

## Implementación y validación de una gincana para aprender genética en educación secundaria

### Implementation and validation of a gymkhana to learn genetics in secondary education

Anna Borrull Riera, Cristina Valls Bautista  
Universitat Rovira i Virgili (España)

**Resumen:** La genética es un tema especialmente difícil de explicar y de aprender según los expertos por varios motivos, entre ellos el desinterés generalizado del alumnado, así como la naturaleza abstracta y compleja de los procesos moleculares implicados. Con el fin de afrontar dichas dificultades, se diseñó, se implementó y se evaluó una gincana para analizar si permitía consolidar los conocimientos de genética expuestos de manera teórica previamente. El presente trabajo es un estudio de caso de un grupo de alumnos de entre 15-16 años que respondieron un cuestionario test antes y después de realizar la gincana para determinar si esta permite que el alumnado logre los objetivos de aprendizaje para los que fue diseñada. La gincana permite que el alumnado logre la mayoría de los objetivos planteados y por tanto se puede considerar como una actividad centrada en el alumnado y efectiva como actividad de consolidación de los conceptos teóricos sobre genética. Además, tuvo muy buena aceptación y fue bien valorada por parte del alumnado.

**Palabras clave:** Genética, educación secundaria, gincana, juego, gamificación.

**Abstract:** Genetics is an especially difficult subject to explain and learn according to experts for several reasons, including the general disinterest of students, as well as the abstract and complex nature of the molecular processes involved. To face these difficulties, a gymkhana was designed, implemented and evaluated to analyze whether it allowed to consolidate the knowledge of genetics previously exposed in a theoretical way. The present work is a case study of a group of students aged 15-16 who answered a test questionnaire before and after performing the gymkhana to determine if it allows students to achieve the learning objectives for which it was designed. The gymkhana allows students to achieve most of the objectives set and therefore can be considered as an activity focused on students and effective as an activity for the consolidation of theoretical concepts on genetics. In addition, it had a very good acceptance and was well valued by the students.

**Keywords:** genetics; secondary education; gymkhana; gamification; game.

#### Introducción

El desinterés y la desmotivación por aprender de algunos alumnos de secundaria es un tema que preocupa a los docentes y a los progenitores o tutores de los adolescentes. Concretamente este hecho se constata en mayor medida en las materias del ámbito científico (George, 2006; Valenti, Masnick, Cox & Osman, 2016) siendo muy notable en el segundo ciclo de la ESO (Salta & Tzougraki, 2004; Solbes, Montserrat & Más, 2007). La falta de motivación responde en parte, a que la enseñanza está alejada de la realidad y se imparte a través de metodologías tradicionales (transmisión de la información de manera expositiva del docente al discente), cuando se debería apostar por una educación menos cen-

trada en transmitir meramente contenidos para centrarse en aspectos intelectuales como la comunicación, la innovación y la creatividad (Feito, 2008).

Para solventar esta situación, los docentes apuestan, cada vez más, por metodologías innovadoras con el fin de motivar al alumnado y conseguir un aprendizaje significativo (Herrero y Bautista, 2019; Coca, 2015; Freeman et al., 2014; Lunenburg, 2011; Olakanmi, 2017; Peña, 2016). Estas nuevas tendencias en educación promueven el aprendizaje cooperativo y competitivo, promoviendo valores como el respeto o capacidades como el liderazgo mientras los alumnos aprenden y se divierten.

El juego es usado como metodología de aprendizaje en educación infantil y en menor grado en educación primaria, pero se olvida por completo en secundaria, aun sabiendo que es una forma natural de aprender. Autores como Forés et al. (2015) defienden el uso de estas actividades en cualquier etapa, siempre y cuando los objetivos de aprendizaje estén bien definidos. Según

Marrón y Vivaracho (2018) un juego bien diseñado y aplicado en secundaria permite una alta participación de los alumnos, los cuales serán protagonistas de su propio aprendizaje, y se generará una retroalimentación a tiempo real, con un constante diálogo con el docente. También favorece la sociabilización, desarrolla la creatividad y se potencia la idea que aprender puede ser divertido. Además, incluye los beneficios adicionales que aporta el ejercicio físico, el cual genera neurotransmisores (Hillman et al., 2014; Kamijo et al., 2011; Kubesch et al., 2009) que mejoran la motivación, el interés y generan un estado de alerta que influye en el aprendizaje (Forés et al., 2015).

### Marco teórico

La genética es una de las disciplinas científicas que más ha avanzado en las últimas décadas por su relación con las técnicas de ADN recombinante y la subyacente aparición de los organismos modificados genéticamente (OMG). Por ello, es una de las áreas de la ciencia que más repercusiones éticas y sociales está teniendo en la actualidad. De modo, que es importante, que el alumnado de secundaria no abandone las aulas sin haber incorporado conocimientos básicos sobre genética (Armenta, 2008). Diversas investigaciones ponen de manifiesto que los estudiantes de secundaria tienen dificultades para entender conceptos sobre genética y más concretamente sobre el flujo de la información genética. Es decir, los pasos de replicación del ADN, la transcripción y traducción que permiten convertir el material genético en características observables (pasar del genotipo al fenotipo) (Armenta, 2008; Figini y De Micheli, 2005; Shaw, Van Horne, Zhang & Boughman, 2008). Gericke y Wahlberg (2013) revelan que la genética molecular es difícil tanto de aprender por parte del alumnado, como de enseñar por parte del profesorado (Freidenreich, Duncan & Shea 2015). De modo que es necesario proponer metodologías distintas a las aplicadas hasta el momento con el objetivo de sortear dichas dificultades y que los estudiantes logren asimilar estos contenidos con los que presentan mayores dificultades de aprendizaje. Autores como Knippels, Waarlo, y Boersma, (2005) atribuyen como los responsables de que la genética sea una de las áreas de mayor dificultad de aprendizaje para el alumnado, a los siguientes factores: (i) la naturaleza abstracta y compleja de los procesos moleculares implicados, (ii) los niveles macro y micro que están implicados en la comprensión de la genética y que le dan un elevado nivel de complejidad,

(iii) su terminología específica, (iv) los procesos citológicos, (v) y el contenido matemático asociado a los conceptos y leyes mendelianas.

Por otro lado, Figini y De Micheli (2005) resumen las dificultades de su aprendizaje en: la propia naturaleza de los conceptos que se enseñan en esta área, las formas de razonamiento de los alumnos, las estrategias didácticas que emplean los docentes, las características de los libros de texto empleados para la enseñanza y aprendizaje de la genética. A nivel conceptual se ha detectado que entre las principales dificultades conceptuales destacan: i) la comprensión jerárquica de la información genética: ii) la consideración que los fenómenos solo tienen lugar a nivel macroscópico; iii) la incapacidad de integrar los tres modelos conceptuales: modelo meiótico, modelo de los patrones de herencia y el modelo de los procesos moleculares (Flores-Camacho, García-Rivera, Gallegos-Cázares, Báez-Islas & Calderón-Canales, 2020).

El modelo de expresión de los genes se localiza dentro de los contenidos de Biología y Geología de 4º de ESO, en el currículo (MEC, 2007). Según Mauriz y Aleixandre (2015) la mayoría de los estudios se focalizan en la función de las proteínas y en su papel para entender la relación entre el fenotipo y el genotipo. En estos estudios se exponen cuáles son las dificultades que presenta el alumnado para relacionar las proteínas como vehículos que permiten el paso del genotipo al fenotipo. Las principales dificultades se centran en diferenciar fenotipo de genotipo (Lewis & Kattmann, 2004), o bien que sin una adecuada comprensión de cómo las proteínas regulan la expresión génica no es posible que el alumnado sea capaz de explicar las relaciones genotipo-fenotipo (Duncan, 2007). Por otro lado, Duncan, Rogart y Yarden (2009) ponen de manifiesto que, aunque la comprensión de las interacciones entre genes y ambiente es un aspecto fundamental para la comprensión de la expresión génica este aspecto no está incluido en los currículos de genética.

Una de las metodologías que se ha demostrado que genera motivación y despierta interés hacia el aprendizaje es la gamificación. Es decir, el hecho de añadir a las actividades y estrategias de enseñanza y aprendizaje elementos del juego o bien usar el propio juego. En la presente propuesta didáctica se ha optado por basar la actividad en el juego y además añadirle el componente de realizar actividad física. En este sentido pretendemos que el alumnado este activo en todo momento tanto física como psicológicamente. Des del punto de vista psicológico porque solo así el alumnado puede construir

su propio conocimiento y físicamente porque en diferentes estudios se ha demostrado que favorece el proceso de aprendizaje (Fores et al., 2015).

Debido a las dificultades de aprendizaje detectadas en esta área, se describe en el presente trabajo una propuesta didáctica, para trabajar dicho contenido a través de la gamificación, en concreto de una gincana, diseñada con el objetivo de consolidar los conceptos de genética asociados al currículo de educación secundaria. Se trata de una actividad cooperativa, que implica una participación de los alumnos y les motiva para afianzar y aprender los contenidos curriculares sobre la genética. Para poder realizar correctamente las actividades que se proponen el alumnado debe de haber trabajado previamente en clase los siguientes conceptos: proceso de replicación, transcripción, traducción y el flujo de información genética. La actividad fue puesta en práctica con estudiantes de secundaria a modo de prueba piloto con el objetivo de (i) determinar si la gincana diseñada permite alcanzar los objetivos de aprendizaje propuestos (ii) conocer la opinión del alumnado sobre la dinámica de la actividad planteada.

## **Metodología**

### ***Diseño de la investigación***

El presente trabajo es un estudio de caso, en él se analiza si la actividad diseñada en formato de gincana permite consolidar conceptos de genética molecular, es decir, si mediante su aplicación el alumnado alcanza los objetivos de aprendizaje para los cuales ha sido diseñada (Borrull y Valls, 2020). Para ello se utilizó un cuestionario de contenidos que los participantes en el estudio contestaron antes y después de realizar la actividad. Al final del cuestionario se añadieron algunas preguntas de respuesta abierta, para conocer la aceptación de la metodología por parte del alumnado, de las cuales se hizo un análisis cualitativo.

### ***Muestra***

Los participantes del presente estudio fueron un grupo de 18 estudiantes de secundaria (3 chicos y 15 chicas) entre 15 y 16 años con una media de 15.61 años, 3 ellos acababan de cursar 1º de bachillerato y el resto 4º de la ESO. Todos ellos participaron en un curso de verano ofertado por la Universitat Rovira i Virgili (URV) en el que se desarrollaban actividades científicas teóricas y prácticas sobre Bioquímica y Biotecnología. El curso formaba parte del programa «EstiURV» y llevaba por título «Las moléculas, más vivas que nunca». La activi-

dad de la gincana estaba enmarcada en este curso.

### ***Instrumento***

Con el fin de corroborar que la propuesta didáctica permitía al alumnado lograr los objetivos de aprendizaje planteados, se diseñó y validó un cuestionario. El proceso de diseño y validación del cuestionario se basó en el proceso metodológico propuesto por otros autores (Oñate, Batalla y Páez, 2020). Su validación fue realizada por un grupo de 3 expertos en Bioquímica todos ellos implicados en el ámbito de la docencia de las ciencias. Para el proceso de validación se pidió a los expertos que analizaran las preguntas del cuestionario en función de si permitían analizar el objetivo de aprendizaje al cual estaba asociada; si el enunciado era claro y no daba lugar a confusión; y si las opciones de respuestas dadas no eran confusas ni tampoco demasiado obvias. Los expertos respondían si estaban en acuerdo o desacuerdo y podían exponer sus argumentos. El cuestionario consta de un conjunto de 13 preguntas de respuesta múltiple que no buscan una mera definición de los conceptos, sino que permiten comprobar si el alumnado sabe aplicar los contenidos trabajados a lo largo de la gincana.

Para analizar si la actividad desarrollada (la gincana) permite alcanzar los objetivos de aprendizaje planteados, los estudiantes respondieron el cuestionario antes y después de realizar la propuesta didáctica. El cuestionario inicial constaba de 2 partes: (i) datos sociodemográficos y (ii) 13 preguntas sobre el contenido de genética cada pregunta tenía 4 posibles respuestas y solo una era correcta. Este cuestionario fue analizado de forma cuantitativa. Mientras que el cuestionario final constaba de 3 partes: las dos primeras idénticas al cuestionario inicial y la tercera constaba de 7 preguntas abiertas para evaluar cómo se habían sentido los alumnos durante el desarrollo de la gincana y que opinión tenían de ella. Esta tercera parte del cuestionario final fue analizada cualitativamente.

### ***Desarrollo de la actividad y cronograma***

El primer día del curso los alumnos respondieron de manera individual al cuestionario inicial. El segundo día del curso los estudiantes recibieron una breve exposición de 20-25 minutos sobre conceptos básicos de genética molecular (organización de la información genética, estructura de los ácidos nucleicos, procesos de replicación, transcripción y traducción). Seguidamente, en el exterior se desarrollaron las diferentes actividades que componían la gincana (Borrull y Valls, 2020), su ejecución nos llevó unas 2 horas. Los estudiantes rea-

lizaron la gincana que consistió en 5 actividades que se detallan en la tabla 1. Cada actividad se relacionó con una parte del flujo de la información genética para desarrollar algunos de los objetivos de aprendizaje seleccionados. El último día del curso (4 días después de ha-

Tabla 1. Actividades propuestas en la gincana y conceptos que se afianzan a través de ellas.

Actividad	Conceptos	Juegos	Objetivos de aprendizaje
1	Estructura de los nucleótidos de ADN y ARN	Juego de relevos: Finalidad construir rompecabezas de los nucleótidos de ADN o ARN Equipos 20 minutos	1. Identificar la estructura molecular de los nucleótidos ADN. 2. Identificar la estructura molecular de los nucleótidos ARN. 3. Diferenciar entre los nucleótidos de ADN y ARN.
2	Replicación	Juego de las sillas Finalidad realizar apareamientos de bases propios del ADN Individual 15 minutos Performance Finalidad es la recreación del proceso de transcripción Individual 15 minutos	4. Identificar las bases nitrogenadas que son complementarias entre sí en el ADN. 5. Reproducir el proceso de replicación.
3	Transcripción	Performance Finalidad es la recreación del proceso de transcripción Individual 15 minutos	6. Reconocer las bases nitrogenadas propias de ADN y de ARN. 7. Identificar las bases nitrogenadas que son complementarias entre sí entre ADN-ARN. 8. Reproducir el proceso de transcripción.
4	Traducción	Performance Finalidad es la recreación del proceso de traducción Individual 15 minutos	9. Traducir una secuencia de ARN a proteína. 10. Ejemplificar el proceso de la traducción.
5	Expresión de los caracteres	Juego de relevos Finalidad es la recreación del proceso de expresión génica Equipos 40 minutos	11. Identificar las moléculas implicadas en los procesos del flujo de la expresión génica. 12. Reproducir el flujo de la expresión génica.

ber realizado la gincana) los estudiantes respondieron al cuestionario final.

## Resultados

La puntuación media obtenida en el cuestionario inicial fue de 6.44 ( $\pm 2.18$ ) sobre 13 mientras que la puntuación media del cuestionario final fue de 10.44 ( $\pm 2.28$ ) sobre 13 siendo la diferencia entre ambas puntuaciones estadísticamente significativa ( $p > 0.05$ ). La menor puntuación del cuestionario inicial fue de 3 y la puntuación mayor de 10, mientras que en el cuestionario final la puntuación mínima fue de 4 y la máxima de 13. Las puntuaciones más altas en el cuestionario inicial pertenecen a los 3 estudiantes de 1º de bachillerato y eran puntuaciones de 10-9-9, las puntuaciones de estos estudiantes en el cuestionario final fueron de 13-12-10 respectivamente. Todos los estudiantes mejoraron su puntuación, el mínimo de mejora fue de 1 punto y el máximo de 6 puntos.

Al analizar cada una de las preguntas se puede observar que en 12 de ellas existe una mejora entre el cuestionario inicial y el final. En la pregunta 6 sobre la identificación de las bases nitrogenadas propias del ADN y el ARN, se mantiene el porcentaje de aciertos. Es

importante resaltar que 12 de las 13 preguntas del cuestionario final obtienen porcentajes de acierto de más del 75%. La única pregunta que presentó valores muy inferiores fue la pregunta 8 que sobrepasó levemente el 20% de aciertos (Figura 1), esta pregunta está relacionada con la elección del ARN mensajero correcto

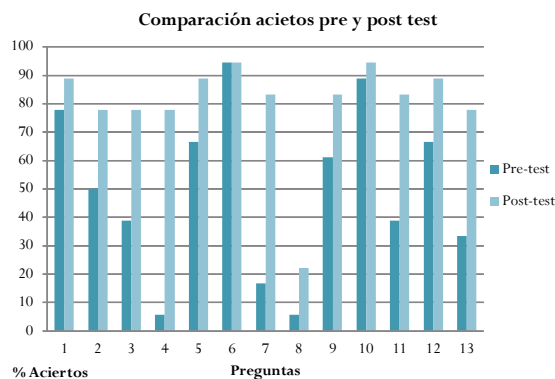


Figura 1. Porcentaje de aciertos del pre y post test.

que se ha formado a partir de una cadena de ADN molde dada.

En el cuestionario inicial los mayores porcentajes de acierto se relacionaron con las preguntas 1, 6 y 10. Mientras que las preguntas con un porcentaje de acierto menor pertenecen a las preguntas 4, 7, 8, 13. En el cuestionario final las preguntas con mayor porcentaje de aciertos fueron 1, 5, 6, 10 y 12 mientras que la pregunta con menor porcentaje de aciertos fue la 8. De modo que se observa que la pregunta 8 presenta porcentajes de acierto muy bajos en ambos cuestionarios. Por tanto, excepto la pregunta 8 las demás preguntas fueron respondidas correctamente por la gran mayoría del grupo.

Tabla 2. Relación de los objetivos de aprendizaje con la pregunta del cuestionario en la cual se evalúan y los porcentajes de aciertos en cada.

Objetivo de aprendizaje	Pregunta Del test	% aciertos		Objetivos de aprendizaje logrados
		Pre-test	Post-test	
1. Identificar la estructura molecular de los nucleótidos ADN.	1	77.78	88.89	SÍ
2. Identificar la estructura molecular de los nucleótidos de ARN.	2	50.00	77.78	SÍ
3. Diferenciar entre los nucleótidos de ADN y ARN.	3	38.89	77.78	SÍ
4. Identificar las bases nitrogenadas que son complementarias entre sí en el ADN.	4	5.56	77.78	SÍ
5. Reproducir el proceso de replicación	5	66.67	88.89	SÍ
6. Reconocer las bases nitrogenadas propias del ADN y de ARN	6	94.44	94.44	NO
7. Identificar las bases nitrogenadas que son complementarias entre sí entre ADN-ARN	7	16.67	83.33	SÍ
8. Reproducir el proceso de transcripción.	8	5.56	22.22	NO
9. Traducir una secuencia de ARN a proteína.	9	61.11	83.33	SÍ
10. Ejemplificar el proceso de la traducción.	10	88.89	94.44	SÍ
11. Identificar las moléculas implicadas en los procesos del flujo de la expresión génica.	11	38.89	83.33	SÍ
12. Reproducir el flujo de la información génica.	12	66.67	88.89	SÍ
13. Reproducir el flujo de la información génica.	13	33.33	77.78	SÍ

Los resultados muestran que los objetivos de aprendizaje asociados a cada actividad de la gincana se han logrado. Es decir, se diseñaron unas actividades a través de las cuales se pretendía que se logaran unos objetivos de aprendizaje, estos objetivos de aprendizaje a su vez están asociados a cada una de las preguntas del cuestionario.

El cuestionario final contenía un apartado sobre opinión y valoración de la propuesta didáctica por parte del alumnado. La propuesta didáctica presentada fue valorada globalmente de forma muy positiva. El alumnado definió la actividad con diferentes adjetivos todos ellos con connotaciones positivas (educativa, creativa, dinámica, útil, interesante y práctica). Al preguntarles cómo se habían sentido durante la realización de la actividad todos respondieron mediante el uso de adjetivos positivos (a gusto, satisfecha, feliz, bien/muy bien, motivada, interesada, genial, segura). Cuando se les preguntó sobre la actividad que les había gustado más, la mayoría respondieron que todas y el resto destacaron las actividades relacionadas con los procesos de transcripción y traducción. En la pregunta sobre que cambiarían de la gincana todos contestaron que nada excepto un alumno que propuso que se añadieran más actividades a la gincana. El 100% del alumnado afirmó que recomendaría a un compañero realizar la gincana y la mayor parte de ellos admitieron que o bien habían aprendido algo nuevo o que habían comprendido aspectos o conceptos que antes no entendían.

## Discusión

En todas las preguntas del cuestionario se constata una mejora de la puntuación entre el cuestionario inicial y el final, por lo que podemos afirmar que nuestra actividad ha servido para afianzar los contenidos introducidos en la parte teórica. Las actividades planteadas en la gincana son demostraciones en las cuales el alumnado es el protagonista. Los estudiantes deben ejercer el rol que les corresponda y realizar las acciones que realizarían los nucleótidos en cada una de las fases de la expresión génica. Estos resultados se alinean con el estudio de Rotbain, Stavy y Marbach-Ad (2008) ya que revelan que cuando se usan en el aula modelos, que pueden ser desarrollados mediante demostraciones o actividades «hands-on» estos ayudan a mejorar el aprendizaje de conceptos de genética respecto a los grupos control. Los alumnos comentaron que las demostraciones les permitieron entender mejor e incluso visualizar conceptos abstractos. La presente propuesta didáctica

está relacionada con aspectos procedimentales y en eso se diferencia de las actividades que presentan la mayoría de los libros de texto las cuales se basan en reproducir aspectos conceptuales. En este sentido, Figini y De Micheli (2005) relacionan estas actividades puramente conceptuales con las dificultades de aprendizaje de la genética.

Diez de los doce objetivos de aprendizaje planteados al diseñar la actividad fueron adquiridos por el alumnado. En dos de ellos no pudimos constatar que los alumnos los alcanzaran gracias a la actividad de gamificación propuesta. El primero de ellos es el objetivo de aprendizaje «6: Reconocer las bases nitrogenadas propias del ADN y de ARN» este objetivo fue respondido correctamente en el cuestionario inicial por el 94% del alumnado exactamente el mismo porcentaje que acertó en el cuestionario final, por tanto, corresponde a un contenido asimilado por los estudiantes previamente a la realización de la actividad. El segundo objetivo de aprendizaje es el «8: Reproducir el proceso de transcripción» este objetivo fue analizado mediante una pregunta que para ser correctamente respondida el alumnado debía de tener en cuenta el sentido del proceso de transcripción (de 5' a 3') así como la complementariedad de la secuencia. En el cuestionario inicial solamente un 5% del alumnado la respondió correctamente y en el post este porcentaje llegó al 22%. Estos resultados nos llevan a reflexionar y a pensar que es necesario diseñar una nueva actividad o bien modificar la «actividad 3» de la gincana ya que es la actividad a la cual se asocia el objetivo de aprendizaje 8. En el rediseño de la «actividad 3» se deberá enfatizar en la importancia que tiene el sentido (5'–3') en el cual se realiza la lectura de las secuencias durante el proceso de la transcripción. En este caso podemos constatar que con la simple exposición en clase no es suficiente para que el alumnado asimile los conceptos que se les exponen y que al abordar conceptos abstractos sobre genética con diferentes herramientas (esquemas, videos, modelos, demostraciones, actividades «hands-on» ...) se potencia la adquisición de dichos contenidos. En esta misma línea, Flores-Camacho et al. (2020) analizan si el tipo y la variedad de recursos utilizados a lo largo de tres unidades didácticas sobre genética permiten ver resultados de aprendizaje diferentes en los tres grupos experimentados. Los resultados mostraron que el grupo III que fue el que recibió más diversidad y cantidad de recursos (representaciones externas, animaciones, presentaciones digitales, mapas conceptuales,) fue el que obtuvo una mayor comprensión de los contenidos tra-



bajados en comparación con los grupos I y II que recibían menor cantidad y diversidad de recursos, siendo el grupo I el que menos recibió.

Los diez objetivos de aprendizaje restantes podemos afirmar que han sido logrados por la mayoría de los estudiantes ya que en el cuestionario final todos ellos han obtenido porcentajes superiores al 77%. De modo que consideramos que las actividades diseñadas para alcanzarlos están bien estructuradas y permiten lograr su finalidad. Particularmente en los objetivos de aprendizaje 4 y 7 se observa un aumento del porcentaje de aciertos muy significativo. Estas preguntas tratan sobre «4: La identificación de las bases nitrogenadas complementarias entre sí del ADN» y la «7: La identificación de las bases nitrogenadas que son complementarias entre ADN y ARN», respectivamente. De modo que, el diseño de las actividades asociadas a estos objetivos permite a los estudiantes consolidar estos conceptos. El resto de las actividades podrían ser revisadas para mejorar su diseño e intentar que los porcentajes de logro sean superiores en próximas implementaciones de la gincana.

La explicación de que, a través de las actividades diseñadas, en el marco de la gincana, permitan adquirir los objetivos de aprendizaje planteados creemos que es debido a las características de dichas actividades. Todas ellas son vivenciales y el alumnado tiene un papel activo en todas, ya sean individuales o grupales. Creemos que las actividades planteadas a lo largo de la gincana impulsan a la evocación del contenido trabajado y como afirman algunos autores cuando se aplican este tipo de actividades los alumnos suelen obtener mejores resultados de aprendizaje que aquellos que no las han realizado (Rowland, 2014). Karpicke y Roediger (2008) demostraron que practicar la evocación de los contenidos aprendidos mejora la capacidad de recuperarlos y de poder demostrar que dichos contenidos se han asimilado.

Además de ser una metodología muy útil y aplicable en el marco de la enseñanza de la genética, demostró tener un formato muy atractivo y motivador para los alumnos, los cuales valoraron muy positivamente la propuesta didáctica basada en la gamificación. El alumnado definió la actividad como educativa, creativa, dinámica, útil, interesante y práctica. Al preguntarles sobre sus sentimientos mientras desarrollaron la actividad, también resultaron ser muy positivos: a gusto, satisfecho, feliz, bien/muy bien, motivado, interesado, genial y seguro. En este sentido, Goodwin, Kramera y Cashmorea (2012) afirman que si las propuestas didácticas están diseñadas según los paradigmas de aprendizaje experimental los estudiantes aprenden mejor ya

que se les da la oportunidad de adquirir y aplicar conocimientos y habilidades en entornos realistas y relevantes. Son muchos los estudios que han abordado este desafío diseñando y probando nuevas actividades de enseñanza y aprendizaje. Casanoves et al. (2016) utilizan la metodología educativa del aprendizaje basado en problemas para aprender conceptos básicos de genética mientras resuelven un caso de investigación policial. Solé-Llussà et al. (2019) utilizan el aprendizaje basado en el juego, esta metodología incorpora múltiples herramientas y recursos, con el objetivo de que el alumnado aprenda haciendo y se familiarice con la toma de decisiones. Law y Lee (2004) utilizaron simulaciones para enseñar genética mendeliana, Tsui y Treagust (2003) utilizaron actividades basadas en computadora para permitir a los estudiantes investigar la meiosis, la fertilización y los cruces monohíbridos. Ben-Nun y Yarden (2009) desarrollaron una actividad de laboratorio para enseñar genética molecular y Carrió et al. (2011) compararon un enfoque de aprendizaje basado en problemas (ABP) con un aprendizaje basado en conferencias con estudiantes de la licenciatura en biología, entre otros.

Investigaciones recientes en el campo de la neurociencia demuestran que el ejercicio físico tiene un efecto positivo sobre nuestro cerebro e influye en los distintos procesos neuronales mejorando el rendimiento cognitivo (Rosa, García & Carrillo, 2019; Maureira, Bravo, Aguilera, Bahamondes & Véliz, 2019). En base a estas investigaciones creemos que es interesante combinar la realización de actividad física con procesos de aprendizaje debido a los beneficios que conlleva.

## Conclusiones

Las principales conclusiones de este artículo son que las actividades basadas en el juego, si están diseñadas en base a objetivos de aprendizaje concretos, permiten adquirir y fijar conocimientos; que las actividades gamificadas pueden ser un tipo de actividades que al requerir de evocación ayudan a la consolidación de los contenidos trabajados; al introducir actividad física en la realización de las actividades puede ayudar a generar motivación, interés y potenciar los procesos de aprendizaje.

El presente estudio presenta limitaciones como que se desarrolló en un grupo reducido de estudiantes y por tanto se debe tomar como un estudio de caso y que el cuestionario final se tuvo que pasar solo cuatro días después de realizar la actividad. En este sentido, las futuras

líneas de investigación serán realizar el mismo estudio en un grupo más grande de estudiantes y pasar el cuestionario final al menos quince días después de haber realizado la gincana para determinar que adquisición de conceptos ha sido un aprendizaje significativo y por tanto a largo plazo.

## Referencias

- Armenta, M. C. (2008). Algunas ideas del alumnado de secundaria sobre conceptos básicos de genética. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 26(2), 227-244.
- Ben-Nun, M. S., & Yarden A. (2009). Learning Molecular Genetics in Teacher-Led Outreach Laboratories. *Journal of Biological Education*, 44(1): 19–25. DOI: <https://doi.org/10.1080/00219266.2009.9656187>
- Borrull A., & Valls C. Aprender genética en secundaria puede ser un juego: la gincana como herramienta de aprendizaje. *Revista Internacional de Educación y Aprendizaje*. 2020;8(3), 181-193.
- Carrió, M., Larramona P., Banos J.E. & Pérez J. (2011). The Effectiveness of the Hybrid Problem-Based Learning Approach in the Teaching of Biology: A Comparison with Lecture-Based Learning. *Journal of Biological Education*, 45(4): 229–235. DOI: <https://doi.org/10.1080/00219266.2010.546011>
- Casanoves M., Salvadó Z., González A., Valls C., & Novo M. (2016). Learning genetics through a scientific inquiry game. *Journal of Biological Education*, 51(2):99-106. DOI: <https://doi.org/10.1080/00219266.2016.1177569>.
- Coca, D. M. (2015). Estudio de las motivaciones de los estudiantes de secundaria de física y química y la influencia de las metodologías de enseñanza en su interés. *Educación XXI*, 18(2), 215-235. DOI: <https://doi.org/10.5944/educXXI.14016>
- Duncan, R. G. (2007). The role of domain-specific knowledge in generative reasoning about complicated multileveled phenomena. *Cognition and Instruction*, 25(4), 271-336. DOI: <https://doi.org/10.1080/07370000701632355>
- Duncan, R. G., Rogat, A. D., & Yarden, A. (2009). A learning progression for deepening students' understandings of modern genetics across the 5th–10th grades. *Journal of Research in Science Teaching: The Official Journal of the National Association for Research in Science Teaching*, 46(6), 655-674. DOI: <https://doi.org/10.1002/tea.20312>
- Feito, R. (2008). ¿Qué pasa en la secundaria? *Claves de razón práctica*, 188, 72-77.
- Figini, E., & De Micheli, A. (2005). La enseñanza de la genética en el nivel medio y la educación polimodal: contenidos conceptuales en las actividades de los libros de texto. *Enseñanza de las Ciencias*, (Extra).
- Flores-Camacho, F., García-Rivera, B., Gallegos-Cázares, L., Báez-Islas, A., & Calderón-Canales, E. (2020). Logros en la comprensión de temas de genética utilizando representaciones externas. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 1301-1301. DOI: [https://10.25207/Rev\\_Eureka\\_ensen\\_divulg\\_cienc.2020v17.i3.3101](https://10.25207/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2020v17.i3.3101)
- Forés A., Gamo J.R., Guillén J.C., Hernández T., Ligoiz M., Pardo F., & Trinidad C. (2015). *Neuromitos en la educación. El aprendizaje desde la neurociencia*. Plataforma Editorial.
- Freeman, S., Eddy, S. L., McDonough, M., Smith, M. K., Okoroafor, N., Jordt, H., & Wenderoth, M. P. (2014). Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111(23), 8410-8415. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.1319030111>
- Freidenreich, H. B., Duncan, R. G., & Shea, N. (2011). Exploring middle school students' understanding of three conceptual models in genetics. *International Journal of Science Education*, 33(17), 2323-2349. DOI: <https://doi.org/10.1080/09500693.2010.536997>
- George, R. (2006). A cross domain analysis of change in students' attitudes toward science and attitudes about the utility of science. *International journal of science education*, 28(6), 571-589. DOI: <https://doi.org/10.1080/09500690500338755>
- Gericke, N., & Wahlberg, S. (2013). Clusters of concepts in molecular genetics: a study of Swedish upper secondary science students understanding. *Journal of Biological Education*, 47(2), 73-83. DOI: <https://doi.org/10.1080/00219266.2012.716785>
- Goodwin, M., C. Kramera, C., & Cashmore A. (2012). The 'Ethics Committee': A Practical Approach to Introducing Bioethics and Ethical Thinking. *Journal of Biological Education*, 46 (3): 188–192. DOI: <https://doi.org/10.1080/00219266.2012.688846>
- Hillman C. H., Pontifex M. B., Castelli D. M., Khan N. A., Raine L. B., Scudder M. R., ... y Kamijo K. (2014). Effects of the FITKids randomized controlled trial on executive control and brain function. *Pediatrics* 134(4), e1063-e1071. DOI: <https://doi.org/10.1542/peds.2013-3219>
- Kamijo, K., Pontifex, M. B., O'Leary, K. C., Scudder, M. R., Wu, C.T., Castelli, D. M., & Hillman, C. H. (2011). The effects of an afterschool physical activity program on working memory in preadolescent children. *Developmental science*, 14(5), 1046-1058. DOI:

- <https://doi.org/10.1111/j.1467-7687.2011.01054.x>
- Karpicke, J. D., & Roediger, H. L. (2008). The critical importance of retrieval for learning. *Science*, 319(5865), 966-968. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.1152408>
- Knippels, M. C. P., Waarlo, A. J., & Boersma, K. T. (2005). Design criteria for learning and teaching genetics. *Journal of Biological Education*, 39(3), 108-112. DOI: <https://doi.org/10.1080/00219266.2005.9655976>
- Kubesch, S., Walk, L., Spitzer, M., Kammer, T., Lainburg, A., Heim, R., & Hille, K. (2009). A 30 minute physical education program improves students' executive attention. *Mind, Brain, and Education*, 3(4), 235-242. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1751-228X.2009.01076.x>
- Law, N., & Lee Y. (2004). Using an Iconic Modelling Tool to Support the Learning of Genetics Concepts. *Journal of Biological Education*, 38(3): 118-124. DOI: <https://doi.org/10.1080/00219266.2004.9655918>
- Lewis, J., & Kattmann, U. (2004). Traits, genes, particles and information: re-visiting students' understandings of genetics. *International Journal of Science Education*, 26(2), 195-206. DOI: <https://doi.org/10.1080/0950069032000072782>
- Lunenburg, F. C. (2011). Critical thinking and constructivism techniques for improving student achievement. In *National Forum of Teacher Education Journal* (Vol. 21, No. 3, pp. 1-9).
- Marrón, A. M. P., & Vivaracho, C. E. (2018). Gamificación en el aula: gincana de programación. *ReVisión*, 11(1), 8.
- Maureira, F., Bravo, P., Aguilera, N., Bahamondes, V. & Véliz, C. (2019). Relación de la composición corporal, las cualidades físicas y funciones cognitivas en estudiantes de educación física (Relation between body composition, physical qualities, and cognitive function in students of physical education). *Retos. Nuevas tendencias en Educación Física, Deporte y Recreación*, 36, 103-106
- Mauriz, B. P., & Aleixandre, M. P. J. (2015). El modelo de expresión de los genes y el determinismo en los libros de texto de ciencias. *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las Ciencias*, 55-65.
- Ministerio de Educación y Ciencia (MEC). (2007). *Real Decreto 1631/2006 Enseñanzas Mínimas Educación Secundaria Obligatoria*. Boletín Oficial del Estado, 5-1, 677-773.
- Olakanmi, E. E. (2017). The effects of a flipped classroom model of instruction on students' performance and attitudes towards chemistry. *Journal of Science Education and Technology*, 26(1), 127-137. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10956-016-9657-x>
- Oñate, C., Batalla Flores, A., & Páez, J. (2020). Elaboración y validez de un cuestionario de las habilidades motrices iniciales para estudiantes de enseñanza media chilena. *Retos. Nuevas tendencias en Educación Física, Deporte y Recreación*, 2020, vol. 38, p. 465-471.
- Peña, J. Z. (2016). Contexto en la enseñanza de las ciencias: análisis al contexto en la enseñanza de la física. *Góndola, enseñanza y aprendizaje de las ciencias*, 11(2), 193-211. DOI: <https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.gdla.2016.v11n2.a3>
- Rosa, A., García, E. & Carrillo, P.J. (2019). Capacidad aeróbica y rendimiento académico es escolares de educación primaria (Aerobic capacity and academic performance in primary schoolchildren). *Retos. Nuevas tendencias en Educación Física, Deporte y Recreación*, 35, 351-354.
- Rotbain, Y., Stavy, R., & Marbach-Ad, G. (2008). The Effect of Different Molecular Models on High School Students' Conceptions of Molecular Genetics. *Science Education Review*, 7(2), 59-64.
- Rowland, C. A. (2014). The effect of testing versus restudy on retention: a meta-analytic review of the testing effect. *Psychological Bulletin*, 140(6), 1432. DOI: <https://doi.org/10.1037/a0037559>
- Salta, K., & Tzougraki, C. (2004). Attitudes toward chemistry among 11th grade students in high schools in Greece. *Science Education*, 88(4), 535-547. DOI: <https://doi.org/10.1002/sce.10134>
- Shaw, K. R. M., Van Horne, K., Zhang, H., & Boughman, J. (2008). Essay contest reveals misconceptions of high school students in genetics content. *Genetics*, 178(3), 1157-1168. DOI: <https://doi.org/10.1534/genetics.107.084194>
- Solbes, J., Montserrat, R., & Más, C. F. (2007). Desinterés del alumnado hacia el aprendizaje de la ciencia: implicaciones en su enseñanza. *Didáctica de las ciencias experimentales y sociales*, (21), 91-117.
- Solé-Llussà, A., Casanoves M., Salvadó Z., Garcia-Vallvé S., Valls C., & Novo MT. (2019). Annapurna Expedition Game: applying molecular biology tools to learn genetics. *Journal of Biological Education*, 53(5), 516-523. DOI: <https://doi.org/10.1080/00219266.2018.1501409>
- Tsui, C. Y., & Treagust D. (2003). Learning Genetics with Computer Dragons. *Journal of Biological Education*, 37(2):96-98.
- Valenti, S. S., Masnick, A. M., Cox, B. D., & Osman, C. J. (2016). Adolescents' and Emerging Adults' Implicit Attitudes about STEM Careers: «Science Is Not Creative». *Science Education International*, 27(1), 40-58.