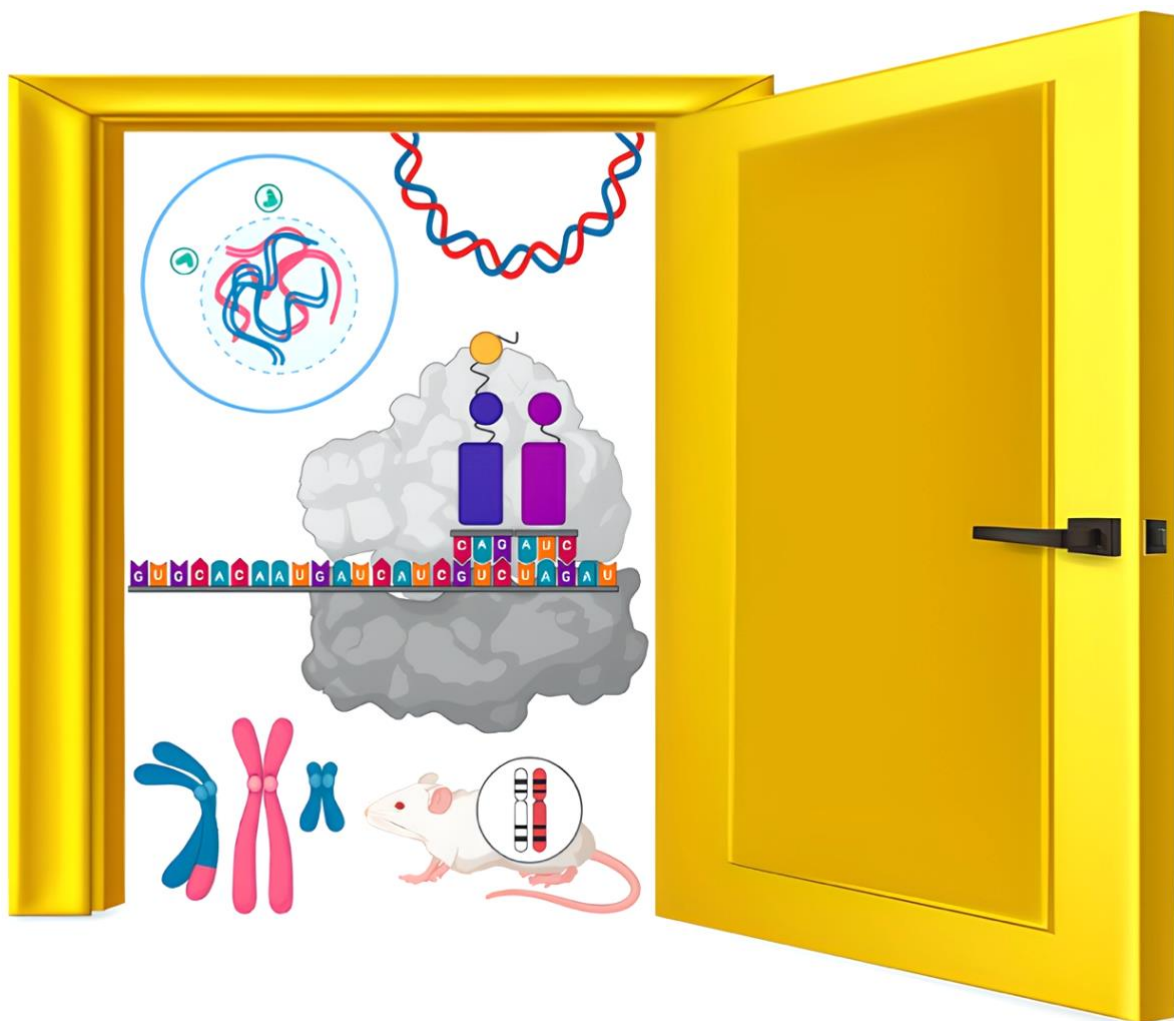


**DISEÑO Y EVALUACIÓN DE UN *ESCAPE ROOM*
PARA EL APRENDIZAJE DE LA GENÉTICA EN
4º DE ESO A TRAVÉS DE LAS TECNOLOGÍAS
EMERGENTES DE VISUALIZACIÓN**



**UNIVERSIDAD
DE GRANADA**

**Máster Universitario Formación
del Profesorado de Educación Secundaria,
Bachillerato, Formación Profesional y
Enseñanza de Idiomas. Especialidad
Biología y Geología**



UNIVERSIDAD
DE GRANADA



UNIVERSIDAD DE GRANADA

**Máster Universitario en Formación del Profesorado de
Educación Secundaria, Bachillerato, Formación Profesional y
Enseñanza de Idiomas. Especialidad Biología y Geología.**

Curso 2021-2022

TRABAJO FIN DE MÁSTER

Autora: Helena Bustos Sánchez-Gabriel

**Título: 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.**

El/la autor/a	V.B. Tutor/a
Fdo: Helena Bustos Sánchez-Gabriel	Fdo: Francisco Javier Carrillo Rosúa

Resumen:

La genética constituye todo un reto para profesorado y alumnado, hasta el punto de llegar a considerarse una de las partes de la biología más difíciles de enseñar y aprender. Por este motivo, en el presente trabajo se ha diseñado, implementado y evaluado un *escape room* digital dirigido a combatir, a través de las tecnologías emergentes de visualización, algunas de las principales dificultades recogidas en la literatura. Así mismo, y con la finalidad de recopilar la información necesaria para el diseño del recurso, se ha realizado un estudio previo de las herramientas relacionadas con las tecnologías emergentes de visualización que hay a disposición de la comunidad educativa. Los resultados de la investigación llevada a cabo para evaluar el *escape room* “Intruso en el laboratorio” muestran que el recurso ha sido bien acogido por el alumnado, el cual ha quedado muy satisfecho con la experiencia y la recomendarían a otros estudiantes. Y, además, también 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:

Genetics is such a challenge for teachers and students, that it is considered one of the most difficult parts of biology to teach and learn. For this reason, in this work it has been designed, implemented, and evaluated a digital escape room aimed at combating, through emerging display technologies, some of the main difficulties identified in the literature. Additionally, in order to gather the necessary information for the design of the game, a preliminary study of the tools related to emerging display technologies that are currently available to the educational community has been carried out. The results of the research carried out to evaluate 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

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, me gustaría dirigir mis palabras de agradecimiento a mi director en este Trabajo de Fin de Máster, el Dr. Francisco Javier Carrillo Rosúa, por el interés y el tiempo dedicado desde el primer hasta el último día. Del mismo modo, agradecer su participación a la profesora María del Carmen Vega Robles y a todos y cada uno de los alumnos/as del IES Fray Luis de Granada que han colaborado para que la elaboración de este trabajo sea posible.

Gracias a mi familia, y en especial a mis padres y mi hermano, por confiar siempre en mí y por ofrecerme constantemente la mejor de las ayudas. A todos mis amigos/as, haciendo especial mención a los compañeros/as del máster que me ha dado Granada, gracias por formar parte de esta experiencia. En último lugar, reconocer a una persona que merece mis agradecimientos desde hace ya unos años: Muchas gracias, Carlos, por acompañarme en el día a día, pero sobre todo por ser un apoyo incondicional.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. MARCO TEÓRICO.....	2
2.1 LA DIDÁCTICA DE LA GENÉTICA, UN AUTÉNTICO RETO	2
2.1.1 Ideas previas más recurrentes en el alumnado.....	2
2.2 GAMIFICACIÓN EN LOS PROCESOS DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE	3
2.2.1 <i>Escape room</i> como propuesta de gamificación	5
2.3 TECNOLOGÍAS EMERGENTES DE VISUALIZACIÓN EN EDUCACIÓN	5
2.3.1 Realidad aumentada.....	6
2.3.2 Laboratorios virtuales	6
3. OBJETIVOS	7
4. ANÁLISIS DE LOS RECURSOS DIDÁCTICOS DISPONIBLES A TRAVÉS DE LAS TECNOLOGÍAS EMERGENTES DE VISUALIZACIÓN.....	7
5. <i>ESCAPE ROOM</i> “INTRUSO EN EL LABORATORIO”	10
5.1 MARCO NORMATIVO Y CURRICULAR	10
5.1.1 Objetivos de etapa	10
5.1.2 Objetivos de materia	12
5.1.3 Competencias clave	12
5.1.4 Contenidos, criterios de evaluación y estándares de aprendizaje	14
5.1.5 Saberes básicos, competencias específicas y criterios de evaluación	15
5.2 <i>ESCAPE ROOM</i> “INTRUSO EN EL LABORATORIO”	16
6. MÉTODO	24
6.1 POBLACIÓN Y PARTICIPANTES	24
6.2 INSTRUMENTOS	25
6.3 PROCEDIMIENTO	26
6.4 TRATAMIENTO DE LOS DATOS.....	26
7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	28
7.1 AUTOPERCEPCIÓN DEL APRENDIZAJE LOGRADO	28
7.1.1 Análisis cuantitativo de los datos	28
7.1.2 Análisis cualitativo de los datos	33

7.2 VALORACIÓN DEL RECURSO Y LA EXPERIENCIA POR PARTE DEL ALUMNADO.....	35
7.2.1 Análisis cuantitativo de los datos	35
7.2.2 Análisis cualitativo de los datos	37
7.3 ANÁLISIS DEL DIARIO DE CAMPO	39
8. CONCLUSIONES	40
9. REFERENCIAS.....	42
ANEXOS.....	

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. BENEFICIOS QUE REPORTA EL <i>ESCAPE ROOM</i> COMO PROPUESTA PARA EL ALUMNADO.	5
TABLA 2. CARACTERÍSTICAS DE LA APLICACIÓN DE RA <i>MERGE OBJECT VIEWER</i>	8
TABLA 3. LABORATORIOS VIRTUALES DISPONIBLES.	9
TABLA 4. CONTENIDOS, CRITERIOS DE EVALUACIÓN Y ESTÁNDARES DE APRENDIZAJE EVALUABLES.....	14
TABLA 5. SABERES BÁSICOS, COMPETENCIAS ESPECÍFICAS Y CRITERIOS DE EVALUACIÓN.	15
TABLA 6. CODIFICACIÓN DE LAS CATEGORÍAS PARA EL ANÁLISIS DEL CUESTIONARIO KPSI.	27
TABLA 7. CODIFICACIÓN DE LAS CATEGORÍAS PARA EL ANÁLISIS DEL CUESTIONARIO DE SATISFACCIÓN. .	27
TABLA 8. AUTOPERCEPCIÓN DEL APRENDIZAJE SOBRE EL MATERIAL GENÉTICO.	28
TABLA 9. AUTOPERCEPCIÓN DEL APRENDIZAJE SOBRE EL REPARTO DEL MATERIAL GENÉTICO.....	29
TABLA 10. AUTOPERCEPCIÓN DEL APRENDIZAJE SOBRE LA EXPRESIÓN DEL MATERIAL GENÉTICO.	30
TABLA 11. AUTOPERCEPCIÓN DEL APRENDIZAJE SOBRE LA HERENCIA DEL MATERIAL GENÉTICO.....	32
TABLA 12. FRECUENCIAS RESULTANTES DEL ANÁLISIS DEL CUESTIONARIO KPSI.	34
TABLA 13. PUNTUACIONES MEDIAS PARA CADA UNO DE LOS ÍTEMS EN FUNCIÓN DEL GÉNERO.	37
TABLA 14. FRECUENCIAS RESULTANTES DEL ANÁLISIS DEL CUESTIONARIO DE SATISFACCIÓN.	37

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. CÓDIGO QR DE ACCESO AL <i>ESCAPE ROOM</i> “INTRUSO EN EL LABORATORIO”.	16
FIGURA 2. PANTALLA PRINCIPAL DE “INTRUSO EN EL LABORATORIO”.	17
FIGURA 3. HISTORIA DE “INTRUSO EN EL LABORATORIO”.....	17
FIGURA 4. INDICACIONES DE “INTRUSO EN EL LABORATORIO”.	18
FIGURA 5. MISIONES DE “INTRUSO EN EL LABORATORIO”.	18
FIGURA 6. CANDADO FINAL DE “INTRUSO EN EL LABORATORIO”.	19
FIGURA 7. MODELO EN RA DE LA MOLÉCULA DE ADN.....	20
FIGURA 8. MODELOS EN 3D DE LAS BASES NITROGENADAS QUE CONFORMAN EL ADN.	20
FIGURA 9. MODELOS EN 3D DE LAS PRINCIPALES ETAPAS DEL PROCESO DE DIVISIÓN CELULAR.....	21
FIGURA 10. SIMULADOR VIRTUAL DE LOS PROCESOS ENCARGADOS DE LA EXPRESIÓN GENÉTICA.....	22
FIGURA 11. SIMULADOR VIRTUAL DEL CÓDIGO GENÉTICO.	22
FIGURA 12. SIMULADOR VIRTUAL DE LA HERENCIA GENÉTICA.....	23
FIGURA 13. SIMULADOR VIRTUAL DEL CUADRO DE PUNNETT.....	24
FIGURA 14. AUTOPERCEPCIÓN DEL APRENDIZAJE SOBRE EL MATERIAL GENÉTICO.....	29
FIGURA 15. AUTOPERCEPCIÓN DEL APRENDIZAJE SOBRE EL REPARTO DEL MATERIAL GENÉTICO.	30
FIGURA 16. AUTOPERCEPCIÓN DEL APRENDIZAJE SOBRE LA EXPRESIÓN DEL MATERIAL GENÉTICO.	31
FIGURA 17. AUTOPERCEPCIÓN DEL APRENDIZAJE SOBRE LA HERENCIA DEL MATERIAL GENÉTICO.	32
FIGURA 18. RESULTADOS DEL CUESTIONARIO KPSI REFERIDOS A LOS MOMENTOS ANTES (IZQUIERDA) Y DESPUÉS (DERECHA) DE LA INTERVENCIÓN.....	33
FIGURA 19. HISTOGRAMA DE FRECUENCIAS ABSOLUTAS DEL CUESTIONARIO DE SATISFACCIÓN.	36

1. INTRODUCCIÓN

Son muchos los progresos que se han hecho en genética en los últimos años y, la gran mayoría de ellos, han supuesto un antes y un después en las vidas del ser humano. No obstante, y a pesar de estar tan presente en el día a día de muchas personas, la genética constituye todo un desafío didáctico por ser una disciplina realmente difícil de enseñar y aprender. Estas dificultades pueden ser solventadas por medio de diversas metodologías, pudiendo destacar que existen muchos estudios que han demostrado que la gamificación tiene un impacto muy positivo en la motivación de los estudiantes y tiene la capacidad de promover un aprendizaje significativo. Por su parte, los recursos didácticos dedicados a trabajar en esta problemática también son de vital importancia. Así, cabe destacar que se ha conseguido progresar mucho en la calidad y cantidad de recursos digitales que están a la disposición de la comunidad educativa, pudiendo destacar los avances conseguidos con las nuevas tecnologías de visualización, las cuales ofrecen gran cantidad de posibilidades.

En consonancia con todo lo mencionado con anterioridad, para este TFM se ha diseñado el *escape room* “Intruso en el laboratorio”, el cual se puede justificar por varios motivos:

1. En primer lugar, la elección de trabajar contenidos de genética tiene su origen en el hecho de que se trate de una de las áreas de la biología en las que el estudiantado encuentra mayores dificultades.

2. En segundo lugar, la elección de usar un *escape room* como formato nace de la gran capacidad que tiene la gamificación para estimular a los estudiantes y promover su motivación.

3. En tercer y último lugar, la elección de emplear las tecnologías emergentes de visualización como herramienta surge con el propósito de solventar el gran problema que tiene el alumnado a la hora de imaginar los conceptos y procesos genéticos, debido a su carácter intangible.

Así, previamente a la creación del recurso en cuestión, se realizó un análisis de las herramientas y los recursos disponibles hasta el momento para enseñar biología, y más concretamente genética, a través de las tecnologías emergentes de visualización. Además, posteriormente a la creación del recurso, este se implementó en el aula analizándose la autopercepción del aprendizaje de los contenidos de genética logrados y la satisfacción de los estudiantes de Biología y Geología de 4º de Educación Secundaria Obligatoria (ESO) de un centro público de Granada.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 La didáctica de la genética, un auténtico reto

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 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 (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 mayoría) es totalmente imposible experimentarlos directamente, y la segunda se la atribuye a la interacción existente entre todos los niveles que hay de organización biológica (Duncan & Reiser, 2007).

2.1.1 Ideas previas más recurrentes en el alumnado

Las ideas previas, conocidas por sus muchas denominaciones (ideas alternativas, errores conceptuales, preconcepciones...), son aquellas ideas propias que presentan los estudiantes y que no coinciden con lo establecido en las teorías, principios y leyes del conocimiento científico o paradigmas predominantes en el medio académico (Mahmud & Gutiérrez, 2010). Dichas ideas se caracterizan por estar muy fuertemente arraigadas (siendo muy resistentes al cambio) y porque, debido a su gran importancia en el proceso de enseñanza-aprendizaje, han sido el motivo central de investigaciones en muchos países del mundo desde hace décadas (Bello Garcés, 2004). Cabe mencionar que, aunque aún quede camino por avanzar en este campo, gracias a la investigación cada vez es mayor la información que está a la disposición del profesorado de ciencias (Armenta, 2008).

Por su parte, a la estrategia para transformar estas ideas previas en concepciones que sean más cercanas a la realidad se le ha denominado cambio conceptual, y se trata de un concepto que, en sí mismo, ha evolucionado mucho a lo largo de toda la historia. Sin embargo, hay una cosa en la que coinciden los diferentes investigadores y es en que, sin duda, se trata de un proceso largo, muy costoso y no lineal que está muy influenciado por factores emocionales y sociales. Por todo lo mencionado, para promover dicho cambio

conceptual es esencial que las ideas previas se tengan muy en cuenta a la hora de crear materiales didácticos (Bello Garcés, 2004).

Tal y como se indica con anterioridad, la genética es, según numerosos estudios, una de las ramas de la biología con la que los estudiantes encuentran mayores dificultades. Sin embargo, tiene una gran repercusión en el mundo en el que vivimos y por ello es de vital importancia que el alumnado sea partícipe de una alfabetización científica de gran calidad.

Algunos de los mayores obstáculos con los que se encuentra el alumnado, recogidos en la literatura, en los que se fundamenta este trabajo son los siguientes:

- Dificultades con el significado de conceptos básicos de genética, pero también para relacionar dichos conceptos (Armenta, 2008; Gericke & Hagberg, 2007).
- Dificultades para distinguir entre el genotipo y el 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 (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 en relacionar el material hereditario con la síntesis de proteínas y con 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).

2.2 Gamificación en los procesos de enseñanza-aprendizaje

El uso de los juegos como herramientas de aprendizaje es una idea interesante, no solo por su capacidad para reforzar conocimientos y habilidades muy importantes, sino también por su gran capacidad para promover la motivación del alumnado (Dicheva et

al., 2015). Realmente, el empleo de juegos en un entorno como el de la educación no es algo nuevo. Sin embargo, el concepto y aplicación de la gamificación sí es algo mucho más reciente (Kalogiannakis et al., 2021).

La definición probablemente más conocida de gamificación es la de “el uso de elementos de diseño del juego en contextos de no juego” (Deterding et al., 2011), y esta constituye una estrategia educativa innovadora que es empleada por los docentes, cada vez en mayor medida, en los procesos de enseñanza-aprendizaje (González, 2019). De hecho, tanto es así que se trata de una estrategia utilizada desde los niveles más bajos (como la educación primaria) hasta los más altos (como las enseñanzas universitarias) del sistema educativo español (de Soto García, 2018).

La gamificación es una metodología que, al contrario de otras, tiene un impacto positivo en los estudiantes. Esto es así puesto que promueve un aprendizaje significativo, es decir, un aprendizaje vinculado a los conocimientos adquiridos con anterioridad y que permita al alumnado ser capaz de usar la información adquirida para la resolución de problemas que tengan cierta relación con los contenidos didácticos trabajados (Badoiu et al., 2020).

Así, se han identificado cinco principios claves que hay que tener en cuenta a la hora de diseñar estrategias de gamificación (Nah et al., 2013):

1. **Objetivo:** Es importante que los juegos estén estructurados de forma que los objetivos sean claros y estén muy bien definidos, ya que esto ayudará a mantener la motivación y el compromiso del alumnado.
2. **Logros:** El reconocimiento de los éxitos al alumnado hace que aumente su sensación de gratificación, lo que incrementa aún más su motivación y compromiso.
3. **Refuerzo:** El refuerzo positivo ofrece gratificaciones a los jugadores y puede utilizarse para promover el aprendizaje del juego, y la retroalimentación negativa puede ayudar a los jugadores a alcanzar sus objetivos más rápidamente.
4. **Competencia:** Permite al alumnado mantener fija su concentración en la tarea a realizar.
5. **Diversión:** Cuando el alumnado se divierte puede implicarse mucho más que en el caso de que no haya diversión.

Concretamente, en el ámbito de la ciencia, uno de los principales problemas a los que se enfrenta la enseñanza es el rechazo que genera la misma en una parte del alumnado. Así, se ha visto que la integración de la gamificación en las aulas ha tenido como consecuencia un incremento de emociones positivas por parte del alumnado hacia las asignaturas de ciencias (Kalogiannakis et al., 2021). No obstante, no solo hay mejoras a

nivel emocional, si no que la gamificación contribuye de manera significativa a los logros. Esto puede deberse a que, en muchas ocasiones, la propia motivación tiene un impacto tan fuerte en el esfuerzo dedicado por el alumnado que puede llegar a actuar como un predictor del rendimiento académico (Zainuddin et al., 2020).

2.2.1 *Escape room* como propuesta de gamificación

El origen del *escape room* data del año 2007 en Japón, lugar desde el cual se expandió por los países de todo el mundo gracias a su rápida y extensa aceptación (Borrego et al., 2017). Son muchos los diferentes enfoques que puede adoptar *un escape room*, pero, en líneas generales, se trata de crear un contexto en el que unos jugadores han de superar un conjunto de retos que se les proponen en una serie de salas con el objetivo de finalizar con éxito y en un tiempo limitado un último desafío (Taraldsen et al., 2022).

Sin embargo, este tipo de experiencias no han quedado relegadas a un uso meramente lúdico, si no que han sido adaptadas por los educadores para aprovechar los beneficios que reporta (Wiemker et al., 2015). Dichos beneficios han sido recogidos en la literatura y se ha visto que afectan al alumnado a nivel intelectual, social, emocional y psicológico (Jiménez et al., 2020). Así, se muestran recopilados a continuación (Tabla 1):

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

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.

2.3 Tecnologías emergentes de visualización en educación

En los últimos años se ha producido una transformación total en las herramientas empleadas para la enseñanza de las ciencias y, más en particular, cabe destacar los nuevos

enfoques de aprendizaje en línea y la enseñanza virtual, los cuales están en auge por su gran eficacia (Ray & Srivastava, 2020). Así, la introducción de las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC), ha supuesto toda una revolución en el sector de la educación por todas las posibilidades que estas ofrecen en los procesos de enseñanza-aprendizaje (Acosta Núñez et al., 2017).

En lo que respecta a la enseñanza de las ciencias, y más concretamente de la genética, lo más habitual es que las dificultades que encuentra el alumnado surjan de la incapacidad para imaginar ciertos conceptos que son abstractos y complejos. Por esta razón los últimos progresos conseguidos en las nuevas tecnologías de visualización abren la puerta a una gran inmensidad de nuevas experiencias que permiten que el aprendizaje sea más accesible, gracias a una reducción del nivel de abstracción (Saidin et al., 2015; Tibell & Rundgren, 2010).

2.3.1 Realidad aumentada

La Realidad Aumentada (RA) es un recurso que permite incorporar información generada de forma virtual a un entorno real directo o indirecto. La RA se diferencia de la Realidad Virtual (RV) en que en la primera el entorno que experimentan las personas es real ampliado con información del sistema, mientras que en la segunda de ellas el entorno experimentado será completamente virtual (Lee, 2012). Cabe destacar que uno de los principales motivos por los que la RA es una tecnología tan ampliamente extendida es que no necesita de equipos extremadamente costosos, si no que con un ordenador o un dispositivo móvil es más que suficiente (Akçayır & Akçayır, 2017). A pesar de que se trata de una tecnología emergente, mencionar que fue utilizada por primera vez en los años 90 como herramienta destinada al entrenamiento de los pilotos (Chen et al., 2017).

Esta es una tecnología que puede aplicarse en el proceso de aprendizaje ya que mejora la percepción y la interacción con el mundo real, puesto que permite que el usuario pueda moverse por la imagen virtual tridimensional y verla desde cualquier punto (Kesim & Ozarslan, 2012). Además, ya existen investigaciones que indican que aquello que se aprende a través de este tipo de experiencias consigue almacenarse en la memoria con mucha más fuerza que aquello que se haya almacenado por otros medios (Radu, 2014).

2.3.2 Laboratorios virtuales

Los laboratorios virtuales son espacios informáticos que simulan una situación propia de los laboratorios tradicionales. A pesar de que es cierto que los experimentos

DISEÑO Y EVALUACIÓN DE UN *ESCAPE ROOM* SOBRE GENÉTICA

realizados en los laboratorios reales desempeñan un papel fundamental en el proceso de enseñanza-aprendizaje y son difícilmente sustituibles por los laboratorios virtuales, estos últimos surgen como una nueva alternativa de gran utilidad por su capacidad de superar muchas limitaciones que presenta el método tradicional como es el caso de la necesidad de una elevada inversión en tiempo y dinero (López García & Morcillo Ortega, 2007).

Junto con la RA, se trata de otra gran tecnología de aplicación en el proceso de aprendizaje ya que permite al alumnado contar con una herramienta muy visual a través de la cual poner en marcha experimentos de forma entretenida por medio de simulaciones (Radhamani et al., 2014). Asimismo, se han hecho estudios que demuestran que este tipo de laboratorios cubren las necesidades del alumnado y son un medio eficaz para entender muchos conceptos e ideas clave (Ayega & Khan, 2020).

3. OBJETIVOS

El objetivo de este TFM es diseñar, implementar y evaluar un *escape room* basado en las tecnologías emergentes de visualización para el estudio en la ESO de la naturaleza del material genético, así como su reparto, expresión y herencia.

Este objetivo general se traduce en tres objetivos específicos:

1. Realizar un análisis de las herramientas y recursos relacionados con tecnologías emergentes que están disponibles para su uso en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la biología y, particularmente, de la genética.
2. Diseñar el *escape room* teniendo en cuenta dicha revisión realizada.
3. Implementar y evaluar este *escape room* de acuerdo con la autopercepción del aprendizaje de contenidos de genética logrado y la satisfacción de estudiantes de 4º curso de ESO.

4. ANÁLISIS DE LOS RECURSOS DIDÁCTICOS DISPONIBLES A TRAVÉS DE LAS TECNOLOGÍAS EMERGENTES DE VISUALIZACIÓN

Son muchas las plataformas online y las aplicaciones existentes en la web que ofrecen la posibilidad de trabajar contenidos de biología con las tecnologías emergentes de visualización, siendo algunas de las herramientas disponibles utilizadas en el diseño del *escape room* propuesto en este trabajo.

DISEÑO Y EVALUACIÓN DE UN *ESCAPE ROOM* SOBRE GENÉTICA

En lo que respecta a las herramientas de RA, son muy numerosas las aplicaciones existentes que permiten disfrutar de los beneficios de esta tecnología. Sin embargo, hay una entre todas ellas de un interés extraordinario para trabajar con diversos contenidos: **Merge Object Viewer**, cuyas características principales serán desarrolladas más en detalle a continuación (Tabla 2).

Tabla 2. Características de la aplicación de RA *Merge Object Viewer*.

	
Plataformas de descarga	Google Play Store y App Store
Descripción	Se trata de una aplicación que pone a la disposición del público herramientas didácticas digitales de una gran utilidad en el proceso de enseñanza-aprendizaje. Más concretamente, en lo que respecta al ámbito de las ciencias, dispone de diferentes secciones que permiten trabajar con numerosos contenidos como, por ejemplo: La anatomía del cuerpo humano, la célula, los virus, el desarrollo humano... entre otros muchos. Así mismo, esta aplicación permite trabajar contenidos referentes a la genética y, por este mismo motivo, ha sido usada para el diseño del <i>escape room</i> protagonista de este trabajo.

Por su parte, también son muchos los laboratorios virtuales existentes que ofrecen simulaciones de una gran calidad para trabajar contenidos muy diversos de biología, entre los que se encuentra la genética. Estos laboratorios son de lo más interesantes puesto que permiten al alumnado poner en marcha diferentes experimentos a través de simulaciones virtuales y son muy eficaces para comprender muchos de los conceptos y procesos clave. A continuación, se presenta una recopilación de algunos de los recursos más interesantes disponibles, cabiendo destacar que la mayor parte son totalmente gratuitos a excepción de uno que es de pago (Tabla 3).

Tabla 3. Laboratorios virtuales disponibles.

Recurso	Descripción
	Labster es una plataforma de pago orientada al desarrollo de simulaciones de laboratorio con el objetivo de fomentar la motivación en el alumnado y favorecer el aprendizaje de diferentes contenidos científicos. Así, cuenta con una gran cantidad de opciones para trabajar contenidos de muchos tipos como: Biotecnología, fisiología animal, bioquímica, microbiología, evolución...
https://www.labster.es/simulaciones/	
	PhET es otra de las muchas plataformas que cuenta con simulaciones de un gran interés didáctico y, en este caso, gratuita. Algunos de los contenidos con los que es posible trabajar en ella son los siguientes: La selección natural, la expresión génica, la despolarización neuronal...
https://phet.colorado.edu/en/simulations/browse	
	Go-Lab es un recurso gratuito que surge con el propósito de poder facilitar el uso de los laboratorios virtuales en los espacios de aprendizaje. Son muchas las alternativas que ofrece, pudiendo trabajar contenidos como: La herencia genética, el plegamiento proteico, la selección natural...
https://www.golabz.eu/labs	
	The Concord Consortium es una plataforma gratuita que desarrolla recursos educativos para así promover entre el alumnado la investigación STEM. Cuenta con numerosas herramientas para poder trabajar contenidos como: La transcripción y traducción, la evolución, las mutaciones...
https://learn.concord.org/	

DISEÑO Y EVALUACIÓN DE UN *ESCAPE ROOM* SOBRE GENÉTICA

	ConnectedBio es una plataforma gratuita que cuenta con numerosos recursos interactivos dirigidos a la enseñanza de la biología en Educación Secundaria con el objetivo de fomentar la capacidad del alumnado para lograr establecer relaciones entre disciplinas como lo son la biología celular, la genética molecular, la herencia y la evolución.
https://connectedbio.org/resources/index.html	
	LabXchange es un recurso en línea gratuito para que los estudiantes puedan diseñar sus experimentos y probar los protocolos mediante simulaciones interactivas. Y, además, cada experimento virtual lleva consigo toda una serie de recursos de aprendizaje para afianzar en los estudiantes los elementos clave para el aprendizaje.
https://www.labxchange.org/explore	

5. *ESCAPE ROOM* “INTRUSO EN EL LABORATORIO”

5.1 Marco normativo y curricular

Dada la situación de transición legislativa en la que se encuadra este trabajo, el marco legislativo por el que se rige hace referencia, tanto a la Ley Orgánica 8/2013, de 9 de diciembre, para la Mejora de la Calidad Educativa (LOMCE), como a la Ley Orgánica 3/2020, de 29 de diciembre, por la que se Modifica la Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación (LOMLOE). Así, en el Anexo I está incluido el listado de los documentos consultados al completo.

5.1.1 Objetivos de etapa

Los objetivos de etapa se encuentran contemplados en el artículo número 7 del recientemente publicado Real Decreto 217/2022, de 29 de marzo (referente a la LOMLOE), así como también se recogían en el artículo número 11 del ya derogado Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre (referente a la LOMCE). Los once objetivos propuestos en ambos documentos legislativos son prácticamente los mismos en esencia, cambiando exclusivamente en su enunciado, y de forma muy sutil, algunos de ellos. En esta propuesta didáctica los objetivos de etapa que serán trabajados son los siguientes:

DISEÑO Y EVALUACIÓN DE UN ESCAPE ROOM SOBRE GENÉTICA

a) Asumir responsablemente sus deberes, conocer y ejercer sus derechos en el respeto a las demás personas, practicar la tolerancia, la cooperación y la solidaridad entre las personas y grupos, ejercitarse en el diálogo afianzando los derechos humanos como valores comunes de una sociedad plural y prepararse para el ejercicio de la ciudadanía democrática.

En esta actividad, se propone que el alumnado trabaje en grupo de forma que este se acostumbre a trabajar en un clima de tolerancia y respeto entre compañeros. Por este motivo podemos decir que se está promoviendo el diálogo y se está proporcionando al alumnado valores esenciales para la vida en sociedad.

b) Desarrollar y consolidar hábitos de disciplina, estudio y trabajo individual y en equipo como condición necesaria para una realización eficaz de las tareas del aprendizaje y como medio de desarrollo personal.

Para superar la actividad con éxito es necesario que los diferentes miembros del grupo colaboren, lo cual ayudará al alumnado a entender la importancia del trabajo individual y en equipo para completar diferentes tareas.

e) Desarrollar destrezas básicas en la utilización de las fuentes de información para, con sentido crítico, adquirir nuevos conocimientos. Desarrollar las competencias tecnológicas básicas y avanzar en una reflexión ética sobre su funcionamiento y utilización.

A lo largo de la experiencia, el alumnado estará trabajando con herramientas tecnológicas de forma que tendrá que aprender a hacer un uso responsable de las mismas y, además, aprenderá a manejar correctamente las fuentes de información empleadas.

g) Desarrollar el espíritu emprendedor y la confianza en sí mismo, la participación, el sentido crítico, la iniciativa personal y la capacidad para aprender a aprender, planificar, tomar decisiones y asumir responsabilidades.

Al fomentar el trabajo en grupo, el alumnado tendrá que ser participativo y tener iniciativa para que el equipo pueda salir adelante y superar los desafíos exitosamente.

k) Conocer y aceptar el funcionamiento del propio cuerpo y el de los otros, respetar las diferencias, afianzar los hábitos de cuidado y salud corporales e incorporar la educación física y la práctica del deporte para favorecer el desarrollo personal y social. Conocer y valorar la dimensión humana de la sexualidad en toda su diversidad. Valorar críticamente los hábitos sociales relacionados con la salud, el consumo, el cuidado, la empatía y el respeto hacia los seres vivos, especialmente los animales, y el medio ambiente, contribuyendo a su conservación y mejora.

DISEÑO Y EVALUACIÓN DE UN *ESCAPE ROOM* SOBRE GENÉTICA

La actividad propuesta permite al alumnado conocer más información acerca del funcionamiento del cuerpo humano, más concretamente de los conceptos y procesos que rigen la genética.

5.1.2 Objetivos de materia

Por su parte, los objetivos de materia se encuentran plasmados en el artículo número 7 de la Orden de 15 de enero de 2021. A día de hoy, no se ha publicado aún una nueva orden (referente a la LOMLOE) que desarrolle el currículo correspondiente a la etapa de Educación Secundaria Obligatoria en la Comunidad Autónoma de Andalucía. En esta propuesta didáctica los objetivos que serán trabajados son los siguientes:

1. Comprender y utilizar las estrategias y los conceptos básicos de la Biología y Geología para interpretar los fenómenos naturales, así como para analizar y valorar las repercusiones de desarrollos científicos y sus aplicaciones.

Con la actividad propuesta el alumnado asimilará algunos de los conceptos más importantes de genética, los cuales les permitirán comprender muchos fenómenos que tienen lugar en la naturaleza y que tienen grandes repercusiones a muchos niveles.

3. Comprender y expresar mensajes con contenido científico utilizando el lenguaje oral y escrito con propiedad, interpretar diagramas, gráficas, tablas y expresiones matemáticas elementales, así como comunicar a otras personas argumentaciones y explicaciones en el ámbito de la ciencia.

Para superar algunos de los retos propuestos en el *escape room* el alumnado tendrá que entender e interpretar contenidos científicos, un aprendizaje que ha de evidenciar a través de las diferentes preguntas que se le plantean.

4. Obtener información sobre temas científicos, utilizando distintas fuentes, incluidas las tecnologías de la información y la comunicación, y emplearla, valorando su contenido, para fundamentar y orientar trabajos sobre temas científicos.

Para lograr la información necesaria se emplearán diferentes fuentes o herramientas, como es el caso de la RA y los laboratorios virtuales, que proporcionan dicha información científica de formas muy diferentes (vídeos, textos, animaciones...).

5.1.3 Competencias clave

Las competencias clave propuestas en la LOMLOE presentan algunos cambios con respecto a las que se recogían en la LOMCE con el objetivo de vincularlas con los

retos y desafíos del siglo XXI. Sin embargo, los cambios no son demasiados: han pasado de ser siete a ser ocho (habiendo incorporado la competencia plurilingüe) y ha cambiado ligeramente la denominación del resto de competencias que ya estaban contempladas con anterioridad. Estas competencias clave se encuentran recogidas en el artículo 11 del Real Decreto 217/2022, de 29 de marzo (referente a la LOMLOE), así como en el artículo 2 del ya derogado Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre (referente a la LOMCE). Sin embargo, esta propuesta de innovación no interviene en el desarrollo de todas ellas. A continuación, se muestran las competencias clave trabajadas a través de esta actividad, concretamente cinco de las ocho totales:

b) Competencia plurilingüe (CP).

Muchas de las plataformas empleadas en el *escape room* están en inglés. Así, se promueve el uso de una lengua diferente al castellano y por esta razón decimos que en la propuesta plasmada en el trabajo se trabaja esta competencia en particular.

c) Competencia matemática y en ciencia, tecnología e ingeniería (STEM).

En esta propuesta se trabajan contenidos relacionados con genética y, por ende, contenidos científicos vinculados de forma directa con esta competencia. En particular, progresarán en su formación referente a la naturaleza del material genético, así como al reparto, expresión y herencia de dicho material.

d) Competencia digital (CD).

La propuesta permite potenciar esta competencia de forma clara puesto que el alumnado estará en contacto estrecho con las TIC y, concretamente, con las tecnologías emergentes de visualización como lo son la RA o los laboratorios virtuales.

e) Competencia personal, social y de aprender a aprender (CPSAA).

La propuesta desarrollada en el trabajo requiere del conocimiento, por parte del alumnado, de las estrategias existentes para superar los retos planteados y hacerlo en el tiempo planteado. Por ese mismo motivo se trabaja esta competencia, porque les permite a los estudiantes más participes de los procesos de aprendizaje que están experimentando, promoviendo el autoconocimiento.

f) Competencia ciudadana (CC).

Esta competencia está relacionada con el bienestar colectivo y con la capacidad con la que cuente el alumnado para comunicarse y para comportarse en diferentes entornos. En esta propuesta se sugiere un planteamiento en el que el trabajo en grupo tenga un cometido esencial: fomentar relaciones basadas en valores como lo son la tolerancia, la empatía y el respeto hacia el resto.

5.1.4 Contenidos, criterios de evaluación y estándares de aprendizaje

Los contenidos, criterios de evaluación y estándares de aprendizaje evaluables que se trabajan en la propuesta de este TFM pertenecen al bloque 1 de 4º de la ESO: “La evolución de la vida” según el Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre (referente a la LOMCE) y son los siguientes (Tabla 4):

Tabla 4. Contenidos, criterios de evaluación y estándares de aprendizaje evaluables.

Contenidos	- Los ácidos nucleicos. - ADN y Genética molecular. - Expresión de la información genética. Código genético. - La herencia y transmisión de caracteres. Introducción y desarrollo de las leyes de Mendel.
Criterios de evaluación	4. Formular los principales procesos que tienen lugar en la mitosis y la meiosis y revisar su significado e importancia biológica. 5. Comparar los tipos y la composición de los ácidos nucleicos, relacionándolos con su función. 7. Comprender cómo se expresa la información genética, utilizando el código genético. 9. Formular los principios básicos de la Genética Mendeliana, aplicando las leyes de la herencia en la resolución de problemas sencillos.
Estándares de aprendizaje evaluables	4.1. Reconoce las fases de la mitosis y meiosis, diferenciando ambos procesos y distinguiendo su significado biológico. 5.1. Distingue los distintos ácidos nucleicos y enumera sus componentes. 7.1. Ilustra los mecanismos de la expresión genética por medio del código genético. 9.1. Reconoce los principios básicos de la Genética mendeliana, resolviendo problemas prácticos de cruzamientos con uno o dos caracteres.

5.1.5 Saberes básicos, competencias específicas y criterios de evaluación

A pesar de que el recurso diseñado en este trabajo emerge en una situación en la que la ley vigente es la LOMCE, a lo largo de todo el apartado he considerado oportuno hacer referencia a la LOMLOE para avalar así la utilidad de dicho recurso en el nuevo contexto legislativo que está por implementarse. Con la llegada de la reciente ley aparecen cambios determinantes entre los cuales es posible destacar que, para cada una de las materias, se fijan las competencias específicas previstas para la etapa, así como también los criterios de evaluación y los contenidos enunciados en forma de saberes básicos. Cabe destacar que en el caso particular de la asignatura de Biología y Geología se trabajan un total de seis competencias específicas que constituyen la concreción de los descriptores de las competencias clave. Todo ello se encuentra recogido en el Real Decreto 217/2022, de 29 de marzo y, en esta propuesta didáctica en particular, los elementos que serán trabajados son los siguientes (Tabla 5):

Tabla 5. Saberes básicos, competencias específicas y criterios de evaluación.

Saberes básicos	<u>La célula</u> - La función biológica de la mitosis, la meiosis y sus fases. <u>Genética y evolución</u> - Modelo simplificado de la estructura del ADN y el ARN y relación con su función y síntesis. - Etapas de la expresión génica, características del código genético y resolución de problemas relacionados con estas. - Estrategias de resolución de problemas sencillos de herencia genética de caracteres con relación de dominancia y recesividad con uno o dos genes
Competencias específicas	1. Interpretar y transmitir información y datos científicos, argumentando sobre ellos y utilizando diferentes formatos, para analizar conceptos y procesos de las ciencias biológicas y geológicas 4. Utilizar el razonamiento y el pensamiento computacional, analizando críticamente las respuestas y soluciones y reformulando el procedimiento, si fuera necesario, para resolver problemas o dar explicación a procesos de la vida cotidiana relacionados con la Biología y la Geología.

Criterios de evaluación	1.1 Analizar conceptos y procesos biológicos y geológicos interpretando información en diferentes formatos (modelos, gráficos, tablas, diagramas, fórmulas, esquemas, símbolos, páginas web, etc.), manteniendo una actitud crítica, obteniendo conclusiones y formando opiniones propias fundamentadas. 4.1 Resolver problemas o dar explicación a procesos biológicos o geológicos utilizando conocimientos, datos e información proporcionados por el docente, el razonamiento lógico, el pensamiento computacional o recursos digitales.
--------------------------------	--

5.2 *Escape room* “Intruso en el laboratorio”

El recurso protagonista diseñado para este TFM consiste en un *escape room* virtual, llamado “Intruso en el laboratorio”, planteado para el estudio de la naturaleza del material genético, así como su reparto, expresión y herencia a través de las tecnologías emergentes de visualización. Es posible acceder al *escape room* virtual escaneando el código QR mostrado a continuación, (Figura 1). Cabe destacar que lo más recomendable es acceder al *escape room*, con el mismo enlace del código QR, a través de un dispositivo con una pantalla de mayor tamaño como es el caso de un ordenador portátil.



Figura 1. Código QR de acceso al *escape room* “Intruso en el laboratorio”.

El juego tiene una pantalla o menú principal. En la parte más superior de dicha pantalla aparece el nombre del *escape room*: “Intruso en el laboratorio” y por la parte más inferior de la pantalla muestra cuatro botones interactivos de diferentes colores, siendo así el primero de ellos el botón de “Historia”, el segundo el de “Indicaciones”, el tercero el de “Misiones”, y el último de ellos el botón “Candado”. A continuación, se muestra dicho menú principal (Figura 2).



Figura 2. Pantalla principal de “Intruso en el laboratorio”.

Al pulsar en el botón “Historia” se muestra un breve texto que relata la historia entorno a la que gira todo el juego para así poner en contexto a los participantes de este (Figura 3):

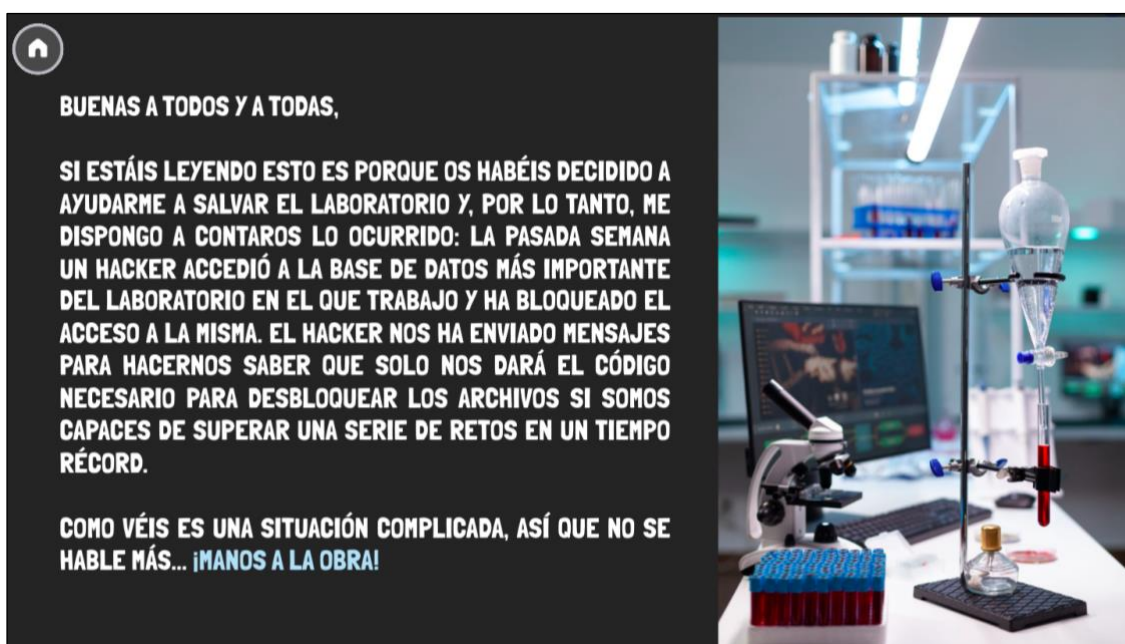


Figura 3. Historia de “Intruso en el laboratorio”.

DISEÑO Y EVALUACIÓN DE UN *ESCAPE ROOM* SOBRE GENÉTICA

El segundo botón por la izquierda es el de “Indicaciones”. En este caso, la pantalla mostrada recoge el objetivo principal y las instrucciones que han de tenerse en cuenta a lo largo del juego, así como también otra información considerada de interés para los participantes (Figura 4):

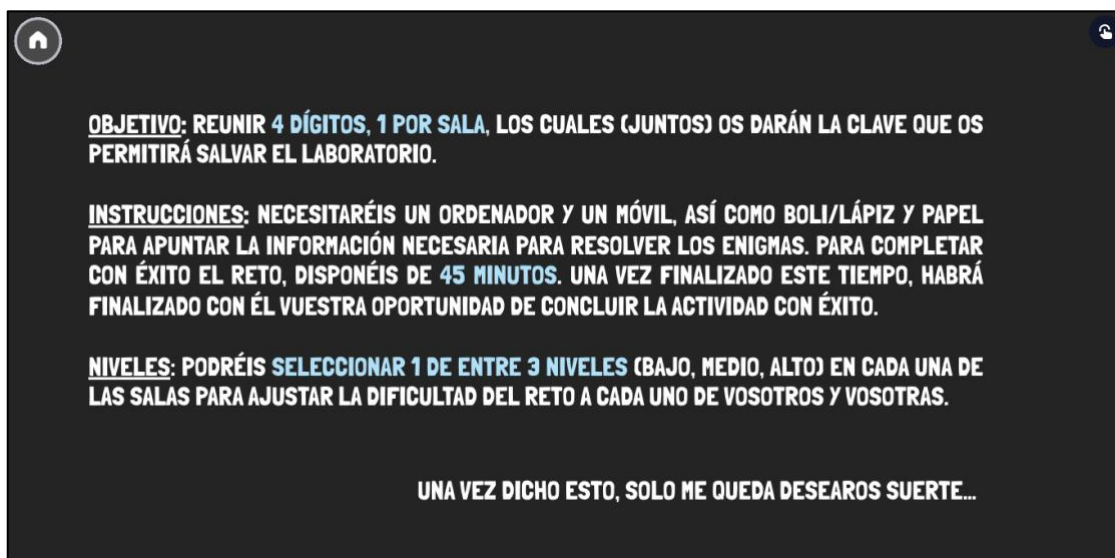


Figura 4. Indicaciones de “Intruso en el laboratorio”.

El siguiente botón es el de “Misiones”, botón que da acceso al apartado en el que están recogidas las cuatro misiones o retos que han de completarse para concluir con éxito el reto final (Figura 5):

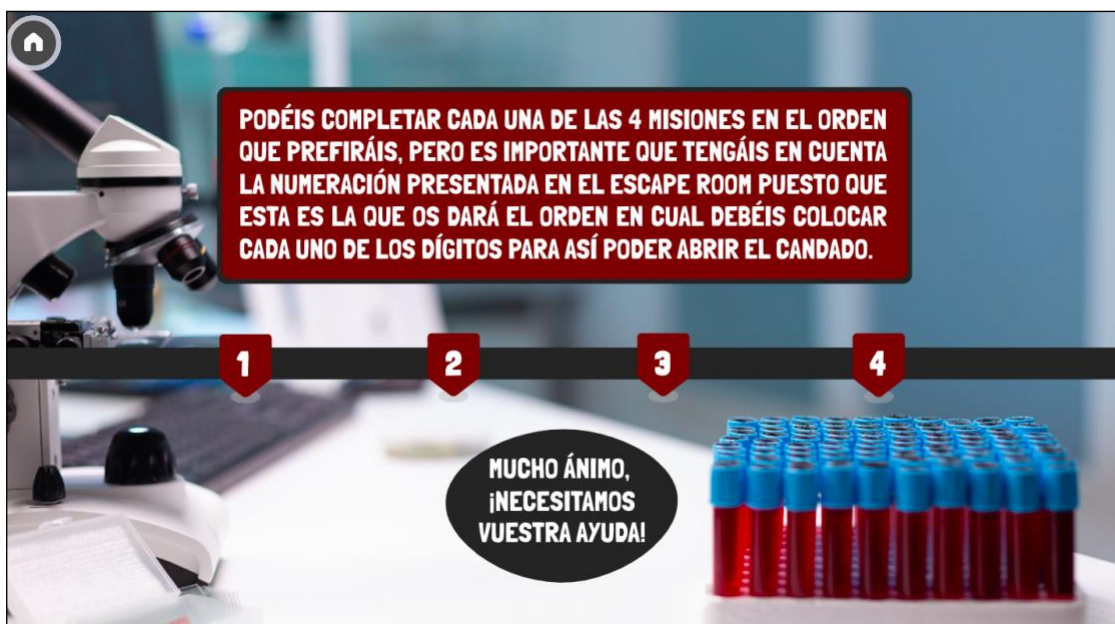


Figura 5. Misiones de “Intruso en el laboratorio”.

DISEÑO Y EVALUACIÓN DE UN *ESCAPE ROOM* SOBRE GENÉTICA

Por su parte, el último de los botones que aparecen en el menú principal es el de “Candado” y será el que les dirija al candado final donde deberán introducir el código de cuatro cifras con el que podrán finalizar el juego (Figura 6):

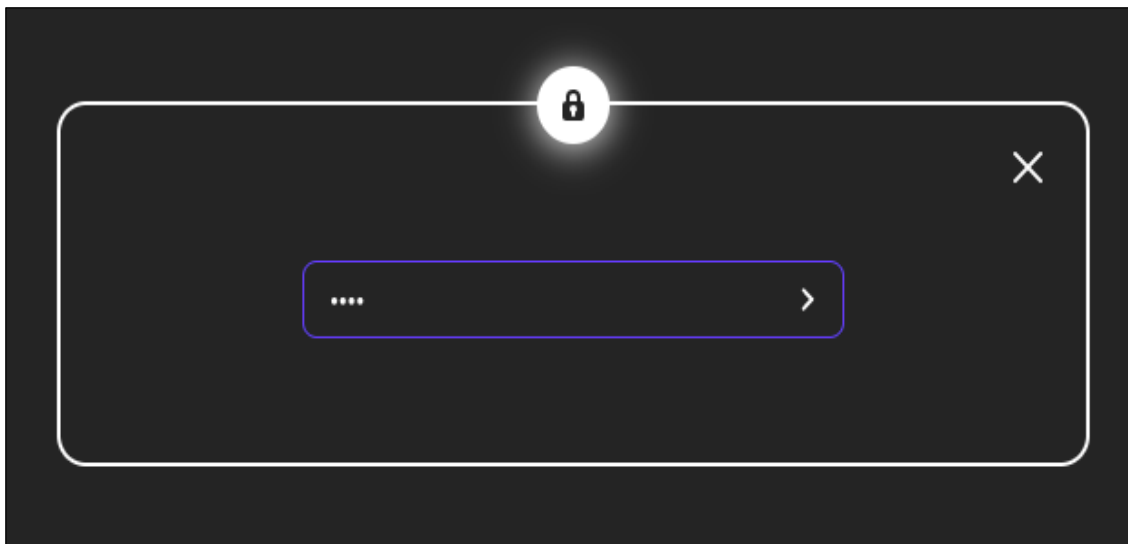


Figura 6. Candado final de “Intruso en el laboratorio”.

Todas y cada una de las salas que albergan las cuatro misiones tienen el mismo formato: una breve introducción referente al contenido que se va a trabajar en cada una de ellas y tres botones que permiten al alumnado elegir entre tres niveles de dificultad creciente. Cabe mencionar que en el aula son muchas las diferencias existentes en aspectos como la motivación, la preparación o las capacidades del propio alumnado y, por lo tanto, ofrecer una respuesta educativa capaz de atender a todas las diferencias individuales es absolutamente esencial. Esto es posible gracias al diseño de herramientas con actividades multinivel, como este *escape room*, que cuenta con diversos niveles de complejidad para garantizar que todos los alumnos/as puedan participar en ellas. Además, las misiones podrán completarse en el orden que los estudiantes prefieran y con el cual se sientan más cómodos, una vez más con el propósito de asegurar un aprendizaje a través de diversas alternativas que permitan llegar a un mismo fin. Cada uno de los botones está, por lo tanto, asociado al enlace de un cuestionario el cual tendrán que completar, por medio de las herramientas propuestas, para lograr conseguir cada uno de los cuatro dígitos que conforman la clave que les permitirá desbloquear el candado final. Los enlaces a dichos cuestionarios están incluidos en el Anexo II del TFM.

DISEÑO Y EVALUACIÓN DE UN *ESCAPE ROOM* SOBRE GENÉTICA

En la primera de las misiones se trabajará con el material genético, y para ello, se utilizará la aplicación *Merge Object Viewer* de la cual se ha hablado más en detalle con anterioridad (ver apartado 4). En esta sección, los estudiantes estudiarán los modelos de: la molécula de ADN (Figura 7) y las bases nitrogenadas que la conforman (Figura 8). En todos los casos es posible ver los modelos, tanto proyectado en RA sobre el entorno del mundo real, como en 3D en la propia pantalla del dispositivo empleado. Esto permitirá al alumnado ver las moléculas desde todos los ángulos, aumentos y perspectivas posibles, reduciendo así sus dificultades a la hora de entender la estructura del material genético.

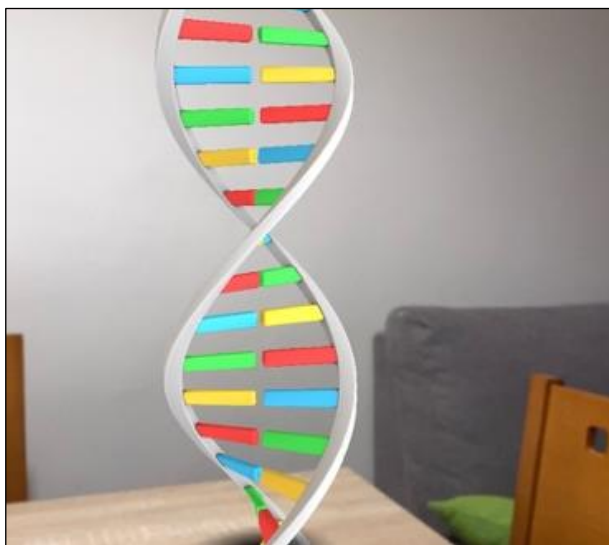


Figura 7. Modelo en RA de la molécula de ADN.

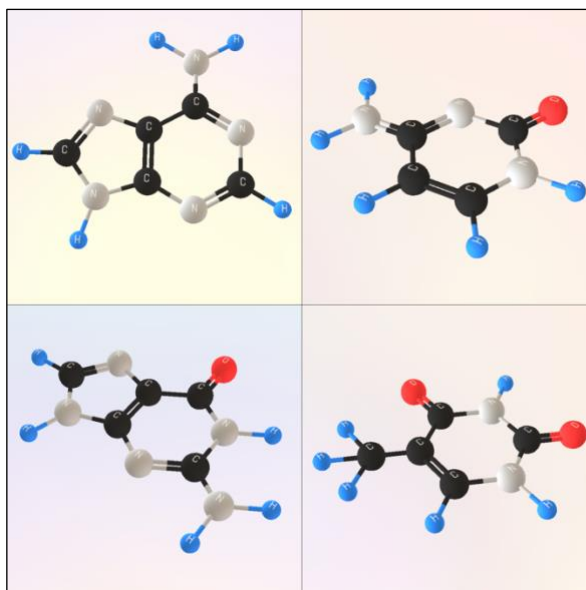


Figura 8. Modelos en 3D de las bases nitrogenadas que conforman el ADN.

DISEÑO Y EVALUACIÓN DE UN *ESCAPE ROOM* SOBRE GENÉTICA

En la segunda de las misiones se trabajará con el reparto del material genético y, más concretamente, la mitosis. Y, al igual que en la sala anterior, se hará con el apoyo de la aplicación *Merge Object Viewer*. Sin embargo, en este caso serán modelos que ilustren las fases o etapas por las que se divide el núcleo y el citoplasma celular (Figura 9). Esta misión es interesante puesto que con ella se trabaja otro de los aspectos más problemáticos entre los estudiantes, la terminología usada para describir los procesos de división celular.

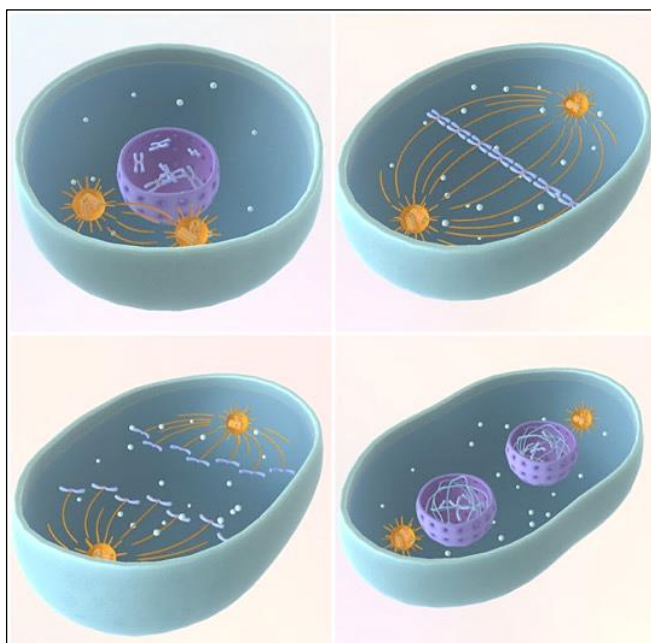


Figura 9. Modelos en 3D de las principales etapas del proceso de división celular.

En la tercera de las misiones se trabajará con la expresión del material genético, en particular con los procesos de transcripción y traducción que son los responsables de que la información codificada en un gen pueda dar lugar a la síntesis de una proteína. En este caso, se trabajará con laboratorios virtuales de un gran interés disponibles en la web, cuyos enlaces se muestran a continuación. Por su parte, esta es una sala diseñada para que el alumnado trabaje, una vez más, contenidos generalmente problemáticos a la hora de estudiar genética. En este caso, la misión permite combatir las dificultades que tienen los estudiantes a la hora de relacionar el material hereditario con la síntesis de proteínas y con la expresión de la información genética.

El primero de ellos permite hacer simulaciones del proceso de transcripción y traducción que tendría lugar en función la secuencia que hayamos introducido, aportando cuales sería la hebra de ADN complementaria y el ARN transcrito resultante, así como también los aminoácidos sintetizados (Figura 10).

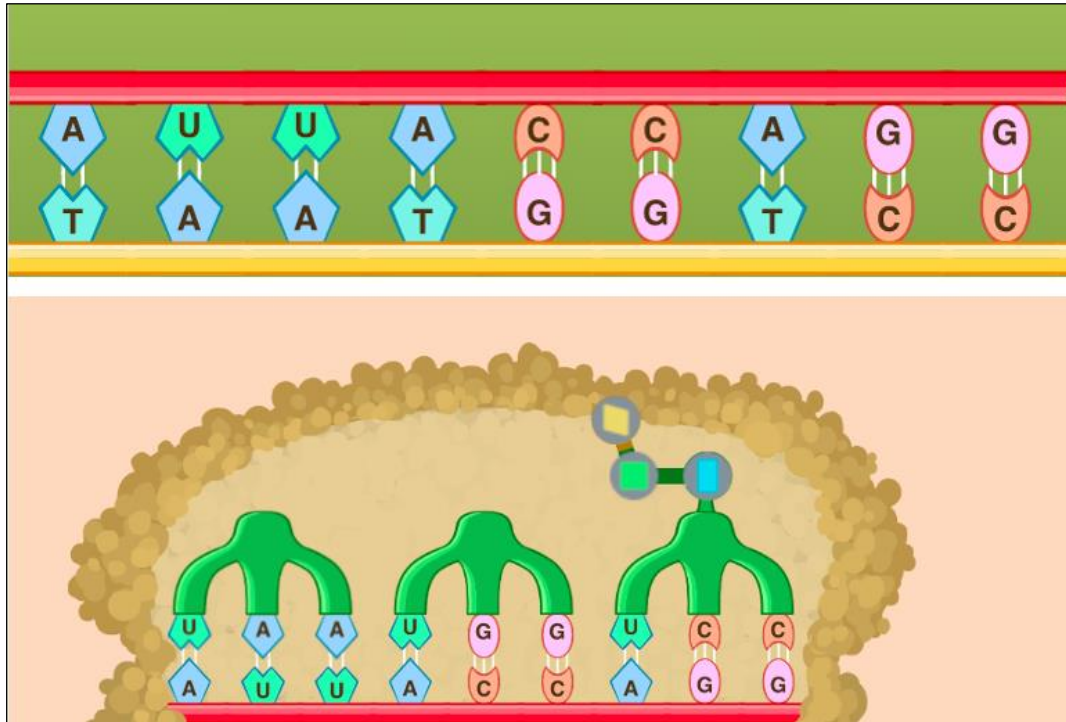


Figura 10. Simulador virtual de los procesos encargados de la expresión génica.

Enlace: <https://lab.concord.org/branch/cbio-amino-acids/embeddable-dev.html#interactives/connected-bio/DNA-to-proteins/1-dna-to-protein.json>

Por su parte, el segundo de los laboratorios permite centrarse en el código genético ya que, según el codón que introduzcas, te dará toda la información correspondiente al aminoácido resultante (Figura 11).

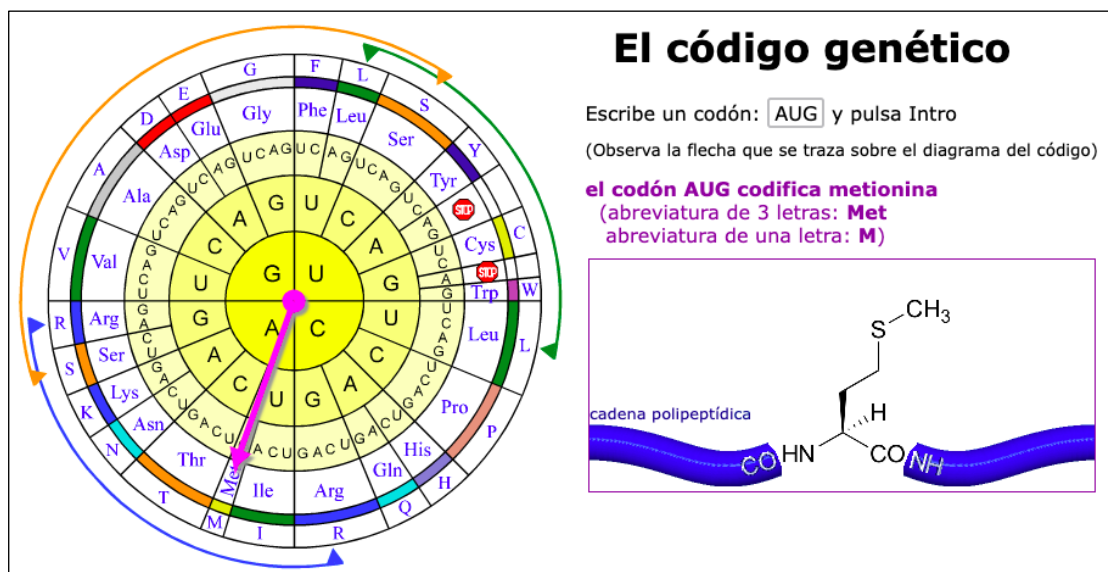


Figura 11. Simulador virtual del código genético.

Enlace: <https://biomodel.uah.es/biomodel-misc/codgen/inicio.htm>

DISEÑO Y EVALUACIÓN DE UN *ESCAPE ROOM* SOBRE GENÉTICA

En la cuarta de las misiones se trabajará con la herencia del material genético y, al igual que ocurría en la tercera de las salas, se hará con laboratorios virtuales disponibles en la web. En este caso son dos las dificultades recurrentes que se trabajan en la misión: la comprensión de los mecanismos de herencia y la distinción entre genotipo y fenotipo.

Para ello, el primero de los recursos empleados es una plataforma que ofrece la posibilidad de hacer supuestos cruces entre parentales de ratón con una dotación génica diferente para ver qué ocurre con la descendencia (Figura 12). Además, aporta elementos como gráficos y porcentajes, que permiten que los resultados sean de lo más descriptivos.

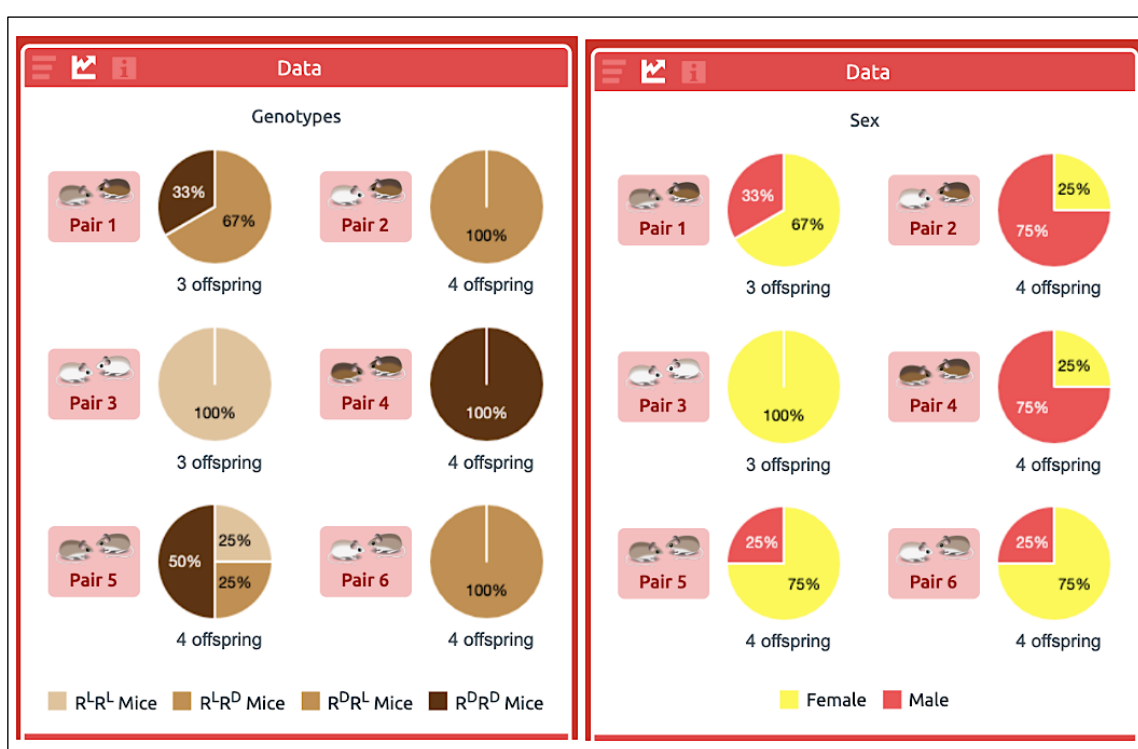


Figura 12. Simulador virtual de la herencia genética.

Enlace: <https://connected-bio-spaces.concord.org/>

La segunda de las herramientas empleadas en esta misión permite al alumnado familiarizarse con el cuadro de Punnett el cual, dados los genotipos de los dos parentales, permite ver todas las posibles combinaciones de los alelos (Figura 13). Además, permite cambiar el número de rasgos a elegir y da la opción de seleccionar qué rasgos serían los dominantes y cuales los recesivos. Sin embargo, eso no es todo, permite hacer un análisis, tanto del genotipo, como del fenotipo de la descendencia en cuestión.

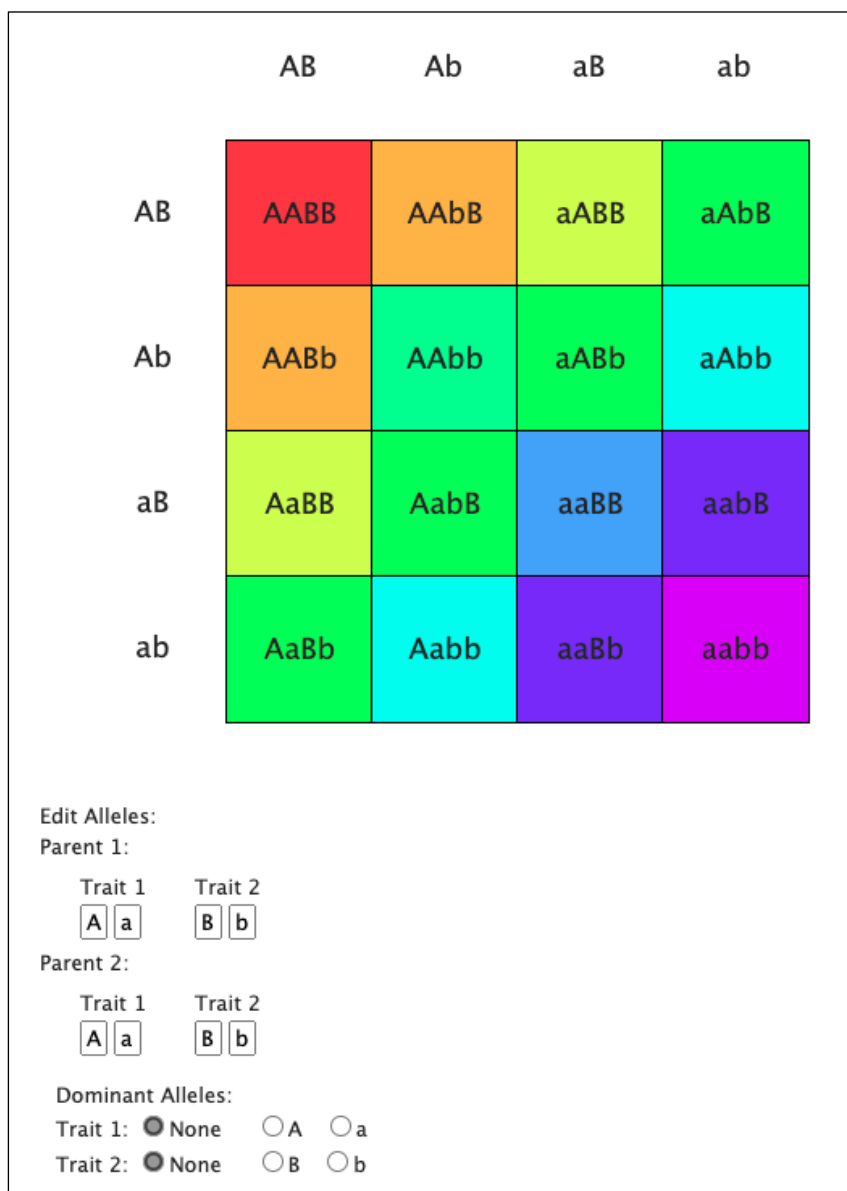


Figura 13. Simulador virtual del cuadro de Punnett.

Enlace: <http://scienceprimer.com/punnett-square-calculator>

6. 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.

6.1 Población y participantes

La población de este estudio la constituyen los estudiantes de 4º de ESO de un centro educativo público ubicado en la zona centro de Granada, en un contexto de clase

media. Dicho Instituto de Educación Secundaria es de línea tres, seleccionándose como participantes aquellos pertenecientes al grupo donde la autora de esta memoria realizaba sus prácticas. Por tanto, se ha recurrido a un muestreo no probabilístico por conveniencia. Cabe señalar que los otros dos grupos del mismo nivel presentaban estudiantes con unas características muy similares al seleccionado según afirma el profesorado del centro. El número de participantes total ha sido de 25: 10 mujeres, 14 varones y una persona que prefiere no contestar acerca de su género. Así, cabría destacar que en la clase eran un total de 30 estudiantes, pero solo fueron seleccionados aquellos que estuvieron presentes en la sesión de intervención y que completaron los cuestionarios.

6.2 Instrumentos

Esta investigación recoge datos a partir de dos instrumentos diseñados *ad hoc* para este trabajo (Anexo III), justificándose los ítems del cuestionario KPSI con información recogida en la bibliografía (Anexo IV).

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). Para ello, está compuesto por cuatro bloques de dos ítems cada uno, siendo el primer ítem de cada bloque referido a la situación antes de la intervención didáctica y el segundo al momento después de la intervención didáctica (e.g. Silva-Díaz et al., 2021). Para llevar a cabo la valoración, se proporciona 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. También se incluyen dos preguntas abiertas que solicitan al estudiantado explicar lo más importante y lo que les resultó más complicado de aprender.

Por su parte, 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*. Para ello, cuenta con una escala de cinco ítems donde la valoración de cada ítem 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). Así mismo, se incluyen tres preguntas abiertas orientadas a recoger comentarios algo más extensos y personales.

Así mismo, para triangular resultados y facilitar otra perspectiva cualitativa, se considera un cuaderno de campo donde se incluyen observaciones, por parte de la autora

de esta memoria, acerca de la experiencia que tuvo lugar durante la implementación de la propuesta didáctica (Anexo V).

6.3 Procedimiento

El primer paso de todos, dado a principios del año 2022, fue poner en marcha la revisión de los recursos disponibles para enseñar biología (y más concretamente genética) a través de las tecnologías emergentes de visualización. El propósito de esta búsqueda fue ver qué herramientas estaban a la disposición de la comunidad educativa y cuales podían ser de utilidad para el diseño del *escape room* protagonista del TFM. Una vez diseñado el recurso, el siguiente paso fue poner en marcha la intervención para poder implementar el *escape room* en el aula. Una vez diseñados los instrumentos necesarios, se procedió con la selección del grupo y el establecimiento de la fecha de la intervención, así como también con la solicitud de las autorizaciones pertinentes por parte del centro y la tutora del grupo. Concretamente, la duración de la intervención fue de tres días: los días 4 y 5 de abril se implementó el recurso, y el día 6 se pasaron los cuestionarios. De este modo, la recolección de datos se realizó *a posteriori*. En relación con esto, 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.

6.4 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, se ha aplicado la prueba no paramétrica de Wilcoxon y se han establecido las puntuaciones Z asociadas a dicha prueba estadística. Así mismo, se ha hecho un análisis cualitativo de las respuestas obtenidas, tanto en el cuestionario de satisfacción, como en el cuestionario KPSI. En lo que respecta a las categorías, se corresponden con las preguntas realizadas al alumnado (deductivas). Por su parte, las subcategorías fueron definidas en función de las respuestas dadas por los estudiantes (inductivas), pudiendo destacar que algunas de las respuestas recogidas corresponden a dos subcategorías diferentes. De este modo, se trata de una categorización mixta (basada en categorías planteadas con anterioridad, y subcategorías que surgen de la información recolectada). Esta categorización previa del cuestionario KPSI y el cuestionario de satisfacción se presenta en las Tablas 6 y 7, respectivamente.

Tabla 6. Codificación de las categorías para el análisis del cuestionario KPSI.

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 transcendencia 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 7. Codificación de las categorías para el análisis del cuestionario de satisfacción.

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.

7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

7.1 Autopercepción del aprendizaje logrado

7.1.1 Análisis cuantitativo de los datos

Para llevar a cabo este análisis, se han separado los datos en cuatro bloques de contenido para analizar cuál ha sido el cambio que ha tenido lugar entre los conocimientos sobre genética que el alumnado creía tener antes y después de poner a prueba este recurso.

Bloque sobre el material genético

En primer lugar, se han realizado los análisis relativos a la autopercepción del alumnado sobre su aprendizaje de los contenidos relativos al bloque de material genético, pudiendo destacar que en este caso el enunciado que se les proporcionaba hacía referencia a la capacidad de los estudiantes para imaginarse la conformación del ADN y de las bases nitrogenadas que lo componen (Tabla 8 y Figura 14).

Tabla 8. Autopercepción del aprendizaje sobre el material genético.

	Antes		Después	
	Frecuencia (nº alumnos)	Porcentaje (%)	Frecuencia (nº alumnos)	Porcentaje (%)
Con gran dificultad	8	32	0	0
Con cierta dificultad	8	32	0	0
Con relativa facilidad	6	24	13	52
Con gran facilidad	3	12	12	48
Total	25	100	25	100

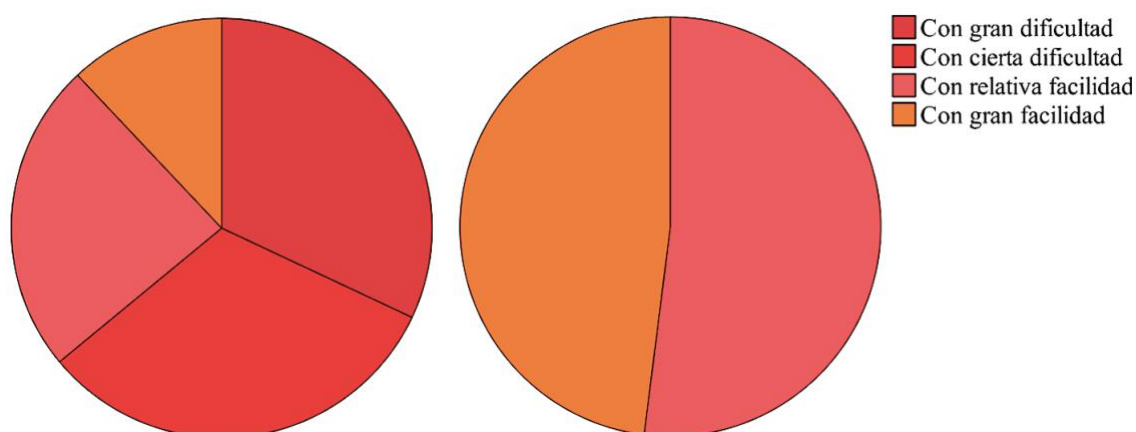


Figura 14. Autopercepción del aprendizaje sobre el material genético.

Así, es posible ver 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) a la hora de imaginar dichas conformaciones. Sin embargo, tras superar 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). Por lo tanto, es posible ver que el recurso tiene la capacidad de reducir las dificultades del alumnado para representar mentalmente el material genético y los elementos que lo conforman.

Bloque sobre el reparto del material genético

El segundo de los bloques es el relativo al reparto del material genético. En este caso, el enunciado facilitado a los estudiantes hacía referencia a la capacidad de estos para comprender los procesos por los que tiene lugar la división celular y para identificar las fases más representativas de la mitosis (Tabla 9 y Figura 15).

Tabla 9. Autopercepción del aprendizaje sobre el reparto del material genético.

	Antes		Después	
	Frecuencia (nº alumnos)	Porcentaje (%)	Frecuencia (nº alumnos)	Porcentaje (%)
Con gran dificultad	5	20	0	0
Con cierta dificultad	9	36	0	0
Con relativa facilidad	7	28	5	20
Con gran facilidad	4	16	20	80
Total	25	100	25	100

DISEÑO Y EVALUACIÓN DE UN *ESCAPE ROOM* SOBRE GENÉTICA

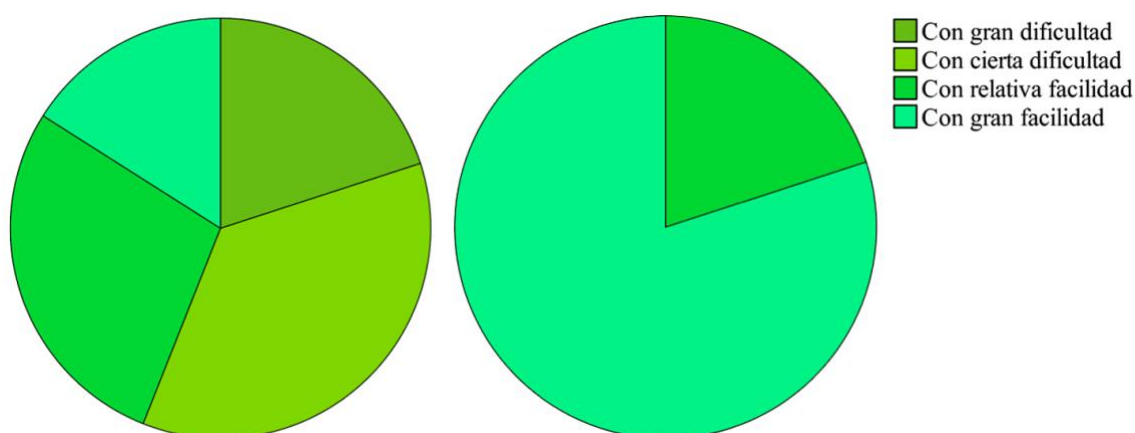


Figura 15. Autopercepción del aprendizaje sobre el reparto del material genético.

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 superada 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.

Bloque sobre la expresión del material genético

El tercero de los bloques es el relativo a la expresión del material genético. En este caso, el enunciado hacía referencia a la 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 (Tabla 10 y Figura 16).

Tabla 10. Autopercepción del aprendizaje sobre la expresión del material genético.

	Antes		Después	
	Frecuencia (nº alumnos)	Porcentaje (%)	Frecuencia (nº alumnos)	Porcentaje (%)
Con gran dificultad	9	36	0	0
Con cierta dificultad	9	36	4	16
Con relativa facilidad	4	16	9	36
Con gran facilidad	3	12	12	48
Total	25	100	25	100

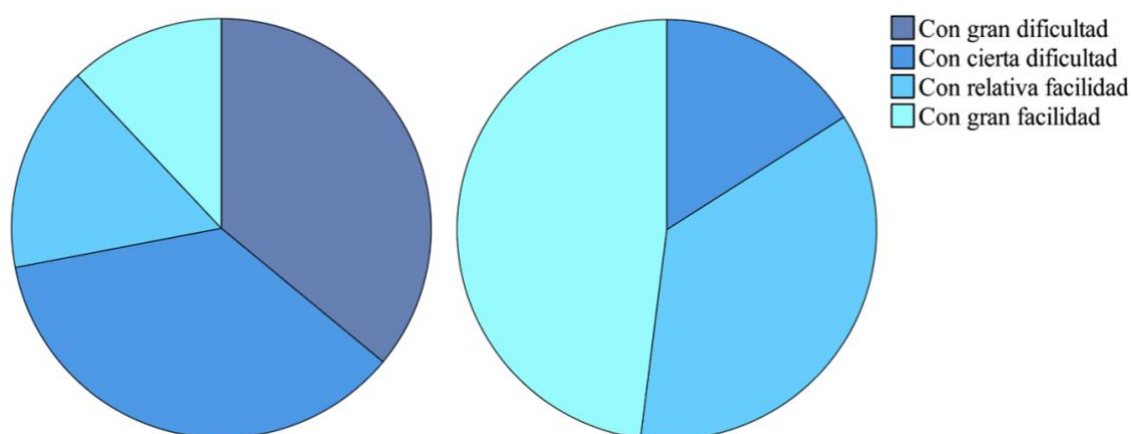


Figura 16. Autopercepción del aprendizaje sobre la expresión del material genético.

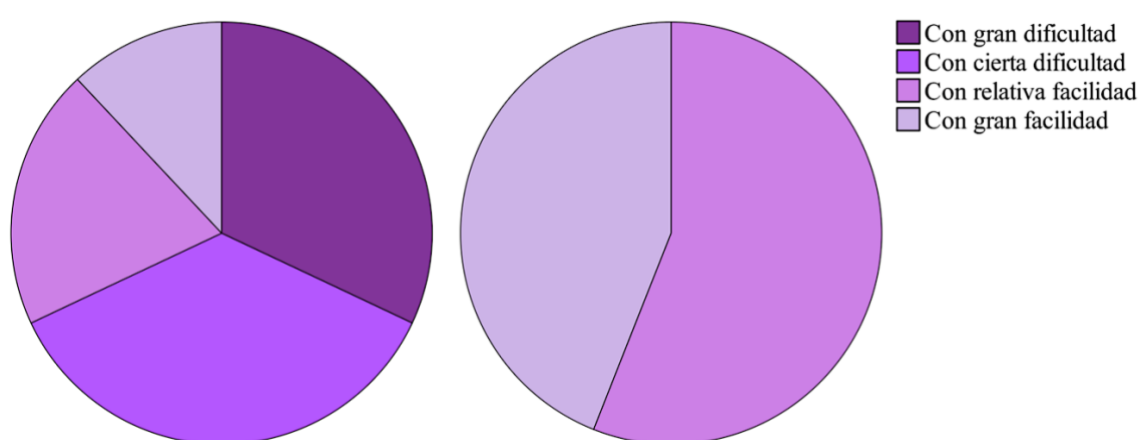
Una vez más, es posible observar que más de la mitad de los estudiantes (un 36% con cierta dificultad y otro 36% con gran dificultad) afirman que, antes de superar el *escape room*, tenían dificultades para comprender esta relación. Sin embargo, en este caso las percepciones post-actividad son ligeramente 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 el 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. No obstante, en este caso no se observa un cambio tan claro como en los casos anteriores, lo cual podría explicarse por la complejidad de los contenidos trabajados en este bloque en particular.

Bloque sobre la herencia del material genético

El cuarto y último bloque es el relativo a la herencia del material genético, bloque cuyo enunciado hacía referencia a la capacidad de los estudiantes para comprender los mecanismos propios de la herencia genética encargados de la transmisión del material genético de unas generaciones a otras (Tabla 11 y Figura 17).

Tabla 11. Autopercepción del aprendizaje sobre la herencia del material genético.

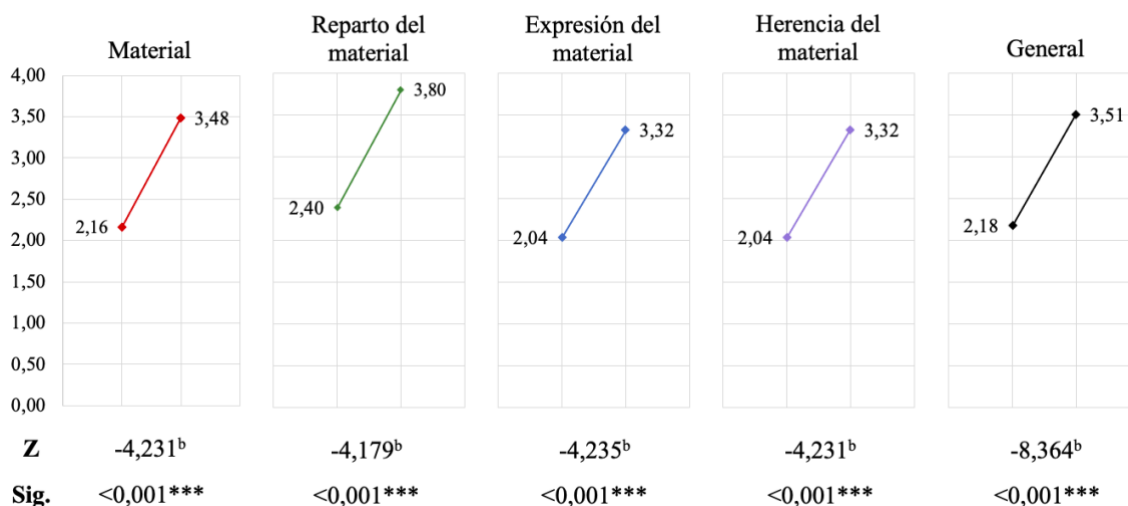
	Antes		Después	
	Frecuencia (nº alumnos)	Porcentaje (%)	Frecuencia (nº alumnos)	Porcentaje (%)
Con gran dificultad	8	32	0	0
Con cierta dificultad	9	36	0	0
Con relativa facilidad	5	20	14	56
Con gran facilidad	3	12	11	44
Total	25	100	25	100

**Figura 17.** Autopercepción 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 superar 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.

DISEÑO Y EVALUACIÓN DE UN *ESCAPE ROOM* SOBRE GENÉTICA

Una vez presentados y discutidos, de forma aislada, los datos recogidos para cada uno de los bloques, se procede a hacer un análisis que permita ver que las diferencias son significativas. Para ello se han analizado los cuatro bloques de forma individual, así como también los datos generales de los cuatro bloques juntos. Para realizar dicho estudio, se han sometido los datos a la prueba estadística no paramétrica de Wilcoxon (Figura 18).



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

Figura 18. Resultados del cuestionario KPSI referidos a los momentos antes (izquierda) y después (derecha) de la intervención.

Así, se puede ver que el valor del estadístico p (<0.001) es, en los cinco casos, menor que el valor previamente establecido (0.05). Por lo tanto, se rechaza la Hipótesis Nula, probándose 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 (e.g. Silva-Díaz et al., 2021). En ese estudio en particular, también se sometió los datos a la prueba estadística no paramétrica de Wilcoxon y coincide que las diferencias encontradas son significativas, y además con valores muy similares a los que se observan en este trabajo.

7.1.2 Análisis cualitativo de los datos

En lo que respecta a los aspectos cualitativos del cuestionario de autopercepción de los conocimientos, el alumnado responde a las preguntas abiertas de muy brevemente.

DISEÑO Y EVALUACIÓN DE UN *ESCAPE ROOM* SOBRE GENÉTICA

Además, en este caso cabe destacar que hay cuatro estudiantes que no han dado 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. A continuación, se muestran las frecuencias resultantes tras el análisis de cada una de las categorías y las subcategorías establecidas (Tabla 12).

Tabla 12. 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						

Por una parte, dentro de la primera categoría (1) Aspectos de mayor importancia, la subcategoría con una mayor frecuencia ha sido la (d), seguida directamente por las categorías (a) y (b). Así, destacan 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 transcendencia 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 solo 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, dentro de la segunda categoría (2) Aspectos de mayor complejidad, las subcategorías con mayor frecuencia, aunque no demasiado alta, han sido la (a), (b), (c) siendo, por tanto, los contenidos relacionados con el material genético, y la expresión y herencia de este, los que han supuesto un mayor reto para el estudiantado. 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).

7.2 Valoración del recurso y la experiencia por parte del alumnado

7.2.1 Análisis cuantitativo de los datos

En la Figura 19 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”, ya que en el resto de los ítems el resultado ha sido siempre 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

DISEÑO Y EVALUACIÓN DE UN *ESCAPE ROOM* SOBRE GENÉTICA

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.

Estos resultados ponen de manifiesto que la valoración del recurso ha sido de lo más positiva, así como también permite dar a conocer los ámbitos en los que sería posible conseguir una mejora sensible.

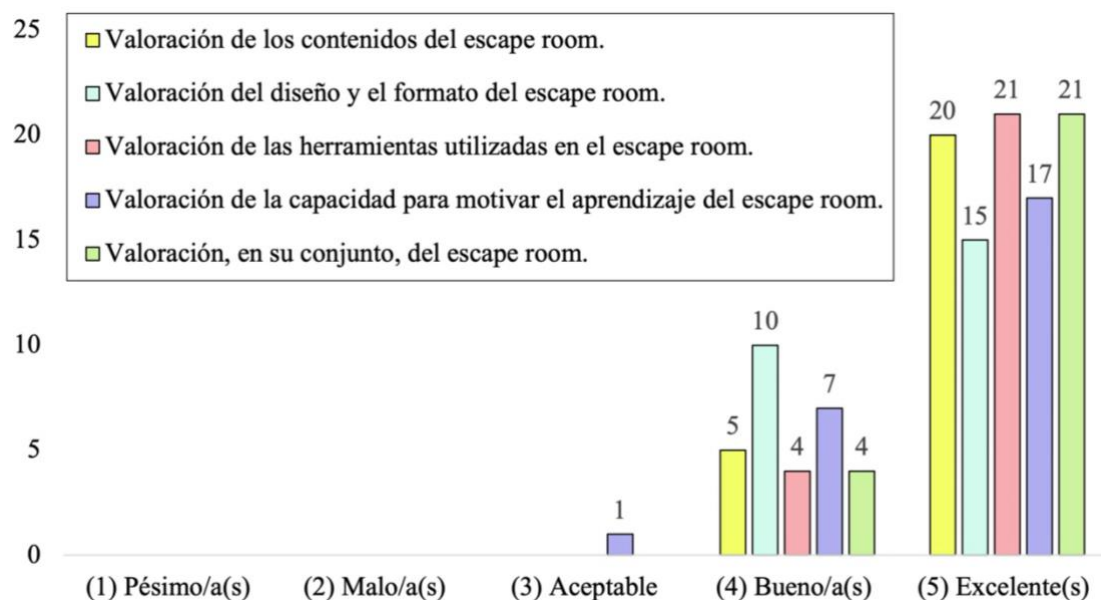


Figura 19. Histograma de frecuencias absolutas del cuestionario de satisfacción.

Si analizamos lo que ocurre cuando comparamos varones y mujeres, es posible ver que las diferencias a nivel de valoración son prácticamente insignificantes. Así, si estudiamos las puntuaciones medias para cada uno de los cinco ítems del cuestionario de satisfacción (Tabla 13), es posible apreciar que son las mujeres las que dan en todos y cada uno de los ítems puntuaciones ligeramente más altas. Además, cabe mencionar que solo en el caso de las mujeres ha ocurrido que todas las puntuaciones han coincidido en un mismo valor, siendo además el valor que corresponde a la más alta de las puntuaciones. Esto ha ocurrido concretamente con los ítems “valoración de contenidos” y “valoración, en su conjunto del *escape room*”, para los cuales las mujeres han dado una puntuación media de cinco. Así mismo, sería posible destacar que las mujeres no valoraron ninguno de los ítems de forma “aceptable”, mientras que en el caso de los varones sí que hubo un estudiante que valoró un ítem con esta puntuación, concretamente el ítem correspondiente a la “valoración de la capacidad para motivar el aprendizaje”.

Tabla 13. Puntuaciones medias para cada uno de los ítems en función del género.

	Varones	Mujeres
Valoración de los contenidos	4,71	5,00
Valoración del diseño y el formato	4,57	4,70
Valoración de las herramientas utilizadas	4,79	4,90
Valoración de la capacidad para motivar el aprendizaje	4,43	4,90
Valoración, en su conjunto, del recurso	4,79	5,00

Los resultados aquí observados siguen la línea de hallazgos obtenidos en otros estudios en los que también se ve 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 (e.g. Silva-Díaz et al., 2021). Por lo tanto, parece ser que, aunque el estudiantado de una valoración relativamente menor a aspectos como el diseño y el formato, esto no tiene un impacto relevante en la valoración general del recurso diseñado.

7.2.2 Análisis cualitativo de los datos

En lo que respecta a los aspectos cualitativos del cuestionario de satisfacción, en este caso 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 escasa. A continuación, se muestran las frecuencias resultantes tras el análisis de cada una de las categorías y subcategorías establecidas (Tabla 14).

Tabla 14. Frecuencias resultantes del análisis del cuestionario de satisfacción.

	(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

DISEÑO Y EVALUACIÓN DE UN ESCAPE ROOM SOBRE GENÉTICA

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), seguida muy directamente y en orden decreciente de frecuencia, por subcategorías como la (b), la (d) o la (a). 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 muestra 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 difiere de lo que están acostumbrados a hacer en las aulas.

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) 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), (b), (c) y (d) 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 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 aquí presentados coinciden en gran medida con lo observado en el análisis cuantitativo, puesto que en ambos casos vemos que el *escape room* ha sido muy valorado 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 estudiantado, se puede observar que todos y cada uno de los estudiantes recomendaría la utilización de este recurso en las aulas.

7.3 Análisis del diario de campo

En último lugar, estaría el análisis de las observaciones de la autora de este trabajo, las cuales están recogidas en el diario de campo.

Por un lado, cabe destacar la predisposición positiva mostrada por el alumnado desde el comienzo de la intervención, predisposición que era fruto del interés por parte de los estudiantes de cara a utilizar las TIC y trabajar con los dispositivos electrónicos. Además, es interesante ver como esta observación fue confirmada con posterioridad por los estudiantes en el cuestionario de satisfacción, ya que hubo seis alumnos del total que afirmaron que el uso de las TIC era lo que más les había gustado de la propuesta.

Por otro lado, una de las observaciones más relevantes durante 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 e interactividad del juego. Al igual que en el caso anterior, estas ideas 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.

Además de todo eso, cabe destacar también que el alumnado me hizo partícipe de la satisfacción que les proporcionaba haber superado el reto, y me comentaron que todas las herramientas utilizadas eran de un gran interés didáctico, ya que les permitían entender mucho mejor las cosas. Al igual que en los casos anteriores, estas ideas se plasmaron en las respuestas a los cuestionarios, más concretamente en el de satisfacción, en el cual ocho alumnos destacaron el recurso por su potencial didáctico.

8. CONCLUSIONES

Son muchas las investigaciones que recopilan las dificultades más recurrentes entre el alumnado a la hora de aprender genética, dificultades que también se han puesto de manifiesto en esta breve investigación. En el marco de la problemática expuesta surge el recurso diseñado, implementado y evaluado en este TFM, un *escape room* orientado a trabajar la naturaleza del material genético, así como su reparto, expresión y herencia en la ESO, a través de tecnologías emergentes de visualización como la RA y los laboratorios virtuales.

Dicho esto, las conclusiones resultantes de la investigación realizada en el trabajo aquí presente, teniendo en cuenta los objetivos específicos inicialmente marcados, son las siguientes:

1. En relación con el primero de los objetivos, que planteaba realizar un análisis de los recursos relacionados con las tecnologías emergentes de visualización disponibles para su uso en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la biología, se puede concluir que son numerosos y que muchos de ellos ofrecen alternativas de un gran interés didáctico. Por la parte que respecta a la RA, existen varias aplicaciones para la visualización de imágenes virtuales sobre entornos reales. Sin embargo, cabe destacar una entre todas ellas: *Merge Object Viewer*, una aplicación que ofrece, de forma gratuita, modelos en 3D de una excelente calidad para trabajar numerosos contenidos de biología. Por la parte que respecta a los laboratorios virtuales, también existe una destacable variedad de recursos diferentes, tanto de pago como gratuitos, que ofrecen simulaciones con un gran potencial para trabajar contenidos diversos de biología. En este caso, cabría destacar plataformas como: *Labster*, *PhET*, *Go-Lab*, *The Concord Consortium*, *ConnectedBio* o *LabXchange*.

2. En relación con el segundo de los objetivos, que planteaba diseñar un *escape room* para trabajar contenidos de genética teniendo en cuenta la revisión anteriormente mencionada, se puede concluir que se ha logrado crear de cero el *escape room* “Intruso en el laboratorio”, el cual está constituido por cuatro salas con retos multinivel destinadas al estudio de contenidos de genética por medio de herramientas de RA y de laboratorios virtuales.

3. En relación con el tercero de los objetivos, que planteaba implementar y evaluar dicho *escape room* de acuerdo con la autopercepción del aprendizaje de contenidos de genética logrado y la satisfacción de estudiantes de 4º curso de ESO, es posible alcanzar varias conclusiones. En primer lugar, que el recurso ha sido valorado muy positivamente

por los estudiantes, tanto los contenidos, como su diseño, formato, herramientas utilizadas y capacidad de este para motivar al alumnado. Además, muchos estudiantes destacan que les ha gustado especialmente por ser original, divertida, dinámica, didáctica y de interés por el trabajo con las TIC. Tanto es así, que todos los alumnos consideran que se trata de un recurso capaz de despertar el interés por los contenidos de genética, y aseguran que recomendarían la actividad a otros grupos o cursos. En segundo lugar, se puede ver que en los cuatro bloques de contenido en particular y a nivel general los cambios observados (entre los conocimientos que el alumnado creía tener antes y después de poner a prueba este recurso) presentan diferencias significativas y, por ende, se ha logrado un recurso capaz de cambiar algunas de las ideas previas (referentes a la naturaleza del material genético, su reparto, expresión y herencia) más recurrentes entre el alumnado. Así mismo, se puede observar que los contenidos relacionados con el material genético, y la división y herencia de este, fueron los percibidos como más importantes. Del mismo modo que se puede observar que los contenidos relacionados con el material genético, y la expresión y herencia de este fueron los de mayor complejidad para el estudiantado.

En lo que respecta a las limitaciones del estudio, es posible destacar que el número de participantes no es muy alto, ya que únicamente se trasladó la intervención a un único grupo de 4º de ESO. De igual modo, la investigación carece de un grupo control con el que comparar los resultados. Por tanto, y a modo de propuesta de futuras líneas de mejora siguiendo la línea de trabajo aquí iniciada, considero que sería recomendable hacer una investigación con una muestra mayor y un grupo control adecuado. Así mismo, podría sugerirse plantear una variante de la actividad en la que utilicen gafas de RV para lograr una experiencia didáctica más inmersiva y con un mayor número de posibilidades. En último lugar, he de destacar que también podría ser interesante hacerle una entrevista a la tutora responsable del grupo como profesional de la educación, así como podría diseñarse una entrevista destinada a una selección de los estudiantes para lograr profundizar en la percepción de este colectivo sobre la experiencia vivida y en el impacto que les genera.

9. REFERENCIAS

- Acosta Núñez, J. N., Parrales Poveda, M. L., & Arcos Coba, Á. P. (2017). Aplicación de las herramientas TICs en el proceso enseñanza-aprendizaje. *Dominio de Las Ciencias*, 3(2), 827–840.
- Akçayır, M., & Akçayır, G. (2017). Advantages and challenges associated with augmented reality for education: A systematic review of the literature. *Educational Research Review*, 20, 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2016.11.002>
- 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.
- Ayega, D., & Khan, A. (2020). Students Experience on the Efficacy of Virtual Labs in Online Biology. *2020 The 4th International Conference on Education and E-Learning*, 75–79. <https://doi.org/10.1145/3439147.3439170>
- Badoiu, G. A., Escrig-Tena, A. B., Segarra-Ciprés, M., García-Juan, B., & Salvador-Gómez, A. (2020). Herramientas de gamificación: efectos sobre el aprendizaje significativo, el engagement y el estrés de los estudiantes. *Proceedings INNODOCT/20. International Conference on Innovation, Documentation and Education*, 487–494. <https://doi.org/10.4995/INN2020.2020.11848>
- Bello Garcés, S. (2004). Ideas previas y cambio conceptual. *Educación Química*, 15(3), 210–217. <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2004.3.66178>
- Borrego, C., Fernández, C., Blanes, I., & Robles, S. (2017). Room escape at class: Escape games activities to facilitate the motivation and learning in computer science. *Journal of Technology and Science Education*, 7(2), 162–171. <https://doi.org/10.3926/jotse.247>
- Chen, P., Liu, X., Cheng, W., & Huang, R. (2017). A review of using Augmented Reality in Education from 2011 to 2016. In *Innovations in smart learning* (pp. 13–18). https://doi.org/10.1007/978-981-10-2419-1_2
- de Soto García, I. S. (2018). Herramientas de gamificación para el aprendizaje de ciencias de la tierra. *EduTec. Revista Electrónica de Tecnología Educativa*, 65, 29–39. <https://doi.org/10.21556/edutec.2018.65.1143>
- Deterding, S., Dixon, D., Khaled, R., & Nacke, L. (2011). From game design elements to gamefulness. *Proceedings of the 15th International Academic MindTrek Conference*

- on *Envisioning Future Media Environments – MindTrek '11*, 9. <https://doi.org/10.1145/2181037.2181040>
- 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
- González, C. S. (2019). Gamificación en el aula: ludificando espacios de enseñanza-aprendizaje presenciales y espacios virtuales. *Researchgate. Net*, 1–22.
- 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.
- 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>
- Kalogiannakis, M., Papadakis, S., & Zourmpakis, A.-I. (2021). Gamification in Science Education. A Systematic Review of the Literature. *Education Sciences*, 11(1), 22. <https://doi.org/10.3390/educsci11010022>
- Kesim, M., & Ozarslan, Y. (2012). Augmented Reality in Education: Current Technologies and the Potential for Education. *Procedia – Social and Behavioral Sciences*, 47, 297–302. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.06.654>
- Lee, K. (2012). Augmented Reality in Education and Training. *TechTrends*, 56(2), 13–21. <https://doi.org/10.1007/s11528-012-0559-3>
- 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>

- López García, M., & Morcillo Ortega, J. G. (2007). Las TIC en la enseñanza de la Biología en la educación secundaria: los laboratorios virtuales. *Revista Electrónica de Enseñanza de Las Ciencias*, 6(3), 562–576.
- Mahmud, M. C., & Gutiérrez, O. A. (2010). Estrategia de Enseñanza Basada en el Cambio Conceptual para la Transformación de Ideas Previas en el Aprendizaje de las Ciencias. *Formación Universitaria*, 3(1), 11–20. <https://doi.org/10.4067/S0718-50062010000100003>
- Nah, F. F.-H., Telaprolu, V. R., Rallapalli, S., & Venkata, P. R. (2013). Gamification of Education Using Computer Games. In *Human Interface and the Management of Information. Information and Interaction for Learning, Culture, Collaboration and Business* (pp. 99–107). Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-39226-9_12
- Radhamani, R., Sasidharakurup, H., Sujatha, G., Nair, B., Achuthan, K., & Diwakar, S. (2014). Virtual Labs Improve Student's Performance in a Classroom. In *E-Learning, E-Education, and Online Training* (pp. 138–146). Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-13293-8_17
- Radu, I. (2014). Augmented reality in education: a meta-review and cross-media analysis. *Personal and Ubiquitous Computing*, 18(6), 1533–1543. <https://doi.org/10.1007/s00779-013-0747-y>
- 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>
- 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. *Educación*, 57(1), 119–138. <https://doi.org/10.5565/rev/educar.1136>
- Taraldsen, L. H., Haara, F. O., Lysne, M. S., Jensen, P. R., & Jenssen, E. S. (2022). A review on use of escape rooms in education – touching the void. *Education Inquiry*, 13(2), 169–184. <https://doi.org/10.1080/20004508.2020.1860284>

- 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>
- Wiemker, M., Elumir, E., & Clare, A. (2015). Escape Room Games: “Can you transform an unpleasant situation into a pleasant one?” *Game Based Learning*, 55, 55–75.
- Young, D., & Tamir, P. (1977). Finding Out What Students Know. *Science Teacher*, 44(6), 27–28.
- Zainuddin, Z., Chu, S. K. W., Shujahat, M., & Perera, C. J. (2020). The impact of gamification on learning and instruction: A systematic review of empirical evidence. *Educational Research Review*, 30, 100326. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2020.100326>

ANEXOS

ANEXO I. MARCO NORMATIVO Y CURRICULAR

- Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación (LOE)
- Ley Orgánica 8/2013, de 9 de diciembre, para la Mejora de la Calidad Educativa (LOMCE).
- Ley Orgánica 3/2020, de 29 de diciembre, por la que se Modifica la Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación (LOMLOE).
- Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre, por el que se establece el currículo básico de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato.
- Real Decreto 217/2022, de 29 de marzo, por el que se establece la ordenación y las enseñanzas mínimas de la Educación Secundaria Obligatoria (deroga el Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre).
- Decreto 111/2016, de 14 de junio, por el que se establece la ordenación y el currículo de la Educación Secundaria Obligatoria en la Comunidad Autónoma de Andalucía.
- Decreto 182/2020, de 10 de noviembre, por el que se establece la ordenación y el currículo de la Educación Secundaria Obligatoria en la Comunidad Autónoma de Andalucía (modifica el Decreto 111/2016, de 14 de junio).
- Orden ECD/65/2015, de 21 de enero, por la que se describen las relaciones entre las competencias, los contenidos y los criterios de evaluación de la educación primaria, la educación secundaria obligatoria y el bachillerato.
- Orden de 14 de julio de 2016, por la que se desarrolla el currículo correspondiente a la Educación Secundaria Obligatoria en la Comunidad Autónoma de Andalucía, se regulan determinados aspectos de la atención a la diversidad y se establece la ordenación de la evaluación del proceso de aprendizaje del alumnado.
- Orden de 15 de enero de 2021, por la que se desarrolla el currículo correspondiente a la etapa de Educación Primaria en la Comunidad Autónoma de Andalucía, se regulan determinados aspectos de la atención a la diversidad, se establece la ordenación de la evaluación del proceso de aprendizaje del alumnado y se determina el proceso de tránsito entre distintas etapas educativas (completa la Orden de 14 de julio de 2016).

ANEXO II. FORMULARIOS ASOCIADOS A LAS SALAS DEL *ESCAPE ROOM*

Son cuatro las salas con las misiones propuestas, así:

- **Sala 1. El material genético.**
 - Nivel 1. <https://forms.gle/JRE5CmqHMUaMRHr6A>
 - Nivel 2. <https://forms.gle/pdBuySej7c12dGWNA>
 - Nivel 3. <https://forms.gle/mcTryZ5ZTeGZAeos8>

- **Sala 2. El reparto del material genético.**
 - Nivel 1. <https://forms.gle/smzD7SR3KDqc2ddh8>
 - Nivel 2. <https://forms.gle/8DmaGKzPx1ycchi97>
 - Nivel 3. <https://forms.gle/WKJfK6BpPM2pFM9Y6>

- **Sala 3. La expresión del material genético.**
 - Nivel 1. <https://forms.gle/3v9jNbCYf2uuoBym9>
 - Nivel 2. <https://forms.gle/dyN14TxkQw4QcdAD9>
 - Nivel 3. <https://forms.gle/dejSDppuqhysEagL8>

- **Sala 4. La herencia del material genético.**
 - Nivel 1. <https://forms.gle/jqUhHh4887p78wRs9>
 - Nivel 2. <https://forms.gle/yi8ohY8eZT1fuMj67>
 - Nivel 3. <https://forms.gle/B7aCDT9zMfGoCaBn8>

ANEXO III. CUESTIONARIOS PARA LA EVALUACIÓN DEL RECURSO



**UNIVERSIDAD
DE GRANADA**



Género: ☐ Femenino ☐ Masculino ☐ Otro ☐ Prefiero no contestar

VALORACIÓN DE LO APRENDIDO EN EL *ESCAPE ROOM* "INTRUSO EN EL LABORATORIO"

A continuación, en este cuestionario anónimo, se presentan una serie de enunciados sobre su conocimiento antes y después de superar el escape room: "Intruso en el laboratorio" para poder valorar el aprendizaje logrado gracias a esta actividad. Lea atentamente cada una de las preguntas y seleccione el valor que se adapte más a su situación pasada y actual siendo: **(1) Con gran dificultad, (2) Con cierta dificultad, (3) Con relativa facilidad y (4) Con gran facilidad**. Por favor, responda con total sinceridad. Las respuestas no afectarán en ningún caso a las calificaciones.

1) Sobre el **material genético**:

1	2	3	4
---	---	---	---

a. Antes de realizar la actividad propuesta, era capaz de imaginarme la conformación del ADN, así como las bases nitrogenadas que lo componen.

1	2	3	4
---	---	---	---

b. Tras superar la actividad propuesta, soy capaz de imaginarme la conformación del ADN, así como las bases nitrogenadas que la componen.

2) Sobre el **reparto del material genético**:

1	2	3	4
---	---	---	---

a. Antes de realizar la actividad propuesta, comprendía los procesos por los que tiene lugar la división celular y era capaz de identificar las fases más representativas de la mitosis.

1	2	3	4
---	---	---	---

b. Tras superar la actividad propuesta, comprendo los procesos por los que tiene lugar la división celular y soy capaz de identificar las fases más representativas de la mitosis.

3) Sobre la **expresión del material genético**:

1	2	3	4
---	---	---	---

a. Antes de realizar la actividad propuesta, comprendía 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 una proteína.

1	2	3	4
---	---	---	---

b. Tras superar la actividad propuesta, comprendo 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 una proteína.

4) Sobre la **herencia del material genético**:

1	2	3	4
---	---	---	---

a. Antes de realizar la actividad propuesta, comprendía los mecanismos propios de la herencia genética encargados de la transmisión del material genético de unas generaciones a otras.

1	2	3	4
---	---	---	---

b. Tras superar la actividad propuesta, comprendo los mecanismos propios de la herencia genética encargados de la transmisión del material genético de unas generaciones a otras.

En esta última pregunta haga una valoración general de lo que ha aprendido con el escape room:

¿Qué cree que es lo más importante que ha aprendido? ¿Por qué?

¿Y qué es lo que más complicado le ha resultado? ¿Por qué?

DISEÑO Y EVALUACIÓN DE UN *ESCAPE ROOM* SOBRE GENÉTICA



UNIVERSIDAD
DE GRANADA



VALORACIÓN DEL *ESCAPE ROOM* "INTRUSO EN EL LABORATORIO"

A continuación, en este cuestionario anónimo, se presentan una serie de enunciados sobre su grado de satisfacción tras superar el escape room: "Intruso en el laboratorio" para poder valorar la experiencia. Lea atentamente cada una de las preguntas y seleccione el valor que se adecúe a su opinión siendo: **(1) Pésimo/a(s), (2) Malo/a(s), (3) Aceptable, (4) Bueno/a(s) y (5) Excelente(s)**. Por favor, responda con total sinceridad. Las respuestas no afectarán en ningún caso a las calificaciones.

1) Considero que **los contenidos** del escape room son:

Pésimos

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

 Excelentes

2) Considero que **el diseño y el formato** del escape room son:

Pésimos

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

 Excelentes

3) Considero que **las herramientas utilizadas** en el escape room son (realidad aumentada, laboratorios virtuales...):

Pésimas

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

 Excelentes

4) Considero que **la capacidad para motivar el aprendizaje** del escape room es:

Pésimo

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

 Excelente

5) En su conjunto, considero que **el escape room** es:

Pésimo

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

 Excelente

En esta última pregunta haga una valoración general del escape room en lo que respecta a la utilidad de este recurso para aprender.

¿Qué es lo que más te ha gustado de utilizar esta metodología? ¿Por qué?

¿Y lo que menos te ha gustado? ¿Por qué?

¿Consideras que la metodología empleada ha conseguido despertar tu interés por contenidos relacionados con la genética?
¿Recomendarías esta actividad a otros grupos y/o cursos?

¡¡Muchas gracias por tu colaboración en esta investigación!!

Estas encuestas son parte de la investigación realizada por Helena Bustos Sánchez-Gabriel para su Trabajo Fin de Máster en la Universidad de Granada. Esta investigación garantiza el anonimato de sus respuestas. Recuerde que no hay respuestas correctas ni incorrectas. Si rellena los datos que le estamos solicitando, entendemos que usted acepta colaborar con esta investigación, sabiendo que es libre para dejar de participar en cualquier momento del proceso de la investigación mediante solicitud a los responsables de la misma. De todo lo cual se informa en cumplimiento del artículo 5 de la Ley Orgánica 15/1999, de 13 de diciembre, de Protección de Datos de Carácter Personal

DISEÑO Y EVALUACIÓN DE UN *ESCAPE ROOM* SOBRE GENÉTICA

ANEXO IV. JUSTIFICACIÓN DEL CUESTIONARIO «VALORACIÓN DE LO APRENDIDO EN EL *ESCAPE ROOM* “INTRUSO EN EL LABORATORIO”»

Sobre el material genético	<u>Antes</u> de realizar la actividad propuesta, era capaz de imaginarme la conformación del ADN, así como las bases nitrogenadas que lo componen.	Queda recogido en la literatura que entre el alumnado es recurrente tener dificultades a la hora de entender la estructura del material genético. Por este motivo se establece un bloque de preguntas destinadas al estudio de la conformación y composición del ADN. (Íñiguez Porras & Puigcerver Oliván, 2013)
	<u>Tras</u> superar la actividad propuesta, soy capaz de imaginarme la conformación del ADN, así como las bases nitrogenadas que la componen.	
Sobre el reparto del material genético	<u>Antes</u> de realizar la actividad propuesta, comprendía los procesos por los que tiene lugar la división celular y era capaz de identificar las fases más representativas de la mitosis.	Muchos estudiantes tienen problemas a la hora de entender y manejar la terminología empleada habitualmente para describir los procesos de división celular. Así mismo, es habitual que haya dificultades para entender el funcionamiento de procesos como el de la mitosis. Por este motivo se establece un bloque de preguntas destinado a la mitosis y las fases más representativas de esta. (Lewis & Wood-Robinson, 2000)
	<u>Tras</u> superar la actividad propuesta, comprendo los procesos por los que tiene lugar la división celular y soy capaz de identificar las fases más representativas de la mitosis.	

DISEÑO Y EVALUACIÓN DE UN *ESCAPE ROOM* SOBRE GENÉTICA

Sobre la expresión del material genético	<u>Antes de realizar la actividad propuesta</u>, comprendía 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 una proteína.	Esta pregunta puede justificarse puesto que son muchas las dificultades que aparecen cuando el alumnado tiene que relacionar el material hereditario con procesos como la síntesis de proteínas o con la expresión de la información genética. Así mismo, también se han descrito problemas cuando hay que trabajar con el código genético. (Íñiguez Porras & Puigcerver Oliván, 2013)
	<u>Tras superar la actividad propuesta</u>, comprendo 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 una proteína.	
Sobre la herencia del material genético	<u>Antes de realizar la actividad propuesta</u>, comprendía los mecanismos propios de la herencia genética encargados de la transmisión del material genético de unas generaciones a otras.	El último de los bloques de preguntas puede justificarse por las dificultades a la hora de comprender los mecanismos de la herencia mediante los que tiene lugar la transmisión de la información entre organismos. (Íñiguez Porras & Puigcerver Oliván, 2013)
	<u>Tras superar la actividad propuesta</u>, comprendo los mecanismos propios de la herencia genética encargados de la transmisión del material genético de unas generaciones a otras.	

ANEXO V. CUADERNO DE CAMPO

- **Explicación de la intervención:**

Desde el momento en que comencé a explicar en qué iba a consistir la actividad, los estudiantes mostraron un gran interés por el hecho de que se haría con el ordenador y el teléfono móvil. Además, cuando procedí a explicarles el tipo de herramientas que se iban a utilizar, siendo estas la RA y los laboratorios virtuales, algunos de ellos no tenían demasiado claro en qué iba a consistir dado que no lo habían utilizado nunca. Sin embargo, el mero hecho de saber que trabajarían con las TIC les hacía tener una predisposición claramente positiva.

- **Transcurso de la intervención:**

Cuando la actividad comenzó, todos estaban muy emocionados por trabajar con sus compañeros de equipo para completar el desafío en tiempo y, además, por ser un juego tan dinámico y entretenido. Sin embargo, a pesar de que la mayor parte de los equipos funcionaban correctamente y había un buen ambiente de trabajo, es cierto que en uno de los equipos en particular había un alumno que quería hacerlo todo solo y no dejaba participar a sus compañeros, los cuales estaban frustrados ante las dificultades que encontraban para poder participar.

- **Evaluación de la intervención:**

Una vez finalizada la intervención, el alumnado mostró su agradecimiento por una actividad de este tipo, ya que decían estar muy satisfechos con su trabajo y orgullosos de haber completado con éxito el reto planteado. Del mismo modo, me transmitieron su satisfacción con las herramientas utilizadas, puesto que afirmaban que les habían resultado de un gran interés puesto que les habían permitido entender mucho mejor las cosas y visualizar algunos conceptos y procesos de una gran complejidad.