



## La genética mendeliana de secundaria a través del laboratorio virtual

### *Secondary school Mendelian genetics through the virtual laboratory*

 Alejandro Martínez Ballesteros; [alejandromb@hotmail.es](mailto:alejandromb@hotmail.es)

 Francisco Javier Robles Moral; [franciscojavier.moral@um.es](mailto:franciscojavier.moral@um.es)

Universidad de Murcia (España)

#### Resumen

En los últimos años, las investigaciones muestran un creciente desinterés por parte de los alumnos en el estudio de las ciencias. Dos de los factores que provocan esta situación son, por un lado, la continuidad que se da en la práctica docente a métodos tradicionales, alejada de las recomendaciones de las investigaciones didácticas y, por otro lado, la escisión entre teoría y práctica, tan importante en la enseñanza de ciencias. Por tanto, se hace necesario la búsqueda de estrategias didácticas eficaces y actualizadas a la realidad presente y una mayor y mejorada integración de las actividades de carácter práctico y experimental. Bajo este contexto, la genética es uno de los contenidos del currículum de biología que se valora entre los más importantes y, a su vez, complicados de aprender. Esta investigación ha tenido como objetivo evaluar una propuesta didáctica basada en el uso de un laboratorio virtual para el estudio de genética mendeliana en 4º de la ESO. Los resultados obtenidos muestran que la propuesta ha resultado ser interesante y motivadora para los alumnos, ha permitido que adquieran, en su mayoría, los conocimientos básicos necesarios y que amplíen ciertos contenidos sin la ayuda directa del profesor.

**Palabras clave:** Educación Secundaria, genética mendeliana, laboratorio virtual, propuesta didáctica

#### Abstract

*In the last few years, research has shown a growing disengagement among pupils towards the study of science. Two reasons leading to this situation are, on the one hand, the prevalence of traditional methods in teaching practice, divorced from the recommendations of educational research, and, on the other hand, the split between theory and practice, which is so important in science teaching. Therefore, it is necessary to search for effective teaching strategies that are up-to-date with current realities, and a greater and improved integration of practical and experience-based activities. In this context, genetics is one of the most important and, at the same time, difficult contents within the biology curriculum. The aim of this research is to evaluate a teaching proposal based on the use of a virtual laboratory for the study of Mendelian genetics with a group of pupils in the 4th year of ESO (form Spanish education system). The findings show that the proposal has proved to be interesting and motivating for the pupils. It has also enabled them to acquire, for the most part, the necessary basic knowledge, and to broaden their knowledge of certain contents without the direct help of the teacher.*

**Keywords:** Secondary Education, mendelian genetics, virtual laboratory, didactic proposal



## 1. INTRODUCCIÓN

Desde un punto de vista didáctico las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) aplicadas a la educación científica han experimentado una gran evolución, mejorando tanto el desarrollo de herramientas, como las propuestas educativas basadas en TIC (Robles et al., 2021). Sin embargo, el grado de implantación/integración de las TIC en los centros educativos es muy heterogéneo, debido principalmente a la falta de formación del profesorado en las nuevas tecnologías, la insuficiente dotación de equipamiento (Méndez y Delgado, 2016) y a la insuficiente implicación de las familias en el proceso de integración de las TIC (Aguilar y Leiva, 2012; Robles, 2020).

Dentro de la enseñanza de las ciencias se han desarrollado un recurso didáctico basado en las simulaciones informáticas, denominadas laboratorios virtuales (LV), que ofrecen un espacio que reproduce un laboratorio real en el que se trabaja a través de la interacción con la aplicación para la investigación o la resolución de problemas ideados para tal entorno (Cuadros, 2014). Los estudios realizados sobre los LV han demostrado que estos pueden ser utilizados de forma eficaz como sustituto o complemento de los laboratorios físicos (Kapilan et al., 2021) y que favorecen el interés y la motivación de los estudiantes (Cevallos et al., 2020). Además, la reciente situación vivida a causa de la pandemia de la COVID-19 ha impulsado el desarrollo y estudio de este tipo de propuestas debido a la necesidad que se generó de realizar un proceso de enseñanza-aprendizaje a distancia y la imposibilidad de utilizar laboratorios físicos (Bonilla-León et al., 2021; Clark et al., 2021).

Este recurso presenta una serie de ventajas que lo convierten en una estrategia didáctica eficaz, ya que resulta más económico que los laboratorios convencionales, pues se reducen los materiales, el equipo y el mantenimiento de las instalaciones (Álvarez y Cabrera, 2020; Sasongko y Widiastuti, 2019); evita accidentes o contribuye a prevenirlos en el laboratorio presencial (Lara et al., 2022); fomenta el autoaprendizaje, responsabilidad e independencia en el estudiante (Lara et al., 2022); permite repetir la práctica cuantas veces se quiera (Lorandi et al., 2011); reduce el tiempo de espera de los experimentos de larga elaboración (Cáceres y Amaya, 2016); y el uso de tecnologías y actividades interactivas favorece el interés de los estudiantes (Cevallos et al., 2020; Couso et al., 2020).

No obstante, las propuestas basadas en LV también presentan sus limitaciones, pues trabajar por medio de una simulación puede provocar en el estudiante una pérdida parcial de la visión de la realidad que estudia y no todos los procesos reales pueden ser simulados (Lorandi et al., 2011). Los contenidos trabajados deben seleccionarse adecuadamente, pues el uso de LV no permite desarrollar habilidades de manipulación de materiales e instrumentos que brinda la experiencia en un laboratorio real (Lara et al., 2022) y deben de estar bien planificados y resultar suficientemente atractivos para que el alumno mantenga la atención (Ponce-Sacoto y Ochoa-Encalada, 2021), ya que internet ofrece muchos distractores (Lorandi et al., 2011).

### *La enseñanza-aprendizaje de la genética*

Los avances en genética han permitido el desarrollo de diversas técnicas, procesos, productos, aplicaciones en ingeniería genética y biotecnología, pero con estos avances han surgido profundos debates sociales y controversias socio-científicas (Díaz y Jiménez-Liso, 2012). En este sentido, un aprendizaje significativo de conceptos y procesos del campo de la genética por

parte de los estudiantes permitirá que estos estén mejor cualificados para entender situaciones del día a día y puedan tomar decisiones en aspectos de relevancia (Abril, 2010).

Según Íñiguez y Puigcerver (2013), los dos obstáculos fundamentales que tiene el proceso de enseñanza-aprendizaje de la genética son las ideas previas que el alumnado posee y el modelo tradicional de enseñanza de la genética. Además, hay otra serie de errores que se mantienen a lo largo de la enseñanza científica (Ruiz-González et al., 2017), como la negativa a considerar que los seres vivos estén formados por células y, por tanto, que no tengan cromosomas o si los tienen que no lo asocian con la función genética (Lewis et al., 2000); o no relacionan el material hereditario con la expresión de la información genética ni con la síntesis de proteínas (Rotbain et al., 2006); e incluso presentan errores en los conceptos de ADN, mutación, gen y ARN (Ayuso, 2000; Caballero, 2008).

En cuanto al modelo tradicional de enseñanza de los mecanismos de transmisión de la herencia biológica, la dificultad del aprendizaje de la genética se debe a que el conocimiento es fragmentado, descontextualizado e inadecuado para solucionar problemas cotidianos, siendo por tanto un método ineficaz (Couso et al., 2020; García et al., 2015). Pese a ello, la enseñanza habitual de la genética sigue siendo transmisiva y da mucho peso a la memorización de conceptos y poco a la adquisición de procedimientos o actitudes científicas (Chavarría et al., 2013; Pérez-Franco et al., 2018).

#### *Los LV en la enseñanza de la genética*

En general, la utilidad de los LV recae en que a través de estos simuladores los estudiantes pueden plantearse preguntas, experimentar, manipular variables y contrastar resultados en los ámbitos de la biología molecular, genética, ecología o evolución (Jiménez, 2010; López-Rua y Alzate, 2012). Como ejemplo de estas acciones educativas tenemos los trabajos para facilitar la visualización de conceptos y procesos a nivel microscópico en el campo de la genética de Marbach-Ad et al. (2008); o para el estudio de los procesos moleculares y conceptos abstractos como PCR, electroforesis en gel, etc. de White et al., (2007), y de Piassentini y Occelli, (2012); o el trabajo con experiencias de ingeniería genética de Marchesini et al. (2012). Otras investigaciones también han puesto de manifiesto la utilización de videojuegos como forma de integrar los principios de la simulación, ofreciendo posibilidades para acercar al alumnado a la vida real a través de diferentes representaciones que contextualizan un conocimiento determinado (Occelli y García-Romano, 2018).

Pero derivado del estudio detallado de estas propuestas didácticas se pone de manifiesto que existen determinadas limitaciones u obstáculos que se deben superar para una plena integración en el campo educativo. Los principales escollos que suelen darse se resumen en el uso habitual del idioma inglés en el diseño y desarrollo de las propuestas, y la necesidad de mejorar la interactividad, pues predomina la interacción lineal entre el estudiante y el LV, sin que se facilite la realización de procesos fuera del circuito de acciones predeterminadas. Es por lo que se propone acompañar la utilización de estos programas con guías de actividades que respondan al tópico de estudio y que den lugar a procesos reflexivos de aprendizaje. (Piassentini y Occelli, 2012).

El presente trabajo tiene como principal finalidad, evaluar la eficacia de integrar una experiencia de LV dentro de la secuencia de enseñanza-aprendizaje sobre genética mendeliana

para 4º curso de la Educación Secundaria Obligatoria. Para concretar la finalidad de este trabajo, se establecen una serie de objetivos específicos, que son:

- Analizar la puesta en práctica de la propuesta didáctica concreta, llamada “Cruzando moscas”, basada en el uso de LV.
- Valorar el grado de interés del alumnado al emplear una herramienta virtual en la enseñanza de genética mendeliana.

## 2. MÉTODO

El estudio es de tipo cuantitativo, de carácter descriptivo de una experiencia didáctica. Se llevó a cabo un diseño didáctico empleando un LV para trabajar los contenidos relacionados con la genética mendeliana, pues son aspectos de un marcado carácter abstracto para los estudiantes.

### 2.1. Descripción de la muestra estudiada

Esta investigación se basó en la puesta en práctica de una propuesta didáctica que se llevó a cabo en un instituto público de Educación Secundaria del centro de Murcia. La propuesta didáctica se desarrolló durante el curso escolar 2021-2022, en el seno de la asignatura de Biología y Geología, con un alumnado de perfil homogéneo de 4º de ESO (16 años), estando el grupo compuesto por 10 mujeres y 8 hombres, con un nivel socioeconómico medio/alto.

### 2.2. Propuesta didáctica

Para alcanzar los objetivos planteados con esta investigación, se empleó como instrumento una secuencia didáctica. Esta propuesta tiene como finalidad didáctica facilitar la comprensión de la genética mendeliana mediante actividades prácticas de laboratorio. Además, como contenidos a desarrollar se establecen: Reconocimiento de la importancia del uso de organismos modelo en las investigaciones científicas (*Drosophila melanogaster*); Identificación de las características de *Drosophila* y cómo se trabaja con ella para realizar experimentos que permitan analizar los resultados a través de las leyes de Mendel y el planteamiento de hipótesis; e Introducción del funcionamiento de los cromosomas sexuales y la herencia genética ligada al sexo.

La secuencia diseñada para abordar la temática de la genética mendeliana constó de dos elementos principales, el propio LV y la elaboración de un informe de trabajo. La actividad desarrollada a través del LV se basó en la propuesta *Cruzando moscas* (<https://view.genial.ly/5f6a057a39594e137e47d687/interactive-content-virtual-lab-cruzando-moscas>), que fue elaborada por D<sup>a</sup>. Fátima Miró Estruch, profesora de Biología y Geología de secundaria y autora del blog *La RuBisCO es lo más* (<https://www.larubiscoeslomas.com/>), sobre la enseñanza de ciencias naturales. El empleo de este instrumento fue íntegro a como lo diseñó la creadora, encontrando la adaptación al contexto de los estudiantes participantes en el segundo elemento de la secuencia, el informe de prácticas.

Con respecto al informe de prácticas se diseñó siguiendo las directrices de la autora pero adaptando los ejemplos y diversas opciones de trabajo al contexto de los estudiantes. Además,

tuvo una doble función, sirvió para evaluar los progresos académicos del alumnado y, permitió recoger información sobre el grado de interés de los estudiantes ante la realización de esta propuesta didáctica, siendo esta necesaria para la investigación presentada en este trabajo.

### LV “Cruzando moscas”

A la hora de seleccionar el LV más adecuado para esta secuencia, se basó principalmente en dos aspectos adecuación a los contenidos a trabajar y a que los requerimientos técnicos de hardware y software fueran lo más universales posibles y permitiera el funcionamiento en cualquier dispositivo informático. Por ello, tras realizar y comprobar varios programas, se decantó la balanza por usar el LV *Cazando Moscas*, pues ha sido desarrollado empleando la plataforma *Genial.ly*, que es un programa on line, de creación de presentaciones, infografías y contenido interactivo. En este caso, la autora se ha valido del potencial interactivo de la plataforma para desarrollar una serie de experimentos de cruzamientos de moscas intercalados con lecciones teóricas sobre la genética mendeliana, las características de *Drosophila melanogaster* y cómo se trabaja con ella, abordando además hechos relacionados con la genética y con la historia de la ciencia.

Para poder evaluar el trabajo realizado con este LV se propone en la Tabla 1 un modelo de valoración del trabajo con este recurso, que podría ser adaptado a otros LV y ser una herramienta eficaz para el profesorado. En este caso concreto, esta propuesta está dividida en cuatro niveles, donde el personaje del científico Thomas Hunt Morgan va guiando a los estudiantes entre los diferentes niveles. Para ir avanzando desde el nivel 1, el primero que se encuentra el alumnado, hasta el último nivel, el nivel 4, es necesario que los estudiantes vayan realizando determinadas tareas (Tabla 1). Para complementar la realización de lo planteado en el LV (ejercicios, enigmas, etc.), los estudiantes deberían elaborar al mismo tiempo 12 tareas, que conformaba el informe que se utilizó como instrumento de evaluación del progreso del alumnado, teniendo en cuenta la comprensión de los contenidos y conceptos trabajados mediante la plataforma. Estas tareas se realizaron a lo largo de 5 sesiones de trabajo, estipuladas por el docente, de las que tres eran sesiones autónomas de trabajo que realizaron en casa, mientras que las otras dos sesiones fueron de seguimiento del trabajo y resolución de dudas que se realizaron en el centro educativo en el horario de la asignatura.

**Tabla 1**

Relación de las diferentes tareas correspondientes a cada nivel

Bloque	Nivel	Nº	Tareas
Bloque 1	Nivel 1: Conoce a <i>Drosophila</i>	1.1	a) Define organismo modelo
			b) Describe las características que deben reunir para ser considerados como tal
			c) Cita a los 6 organismos modelo más utilizados con su nombre científico
			d) Explica la importancia de <i>Danio rerio</i> en la investigación de la Reg. Murcia
		1.2	a) Nombra al menos a un científico relacionado con <i>Drosophila melanogaster</i>
			b) Explica brevemente la investigación llevada a cabo con <i>Drosophila melanogaster</i>
	1.3	a) Nombra la enfermedad escogida	
		b) Explica al menos tres síntomas asociados a la enfermedad	
	Nivel 2: Aprende a trabajar con moscas	2.1	a) Explica que las moscas almacenan el esperma de sus diferentes parejas sexuales
			b) Expresa la importancia de que sean vírgenes para que los cruces sean los deseados
			c) Explica el proceso empleado en los laboratorios para seleccionar hembras vírgenes
			d) Indica que resulta imprescindible para evitar cruces entre generaciones
2.2		a) Diferencia correctamente entre dominante y recesivo	
		b) Diferencia correctamente entre mutantes y <i>wild type</i>	
2.3		a) Coloca adecuadamente los gametos	
		b) Indica correctamente la generación filial	
		c) Expresa las proporciones obtenidas en la generación filial	
		d) Confirma que los resultados concuerdan con la 2ª ley de Mendel	
Bloque 2	Nivel 3: Morgan y la mosca de ojos blancos	3.1	a) Argumenta los motivos por los que las mujeres han sido históricamente relegadas en la ciencia
			b) Nombra tres científicas a las que no se les reconocieron sus logros debidamente
			c) Explica qué les ocurrió a las científicas que nombra
		3.2	a) Indica el nombre de la enfermedad
			b) Indica el tipo de mutación
			c) Explica los síntomas más comunes
	3.3	a) 1ª propuesta. Coloca adecuadamente los gametos	
		b) 1ª propuesta. Indica correctamente la generación filial	
		c) 1ª propuesta. Expresa las proporciones obtenidas en la generación filial	
		d) 2ª propuesta. Coloca adecuadamente los gametos	
		e) 2ª propuesta. Indica correctamente la generación filial	
		f) 2ª propuesta. Expresa las proporciones obtenidas en la generación filial	
Nivel 4: El enigma de las alas curvadas	4.1	a) Distingue entre haploide y diploide	
		b) Distingue entre metafásico y anafásico	
		c) Realiza correctamente los dos primeros dibujos requeridos	
		d) Realiza correctamente los dos últimos dibujos requeridos	
	4.2	a) Coloca adecuadamente los gametos	
		b) Indica correctamente la generación filial	
	4.3	c) Expresa las proporciones obtenidas en la generación filial	
		a) Plantea una hipótesis coherente	
b) Argumenta y defiende la hipótesis que ha planteado de manera científica			

Además, cada una de estas tareas de las que se componía el informe de prácticas presentaba una finalidad didáctica distinta (Tabla 2). Así se encuentran, por un lado, las tareas de introducción de los conocimientos básicos sobre genética (*introducción*), enfocadas a la

introducción y presentación de los contenidos a desarrollar, además de trabajar la comprensión de estos. Por otro lado, se agrupan las tareas sobre la historia de la ciencia genética (*historia*), relacionadas con el contexto histórico en el que se sucedieron los descubrimientos que desarrollan los diferentes protagonistas implicados en la propuesta didáctica, además del reconocimiento, o la falta de este, que tuvieron sus trabajos y figuras en la sociedad científica del momento. Otra de las agrupaciones fue la realización de problemas de genética mendeliana (*problemas*), que trabajan el análisis y la aplicación de conocimientos, la 2ª y 3ª ley de Mendel, así como la herencia ligada al sexo. Y finalmente, las tareas que plantea un problema (*Hipótesis*) sobre el que los alumnos tendrán que realizar una hipótesis y argumentarla aplicando los conocimientos adquiridos.

**Tabla 2**

*Clasificación de las actividades según el tipo de contenido*

Tipo de actividades	Procesos cognitivos	Actividades
<i>Introducción</i>	Información y comprensión	1.1, 2.1, 2.2, 3.1
<i>Historia</i>	Análisis	1.2, 1.4, 3.2, 4.1
<i>Problemas</i>	Análisis y Aplicación	2.3, 3.3, 4.2
<i>Hipótesis</i>	Creación y evaluación	4.3

Para la realización de la evaluación de la propuesta didáctica se basó en dos aspectos fundamentales, por un lado, la evaluación de la realización del informe de prácticas, según los diferentes criterios didácticos establecidos por el docente. Y, por otro lado, la evaluación por parte de los estudiantes de la experiencia realizada. El informe de prácticas individual de cada estudiante fue evaluado por el docente según las diferentes respuestas que admitía cada tarea (Tabla 3). La calificación del informe de prácticas, para cada estudiante fue el sumatorio de cada una de las diferentes puntuaciones otorgadas a las diversas tareas de las que se compone el informe. Considerando que se han alcanzado los conocimientos mínimos, cuando el estudiante alcanza al menos 5 puntos de los 10 puntos posibles de este informe.

**Tabla 3**

*Relación de tareas del informe de prácticas según el tipo de respuesta posible*

	Nº tareas
<b>Respuestas correcta o incorrecta</b> (0,5 pto. o 0 pto. respectivamente)	1.2 a); 1.3 a); 2.1 d); 2.3 d)
<b>Respuesta completa, incompleta o mal contestada (incluido no contesta)</b> (0,5 pto.; 0,25 pto. o 0 pto. respectivamente)	1.1 a); 1.1 b); 1.1 c); 1.1 d); 1.2 b); 1.3 b); 1.3 c); 2.1 a); 2.1 b); 2.1 c); 2.2 a); 2.2 b); 2.3 a); 2.3 b); 2.3 c); 3.1 a); 3.1 b); 3.1 c); 3.2 a); 3.2 b); 3.2 c); 3.3 a); 3.3 b); 3.3 c); 3.3 d); 3.3 e); 3.3 f); 4.1 a); 4.1 b); 4.1 c); 4.1 d); 4.2 a); 4.2 b); 4.2 c); 4.3 a); 4.3 b)

Los datos obtenidos fueron analizados teniendo en cuenta los cálculos estadísticos de cálculo promedio, la frecuencia absoluta y relativa, el cómputo de porcentajes utilizando el software *Microsoft Excel*.

### *Cuestionario de percepción*

Para finalizar la secuencia, se realizó una encuesta anónima, para evaluar la experiencia de los estudiantes, validado este cuestionario por la metodología de validación inter-jueces (Zapf et ál., 2016), se ejecuta a través de un panel de expertos del ámbito de la didáctica de las ciencias experimentales, con experiencia científica y laboral en la formación superior de maestros o como docentes no universitarios ya en activo.

El cuestionario consistió en cumplimentar tres secciones de preguntas, en la que la primera de estas secciones estuvo enfocada a caracterizar a las personas encuestadas, con preguntas referidas a género y año de nacimiento de los estudiantes. La segunda sección eran 8 preguntas, agrupadas en cuatro categorías diferentes enfocados a evaluar distintos aspectos (tabla 4). Las preguntas fueron contestadas según una escala de 1 a 4, tipo Likert, en la que el valor 1 manifestaba estar totalmente en desacuerdo con el enunciado del ítem y el valor 4 correspondía a estar totalmente de acuerdo con el enunciado de la pregunta.

**Tabla 4**

*Relación entre los ítems del cuestionario de evaluación de los estudiantes y los aspectos a evaluar*

<b>Aspecto a evaluar</b>	<b>Ítems de evaluación</b>
Adecuación y claridad de la propuesta y la plataforma empleada	1. El uso de la plataforma me ha resultado sencillo 2. Los contenidos que se presentan en la plataforma resultan claros 3. Considero que Genial.ly es una buena plataforma para desarrollar LV
Percepción de autonomía en el aprendizaje	5. Con este tipo de propuestas (LV guiados) podría aprender contenidos sin ayuda del profesorado 6. Los ejercicios interactivos de esta propuesta me han ayudado a aprender por mí mismo
Interés generado por la propuesta	7. Me siento más interesado cuando trabajo con el LV que con ejercicios de lápiz y papel
Utilidad que el alumnado percibía en la propuesta.	4. El LV me parece una herramienta adecuada para complementar las clases 8. En general, la experiencia me ha ayudado con mi aprendizaje

Finalmente, la pregunta 9 (no incluida en las cuestiones anteriores) conforma la tercera sección de preguntas y en ella se pidió a los estudiantes que indicasen, mediante una respuesta de carácter abierto, qué dicesen su opinión sobre la propuesta didáctica y los diferentes aspectos que les supuso la realización de dicha secuencia didáctica.

Los datos obtenidos se han estudiado mediante cálculos estadísticos utilizando *Microsoft Excel*, en este caso incluyendo el cálculo promedio, la frecuencia absoluta y relativa, el cómputo de porcentajes, la media, la mediana, la desviación típica y los valores del primer y tercer cuartil.

### 3. RESULTADOS

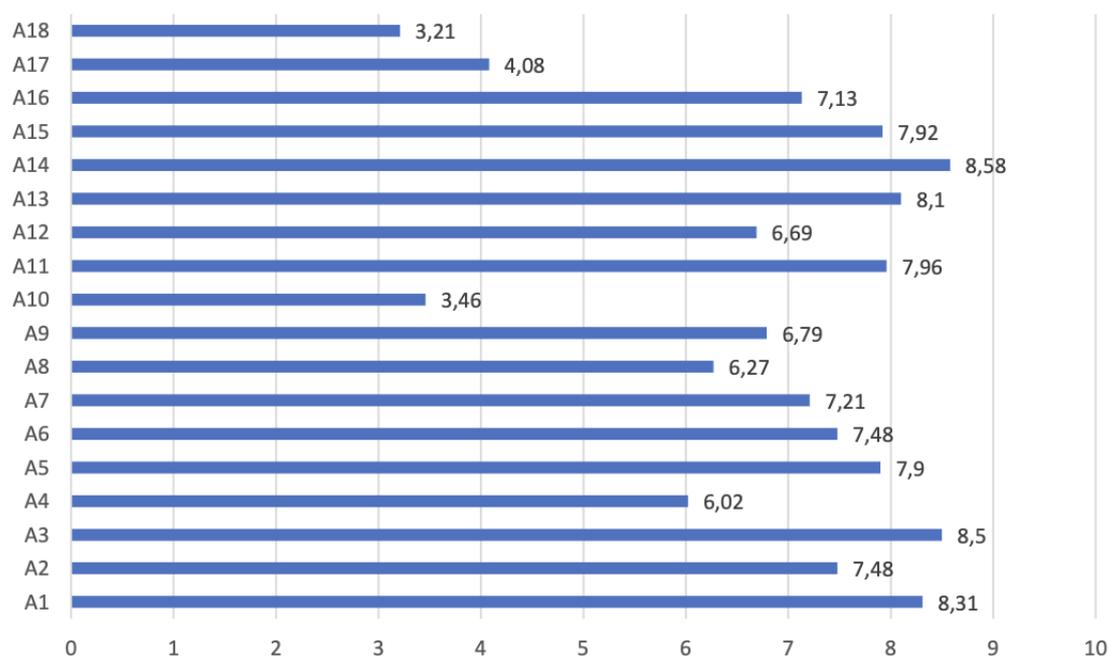
#### 3.1. Informe de prácticas

Para el análisis de los resultados de aprendizaje del alumnado, se utilizó el informe de prácticas explicado anteriormente. De la muestra inicial (18 estudiantes) solo el 83,3% (15 personas) presentaron el informe de prácticas completo, mientras que el 17% de la muestra, sí entregaron el informe, pero este estaba incompleto, ya que contaba solamente con el primer bloque de actividades de dicho informe.

En la figura 1, se muestran las calificaciones del alumnado participante, y como se puede observar el 83,3% de la muestra, obtuvieron una calificación superior a 5 y, por tanto, se considera que alcanzaron los conocimientos mínimos. Los 3 estudiantes restantes, coinciden con las personas que solamente entregaron un bloque de ejercicios, y por tanto no alcanzaron la nota mínima de 5 sobre 10, considerándose que no alcanzaron los contenidos mínimos de la propuesta didáctica. La calificación media final de los estudiantes fue de 6,84, pero si no se tienen en cuenta a los estudiantes que no terminaron todas las tareas esta media asciende hasta 7,49 sobre 10 puntos posibles.

Figura 1

Calificación final del informe de prácticas de los diferentes estudiantes



En la tabla 5 podemos observar la distribución de frecuencias de respuestas que pertenecen a cada categoría. Podemos ver que el 65% del total de respuestas (468 de 650 cuestiones) de los estudiantes pertenecen a la categoría de correctas, y por tanto son completas y no muestran confusión. Por otro lado, el 7% de las respuestas pertenecían a la categoría de respuestas *Incorrectas*, mientras que el 19% representaban las respuestas *Incompletas* y, solo, el 9% corresponde a las respuestas *No Contestadas*. Lo que supone que, del total de las 720 respuestas obtenidas, el 72% fueron positivas (correctas e incompletas), sin embargo, el 28%

de preguntas fueron *Incorrectas* (138) o fueron *No Contestadas* (68), pero en su totalidad pertenecían al bloque 2 de actividades del informe de prácticas.

Tabla 5

*Distribución de respuestas según el grado de acierto*

Categoría de Respuesta	Total		Bloque 1		Bloque 2	
	n	%	n	%	n	%
Correctas	468	72%	221	81,2%	247	65,3%
Incompletas	51	7,8%	36	13,2%	15	4%
Incorrectas	68	10,5%	15	5,6%	53	14%
No Contestadas	63	9,7%	0	0%	63	16,7%
Total	650	100%	272	41,8%	378	58,2%

En la tabla 6, se presenta el resumen de los resultados derivados del informe de las prácticas de los estudiantes en relación con los agrupamientos de los contenidos trabajados. Como se observa los mejores resultados se obtuvieron en la realización de los problemas de genética mendeliana (72,2% de respuestas correctas) mientras que el peor resultado se obtuvo en la realización y argumentación de hipótesis, con un 58,3% de respuestas incorrectas.

Tabla 6

*Resumen de respuestas obtenidas por cada tipo de contenido*

	Correctas		Incompletas		Incorrectas		No contestadas	
	n	%	n	%	n	%	n	%
<i>Introducción</i>	167	54,6%	44	14,4%	74	24,2%	21	6,9%
<i>Historia</i>	118	82%	3	2,1%	14	9,7%	9	14,7%
<i>Problemas</i>	143	72,2%	17	8,6%	11	5,6%	27	13,6%
<i>Hipótesis</i>	8	22,2%	1	2,8%	21	58,3%	6	16,7%
Total	468	65%	51	7%	138	19%	63	9%

### 3.2. Cuestionario de percepción

De forma global y resumida, en la tabla 7, se presentan los valores de tendencia de las diferentes cuestiones. Es necesario recordar para una correcta interpretación de estos valores, que los estudiantes debían contestar valorando de 1 (total desacuerdo) a 4 (total acuerdo) con los enunciados de cada cuestión. Todos los ítems tuvieron una puntuación mayor a 2, siendo las 8 valoraciones son positivas. Las puntuaciones medias más bajas fueron los ítems 6 y 5 (2,72 y 2,78, respectivamente); mientras que los ítems 2 y 3 obtenían las máximas valoraciones medias (3,5 puntos cada uno).

Tabla 7

Valores de tendencia de los ítems cuantitativos del cuestionario de evaluación

Nº	Ítem	M	DT	Me	C1	C3
1	El uso de la plataforma me ha resultado sencillo	3,33	0,77	3,5	3,00	4,00
2	Los contenidos que se presentan en la plataforma resultan claros	3,5	0,71	4,00	3,00	4,00
3	Considero que Genial.ly es una buena plataforma para desarrollar LV	3,5	0,92	4,00	3,00	4,00
4	El LV me parece una herramienta adecuada para complementar las clases	3,44	0,78	4,00	3,00	4,00
5	Con este tipo de propuestas (LV guiados) podría aprender contenidos sin ayuda del profesorado	2,78	0,81	3,00	2,00	3,00
6	Los ejercicios interactivos de esta propuesta me han ayudado a aprender por mí mismo	2,72	0,67	3,00	2,00	3,00
7	Me siento más motivado cuando trabajo con el LV que con ejercicios de lápiz y papel	2,94	0,94	3,00	2,75	4,00
8	En general, la experiencia me ha ayudado con mi aprendizaje	3,22	1,06	4,00	2,75	4,00

Los tres primeros ítems de la encuesta de evaluación se corresponden a aspectos técnicos de la plataforma en los que los estudiantes evaluaban, respectivamente, la sencillez de su uso (ítem 1), la claridad de los contenidos expuestos (ítem 2) y la adecuación de Genial.ly como plataforma para la elaboración de LV (ítem 3). Estos tres ítems fueron los que mejor puntuación obtuvieron con una media igual o superior a 3,33 de 4 puntos posibles, lo que arroja que el alumnado valoró la propuesta empleada como sencilla y clara de entender y que Genial.ly es una plataforma adecuada para su desarrollo.

Los ítems 4 y 8 del cuestionario de evaluación pedía a los estudiantes que valorasen la utilidad del uso de LV para complementar las clases teóricas ordinarias. En el ítem 4, la gran mayoría de los estudiantes, 83,3%, valoran positivamente el empleo de este tipo de propuestas como un buen complemento a las clases teóricas. Además, el 78% del alumnado participante destacaban que esta experiencia les había ayudado con su aprendizaje (ítem 8). En conjunto, estos dos ítems muestran que los estudiantes reconocen que el uso de LV les ha ayudado en su aprendizaje.

El siguiente aspecto evaluado por el cuestionario fue la percepción de autonomía en el aprendizaje que los estudiantes han tenido mediante el uso un LV (ítems 5 y 6). El ítem 5 preguntaba acerca de la capacidad de aprender sin la intervención directa del docente, coincidiendo el 66% de los participantes en que podrían aprender contenidos sin la intervención directa del profesorado, usando herramientas como puede ser el LV. Mientras que el ítem 6 preguntaba sobre el aprendizaje autónomo conseguido por medio de los ejercicios interactivos propuestos, respondiendo el 67% del alumnado que los ejercicios interactivos les han ayudado a aprender contenido por sí mismos.

El ítem 7 se centraba en analizar el interés de los estudiantes a la hora de trabajar con el LV. Este ítem tuvo una valoración mayoritariamente positiva, pues el 78% de los estudiantes percibieron el uso del LV más motivador que realizar ejercicios de lápiz y papel. Aunque en el análisis global de las diferentes valoraciones, el valor promedio es de 2,94, pero sin embargo presenta una mediana de 3, con un rango de la distribución de la mayoría de los datos comprendida entre 2,75 (C1) y 4,00 (C3).

Por otro lado, la encuesta incluía una pregunta de respuesta de tipo abierto en la que los estudiantes debían valorar qué les había parecido la experiencia de forma general. De los dieciocho participantes, trece escribieron reseñas totalmente positivas. Entre estas reseñas positivas destacan diferentes aspectos como la sencillez de uso de la plataforma, su potencial y cómo ha resultado una forma interesante de trabajar estos contenidos, por ejemplo el estudiante A14: *“Al principio me quedé fascinado con el potencial de Genial.ly, y me ha parecido increíble esa forma de adquirir nuevos conocimientos, sublime”*). De entre las reseñas restantes, tres tenían una valoración positiva, pero incluían alguna crítica hacia la plataforma, por ejemplo *“Bien pero Genially va demasiado lento”* (A8). Y dos estudiantes, contestaban a este ítem de forma negativa, *“Es muy largo y tedioso”* (A2) y *“Creo que ha sido entretenido, pero se hace excesivamente largo y al final se olvida lo que has hecho al principio”* (A1).

#### 4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

El primero de los objetivos específicos de este trabajo se refería a la puesta en práctica de una propuesta didáctica concreta basada en el uso de LV. En base a los resultados descritos anteriormente, el alumnado percibió la propuesta didáctica como útil (el 83% de los estudiantes alcanzaron los contenidos propuestos), además prácticamente la totalidad de los participantes, 89%, consideraron el uso del LV como un buen complemento a las clases teóricas y les había ayudado en su aprendizaje. En cuanto a la valoración técnica, el uso de Genial.ly resultó para los estudiantes ser un recurso eficaz por lo que es necesario realizar más propuestas empleando esta plataforma, lo que nos permitirá explotar todo su potencial para facilitar la comprensión de los conocimientos y aumentar el interés del alumnado (Ponce-Sacoto y Ochoa-Encalada, 2021).

El segundo de los objetivos específicos consistió en “valorar el grado de interés del alumnado al emplear una herramienta virtual en la enseñanza de genética mendeliana”. Los estudiantes participantes mostraron un elevado interés por la propuesta didáctica, ya que el empleo del LV les resultó más interesante que los ejercicios clásicos de lápiz y papel. Además, entre las observaciones que escribieron los estudiantes, destacaron que se trataba de una propuesta interesante y amena. Este hecho permite a los docentes reconsiderar el planteamiento de enseñanza de la genética y favorecer las prácticas orientadas a la indagación guiada o la construcción de argumentos y procesos integrados (Couso et al., 2020).

En conclusión, la finalidad principal del trabajo, “evaluar la eficacia de integrar una experiencia de LV dentro de la secuencia de enseñanza-aprendizaje sobre genética mendeliana para 4º curso de la Educación Secundaria Obligatoria”, se establece que la integración de una experiencia de LV en estas condiciones ha resultado satisfactorio, lo que anima a los autores, investigadores y comunidad educativa a continuar elaborando nuevas propuestas de LV que abarquen diferentes contenidos y cursos, que valoren y analicen su eficacia, sus puntos fuertes y sus posibles mejoras, conllevaría un aumento de estos recursos, que puestos a disposición de los docentes, facilitará que su uso se vuelva habitual (Jiménez, 2010; López-Rúa y Alzate, 2012).

En definitiva, no solo se debe de poner en revisión cómo se abordan diferentes contenidos, competencias y elementos educativos en la formación inicial de los futuros docentes (Pérez-Franco et al., 2018). Sino que también, se debe de ofertar unos conocimientos sobre la realidad

educativa de las aulas de secundaria a través del aumento del contacto directo con los profesores, tanto dentro como fuera de las aulas escolares, para conocer, estudiar y analizar cómo se desarrolla la acción docente en el día a día.

## 5. REFERENCIAS

- Abril, A.M. (2010). Influencia de la sociedad del conocimiento en la enseñanza de las ciencias experimentales. Un caso de estudio: la genética y la biología molecular. *Revista de antropología experimental*, 10, 1-16.
- Álvarez A., y Cabrera J.F. (2020). Requerimientos para el diseño de la experiencia de inmersión en laboratorios virtuales. *Kepes*, 17(22), 277-299. <https://doi.org/10.17151/kepes.2020.17.22.11>
- Bonilla-León, C., Urrego-Duque, L.F., y Alcocer, M. (2021). El uso de laboratorios virtuales en la Universidad del Rosario: una resignificación de su aporte en tiempos de COVID-19 a la enseñanza de las ciencias naturales. *Reflexiones Pedagógicas*, 30. [https://doi.org/10.12804/issne.2500-5979\\_10336.33146\\_ceap](https://doi.org/10.12804/issne.2500-5979_10336.33146_ceap)
- Caballero, M. (2008), Algunas ideas del alumnado de secundaria sobre conceptos básicos de genética. *Enseñanza de las ciencias*, 227-244.
- Cáceres, C.A., y Amaya, D. (2016). Desarrollo e interacción de un laboratorio virtual asistido y controlado por PLC. *Entre Ciencia e Ingeniería*, 10(19), 9-15.
- Cevallos, J., Lucas, X., Paredes, J., y Tomalá, J. (2020). Uso de herramientas tecnológicas en el aula para generar motivación en estudiantes del noveno de básica de las unidades educativas Walt Whitman, Salinas y Simón Bolívar, Ecuador. *Revista Ciencias Pedagógicas e Innovación*, 7(29), 86-93. <https://doi.org/10.26423/rcpi.v7i2.304>
- Chavarría, S., Bermúdez, T., Villalobos, N., y Morera, B. (2013). El modelo Bandler-Grinder de aprendizaje y la enseñanza de genética mendeliana en estudiantes costarricenses de décimo año. *Cuadernos de Investigación UNED*, 4(2), 213-221.
- Clark, A., Nong, H., Zhu, H., y Zhu, R. (2021). Compensating for academic loss: Online learning and student performance during the COVID-19 pandemic. *China Economic Review*, 68, 101629. <https://doi.org/10.1016/j.chieco.2021.101629>
- Couso, D., Jiménez-Liso, R., Refojo, C., y Sacristán, J.A, (2020). Enseñando ciencia con ciencia. *Didácticas Específicas*, 22, 149–151. <https://doi.org/10.15366/didacticas2020.22>
- Cuadros, J. (2014). Quince años de laboratorios virtuales en química (I). *Alambique: Didáctica de las ciencias experimentales*, 76, 55-62.
- Díaz, N., y Jiménez-Liso, M.R. (2012). Las controversias sociocientíficas: temáticas e importancia para la educación científica. *Revista eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias*, 9(1), 54-70.

- García, J.A., Quinto, P., y Martínez, J. (2015). Comprensión del modelo hereditario de Mendel tras la enseñanza habitual en alumnos de educación secundaria obligatoria. *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, 29, 275-299.
- Iñiguez, F.J., y Puigcerver, M (2013). Una propuesta didáctica para la enseñanza de la genética en la Educación Secundaria. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las ciencias*, 10(3), 307-327.
- Jiménez, M.P (2010). *10 ideas clave. Competencias en argumentación y uso de pruebas*. Graó.
- Kapilan, N., Vidhya, P., y Gao, X.Z. (2021). Virtual laboratory: A boon to the mechanical engineering education during covid-19 pandemic. *Higher Education for the Future*, 8(1), 31-46. <https://doi.org/10.1177/23476311209707>
- Lara, L.E., Pérez, M.I., Villalobos, P.T., Villa-Cruz, V., Orozco, J.O. y López, L.J. (2022). Uso de laboratorios virtuales como estrategia didáctica para el aprendizaje activo. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 6(1), 4211-4223. [https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v6i1.1794](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v6i1.1794)
- Lewis, J., Leach, J., y Wood-Robinson, C. (2000). All in the genes? young people's understanding of the nature of genes. *Journal of Biological Education*, 34(2), 74-79.
- López-Rua, A. y Alzate, Ó. (2012). Las prácticas de laboratorio en la enseñanza de las ciencias naturales. *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos*, 8(1), 145-166.
- Lorandi, A.P., Hermida, G., Hernández, J., y Ladrón de Guevara, E. (2011). Los laboratorios virtuales y laboratorios remotos en la enseñanza de la ingeniería. *Revista Internacional de Educación en Ingeniería*, 4, 24-31.
- Marbach-Ad, G., Rotbain, Y. y Stavy, R. (2008). Using computer animation and illustration activities to improve high school students' achievement in molecular genetics. *Journal of Research in Science Teaching* 45(3), 273-292.
- Marchesini, S., Piassentini, M.J. y Ocelli, M. (2012). Una propuesta para realizar trabajos prácticos de Biotecnología en la escuela secundaria. En García L., Buffa L.M., Liscovsky, I., Malin Vilar T.G. (Eds.) *Memorias de las X Jornadas Nacionales y V Congreso Internacional de Enseñanza de la Biología* (pp. 517-523).
- Martín-García, J. y Dies-Álvarez, M.E. (2022). La educación científica en el contexto de las competencias clave: un ejemplo de lo que la educación no formal puede aportar. *EDUCA International Journal*, 2(2), 116-133. <https://doi.org/10.55040/educa.v2i2.31>
- Méndez, J.M., y Delgado, M. (2016). Las TIC en centros de Educación Primaria y Secundaria de Andalucía. Un estudio de casos a partir de buenas prácticas. *Digital Education Review*, 29, 134-165.
- Ocelli, M. y García-Romano, L. (2018). Simulaciones en la enseñanza de la Biología, *Docentes Conectados*; 1(1), 3-16.
- Piassentini, M.J. y Ocelli, M. (2012). Caracterización de Laboratorios Virtuales para la enseñanza de la Ingeniería Genética. En García L., Buffa L.M., Liscovsky, I., Malin Vilar T.G.

(Eds.) *Memorias de las X Jornadas Nacionales y V Congreso Internacional de Enseñanza de la Biología* (pp. 671-676).

- Pérez-Franco D., de Pro-Bueno A., y Pérez-Manzano A. (2018). Actitudes ambientales al final de la ESO. Un estudio diagnóstico con alumnos de Secundaria de la Región de Murcia. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 15(3), 3501. [http://dx.doi.org/10.25267/Rev\\_Eureka\\_ensen\\_divulg\\_cienc.2018.v15.i3.3501](http://dx.doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2018.v15.i3.3501)
- Ponce-Sacoto, D.H. y Ochoa-Encalada, S.C. (2021) Genial.ly como estrategia de aprendizaje en estudiantes de educación General Básica. *Revista Arbitrada Interdisciplinaria Koinonía*, 6(4), 136-155. <http://dx.doi.org/10.35381/r.k.v6i4.1495>
- Robles, F.J. (2020). Didáctica de las Ciencias Experimentales y las TIC: experiencia didáctica con Pinterest en la formación de futuros docentes de primaria. *UTE. Teaching & Technology. Revista de Ciències de l'Educació*, 1(2), 7-20. <https://doi.org/10.17345/ute.2020.2.2780>
- Robles, F.J., Fernández, M., y Ayuso, G.E. (2021). Desarrollo Sostenible a través de Instagram. Estudio de propuestas de futuros docentes de primaria. *EduTEC. Revista Electrónica De Tecnología Educativa*, 76, 212-227. <https://doi.org/10.21556/edutec.2021.76.1919>
- Rotbain, Y., Marbach-Ad, G., y Stavy, R. (2006). Effect of bead and illustrations models on high school students' achievement in molecular genetics. *Journal of Research in Science Teaching*, 43(5), 500–529.
- Ruiz-González C., Banet E. y López-Banet L. (2017). Conocimientos de los estudiantes de secundaria sobre Herencia Biológica: implicaciones para su enseñanza. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 14(3), 550-569. <http://hdl.handle.net/10498/19507>
- Sasongko, W.D., y Widiastuti, I. (2019). Virtual lab for vocational education in Indonesia: A review of the literature. *AIP Conference Proceedings*, 2194(1). <https://doi.org/10.1063/1.5139845>
- White, B., Bolker, E., Koolar, N., Ma, W., Maw, N.N. y Yu, C.Y. (2007). The virtual genetics lab: a freely-available open-source genetics simulation. *American Biology Teacher*, 69(1), 29-32.
- Zapf, A., Castell, S., Morawietz, L., y Karch, A. (2016). Measuring inter-rater reliability for nominal data which coefficients and confidence intervals are appropriate? *BMC Medical Research Methodology*, 16(1), 93. <https://doi.org/10.1186/s12874-016-0200-9>

#### Para citar este artículo:

Robles Moral, F. J., y Martínez Ballesteros, A. (2022). La genética mendeliana de secundaria a través del laboratorio virtual. *EduTEC. Revista Electrónica de Tecnología Educativa*, (82), 217-231. <https://doi.org/10.21556/edutec.2022.82.2695>