007).
- Dificultades para distinguir entre genotipo y fenotipo (Gericke & Hagberg, 2007).
- Dificultades para distinguir entre genes e información genética (Gericke & Hagberg, 2007; Lewis & Wood-Robinson, 2000).
- Dificultades a la hora de identificar la localización del material genético y su vía de transmisión (Caballero-Armenta, 2008; Lewis & Wood-Robinson, 2000), así como para entender la estructura de dicho material genético (Íñiguez Porras & Puigcerver Oliván, 2013).
- Dificultades con la terminología empleada para describir los procesos de división celular y para comprender las diferencias existentes entre mitosis y meiosis (Lewis & Wood-Robinson, 2000).
- Dificultades para relacionar el material hereditario con la síntesis de proteínas y la expresión de la información genética (Íñiguez Porras & Puigcerver Oliván, 2013).
- Dificultades para comprender los mecanismos de herencia por los que tiene lugar la transmisión de caracteres entre organismos marcadas por la falta de conexión entre el proceso de formación de los gametos y la resolución de los problemas de genética (Íñiguez Porras & Puigcerver Oliván, 2013).

Para tratar de solventar este tipo de problemáticas, es muy importante el papel que tiene la metodología y los recursos didácticos. Así, cabe destacar, por un lado, que el uso de la gamificación en el proceso de enseñanza-apren-

dizaje es de un gran interés, no solo por su capacidad para reforzar conocimientos y habilidades importantes, sino también por su capacidad para lograr promover la motivación (Dicheva et al., 2015). Más concretamente, los *escape room* aportan muchos beneficios que afectan al alumnado a nivel intelectual, social, emocional y psicológico (Jiménez et al., 2020). Estos beneficios están recogidos en la Tabla 1.

Niveles	Beneficios
Intelectual	Trabaja la memoria, la lógica, la atención, el pensamiento deductivo, la creatividad, la concentración, la imaginación, la resolución de conflictos, la agilidad mental, y la gestión del tiempo y los recursos disponibles.
Social	Promueve el trabajo en equipo, la cooperación, y la coordinación.
Emocional	Favorece la expresión de emociones y el sentimiento de logro.
Psicológico	Fomenta la evasión de la rutina y el autoconocimiento.

Tabla 1. Beneficios que reporta el *escape room* como propuesta para el alumnado.

Por otro lado, en los últimos años se ha producido una gran transformación de herramientas empleadas para la enseñanza de las ciencias, pudiendo destacar los nuevos enfoques de aprendizaje en línea y la enseñanza virtual (Ray & Srivastava, 2020). Así, los progresos conseguidos hasta el momento en el ámbito de las nuevas tecnologías de visualización, como la realidad aumentada y los laboratorios virtuales, abren la puerta a nuevas experiencias que permiten que el aprendizaje sea más accesible, gracias a una reducción del nivel de abstracción (Tibell & Rundgren, 2010; Saidin et al., 2015;).

Así, el objetivo de este trabajo es diseñar, implementar y evaluar de acuerdo con la autopercepción del aprendizaje y de valoración de la experiencia, un *escape room* basado en tecnologías emergentes de visualización, para el estudio en 4º de ESO de la naturaleza del material genético, así como su reparto, expresión y herencia.

Método

Esta investigación, la cual implica el diseño, implementación y evaluación de un *escape room* digital, sigue un diseño pre-experimental (Salas Blas, 2013), de grupo único, con aplicación de instrumentos de carácter cuantitativo y cualitativo tras la intervención.

Escape room “Intruso en el laboratorio”

El *escape room* virtual “Intruso en el laboratorio” (Figura 1) ha sido diseñado mediante la plataforma *Genially* para el estudio de la naturaleza del material genético, así como su reparto, expresión y herencia.



Figura 1. Pantalla principal de "Intruso en el laboratorio" accesible en la url <https://view.genial.ly/625c34a117af9f001159c7f5/interactive-content-escape-room-intruso-en-el-laboratorio>

Está estructurado en cuatro misiones (Tabla 2) que tienen el mismo formato: breve introducción referente al contenido que se va a trabajar en cada una de ellas y tres botones que permiten al estudiantado elegir entre tres niveles de dificultad creciente. Cada uno de los tres botones está asociado al enlace de un cuestionario el cual tendrán que completar, por medio de las herramientas virtuales propuestas, para lograr conseguir cada uno de los cuatro dígitos que conforman la clave que les permitirá desbloquear el candado final (Bustos Sánchez-Gabriel, 2022).

Misión	Contenido	Herramientas
1.	Material genético	<i>Merge Object Viewer</i>
2.	Reparto de material genético	<i>Merge Object Viewer</i>
3.	Expresión del material genético	<i>Concord Consortium Biomodel</i>
4.	Herencia de material genético	<i>Conected-Bio Punnett Square Calculator</i>

Tabla 2. Síntesis del escape room "Intruso en el laboratorio".

Población y participantes

La población de este estudio la constituyen un grupo-clase de estudiantes de 4º de ESO de un centro educativo público de línea tres ubicado en la zona centro de Granada, en un contexto de clase media. Para seleccionar a los participantes se ha recurrido a un muestreo no probabilístico por conveniencia. Cabe señalar que los otros dos grupos del mismo nivel presentaban un alumnado con unas características muy similares al grupo. Así, el número final de participantes ha sido de 10 mujeres, 14 varones y una persona que prefiere no contestar acerca de su género. Otros 5 estudiantes del mismo

grupo no participaron al no asistir a la intervención o sesión de recogida de información.

Instrumentos

Se han utilizado dos cuestionarios diseñados *ad hoc* para la recogida de datos, así como un diario de campo.

El cuestionario «Valoración de lo aprendido en el *escape room* “Intruso en el laboratorio”» se centra en la autovaloración, por parte del alumnado, del aprendizaje logrado gracias a la actividad. Sigue pues una estructura de un *Knowledge and Prior Study Inventory* –KPSI- propuesto originalmente por Young y Tamir (1977). Está compuesto por cuatro pares de ítems, referidos, en cada par, a la situación antes y después de la intervención didáctica respectivamente (e.g. Silva-Díaz et al., 2021). Siguen una escala Likert del 1 al 4, siendo los valores: (1) Con gran dificultad, (2) Con cierta dificultad, (3) Con relativa facilidad y (4) Con gran facilidad. Adicionalmente, se incluyen dos preguntas abiertas que solicitan al estudiantado explicar qué es lo más importante y lo que les resultó más complicado de aprender.

El cuestionario de satisfacción «Valoración del *escape room* “Intruso en el laboratorio”» recoge las percepciones de los participantes acerca de la experiencia del *escape room*. Corresponde a una escala Likert del 1 al 5, siendo los valores: (1) Pésimo/a(s), (2) Malo/a(s), (3) Aceptable, (4) Buenos/a(s) y (5) Excelente(s). También se incluyen tres preguntas abiertas orientadas a recoger comentarios cualitativos y personales.

Finalmente, se ha considerado un cuaderno de campo en el que se incluyen observaciones sobre la intervención por parte de la docente que implementó la secuencia didáctica y primera autora de este trabajo.

Procedimiento

Tras el diseño del recurso y la experiencia docente, esta se implementó en el grupo seleccionado en una sesión de 1 hora el 5 de abril de 2022. Previamente, se solicitó las autorizaciones al centro y la tutora del grupo para llevar a cabo la investigación. Los dos cuestionarios se aplicaron al estudiantado al día siguiente de la intervención. También cabe destacar que se insistió a los estudiantes que contestaran con sinceridad ya que los cuestionarios eran anónimos y no tenían ningún impacto en sus calificaciones. Finalmente se procedió con el análisis y discusión de resultados y la finalización del informe.

Tratamiento de los datos

Para el tratamiento cuantitativo de los datos se utilizó el programa SPSS Statistics versión 28.0.1.1. Así, se ha hecho un análisis descriptivo de los resultados y se ha aplicado la prueba no paramétrica de Wilcoxon.

Así mismo, se ha hecho una categorización mixta (deductiva para las categorías e inductiva para las subcategorías) de las respuestas obtenidas de las preguntas abiertas de ambos cuestionarios presente en las Tablas 3 y 4.

Categorías	Subcategorías
(1) Aspectos de mayor importancia	(a) Material genético y bases nitrogenadas que lo conforman.
	(b) Reparto del material genético.
	(c) Expresión del material genético.
	(d) Herencia del material genético.
	(e) Nomenclatura empleada en genética.
	(f) Magnitud de la trascendencia de la biología.
	(g) Trabajo en grupo.
	(h) Totalidad de los contenidos.
(2) Aspectos de mayor complejidad	(a) Material genético y bases nitrogenadas que lo conforman.
	(b) Expresión del material genético.
	(c) Herencia del material genético.
	(d) Nomenclatura empleada en genética.
	(e) Herramientas utilizadas.
	(f) Trabajo en grupo.
	(g) Compresión global del contenido.

Tabla 3. Codificación de las categorías para el análisis del cuestionario Valoración de lo aprendido en el escape room "Intruso en el laboratorio".

Categorías	Subcategorías
(1) Elementos que más han gustado	(a) Originalidad.
	(b) Potencial didáctico.
	(c) Entretenimiento y dinamismo.
	(d) Uso de las TIC.
(2) Elementos que menos han gustado	(a) Herramientas utilizadas.
	(b) Contenidos seleccionados.
	(c) Tiempo disponible.
	(d) Trabajo en equipo.
	(e) Nada ha gustado en menor medida.
(3) Recomendación del recurso	(a) Afirmación.

Tabla 4. Codificación de las categorías para el análisis del cuestionario Valoración del escape room "Intruso en el laboratorio".

Resultados y discusión

Autopercepción del aprendizaje logrado

Los resultados relativos a la autopercepción del alumnado sobre su aprendizaje de los contenidos del bloque de material genético (capacidad de los estudiantes para imaginarse la conformación del ADN y de las bases nitrogenadas que lo componen) se muestran en la Figura 2.

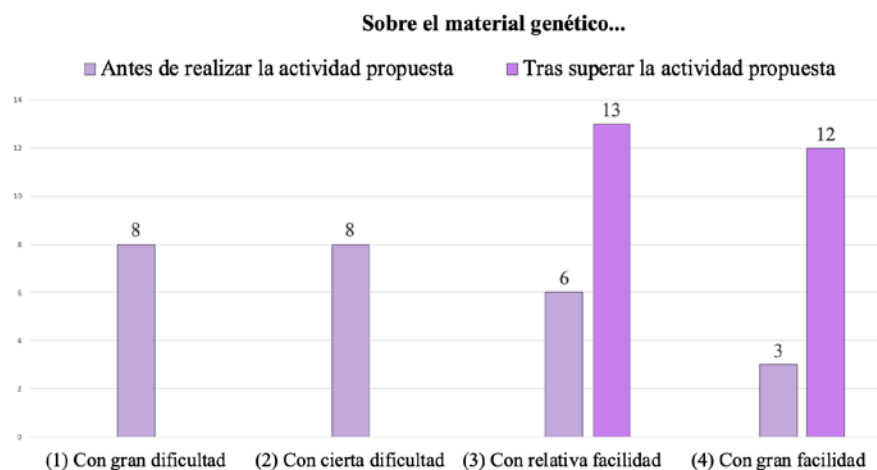


Figura 2. Autopercepción del aprendizaje sobre el material genético.

Cabe señalar que más de la mitad de los estudiantes afirman que antes de superar el *escape room* tenían dificultades (un 32% con cierta dificultad y otro 32% con gran dificultad) para imaginar dichas conformaciones. Sin embargo, tras realizar la actividad el alumnado al completo declara que es capaz de imaginar estas moléculas con facilidad (un 52% con relativa facilidad y un 48% con gran facilidad). Se constata pues, que el recurso tiene la capacidad de reducir las dificultades del alumnado para representar mentalmente el material genético y los elementos que lo conforman.

Los resultados relativos a la autopercepción del reparto del material genético (capacidad de los estudiantes para comprender los procesos por los que tiene lugar la división celular y para identificar las fases más representativas de la mitosis) están recogidos en la Figura 3.

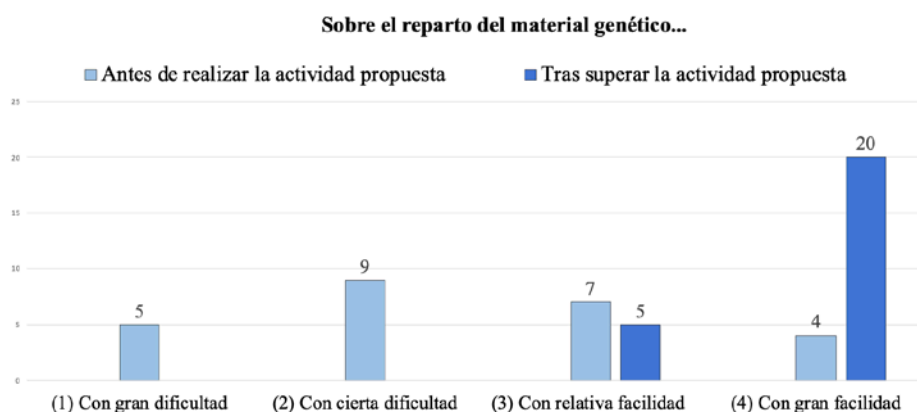


Figura 3. Autopercepción del aprendizaje sobre el reparto del material genético.

En este caso, y al igual que en el anterior, más de la mitad de los estudiantes (un 36% con cierta dificultad y un 20% con gran dificultad) afirman que antes de superar el *escape room* tenían dificultades para comprender e identificar estos procesos de reparto. Sin embargo, una vez realizada la actividad propuesta, todos los estudiantes declararon ser capaces de comprender e identificar los procesos de reparto del material genético con facilidad (un 20% con relativa facilidad y un 80% con gran facilidad). Así, puede verse que se trata de un recurso que permite reducir, en gran medida, las dificultades que tiene el alumnado para identificar e interpretar las diferentes fases de la mitosis.

Los resultados relativos a la auto percepción de la expresión del material genético (capacidad del alumnado para comprender la relación existente entre el material genético y los procesos por los cuales la información codificada en un gen se utiliza para la síntesis de las proteínas) aparecen en la Figura 4.

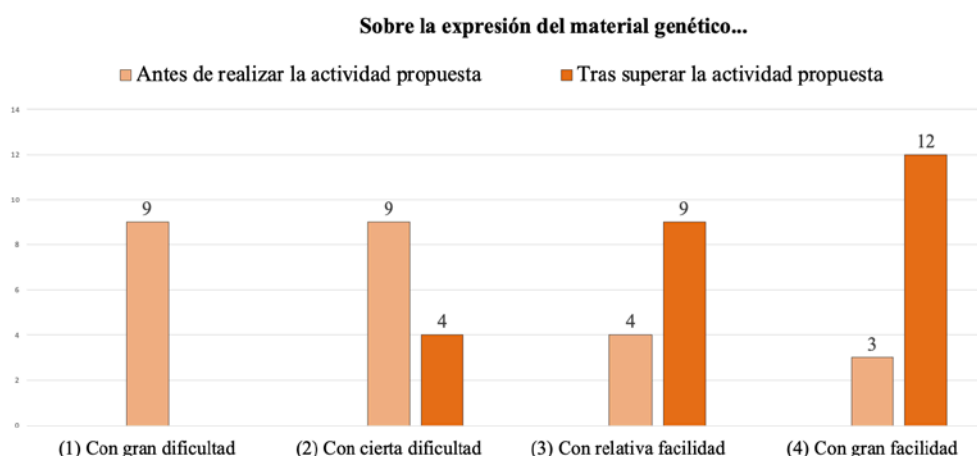


Figura 4. Auto-percepción del aprendizaje sobre la expresión del material genético.

Una vez más, es posible observar que más de la mitad de los estudiantes (un 36% con cierta dificultad y otro 36% con gran dificultad) afirman que, antes de superar el *escape room*, tenían dificultades para comprender esta relación. Sin embargo, en este caso las percepciones post-actividad son algo diferentes. Esto es así puesto que, a pesar de que la mayoría de los estudiantes alegaron ser capaces de comprender la relación con facilidad (un 36% con relativa facilidad y un 48% con gran facilidad), un 16% seguían teniendo ciertas dificultades para comprender la relación entre el material genético y la síntesis de proteínas. Sin embargo, cabe destacar que tras superar la actividad del *escape room* "Intruso en el laboratorio", sí que se observa que ninguno de los estudiantes tuvo grandes dificultades para comprender la relación existente entre el material genético y la síntesis proteica, si no que todas ellas fueron dificultades relativas. Por lo tanto, puede verse que este recurso también permite reducir las dificultades de los estudiantes para lograr comprender la relación existente entre el material genético y los procesos por los cuales la información codificada en un gen se utiliza para la síntesis de proteínas.

Finalmente, los resultados relativos al bloque de la auto percepción de la herencia del material genético (capacidad del alumnado para comprender los mecanismos propios de la herencia genética encargados de la transmisión del material genético de unas generaciones a otras) se localizan en la Figura 5.

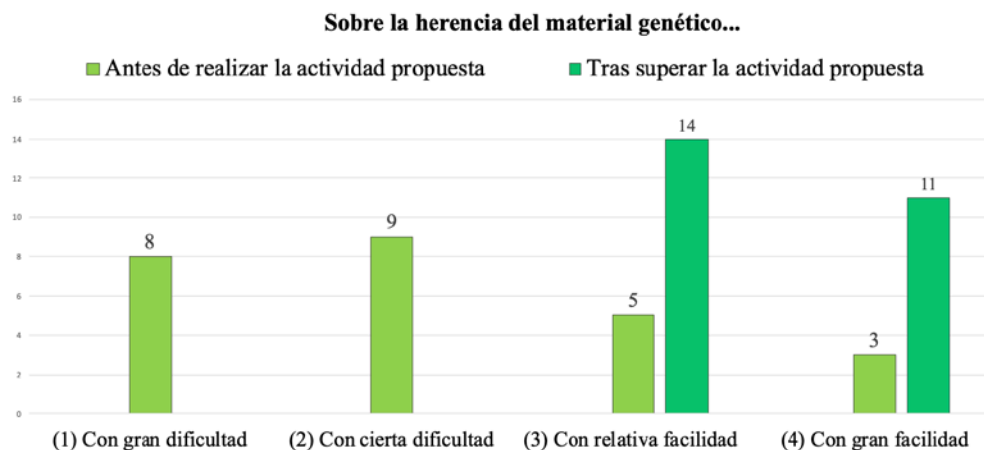


Figura 5. Auto-percepción del aprendizaje sobre la herencia del material genético.

Al igual que en los dos primeros bloques, es posible observar que más de la mitad de los estudiantes (un 36% con cierta dificultad y un 32% con gran dificultad) afirman que antes de superar el *escape room* tenían dificultades a la hora de comprender estos mecanismos. Así mismo, y de igual forma que ocurría con los dos primeros bloques, es posible observar que tras llevar a cabo la actividad propuesta todos los estudiantes afirmaron ser capaces de comprender estos mecanismos propios de la herencia con cierta facilidad (un 56% con relativa facilidad y un 44% con gran facilidad), mientras que ninguno de ellos afirmó seguir teniendo dificultades. De este modo, y de forma muy semejante a lo observado en bloques anteriores, los datos recogidos muestran que el recurso también permite reducir las dificultades de los estudiantes para comprender los mecanismos de herencia por los que tiene lugar la transmisión de caracteres entre organismos, otro de los bloques de conocimiento en los que se conoce un mayor número de ideas erróneas en el alumnado.

Las diferencias observadas en entre el antes y el después de los cuatro bloques, así como también los datos generales, corresponden en todos los casos a diferencias estadísticamente significativas de acuerdo con la prueba estadística no paramétrica de Wilcoxon, tal como aparece reflejado en la Figura 6.

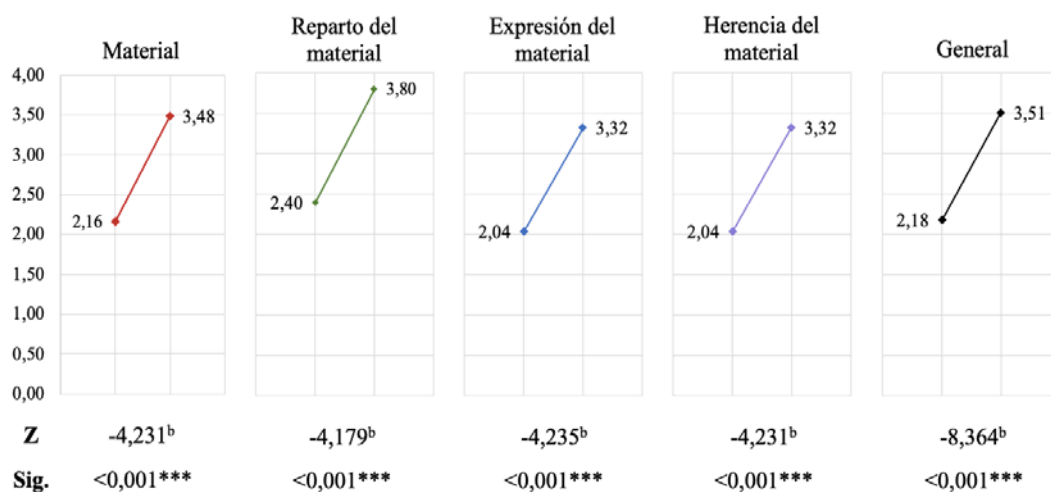


Figura 6. Medias de las puntuaciones al cuestionario "Valoración de lo aprendido en el escape room "Intruso en el laboratorio" antes (izquierda) y después (derecha) de la intervención, junto con los valores de la prueba de Wilcoxon.

Nota: Estadísticamente significativo si $p^* < 0,05$, $p^{**} < 0,01$, $p^{***} < 0,001$

Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula, probándose así que las diferencias existentes, en todos y cada uno de los casos descritos anteriormente, son por ende significativas.

Resultados similares pueden encontrarse en otros trabajos en los que se compara, a través de un cuestionario KPSI, la autovaloración de los aprendizajes relacionados con los contenidos trabajados en otro tipo de intervenciones didácticas con tecnologías emergentes en Secundaria. Así en Silva-Díaz et al. (2021) para contenidos STEM se detectan mejorías generales de 0,5 puntos que corresponden a diferencias significativas. Y desde la perspectiva de los *escape room*, también encontramos casos como el de Rodríguez-Castro et al. (2021), aunque para estudiantes de máster, en el cual el 96% de los participantes afirmaba haber aprendido.

Análisis cualitativo

En lo que respecta a los aspectos cualitativos del cuestionario cabe señalar que el alumnado responde a las preguntas abiertas de forma muy breve. Además, en este caso cabe destacar que hay cuatro estudiantes que no dieron respuesta a las preguntas recogidas en este apartado del cuestionario y, por ese mismo motivo, solo se observan 21 estudiantes para cada categoría en lugar de los 25 totales. En la Tabla 5 se muestran las frecuencias resultantes tras el análisis de cada una de las categorías deductivas y las subcategorías inductivas.

Tabla 5. Frecuencias resultantes del análisis del cuestionario KPSI.

	(1) Aspectos de mayor importancia								(2) Aspectos de mayor complejidad						
	a	b	c	d	e	f	g	h	a	b	c	d	e	f	g
Frecuencia subcategoría	4	5	1	7	1	2	2	2	4	4	4	1	4	1	3
Frecuencia categoría	21								21						

Nota: En la Tabla 3 se encuentra el enunciado de las subcategorías.

Por una parte, dentro de la primera categoría (1) Aspectos de mayor importancia, la subcategoría con una mayor frecuencia ha sido la d (Herencia del material genético), seguida directamente por las categorías a (Material genético y bases nitrogenadas que lo conforman) y b (Reparto del material genético). Así, cabe destacar respuestas como: *“La herencia genética porque así, si crías animales o plantas puedes averiguar cuanta probabilidad tienen de salir de un color u otro”* (subcategoría d); *“Que el ADN tiene ciertas secuencias, y esto me parece interesante”* (subcategoría a); *“No conocía las fases de la mitosis y creo que más tarde, y también ahora, me es necesario saber identificarlas”* (subcategoría b). Esto indica que fueron los contenidos relacionados con el material genético, y la división y herencia de este, los percibidos como más importantes. Además, cabe mencionar que dos alumnos han destacado que todos los contenidos le han parecido importantes con respuestas como: *“Todo me ha parecido importante”* (subcategoría h). Así mismo, el alumnado también ha mencionado aspectos de interés como la trascendencia de la biología o la importancia de los trabajos en grupo. En este caso, cabe destacar respuestas como las siguientes: *“La cantidad de cosas que pueden hacer las células”* (subcategoría f) o *“Todos los contenidos fueron importantes, pero lo más creo que fue que nos enseñó a trabajar en grupo”* (subcategoría g). Finalmente, cabe destacar que un alumno mencionó la subcategoría c y otro estudiante la subcategoría e, con respuestas como *“Las preguntas referentes a la expresión genética”* o *“Algunos nombres o conceptos, porque no lo entendía”*, respectivamente.

Por otra parte, en este caso dentro de la segunda categoría (2) Aspectos de mayor complejidad, las subcategorías con una mayor frecuencia han sido la a (Material genético y bases nitrogenadas que lo conforman), la b (Expresión del material genético) y la c (Herencia del material genético). Este resultado tiene más sentido al entenderlo junto con en el análisis cuantitativo de los datos de este cuestionario, el cual muestra que el bloque de contenidos referentes a la expresión del material genético es el único en el que el estudiantado sigue teniendo ciertas dificultades una vez superado el escape room. En este caso, cabría destacar afirmaciones tales como las siguientes: *“El material genético, porque me parece una cosa muy extensa y compleja de entender”* (subcategoría a), *“La expresión del material genético, es muy abstracto”* (subcategoría b) o *“La parte sobre genética y herencia, porque nunca*

lo había dado y la actividad era corta para poder entenderlo al 100%" (subcategoría c). Así mismo, y con igual frecuencia, cabe destacar que para cuatro de los estudiantes el uso de algunas de las herramientas ha sido lo que más complicado les ha resultado destacando respuestas como, por ejemplo: "Entender cómo funcionaba alguna de las páginas" (subcategoría e). Una vez más, y aunque con frecuencias mucho más bajas, se mencionan aspectos como la nomenclatura empleada en genética, el trabajo en grupo o la comprensión del contenido en su totalidad con respuestas tales como: "Algunos nombres o conceptos, porque no los entendía" (subcategoría d), "Trabajar con mis compañeros, ya que me gusta hacer las cosas solo" (subcategoría f) o "Entender todo bien para avanzar" (subcategoría g).

Valoración del recurso y de la experiencia por el alumnado

En la Figura 7 se muestra la valoración que hace el alumnado del *escape room*. Cabe señalar que, salvo en el caso del ítem "valoración de la capacidad para motivar el aprendizaje" donde ha habido una respuesta correspondiente al valor "Aceptable", en el resto de los ítems el resultado ha sido bueno o excelente. Más aún, la moda de todos los ítems se sitúa, claramente, en el valor excelente.

Al diferenciar por ítems, es posible ver que los mejor valorados han sido "los contenidos" y "las herramientas utilizadas", así como la "valoración, en su conjunto, del *escape room*", con frecuencias relativas del excelente del 80% o superiores. Aunque solo sea de forma relativa, han sido peor valorados los ítems "diseño y formato" y "capacidad para motivar el aprendizaje" con un 60 y 68% de respuestas excelentes respectivamente.

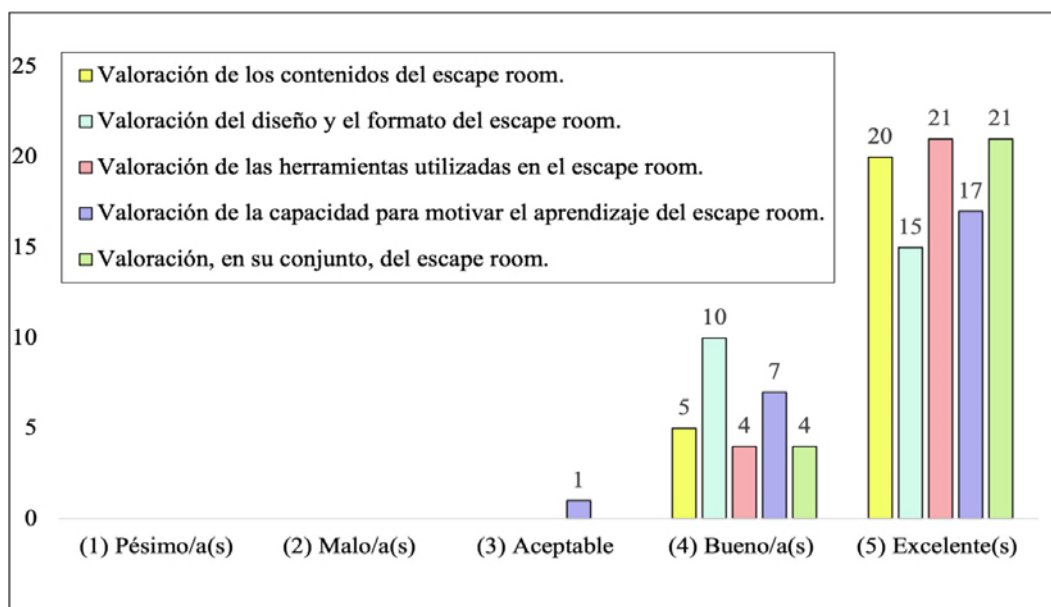


Figura 7. Histograma de frecuencias absolutas del cuestionario de satisfacción.

Los resultados aquí observados siguen la línea de hallazgos obtenidos en otros estudios con tecnologías emergentes aplicadas a la enseñanza de las ciencias en Secundaria donde se aprecian valoraciones positivas (Castellano-Simón et al., 2019; Silva-Díaz et al., 2021). Además, en Silva-Díaz et al. (2021) también se observa lo que aquí, que las mejores valoraciones se dan al puntuar el recurso o la experiencia en general, a pesar de que las valoraciones de los ítems individualmente tengan puntuaciones relativamente más bajas. Por lo tanto, parece ser que, aunque el estudiantado de una valoración relativamente menor a aspectos como el diseño y el formato (quizás relacionado con el hecho de que los estándares en estos aspectos están condicionados por software profesional al que están familiarizados, por ejemplo, en los juegos), esto no tiene un impacto relevante en la valoración general del recurso diseñado.

Análisis cualitativo

En lo que respecta a los aspectos cualitativos del cuestionario de satisfacción, todos los estudiantes dieron respuesta a las preguntas abiertas propuestas. Al igual que ocurría con el cuestionario KPSI, el alumnado respondió de forma breve y con una argumentación muy escasa. En la Tabla 6 se muestran las frecuencias resultantes tras el análisis de cada una de las categorías y subcategorías establecidas.

	(1) Elementos que más han gustado				(2) Elementos que menos han gustado					(3) Recomendación del recurso
	a	b	c	d	a	b	c	d	e	a
Frecuencia subcategoría	5	8	9	6	2	1	2	2	18	25
Frecuencia categoría	25				25					25

Tabla 6. Frecuencias resultantes del análisis del cuestionario de satisfacción.

Nota: En la Tabla 4 se encuentra el enunciado de las subcategorías.

Por una parte, dentro de la primera categoría (1) Elementos que más han gustado, la subcategoría tratada con una mayor frecuencia ha sido la c (Entretenimiento y dinamismo), seguida directamente y en orden decreciente de frecuencia, por subcategorías como la b (Potencial didáctico), d (Uso de las TIC) o a (Originalidad). Así, es posible remarcar respuestas como: *“Que es una forma muy buena de aprender, más divertida y dinámica”* (subcategoría c), *“Que he aprendido más con esta metodología que cualquier otro año en el instituto”* (subcategoría b), *“Interactuar con la tecnología, lo que te ayuda notablemente en la enseñanza y, además, te hace pasar un buen rato”* (subcategoría d) o *“Dar un descanso a lo que es el método típico para estudiar. También es importante aprender de esta manera y hacer algo que te gusta, porque así se aprenden y se comprenden mejor las cosas”* (subcategoría a). Esto mues-

tra que hay evidencias de que al alumnado le ha gustado la actividad sobre todo porque es divertida y dinámica, pero también porque consideran que permite comprender mejor las cosas, se trabaja con las TIC y es una metodología que difiere de lo que están acostumbrados a hacer en las aulas (metodología fundamentalmente transmisiva).

Por otra parte, en de la segunda categoría (2) Elementos que menos han gustado, la subcategoría de la que se habla por excelencia es la (e: Nada ha gustado en menor medida) con respuestas como: *“La verdad es que me ha gustado todo, porque ha estado espectacular”*. Así, es posible ver que la mayor parte de los estudiantes han quedado satisfechos con el recurso y la actividad en sí misma y no destacan nada que les haya gustado en menor medida. Sin embargo, y aunque con menores frecuencias, aparecen subcategorías como la (a: Herramientas utilizadas), (b: Contenidos seleccionados), (c: Tiempo disponible) y (d: Trabajo en equipo) con respuestas como: *“Que era necesario descargar una App”* (subcategoría a), *“No me interesa mucho el tema”* (subcategoría b), *“Lo que menos me ha gustado es que teníamos un tiempo límite y me gustaría que pudiéramos hacerlo tranquilamente”* (subcategoría c), *“Hacer el escape room con mis compañeros”* (subcategoría d). Por lo tanto, es posible percibir que, para un número reducido de los estudiantes, ha habido ciertos aspectos no han sido tanto de su agrado. Algunos de ellos hacen referencia al uso de, al contenido elegido, al tiempo disponible para la actividad o al hecho de que se trabajase en grupos.

Finalmente, hay una tercera y última categoría, (3) Recomendación del recurso para otros cursos, para la que únicamente se ha descrito una única subcategoría “afirmación” en la que se han registrado respuestas tales como: *“Al emplear esta novedosa metodología se crea curiosidad e interés en los alumnos puesto que están acostumbrados a un mundo tecnológico. En conclusión, recomendaría esta actividad a otros grupos”*. Con todas las respuestas recogidas en esta pregunta se puede ver que, a pesar de que haya estudiantes que han encontrado aspectos que le han gustado menos o cosas que cambiarían, todos y cada uno de los estudiantes que estuvieron el día de la intervención consideran que se trata de un recurso que consigue despertar el interés por los contenidos de genética y recomendarían la actividad a otros grupos o cursos.

Cabe destacar que los resultados cualitativos observables son coherentes con los cuantitativos puesto que en ambos casos vemos que el *escape room* ha sido valorado muy positivamente por aspectos como las herramientas empleadas o su capacidad para motivar el aprendizaje y tampoco se observan valoraciones negativas destacables. Además, y en línea con las sensaciones del alumnado, todos y cada uno de los estudiantes recomendaría la utilización de este recurso en las aulas.

En definitiva, tanto de la perspectiva cuantitativa, como de la cualitativa, indican un positivo impacto motivacional del escape room. Esto es coherente con otros estudios como el de que muestras impactos emocionales positivos de los escape room, como el de Hernández del Barco et al. (2021) o el de Yllana-Prieto et al. (2020) ambos con estudiantes universitarios.

Diario de campo

Desde la perspectiva del docente que implementó la experiencia educativa, destaca la predisposición positiva mostrada por el alumnado desde el comienzo de la intervención, fruto del interés de los estudiantes a utilizar las TIC y trabajar con dispositivos electrónicos. Esta observación fue confirmada con posterioridad por los estudiantes en el cuestionario de satisfacción, ya que hubo seis alumnos que afirmaron que el uso de las TIC era lo que más les había gustado de la propuesta.

Una de las observaciones más relevantes en el transcurso de la intervención fue que el estudiantado mostraba un gran entusiasmo ante la idea de trabajar en equipo para finalizar el desafío dentro del tiempo establecido, así como también por el dinamismo y por la interactividad del juego. Estas ideas también fueron plasmadas en el cuestionario de satisfacción, en el cual se alabó esta actividad por ser divertida y dinámica, y por ser algo diferente a lo que acostumbran a hacer. Cabe destacar que, aunque el trabajo en grupo funcionó correctamente en la mayor parte de los casos, hubo un grupo en el que un alumno no dejaba participar a sus compañeros, lo cual también se vio plasmado en las respuestas de dos estudiantes en el cuestionario de satisfacción.

Finalmente, cabe destacar que el alumnado manifestó la satisfacción que les proporcionaba haber superado el reto, y comentaron que todas las herramientas utilizadas eran de un gran interés didáctico, ya que les permitían entender mucho mejor la genética. Así estas ideas se plasmaron en las respuestas al cuestionario de satisfacción, en el cual ocho alumnos destacaron el recurso por su potencial didáctico.

Conclusiones

Se concluye que se ha logrado crear de cero el *escape room* "Intruso en el laboratorio", constituido por cuatro salas con cuatro retos multinivel destinadas al estudio de contenidos de genética por medio de herramientas de RA y de laboratorios virtuales. Este recurso ha sido valorado muy positivamente por el estudiantado, el cual lo recomendaría a otros grupos. Además, se ha producido mejoría estadísticamente significativa en la autopercepción referida a los cuatro bloques de contenido considerados, por ende, se ha logrado

un recurso capaz de cambiar algunas de las ideas previas más recurrentes entre el alumnado.

Agradecimientos

Se agradece a los estudiantes y al centro educativo el que hayan hecho posible este estudio.

Proyecto TED2021-129474B-I00 financiado por MCIN/AEI/10.13039/501100011033 y por la Unión Europea NextGenerationEU/PRTR

Referencias

Armenta, M. C. (2008). Algunas ideas del alumnado de secundaria sobre conceptos básicos de genética. *Enseñanza de Las Ciencias: Revista de Investigación y Experiencias Didácticas*, 227–244.

Bustos Sánchez-Gabriel, H. (2022). *Diseño y evaluación de un escape room para el aprendizaje de la genética en 4º de ESO a través de las tecnologías emergentes de visualización*. Trabajo Fin de Máster de la Universidad de Granada.

Caballero-Armenta, M. (2008). Algunas ideas del alumnado de secundaria sobre conceptos básicos de genética. *Enseñanza de Las Ciencias: Revista de Investigación y Experiencias Didácticas*, 26(2), 227–244.

Castellano-Simón, J. L., Díaz Angulo, L. M., & Carrillo-Rosúa, J. (2019). Una experiencia de aula con Realidad Virtual Inmersiva en el aprendizaje de la Tierra y el Sistema Solar en 1º de ESO. En P. Membiela, M.I. Cebreiros y M. Vidal (eds.) *Nuevos retos en la enseñanza de las Ciencias*, pp.511-515. Educación Editora. <http://hdl.handle.net/10481/57548>

Dicheva, D., Dichev, C., Agre, G., & Angelova, G. (2015). Gamification in Education: A Systematic Mapping Study. *Educational Technology & Society*, 18(3), 75–88.

Duncan, R. G., & 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>

Gericke, N. M., & Hagberg, M. (2007). Definition of historical models of gene function and their relation to students' understanding of genetics. *Science & Education*, 16(7–8), 849–881. <https://doi.org/10.1007/s11191-006-9064-4>

Gericke, N. M., & Smith, M. U. (2014). Twenty-First-Century Genetics and Genomics: Contributions of HPS-Informed Research and Pedagogy. In *International Handbook of Research in History, Philosophy and Science Teaching* (pp. 423–467). Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-94-007-7654-8_15

Hernández del Barco, M. A., Corbacho Cuello, I., Sánchez Martín, J., & Cañada Cañada, F. (2021). Estudio comparativo de diferentes estrategias de aprendizaje basado en juegos: rendimiento emocional de maestros en formación durante el aprendizaje de las ciencias. *Revista Internacional de Pesquisa em Didática das Ciências e Matemática*, 2, e021012-e021012.

Íñiguez Porras, F. J., & Puigcerver Oliván, M. (2013). Una propuesta didáctica para la enseñanza de la genética en la Educación Secundaria. *Revista Eureka Sobre Enseñanza y Divulgación de Las Ciencias*, 307–327. http://dx.doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2013.v10.i3.02

Jiménez, C., Arís, N., Magreñán Ruiz, Á., & Orcos, L. (2020). Digital Escape Room, Using Genial.Ly and A Breakout to Learn Algebra at Secondary Education Level in Spain. *Education Sciences*, 10(10), 271. <https://doi.org/10.3390/educsci10100271>

Lewis, J., & Wood-Robinson, C. (2000). Genes, chromosomes, cell division and inheritance - do students see any relationship? *International Journal of Science Education*, 22(2), 177–195. <https://doi.org/10.1080/095006900289949>

Ray, S., & Srivastava, S. (2020). Virtualization of science education: a lesson from the COVID-19 pandemic. *Journal of Proteins and Proteomics*, 11(2), 77–80. <https://doi.org/10.1007/s42485-020-00038-7>

Rodríguez Castro, I., Cervilla Muros, M. Á., Vistón, Í., Salas Herrera, J., Acedo, A., García-Frank, A., & Fesharaki, O. (2021). Aspectos organizativos y valor formativo de la implementación de un Escape Room paleontológico por parte de alumnado del Máster en Paleontología avanzada (UCM). *Revista de la Sociedad Geológica de España*, 34(2), 17-27.

Saidin, N. F., Abd Halim, N. D., & Yahaya, N. (2015). A Review of Research on Augmented Reality in Education: Advantages and Applications. *International Education Studies*, 8(13). <https://doi.org/10.5539/ies.v8n13p1>

Salas Blas, E. (2013). Diseños preexperimentales en psicología y educación: una revisión conceptual. *Liberabit*, 19(1), 133–141.

Silva-Díaz, F., Carrillo-Rosúa, J., & Fernández-Plaza, J. A. (2021). Uso de tecnologías inmersivas y su impacto en las actitudes científico-matemáticas del estudiantado de Educación Secundaria Obligatoria en un contexto en riesgo de exclusión social. *Educar*, 57(1), 119–138. <https://doi.org/10.5565/rev/educar.1136>

Tibell, L. A. E., & Rundgren, C.-J. (2010). Educational Challenges of Molecular Life Science: Characteristics and Implications for Education and Research. *CBE—Life Sciences Education*, 9(1), 25–33. <https://doi.org/10.1187/cbe.08-09-0055>

Todd, A., Romine, W., Sadeghi, R., Cook Whitt, K., & Banerjee, T. (2022). How do high school students' genetics progression networks change due to genetics instruction and how do they stabilize years after instruction? *Journal of Research in Science Teaching*, 59(5), 779–807. <https://doi.org/10.1002/tea.21744>

Yllana-Prieto, F., Jeong, J. S., & González-Gómez, D. (2021). An online-based edu-escape room: A comparison study of a multidimensional domain of PSTs with flipped sustainability-STEM contents. *Sustainability*, 13(3), 1–18. <https://doi.org/10.3390/su13031032>

Young, D., & Tamir, P. (1977). Finding Out What Students Know. *Science Teacher*, 44(6), 27–28.