



Revista de Estilos de Aprendizaje / Journal of Learning Styles
ISSN: 1988-8996 / ISSN: 2332-8533

Aprender la meiosis en Primero de Bachillerato mediante una actividad de modelización en el aula

Sergio Calavia Lombardo

Doctorando, Facultad de Educacion, Universidad de Zaragoza (España)

431627@unizar.es

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0424-3264>

Received: 23 July 2024 / Accepted: 6 March, 2025

Resumen

El trabajo que se presenta está enmarcado en la enseñanza de la meiosis, un mecanismo de división celular, dentro de enseñanza de la biología celular. Se ha realizado una actividad de modelización con 22 alumnos de primero de bachillerato en un colegio concertado-privado. El alumnado ha trabajado de forma colaborativa para elaborar una maqueta-mural que describiera el proceso de manera global. Para comprobar la eficacia de la propuesta se diseñó un pretest con la finalidad de detectar ideas alternativas y un postest, ambos similares y con una mayoría de cuestiones cerradas, siendo únicamente una de ellas abierta para obtener una percepción de valoración de la actividad mediante análisis de contenido del discurso. Los resultados arrojaron una mejora cuantitativa en la comprensión de contenidos y del objetivo biológico de la meiosis, aunque excepcionalmente se mantenían algunas de las ideas alternativas. El alumnado destacó en su valoración cualitativa una percepción de mejora en el aprendizaje de contenidos destacando el carácter visual de la tarea. Como conclusión e implicación educativa el autor propone, a raíz de la valoración positiva de la propuesta, seguir implementando actividades de modelización, aunque ve necesario una formación del profesorado para trasladar al aula de manera óptima estas actividades.

Palabras-clave: modelización; meiosis; biología celular; ideas alternativas.

[en]Learn meiosis with first-year high school students through a modeling activity in the classroom.

Abstract

The work presented is framed in the teaching of meiosis, a mechanism of cell division, within the teaching of cell biology. A modeling activity has been carried out with 22 first-year high school students in a private- subsidized school. The students have worked collaboratively to create a mural model describing the process globally. A previous test was designed so as to verify the effectiveness of the proposal and with the purpose of detecting alternative ideas and then a later test. Both of them were

similar and with a majority of closed questions, only one of them being open so as to obtain a perception of the assessment of the activity through analysis of content of the speech. The results showed a quantitative improvement in the understanding of content and the biological objective of meiosis, although exceptionally some of the alternative ideas were maintained. In their qualitative assessment, the students highlighted a perception of improvement in learning content, underlining the visual nature of the task. As a conclusion and educational implication, the author suggests, given the positive assessment of the proposal, to continue implementing modeling activities, although he sees the need for teacher training to optimally transfer these activities to the classroom.

Key-words: modeling; meiosis; cell biology; alternative ideas.

Sumario: 1. Introducción y marco teórico. 1.1. La enseñanza de la biología celular en la educación secundaria y el bachillerato. 1.2. Trabajar mediante modelización en el aula de ciencias. 2. Objetivos. 3. Fundamentación metodológica de la experiencia y descripción de la propuesta. 3.1. Muestra. 3.2. Instrumento. 3.3. Propuesta didáctica de modelización. 4. Resultados y discusión. 4.1. Análisis de respuestas en relación con el objetivo 1. 4.2. Análisis de respuestas en relación con el objetivo 2. 5. Conclusiones, limitaciones e implicaciones educativas. Referencias.

1.Introducción y marco teórico.

Los cambios ante los que tenemos que hacer frente y la relevancia que presenta la innovación en la escuela en los procesos de enseñanza y adquisición de conocimiento son incuestionables para atender a toda la diversidad de aprendizaje (Varela y Dans, 2024). Los proyectos prácticos y las tareas interactivas involucran a los estudiantes activamente, despertando su curiosidad y deseo de adquirir conocimientos (Suberviola, 2024). Este tipo de tareas pueden ser útiles y ayudar en procesos de enseñanza-aprendizaje asociados a contenidos que presentan dificultades añadidas como son aquellos que se abordan a escala microscópica, como ocurre en el campo de la biología, y más en concreto en la división celular, ya que generan numerosos interrogantes al percibirlos alejados de nuestra realidad cotidiana (Esquivel-Martín et al., 2021).

1.1.La enseñanza de la biología celular en la educación secundaria y el bachillerato.

La enseñanza de la biología celular en la secundaria y bachillerato es un fenómeno no exento de dificultades ya que necesita de un razonamiento complejo (Ocelli et al., 2017), por tanto, la comprensión de conceptos asociados a esta disciplina, como por ejemplo la división celular, conlleva poner en juego elementos concretos y abstractos en conjunto con perspectivas sistémicas y espacio-temporales (Treagust y Tsui 2013). Además, en la enseñanza de la biología, lo que se busca, es difundir actividades variadas que promuevan el aprendizaje significativo en el alumnado, creando variados escenarios de aprendizaje y múltiples recursos a efectuar (Flores et al., 2023). Algunas de estas actividades o propuestas de enseñanza-aprendizaje están encaminadas a desmontar concepciones e ideas alternativas que son conocimientos erróneos que tiene el alumnado en distintos niveles de enseñanza y que son fruto de su experiencia personal, social o haber sido enseñados de una manera inadecuada (Marcos y Esteban, 2017) y que su detección previa es fundamental en los sujetos que aprenden como punto de partida para los procesos de instrucción (Ausubel et al., 1978). En relación con estas la genética y la biología celular no es una disciplina ajena a esta situación ya que han sido detectadas, gracias a investigaciones el campo de las didácticas específicas, diferentes esquemas conceptuales alternativos (Azeglio et al., 2015; Marcos y Esteban, 2017).

Por otra parte, la enseñanza de la biología celular está muy presente en la investigación de la didáctica de las ciencias experimentales (Rodríguez Palmero, 2000; Quintero y Galagovsky, 2017), aunque escasamente centrado en los procesos de división celular (Pérez-Martín y Aquilino, 2015). Como ejemplo cabe destacar el estudio de Chamorro-Llanca (2022) donde se analizaron las publicaciones entre el año 2000 y 2021 y España se situó en los primeros puestos junto a Brasil, Colombia y Argentina, en cuanto a etapa educativa predominaron los estudios en secundaria frente a otros niveles siendo un 16,4% la temática de modelización. En otro estudio de Esquivel-Martín et al. (2018) donde se analizaron las publicaciones en revistas nacionales e internacionales de Didáctica de las ciencias experimentales se vio que solo el 30% de los trabajos contenía la palabra “división” en el título.

La división celular es un tema reiterado en los programas que van desde la Educación Secundaria Obligatoria hasta en diferentes asignaturas de másteres del ámbito de las Ciencias de la salud que se imparten en diferentes universidades españolas (Pérez-Martín y Aquilino, 2015). Además, el conocimiento de la división celular forma parte del temario la actual EVAU, futura prueba PAU en el año 2025.

A nivel de contenidos, el Real Decreto 1105/2014, pide conocer el ciclo celular, la división celular: La mitosis y la meiosis y su importancia en la evolución de los organismos vivos. Como criterios de evaluación son dos: el primero: “Reconocer las fases de la mitosis y meiosis argumentando su importancia biológica” y el segundo: “Establecer las analogías y diferencias principales entre los procesos de división celular mitótica y meiótica” y como estándares de aprendizaje evaluables se incide en la descripción de los acontecimientos fundamentales en cada una de las fases de la mitosis y meiosis y en la selección de las principales analogías y diferencias entre ambos procesos de división celular.

1.2. Trabajar mediante modelización en el aula de ciencias.

Un modelo se concibe como representaciones de un hecho, objeto, fenómeno o proceso que ayudan a explicar lo que ocurre en la naturaleza y que no puede ser observado o medido directamente (Chamizo, 2010; Raviolo et al., 2010; Gallego, 2004; Gilbert, 1991) A su vez un modelo conceptual puede ser expuesto en uno o varios registros semióticos tales como el lenguaje natural, imágenes, maquetas, etc. (Buckley 2000). En general en el aula suelen incorporarse diferentes registros semióticos como representaciones externas a ser analizadas o construidas por parte de los estudiantes (Kress et al. 2001). Estos modelos mentales son representaciones elaboradas por las personas cuando interactúan con su medio, textos, imágenes o combinaciones entre ambos (Perales y Jiménez, 2002). Además, la modelización ha sido utilizada en otras investigaciones del área de la biología demostrando cierta eficacia en relación a la argumentación con respecto al sistema inmunológico (Uskola et al., 2017). Así mismo el trabajo de modelización con maquetas ha demostrado evidencias de aprendizaje con docentes en formación (De Jager, 2017) y al mismo tiempo ha servido para comprender mejor imágenes 2D y 3D en asignaturas como anatomía humana (García y Mateos, 2018), que requieren de la comprensión de secciones transversales al igual que ocurre con la estructura tridimensional celular.

En nuestra experiencia e investigación a abordar se entiende la importancia que tiene la representación de modelos, en concreto las fases de la división celular por meiosis y más teniendo en cuenta que en el aprendizaje de la Biología Celular, el principal escollo en el alumnado es no lograr representar la célula (Chamorro-Llanca, 2022). La meiosis es un proceso de división celular que tiene lugar en las células germinales con el objetivo de formar gametos. A pesar de ser visible por microscopía, se fundamenta en un referente teórico de conocimiento con un alto grado de abstracción que requiere de la ayuda del docente para su interpretación (Contreras y González, 2013). En el campo de la división celular son variados los trabajos que engloban la modelización del proceso, sobre todo a principio de siglo, aunque actualmente predominan los de progresión del aprendizaje y los de conocimiento didáctico del contenido (Esquivel-Martín et al., 2018), de ahí la necesidad de retomar y volver a poner énfasis en experiencias educativas como la mostrada en este estudio.

2.1. Objetivos

Teniendo en cuenta la anterior reflexión se plantearon los siguientes objetivos de investigación teniendo en cuenta la propuesta didáctica llevada a cabo en el aula.

- 2.1.1. Mejorar los conocimientos de la meiosis mediante la modelización, una actividad de enseñanza-aprendizaje innovadora.
- 2.1.2. Evaluación de la propuesta valorando la autopercepción del aprendizaje del alumnado mediante el análisis cualitativo de sus opiniones.

3. Fundamentación metodológica de la experiencia y descripción de la propuesta.

3.1. Muestra.

La propuesta o secuencia didáctica se desarrolló con 22 estudiantes de 1º año de bachillerato de un Centro concertado-privado de Zaragoza (España) durante el curso escolar 21-22 en un momento de postpandemia donde podían incorporarse poco a poco las actividades grupales en el aula. La actividad fue implementada en la asignatura de Biología, Geología. La muestra no es aleatoria, ya que se han elegido los representantes de la población a los que se ha tenido acceso al impartir la materia el docente

y autor del estudio y experiencia educativa. Por tanto, hay que tener en cuenta que estamos ante un tipo de estudio de caso (EC), estos tienen como característica esencial que abordan de forma intensiva una unidad, ésta puede referirse a una persona, familia o incluso grupo (Stake, 1994). El EC en la investigación cualitativa es idiográfico (Gilgun, 1994), ya que implica la descripción amplia, profunda del caso en sí mismo, sin la finalidad de partir de una hipótesis o teoría, ni de generalizar las observaciones (Muñiz, 2010).

3.2. Instrumento.

El alumnado antes de realizar la propuesta realizó un pretest de conocimientos con el fin de conocer sus ideas previas y concepciones alternativas, al finalizar la propuesta se realizó el mismo cuestionario a modo de postest para comprobar la eficacia de esta. También, se pidió una valoración del aprendizaje con la finalidad de tener una autopercepción de adquisición de conocimientos e incorporación de herramientas de aprendizaje (pregunta 12 del cuestionario postest). Para garantizar el anonimato, cuando se hace referencia específica a los aportes de algún estudiante se utiliza el código A1, A2... etc. para el alumno 1, alumno2, etc. respectivamente. En la tabla 1 se pueden ver las cuestiones utilizadas en el pretest y postest. Dichas cuestiones fueron adaptadas a partir de los cuestionarios de Azeglio et al. (2015) y de Ruíz-González et al. (2017), con respuestas cerradas, algunas de ellas con opción múltiple. Solo fueron seleccionadas e incorporadas las que tenían que ver con los mecanismos de división celular, haciendo hincapié en la meiosis, ya que la actividad de modelización a realizar estaba enfocada a este proceso de división celular. Para contestar el cuestionario el alumnado dispuso de 10 minutos en el pretest y 15 minutos en el postest ya que este último incorporaba una cuestión abierta.

Tabla 1

Cuestiones para evaluar el aprendizaje del alumnado, antes y después de la intervención.

Pregunta	Opciones de respuesta
1-Mitosis y meiosis son procesos que tienen lugar en las células, ¿has oído alguna vez estos términos?	a) Sí, y creo saber lo que son b) Sí, pero no me acuerdo bien lo que son. c) Creo que no los he oído nunca.
2-Si crees saber lo que es mitosis, señala todas las explicaciones que se refieran a la misma:	a) Un proceso en el que una célula se divide para dar células hijas diferentes entre sí. b) Un proceso en el que una célula se divide para dar células hijas idénticas entre sí c) Una célula se divide dando células con el mismo número de cromosomas d) Una célula se divide dando células con la mitad del número de cromosomas.
3-Si crees saber lo que es meiosis, señala todas las explicaciones que se refieran a la misma:	a) Un proceso en el que una célula se divide para dar células hijas diferentes entre sí. b) Un proceso en el que una célula se divide para dar células hijas idénticas entre sí c) Una célula se divide dando células con el mismo número de cromosomas d) Una célula se divide dando células con la mitad del número de cromosomas.
4- La mitosis ocurre en células sexuales.	a) Verdadero
5- La meiosis ocurre en células somáticas.	b) Falso
6-En la meiosis hay 2 divisiones. En la primera se separan cromosomas homólogos y en la segunda se separan cromátidas.	c) No lo sé
7- En la meiosis se obtienen 4 células hijas haploides a partir de una diploide.	
8- En la mitosis se obtienen 2 células hijas diploides a partir de una diploide.	

9-Los óvulos y espermatozoides son células sexuales que provienen de la mitosis.	
10- Los óvulos y espermatozoides son células sexuales que provienen de la meiosis.	
11-En la profase meiótica ocurre recombinación homóloga de cromátides no hermanas de cromosomas homólogos	
12- ¿Te ha ayudado la actividad del mural de la meiosis a aprender mejor el proceso? Explica en qué ha mejorado tu aprendizaje.	Pregunta abierta, solo en el postest con el fin de conocer la opinión y autopercepción de aprendizaje del alumnado.

El análisis de las cuestiones 1 a 11 se realiza de forma cuantitativa mediante el uso de variación de %, cabe destacar que el pretest se realizó con 22 alumnos y en el postest con 21 al no asistir un alumno por enfermedad. Para la cuestión 12 se ha realizado un análisis cualitativo de las respuestas. A pesar de ser no ser un gran tamaño muestral, se ha pretendido establecer un sistema de categorías, obtenidas a posteriori, a partir de los elementos comunes encontrados en las respuestas del alumnado. Esta categorización tiene por objetivo suministrar por condensación una representación simplificada de los datos brutos (Espín, 2002) siendo el tema la unidad de registro, es decir, las respuestas textuales parecidas se han agrupado al nombrar ideas similares.

3.3. Propuesta didáctica de modelización.

A continuación, se describen las fases y temporalización de la propuesta de modelización llevada a cabo. Existen otros trabajos de referencia como el de Contreras y González (2013) donde se diseña una propuesta de la modelización de la meiosis con materiales diferentes, pero con objetivo muy similar. Cada una de las sesiones tiene una duración aproximada de 50 minutos. Se puede ver un esquema simplificado en la figura 1.

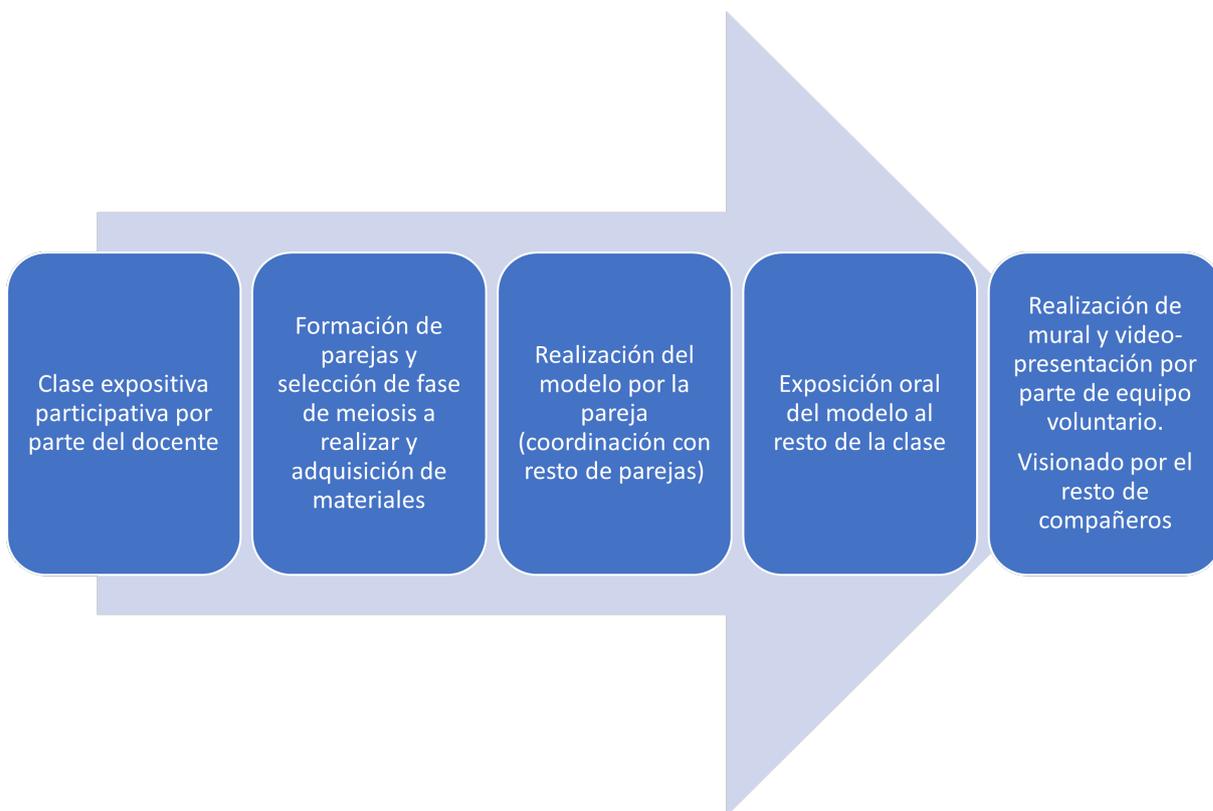


Figura 1.

Esquema del proceso de modelización de la Secuencia de Enseñanza-aprendizaje.

En primer lugar, se llevó a cabo una clase expositiva participativa (lección magistral) apoyándose el docente en los contenidos del libro y una presentación interactiva preparada con dichos contenidos. El objetivo de la actividad consistió en el intercambio de conocimientos por parte del docente con el alumnado, dándose la posibilidad de interacción e intervención del alumnado mediante el empleo de preguntas y dando a conocer su punto de vista sobre la temática establecida (Flores et al., 2023). El proceso de explicación del ciclo celular, mitosis y meiosis fue llevado a cabo en cuatro sesiones de las que una sesión y media fue dedicada exclusivamente a meiosis. La última media sesión sirvió de repaso comparando ambos procesos de división celular.

A continuación, se diseñaron parejas de trabajo donde cada una de ellas desarrollaba una fase de la meiosis. La constitución de las parejas tuvo lugar de manera libre, ya que lo que se buscaba era que el alumnado trabajará cómodo con un compañero de trabajo. Posteriormente se sortearon las fases de la meiosis a realizar. La meiosis es un proceso formación de células sexuales que consiste en dos divisiones sucesivas. En la segunda división el proceso se da por duplicado así que ese es el motivo por el cual aparecen dos parejas en las fases finales. Pareja 1: Meiosis: Interfase; pareja 2: Profase I; pareja 3: metafase I; pareja 4: anafase I; pareja 5: telofase I; parejas 6 y 7: metafase II; parejas 8 y 9: anafase II; y parejas 10 y 11: telofase II.

Para diseñar las fases cada pareja necesitaba los siguientes materiales: plastilina (para representar los cromosomas), rotuladores (etiquetado y dibujos), palillos de madera (para representar los microtúbulos del huso mitótico) y platos de cartón (simular células). Cada fase está conectada con la siguiente de ahí la importancia de acordar representar el mismo número, tamaño de cromosomas e igual colores por lo que fue necesario un encuentro de coordinación entre representantes de cada pareja con el fin de llegar a un acuerdo. Para realizar la fase correspondiente el alumnado se ayudó del libro de texto de 1º de bachillerato de la editorial Oxford. Puede verse en la figura 2 un grupo de alumnos trabajando en ello.



Figura 2.

Alumnado de 1º de bachillerato durante las sesiones de elaboración del modelo.

Finalmente, entre todos los alumnos elaboraron un mural con todos los modelos (fases de meiosis) a modo de secuencia, pueden verse algunos ejemplos de las fases en la figura 3. Una vez terminado el mural cada una de las parejas explicaron oralmente al resto de compañeros los acontecimientos que tienen lugar en cada fase. La actividad finalizó con la elaboración de un vídeo resumen por parte de un grupo de cuatro alumnos voluntarios. Dicho vídeo simula el proceso de división en forma de secuencia animada, similar al realizado en otros trabajos como el de Ocelli et al. (2017). El vídeo de unos 4 minutos de duración incluía el concepto de meiosis, la descripción de las fases y la finalidad biológica. Para ello cada pareja elaboró un texto de 5-6 líneas que describía de manera resumida los acontecimientos que tenían lugar en la fase que les tocó diseñar. Finalmente se fotografiaron las fases y se editó el vídeo. Lo más interesante de esta parte es que el vídeo fue proyectado en el aula y utilizado como herramienta de repaso de cara al examen parcial, este puede verse en el siguiente enlace: <https://bit.ly/3S5zoOS>



Figura 3.

Ejemplos de diseños (fases) realizados por estudiantes de bachillerato para representar el proceso de división celular por meiosis.

La actividad fue evaluada pero no calificada ya que dicho trabajo servía de manera indirecta para preparar las cuestiones que podían aparecer en el examen de evaluación con relación a la división celular. Aun así, se comprobó que el alumnado realizaba el modelo en coherencia con los conocimientos teóricos, trabajaba en equipo correctamente, redactaba el texto a grabar de manera adecuada y mostraba interés durante el desarrollo de la actividad.

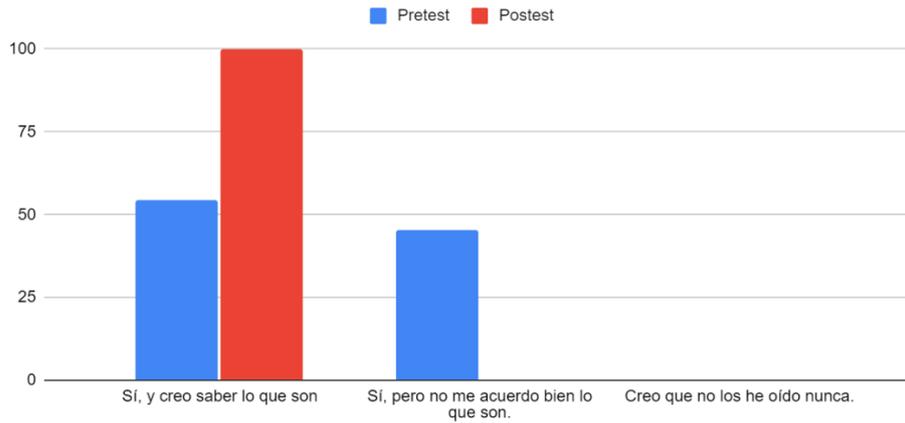
4. Resultados y discusión

4.1. Análisis de respuestas en relación con el objetivo 1.

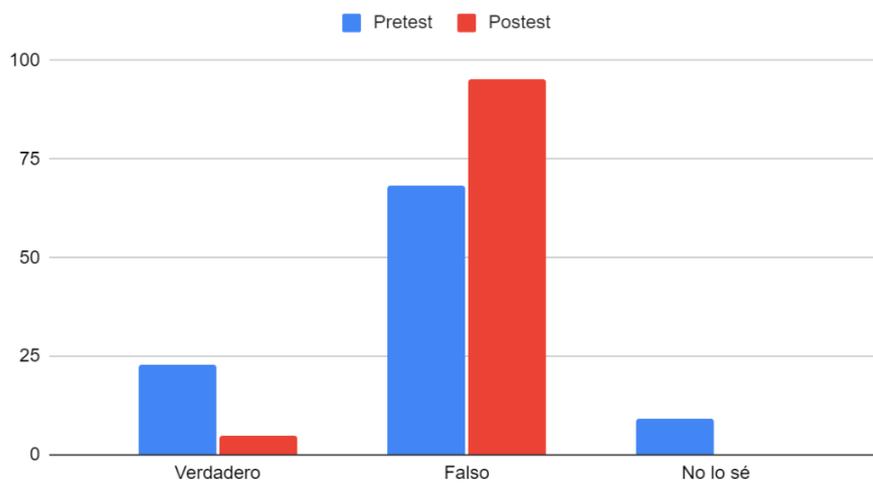
A continuación, se presentan en las figuras 4 a 12 varias de las respuestas del alumnado en el pretest y postest a las preguntas 1 y 4 al 11. Las cuestiones 2 y 3 se presentan en la tabla 2.

Con respecto a los resultados generales cabe destacar que hubo un avance en incorporación de conocimientos por parte del alumnado, resultados similares se han visto en trabajos como el de Flores et al. (2023) y Pérez-Martín y Aquilino (2015). El pretest arrojó resultados globales de falta de conocimientos y carencias en procesos de división celular al igual que ocurrió en la actividad de modelización de mitosis propuesta por Contreras y González (2013).

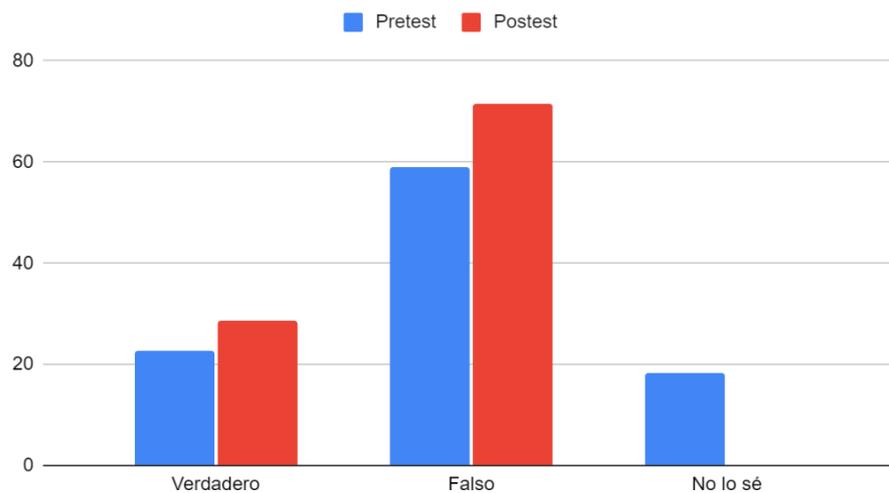
En cuanto a la pregunta 1, como cabe de esperar, se evidencia que una vez finalizada la intervención didáctica el 100% de alumnado haya oído hablar de mitosis y meiosis. En relación con las preguntas 4 y 5 a pesar de que hay avance este puede considerarse no significativo ya que un grupo de alumnos al finalizar la actividad sigue pensando que las células sexuales se dividen por mitosis y que las células somáticas lo hacen por meiosis. Esta confusión y error por desconocimiento del concepto de célula somática y germinal está presente en otros trabajos como el de Marcos y Esteban (2017) donde un 75% de profesorado en formación que contestó en un cuestionario de biología celular pensaba que los cromosomas sexuales solo estaban en los gametos y no en células somáticas y también este error se hace presente en otros estudios con alumnado de bachiller (Banet & Ayuso, 1995; Lewis et al., 2000b).



Pregunta 1: Mitosis y meiosis son procesos que tienen lugar en las células, ¿has oído alguna vez estos términos?



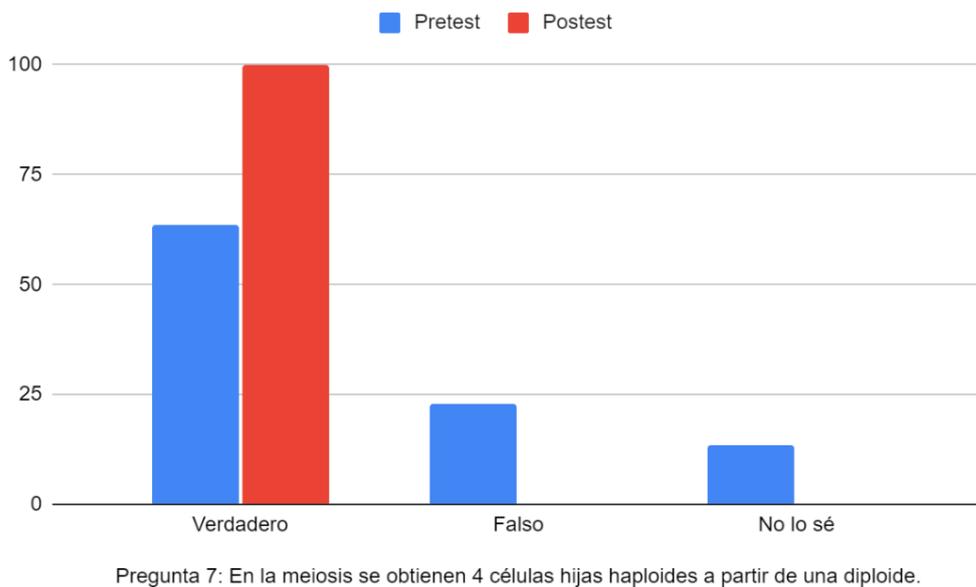
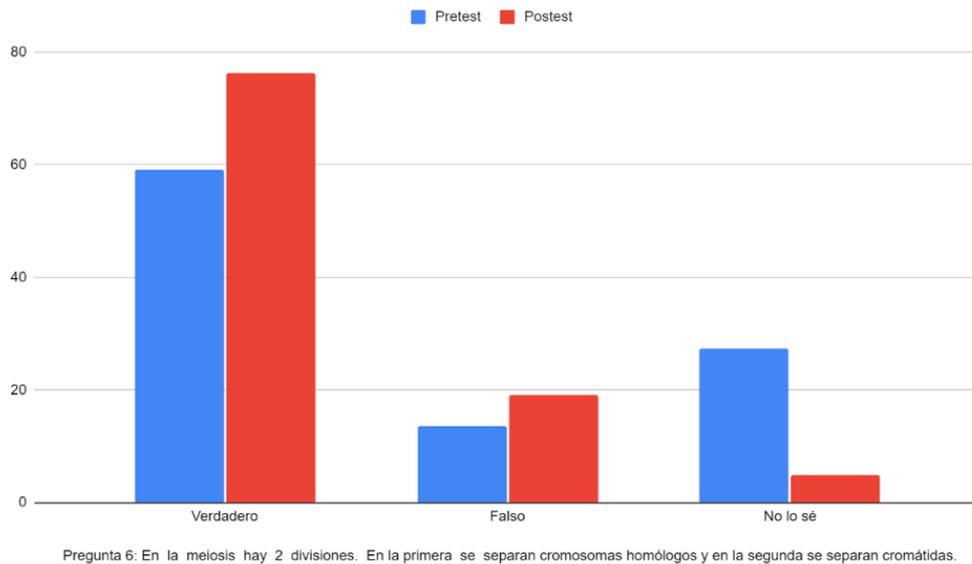
Pregunta 4: La mitosis ocurre en células sexuales.

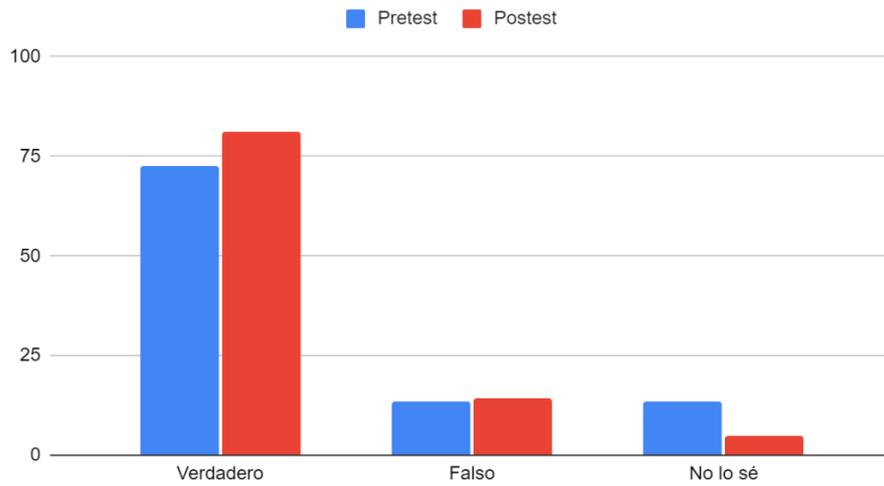


Pregunta 5: La meiosis ocurre en células somáticas.

Figuras 4,5 y 6.
Respuestas del alumnado en las tres primeras cuestiones.

Las preguntas 6, 7 y 8 están enfocadas a la distinción de conceptos de mitosis y meiosis. Podemos ver que en las preguntas 6 y 7 hay una cierta mejora en el acierto del objetivo biológico de la meiosis sobre todo en el número total de células obtenidas y desapareciendo prácticamente la respuesta “No lo sé”. En el caso de la cuestión 8 la mejora es pequeña y sigue habiendo confusión. Esta incompleta mejora es coherente con otros estudios como el de Lewis & Wood-Robinson (2000) donde se manifestaba una dificultad conceptual de la mitosis y meiosis entre el alumnado.



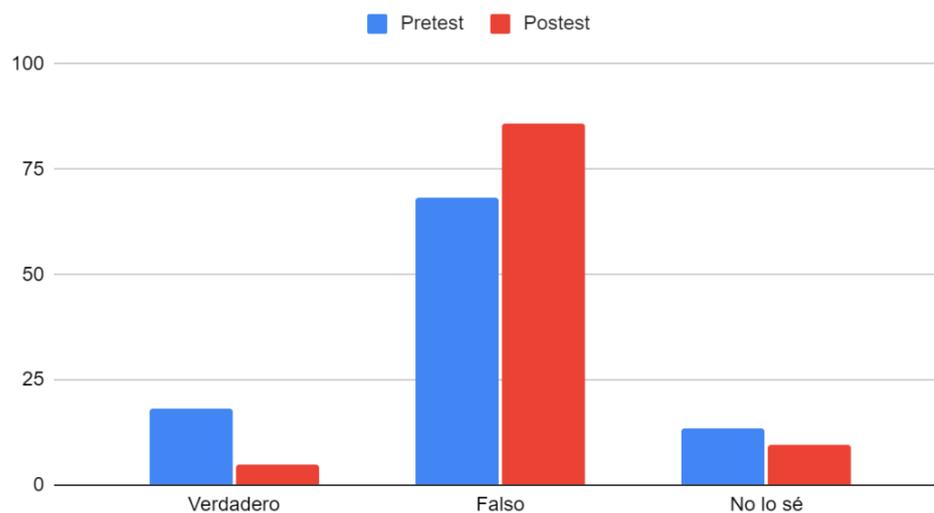


Pregunta 8: En la mitosis se obtienen 2 células hijas diploides a partir de una diploide.

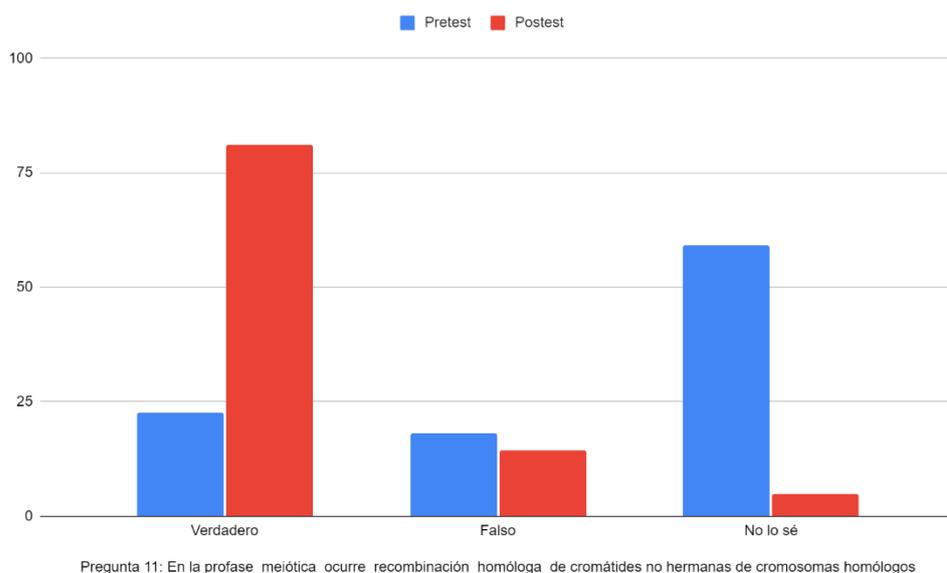
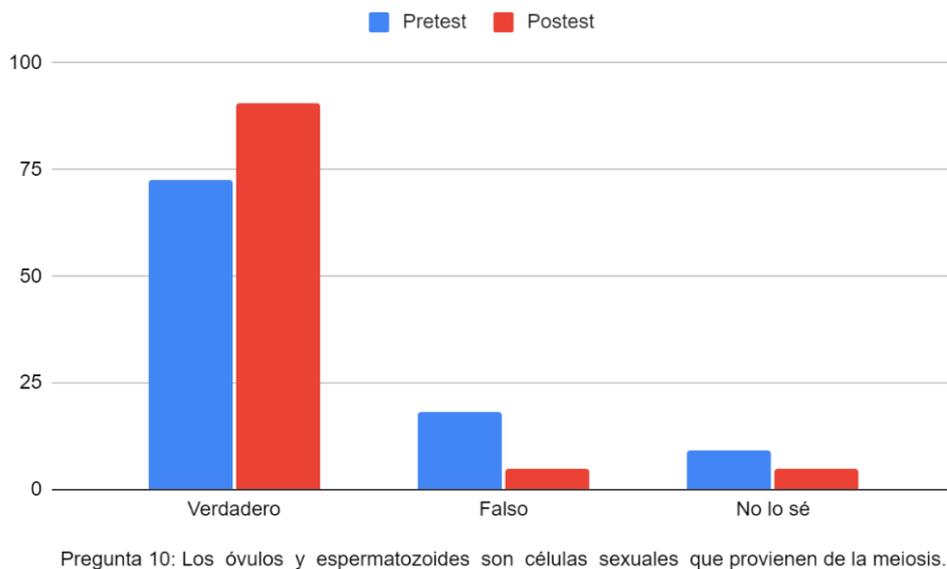
Figuras 7,8 y 9.

Respuestas del alumnado en las cuestiones seis, siete y ocho.

Las cuestiones 9, 10 y 11 persiguen comprobar si el alumnado tiene claro el objetivo biológico de la meiosis en relación con la herencia biológica y formación de células sexuales. Podemos ver en las dos primeras que ha habido una mejora después de la intervención, ya que espermatozoides y óvulos no pueden provenir de la mitosis y sí lo hacen a partir de la meiosis, pero sigue siendo preocupante que un porcentaje de alumnado siga respondiendo: “No lo sé”. Estos errores conceptuales han sido detectados también en alumnado de 4º de la ESO en estudios como el de Ruíz et al. (2017), aunque sí que podemos ver una mejora sustancial en la cuestión 11 donde el alumnado comprende después de la intervención didáctica que en la meiosis se genera variabilidad genética gracias al intercambio de ADN entre cromosomas homólogos. Este resultado en la última cuestión parece razonable ya que el docente y la actividad se enfoca en gran medida en representar de manera visual el intercambio de genes a partir de cromosomas representados con colores diferentes.



Pregunta 9: Los óvulos y espermatozoides son células sexuales que provienen de la mitosis.



Figuras 10, 11 y 12.

Respuestas del alumnado en las cuestiones nueve, diez y once.

Tabla 2.

Respuesta del alumnado a las cuestiones 3 y 4.

Número de pregunta	Opciones para contestar	Pretest	Posttest
3- Si crees saber lo que es mitosis, señala todas las explicaciones que se refieran a la misma:	a) Un proceso en el que una célula se divide para dar células hijas diferentes entre sí.	9,1	4,8
	b) Un proceso en el que una célula se divide para dar células hijas idénticas entre sí	86,4	95,2
	c) Una célula se divide dando células con el mismo número de cromosomas	90,9	90,5

	d) Una célula se divide dando células con la mitad del número de cromosomas	13,6	9,5
4- Si crees saber lo que es meiosis, señala todas las explicaciones que se refieran a la misma:	a) Un proceso en el que una célula se divide para dar células hijas diferentes entre sí.	90,9	95,2
	b) Un proceso en el que una célula se divide para dar células hijas idénticas entre sí	4,5	4,8
	c) Una célula se divide dando células con el mismo número de cromosomas	18,2	14,3
	d) Una célula se divide dando células con la mitad del número de cromosomas	86,4	81

Para finalizar comentar que en la cuestión 4 el alumnado tiene bastante claro el concepto de mitosis y hay una ligera mejora en los resultados del postest aunque es la cuestión 5 la que sigue habiendo un 14,5% de alumnado que cree de manera errónea que la meiosis genera el mismo número de cromosomas, incluso decrece el alumnado que acierta la opción d aunque en trabajos como el de Ruíz et al. (2017) con alumnado de 4º de ESO los resultados son incluso peores, indicando una falta de comprensión en este proceso del 50% del alumnado participante. Es por tanto esta cuestión última la que demuestra la complejidad de comprensión del proceso (Lewis & Wood-Robinson, 2000) y la necesidad de seguir incidiendo en actividades o tareas que refuercen el aprendizaje de este contenido. También Bahar et al. (1999) señalan que una de las principales dificultades para el estudio de la Genética es la similitud entre algunos conceptos, destacando mitosis y meiosis, que hace que puedan confundirse entre sí, algo también que se evidencia en trabajos como el de Domènech (2016) donde un grupo de estudiantes de secundaria que trabajaron la división celular y el cáncer mediante la metodología de indagación seguía confundiendo algunos términos al finalizar la propuesta.

4.2. Análisis de respuestas en relación con el objetivo 2

A continuación, se presenta en la tabla 3 las respuestas y su inclusión en las categorías emergidas, no siendo estas excluyentes, tras proceder al análisis cualitativo de la pregunta 12. Con respecto a esta cuestión son 17 alumnos los que dicen que sí les sirvió la actividad y 4 de ellos comentan que no les aportó mucho. *El alumno A18 dice: “No, porque los conocimientos eran muy básicos. Considero que habría sido un poco más útil hacerlos antes del tema de la división celular”*, los otros tres alumnos mencionan el hecho de que ya lo habían estudiado antes y por tanto con las clases magistrales les había sido suficiente tal y como comenta el alumno A15: *“Aunque es una buena actividad a mí personalmente no me terminó de enseñar nada que no supiese”*

Tabla 2.

Categorías, número total de alumnos y ejemplos de respuestas del alumnado.

Categorías	N.º de alumnos que incluyen la categoría en su respuesta	Ejemplos concretos
Claridad	A1, A10, A20 (3)	A1: <i>“Sí, en verlo más claro”</i>
Comprensión, entendimiento	A2, A6, A9, A16 (4)	A6: <i>“El mural es una forma muy visual de expresar la meiosis, ayuda a que se entienda mejor”</i>
Visual	A1, A2, A4, A6, A8, A9, A12, A17, A20 (9)	A4: <i>“Sí, me ayudo a estudiarlo de forma más visual”</i>
Divertido, entretenido	A3, A5, A7 (3)	A5: <i>“Si, porque es más entretenida que estudiar la teoría...”</i>
Estudiar, aprender, repasar, reforzar	A2, A4, A5, A11, A12, A13, A14, A20 (8)	A11: <i>“Me ha ayudado a repasar la meiosis”</i> A12: <i>“Sí, es un esquema muy visual que hace más fácil el estudio”</i>

Manipular	A9 (1)	A9: “Al verlo y manipularlo yo misma es mucho más sencillo de entender los procesos y posteriormente memorizarlos”
-----------	--------	--

Dentro de las categorías surgidas a raíz del análisis destaca el número de alumnos, 8 en total, los que hablan de que les ha servido para estudiar, aprender, repasar y reforzar (Contreras y González, 2013), otros 9 los que destacan el carácter visual de la actividad y otros 4 que ha facilitado su comprensión y entendimiento (Raviolo et al., 2004; Velentzas & Halkia, 2013; Rubio et al., 2018), lo que supone un logro en su adquisición de conocimientos, tal y como ocurre en una propuesta didáctica sobre la división celular mediante animación planteada a 71 estudiantes de secundaria los resultados de percepción arrojaron que el 60% reconoció un avance de aprendizaje al respecto, incluso el entre las actividades planteadas el 57% señalaron que la creación de escenas (representación de fases) había supuesto un avance en la comprensión de los contenidos, siendo por tanto altamente valorada por los estudiantes (Ocelli et al., 2017).

Otros 3 alumnos hablan de claridad y que ha sido divertida y entretenida al igual que en otras experiencias de modelización donde el alumnado entrevistado valoraba estas como “amenas” (Rubio et al., 2018). Aunque la pregunta 12 no va encaminada a nombrar el trabajo colaborativo llama la atención que apenas lo nombren, ya que en otros estudios como el de Pérez-Martin y Aquilino (2015) se ha visto que, en actividades prácticas, en conjunción con el trabajo cooperativo y el debate resultaron herramientas educativas más motivadoras y que inducían la implicación del alumnado. También es llamativo que solo sea un alumno el que incluye en su respuesta la acción de manipular, entendiendo que en la elaboración de modelos esta es una de las habilidades y prácticas científicas más interesantes de cara al aprendizaje del alumnado tal y como comenta Chamorro-Llanca (2022) apuntando que las estrategias didácticas que favorecen el aprendizaje significativo se vinculan con problematización del contenido a enseñar y procesos de modelización.

5. Conclusiones, limitaciones e implicaciones educativas

En esta experiencia educativa se muestra una propuesta didáctica para abordar la meiosis a través de su representación con la técnica de modelización utilizando una maqueta. En función de los resultados obtenidos a partir de su implementación con un grupo de estudiantes de bachillerato, se puede concluir que representar la meiosis mediante una maqueta realizada por los estudiantes de manera colaborativa podría contribuir a la mejora de conocimientos y la variación de ideas alternativas. Al mismo tiempo podemos decir que fue una actividad dinámica que incrementó la motivación e interés por la asignatura.

Por lo tanto, consideramos al igual que lo hacen Ocelli et al. (2017) que esta propuesta establece un aporte didáctico relevante a la enseñanza de la biología celular para el bachillerato actual y más teniendo en cuenta que en trabajos como el de Esquivel-Martín et al. (2022) donde se analizaron 188 preguntas de EVAU en la Comunidad de Madrid pudo verse que en varias ocasiones se pedía a los estudiantes que representaran gráficamente la división celular hasta en 30 ocasiones, solicitando que reflejen sus modelos mentales en el contexto de preguntas precisas, demandándoles dibujar estructuras y fases concretas a partir de fotografías. Por tanto, realizar actividades en torno a la modelización y representación gráfica de la realidad puede ayudar a los estudiantes a superar sus ideas alternativas con respecto a las estructuras celulares tridimensionales, otras tareas como el manejo del microscopio, realización de dibujos y diagramas que impliquen la interpretación, diferenciación y reconocimiento de estas son adecuadas para dichos procesos de enseñanza-aprendizaje (Díaz de Bustamante y Jiménez, 1996). Al mismo tiempo se valora que este tipo de actividades potencian que el alumnado adquiera competencias de pensamiento científico y ciudadanas como el trabajo en equipo y de comunicación (Contreras y González, 2013).

La disminución a lo largo de este siglo de los trabajos de investigación sobre ideas previas en división celular (Esquivel et al., 2018) hace que sea necesario seguir incidiendo en este tipo de propuestas didácticas siendo de utilidad en estas asociar el aprendizaje de la Genética a los conceptos de división celular tal y como proponen Banet y Ayuso (2000) siendo muy útiles propuestas didácticas como la de Ocelli et al. (2017) y la presentada en este trabajo por su aporte didáctico relevante. Al mismo tiempo enriquecerían este tipo de actividades otras como la de contextualizar los procesos de división celular en problemas de salud actuales como por ejemplo patologías como el cáncer (Domènech, 2016), esto

generaría propuestas didácticas más cercanas a la realidad cotidiana del alumnado ayudando a entenderlas más fácilmente (Esquivel-Martín et al., 2021).

Aun así, encontramos algunas limitaciones como la dificultad que se presenta la fiabilidad al medir conocimientos y la aplicación de dicha técnica en las cuestiones de examen. Sería interesante utilizar un grupo control de referencia para poder comparar el progreso de ambos. Al mismo podría considerarse también valorar e incorporar cuestiones de tipo de abierto, preguntas a desarrollar con el fin de detectar otro tipo de concepciones alternativas, así como plantear una modelización de las fases de la división celular con imágenes reales microscópicas ya que existe cierta distorsión entre los modelos o esquemas de imágenes que presentan los libros de texto y las imágenes microscópicas reales (Pérez-Martín y Aquilino, 2015). Al mismo tiempo estamos de acuerdo con Uskola et al. (2017) en que otra dificultad añadida es que los resultados obtenidos no pretenden ser extrapolables ni generalizables debido al escaso tamaño muestral entendiendo que esta formaba parte de un EC donde entendemos que los resultados vienen influenciados por el contexto del Centro Educativo. Otra de las limitaciones detectadas se relaciona con el proceso de construcción de modelos, esta exige una discusión global al finalizar la tarea, tal y como se hizo en el aula al finalizar la actividad, pero al mismo tiempo es necesario generar discusiones del modelo durante el proceso y analizar las discrepancias suscitadas entre los propios estudiantes, algo que permitiría entender al alumnado que existen diferentes modelos posibles para representar una misma situación (Justi, 2006). Haber registrado durante la actividad estas discusiones hubiera sido enriquecedor para el estudio llevado a cabo.

Finalmente, se propone plantear un plan de mejora en la formación de los docentes (Esquivel-Martín et al., 2018) ya que ayudaría a evitar que estos fueran responsables de trasladar errores conceptuales en los estudiantes.

Referencias

- Ausubel, D., Novak, J., & Hanesian, H. (1978). *Educational psychology: a cognitive view*. Holt, Rinehart and Winston.
- Azeglio, L., Mayoral, L. y Sara, C. (2015). Concepciones alternativas de genética básica y división celular en estudiantes de secundaria. *IV Jornadas de Enseñanza e Investigación Educativa en el campo de las Ciencias Exactas y Naturales*, 28, 29 y 30 de octubre de 2015, Ensenada, Argentina. En Memoria Académica. http://www.memoria.fahce.unlp.edu.ar/trab_eventos/ev.8046/ev.8046.pdf
- Bahar, M., Johnstone, A.H. & Hansell, M.H. (1999). Revisiting learning difficulties in biology. *Journal of Biological Education*, 33(2), 84-86.
- Banet, E., y Ayuso, G. (1995). Introducción a la genética en la enseñanza secundaria y bachillerato: I. Contenidos de enseñanza y conocimientos de los alumnos. *Enseñanza de las Ciencias*, 13(2), 137-153.
- Banet, E. & Ayuso, G.E. (2000). Teaching Genetics at Secondary School: a strategy for teaching about the location of Inheritance information. *Science Education*, 84(3), 313-351.
- Buckley, B.C. (2000). Interactive multimedia and model-based learning in biology. *International Journal of Science Education*. 22(9), 895-935.
- Chamizo, J.A. (2010). Una Tipología de los Modelos para la Enseñanza de Las Ciencias. *Eureka Enseñanza Divulgación de La Ciencia*, 7(1) 26-41.
- Chamorro-Llanca, C. A. (2022). Enseñanza y aprendizaje de la biología celular a nivel escolar: un análisis de contenido desde la complejidad. *Bio-grafia*, Special Issue, 2077-2090.
- Contreras, M. y González, E. (2013). Modelos y modelización en el aprendizaje del proceso de reproducción celular. *Revista Científica Centros*, 2(2), 273-282.
- De Jager, T. (2017). Perceived advantages of 3D lessons in constructive learning for South African student teachers encountering learning barriers. *International Journal of Inclusive Education*, 21(1), 90-102. DOI: <https://doi.org/10.1080/13603116.2016.1184329>
- Díaz de Bustamante, J. y Jiménez, M. (1996). ¿Ves lo que dibujas? Observando células con el microscopio. *Enseñanza de las Ciencias*, 14(2), 183-194.
- Domènech, J. (2016). “Drug Research”: una secuencia contextualizada de indagación sobre mitosis, cáncer y creación del conocimiento científico. *Investigación en la escuela*, 88, 93-111. Recuperado de: www.investigacionenlaescuela.es/articulos/R88/R88-6

- Esquivel-Martín, T., Bravo, B. y Pérez-Martín, J. M. (2018). Enseñanza de la división celular: ¿Qué estamos haciendo desde la Didáctica de las Ciencias?. In *Iluminando el cambio educativo: encuentros de Didáctica de las Ciencias Experimentales* (pp. 613-618). Servicio de Publicacións.
- Esquivel-Martín T., Pérez-Martín, J.M. & Bravo, B. (2021). Use of Storytelling to Promote Literacy Skills in Biology Education: An Intervention Proposal. In M. D. Ramírez-Verdugo, B. Otcu-Grillman (Eds.), *Interdisciplinary Approaches Toward Enhancing Teacher Education* (pp. 155-177). IGI Global.
- Esquivel-Martín., Pérez-Martín, J. M. P. y Bravo, B. (2021). ¿Qué fase es? Desarrollo de la visión espacial para entender la mitosis. ACTAS ELECTRÓNICAS DEL XI CONGRESO INTERNACIONAL EN INVESTIGACIÓN EN DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS.
- Esquivel-Martín, T., Pérez-Martín, J.M y Bravo, B. (2022). ¿Qué evalúan las preguntas sobre división celular en las pruebas de acceso a la universidad?. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 19(1), https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2022.v19.i1.1104
- Espín, J. V. (2002). El análisis de contenido: una técnica para explorar y sistematizar información. *Revista de Educación*, 4, 95-105.
- Flores, E. M., Guachun, J. P. y Guillcatanda, K. G. (2023). Metodología didáctica en el proceso de enseñanza y aprendizaje de Mitosis y Meiosis. *South Florida Journal of Development*, 4(2), 791-799. DOI: <https://doi.org/10.46932/sfjdv4n2-014>
- Gallego, R. (2004). Un Concepto Epistemológico de Modelo para la Didáctica de las Ciencias Experimentales. *Enseñanza de las Ciencias*, 3(3), 301-319.
- García, B. y Mateos, A. (2018). Comparación entre la realización de maquetas y la visualización para mejorar la alfabetización visual en anatomía humana en futuros docentes. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 15(3), 3605. DOI:10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2018.v15.i3.3605
- Gilbert, S. (1991). Model building and a definition of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 28(1), 73-79.
- Justi, R. (2006). La enseñanza de ciencias basada en la elaboración de modelos. *Enseñanza de las Ciencias. Revista de investigación y experiencias didácticas*, 24(2), 173-184.
- Kress G. (2010). *Multimodality. A social semiotic approach to contemporary Communications*. Routledge.
- 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.
- Lewis J., Leach J. & Wood-Robinson C. (2000b). Chromosomes: the missing link-young people's understanding of mitosis, meiosis, and fertilization. *Journal of Biological Education*, 34(4), 189-198.
- Marcos, J. M. y Esteban, M. R. (2017). Concepciones alternativas sobre Biología Celular y Microbiología de los maestros en formación: implicaciones de su presencia. *Campo Abierto*, 36(2), 167-179. DOI: 10.17398/0213-9529.36.2.167
- Muñiz, M. (2010). Estudios de caso en la investigación cualitativa. División de estudios de posgrado universidad autónoma de nuevo León. Facultad de psicología. México, 1-8.
- Ocelli, M., Garcia-Romano, L., Valeiras, N. y Willging, P.A. (2017). Animar la división celular (mitosis): una propuesta didáctica con la técnica de slowmation. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 14 (2), 398-409. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/10498/19225>
- Perales, F. y Jiménez, J. (2002). Las ilustraciones en la enseñanza-aprendizaje de las ciencias. Análisis de libros de texto. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 20(3), 369-386. <https://raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/21826>.
- Pérez Martín, J.M. y Aquilino, M. (2015). Nuevas estrategias en la enseñanza de la mitosis. En M. González Montero de Espinosa, A. Baratas Díaz, A. Brandi Fernández (Eds.), *III Jornadas sobre investigación y didáctica en ESO y Bachillerato*, (pp.199-210). Madrid, España: Editorial Santillana. Recuperado de <http://bit.ly/2FxSGsd>
- Quintero, N. y Galagovsky, L. (2017). La célula modelizada: una reflexión necesaria en el ámbito de la enseñanza. *Química Viva*, 16(2), 41-63. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=86352507006>

- Raviolo, A., Siracusa, P., Gennari, F. y Corso, H. (2004). Utilización de un modelo analógico para facilitar la comprensión del proceso de preparación de disoluciones. Primeros resultados. *Enseñanza de las Ciencias*, 22(3), 379-388.
- Raviolo, A., Ramírez, P. y López, E. (2010). Enseñanza y aprendizaje del concepto de modelo científico a través de analogías. *Revista Eureka Sobre Enseñanza y Divulgación De Las Ciencias*, 7(3), 591-612. DOI: http://dx.doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2010.v7.i3.01
- Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre, por el que se establece el currículo básico de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato, BOE núm. 3 (2015).
- Rodríguez, M.L. (2000). Revisión bibliográfica relativa a la enseñanza de la biología y la investigación en el estudio de la célula. *Investigações em Encino de Ciências*, 5(3), 237-263. Recuperado de <http://bit.ly/2FiYA18>
- Rojas Durango, Y. A. (2008). Dificultades en la modelización didáctica del modelo biológico de flor: un estudio de caso en la licenciatura en educación básica, énfasis en ciencias naturales y educación ambiental de la Universidad de Antioquia (Tesis de maestría). Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.
- Rubio J., Sánchez, G. y Valcárcel M.V. (2018). Percepción de profesores y estudiantes de 3ºESO sobre el uso de analogías en el estudio de los estados de agregación de la materia. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 15(2), 2104. doi: 10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2018.v15.i2.2104
- Ruiz, C., Banet, E. y López, 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. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/10498/19507>
- Stake, R. (1994). Case studies. En N.K. Denzin y Y.S. Lincoln (Dirs.). *Handbook of qualitative research* (pp. 236-247). Sage.
- Suberviola, I. (2024). La metodología STEAM como factor protector del abandono escolar. *Revista De Estilos De Aprendizaje*, 17(33), 138–149. <https://doi.org/10.55777/rea.v17i33.5980>
- Treagust, D.F. & Tsui C-Y. (eds.) (2013) *Multiple Representations in Biological Education*. Springer.
- Uskola A., Burgoa B. y Maguregi G. (2021). Integración del conocimiento científico en la argumentación sobre temas científicos. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 18(1), 1101. DOI:10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2021.v18.i1.1101
- Velentzas, A. & Halkia, K. (2013). The Use of Thought Experiments in Teaching Physics to Upper Secondary-Level Students: Two examples from the theory of relativity. *International Journal of Science Education*, 35(18), 3026-3049. DOI: <https://doi.org/10.1080/09500693.2012.682182>
- Varela, C. y Dans, I. (2024). Evaluación innovadora en Educación Superior. *Revista De Estilos De Aprendizaje*, 17(33), 1–11. <https://doi.org/10.55777/rea.v17i33.4497>
- Vosniadou, S. (1994). Capturing and modelling the process of conceptual change. *Learning and Instruction*, 4 (1), 45-69. DOI: [https://doi.org/10.1016/0959-4752\(94\)90018-3](https://doi.org/10.1016/0959-4752(94)90018-3)

Financiación

El presente artículo no cuenta con financiación específica para su desarrollo y/o publicación.

Agradecimientos

Gracias al Colegio La Salle Gran Vía por participar y contribuir al desarrollo de la investigación y propuesta didáctica publicada en este documento.

Conflicto de interés

El autor declara la no existencia de conflicto de intereses.