

# Dificultades de comprensión conceptual de la mitosis y la meiosis en estudiantes de educación media y su relación con las estrategias de enseñanza utilizadas

Aramys Quiroz  
Universidad Tecnológica Oteima. Panamá.  
Correo electrónico: aramys.quiroz@oteima.ac.pa  
ORCID: 0009-0009-9235-5725

DOI: 10.61209/re.v4i1.176

Recibido: marzo 2026

Aceptado: abril 2026

Alessandro Vargas  
Universidad Tecnológica Oteima. Panamá.  
Correo electrónico: alessandro.vargas@oteima.ac.pa  
ORCID: 0009-0004-3359-9520

## Introducción

La comprensión de la mitosis y la meiosis continúa siendo uno de los puntos más frágiles en la enseñanza de la Biología en educación media. Aunque ambos procesos forman parte del programa oficial y constituyen una base indispensable para comprender contenidos posteriores como genética, herencia y reproducción, su aprendizaje suele mantenerse en un nivel superficial. En el aula es frecuente que los estudiantes reconozcan esquemas, memoricen fases o repitan definiciones, pero encuentren dificultades cuando deben diferenciar ambos procesos, explicar la reducción cromosómica, justificar su importancia biológica o relacionarlos con otros contenidos del área. Como resultado, el conocimiento adquirido no siempre se consolida como comprensión conceptual, sino como una repetición mecánica de información que se debilita con facilidad o termina generando nuevas confusiones.

Esta situación no puede explicarse a partir de una sola causa. Si bien el problema se manifiesta en las dificultades de comprensión del estudiante, también resulta necesario considerar la forma en que estos contenidos son enseñados. En muchos casos, la mitosis y la meiosis se abordan mediante explicaciones lineales, esquemas rígidos y actividades centradas en recordar secuencias, lo que favorece un aprendizaje más memorístico que comprensivo. El problema adquiere especial importancia en educación media porque la división celular no constituye un tema aislado, sino un núcleo conceptual dentro de la Biología; cuando su comprensión es débil, también se debilitan las bases necesarias para avanzar hacia contenidos más complejos.

Esta problemática cobra especial interés en el contexto de instituciones oficiales de educación media ubicadas en los distritos de David y Bugaba, provincia de Chiriquí, donde la enseñanza de la Biología se desarrolla en escenarios concretos en los que este contenido mantiene una importancia formativa evidente. Desde la Didáctica de la Biología, examinar las dificultades de comprensión conceptual de la mitosis y la meiosis resulta pertinente porque permite indagar por qué un contenido central del currículo continúa mostrando debilidades de aprendizaje en el nivel medio.

En ese marco, el presente trabajo se desarrolla como un artículo de revisión bibliográfica, orientado a examinar críticamente la evidencia científica disponible sobre las dificultades de comprensión conceptual de la mitosis y la meiosis en estudiantes de educación media y su relación con las estrategias de enseñanza utilizadas. El interés del estudio no radica en recopilar datos empíricos de campo, sino en analizar cómo ha sido abordado este problema en investigaciones previas, qué tendencias pueden identificarse en la literatura y qué aspectos siguen requiriendo mayor profundización.

A partir de este enfoque, el objetivo del artículo consiste en analizar la evidencia científica publicada acerca de la relación entre las estrategias de enseñanza y las dificultades de comprensión conceptual de la mitosis y la meiosis en estudiantes de educación media. De manera más específica, se busca reconocer qué dificultades conceptuales aparecen con mayor frecuencia, cómo han sido interpretadas en investigaciones previas y qué estrategias de enseñanza se asocian con mejores posibilidades de comprensión de estos procesos celulares.

La revisión se delimita a investigaciones publicadas entre 2010 y 2026, en español, inglés y portugués, centradas en educación media y vinculadas de forma directa con las dificultades de comprensión conceptual de la mitosis y la meiosis y con las estrategias de enseñanza empleadas para abordar estos contenidos. Aunque el interés del trabajo surge de una preocupación situada en el contexto educativo de David y Bugaba, su alcance es estrictamente bibliográfico. Por ello, el análisis se orienta a recuperar y discutir aportes científicos que permitan comprender el problema desde una perspectiva más amplia, identificar los puntos que han sido mejor explicados y reconocer aquellos aspectos en los que la evidencia sigue siendo insuficiente.

Con base en lo anterior, la pregunta que orienta esta revisión es la siguiente: ¿qué evidencia científica reporta la literatura sobre la relación entre las estrategias de enseñanza y las dificultades de comprensión conceptual de la mitosis y la meiosis en estudiantes de educación media?

**TABLA 1** Criterios de inclusión y exclusión

<b>Criterios de Inclusión</b>	
<b>Tema</b>	Artículos y tesis que hablen sobre “mitosis”, “meiosis”, “división celular”, “comprensión conceptual”, “estrategias de enseñanza”, “secundaria”, “bachillerato”
<b>Longitud</b>	Los documentos deben de tener más de 6 páginas, y menos de 100.
<b>Fecha de publicación</b>	Los artículos comprendidos entre 2010 y 2026
<b>Idioma</b>	Artículos escritos en español, portugués e inglés.
<b>Disponibilidad</b>	Los documentos deben ser de acceso libre.
<b>Criterios de Exclusión</b>	
	Artículos duplicados.
	Tesis de más de 100 páginas.
	Artículos Antiguos
	Artículos no relevantes.

**TABLA 2** Bases de datos consultadas

Nombre	url:	Descriptores utilizados	Cantidad de artículos	
			Encontrado	Seleccionado
Google Scholar	<a href="https://scholar.google.com/">https://scholar.google.com/</a>	“mitosis”, “meiosis”, “conceptual understanding”, “misconceptions”, “teaching strategies”, “biology education”, “secondary school students”; en español: “comprensión conceptual”, “dificultades de comprensión”, “estrategias de enseñanza”, “educación media”	153	7
Redalyc	<a href="https://www.redalyc.org/">https://www.redalyc.org/</a>	“mitosis”, “meiosis”, “división celular”, “comprensión conceptual”, “dificultades de comprensión”, “concepciones alternativas”, “estrategias de enseñanza”, “secundaria”, “bachillerato”	22	5
Eric	<a href="https://eric.ed.gov/">https://eric.ed.gov/</a>	“mitosis and meiosis and misconceptions and teaching strategies”; “cell division and conceptual understanding and secondary school”; “biology education and meiosis and learning difficulties”	31	7

En total, la búsqueda inicial permitió identificar 206 documentos en las bases de datos consultadas. Tras una primera depuración por pertinencia temática, cumplimiento de criterios de inclusión y revisión de duplicados, se preseleccionaron 19 estudios. Posteriormente, durante el análisis de contenido, se excluyeron cuatro documentos por no ajustarse de forma suficiente al eje central del artículo, por lo que quedó conformado por 15 estudios.

**TABLA 3** Matriz de análisis

<b>Autor, Año, País</b>	<b>Barra, R.; Bornemann, C.; Fernández, J.; Legarralde, T. (s.f.). Argentina.</b>
<b>Título</b>	<b><i>Combinación de materiales didácticos y actividades de laboratorio para la enseñanza de contenidos biológicos complejos. El abordaje de los procesos de reproducción</i></b>
<b>Objetivo</b>	Desarrollar e implementar material didáctico concreto complementado con actividades de laboratorio para favorecer la comprensión y relación de los procesos de flujo de información genética, ciclo celular y reproducción a nivel organismo.
<b>Método</b>	Enfoque cualitativo mediante relato de experiencia pedagógica. Se aplicó una secuencia didáctica estructurada en tres sesiones bajo modalidad taller, combinando exposición teórica, trabajo colaborativo, modelización y prácticas de laboratorio.
<b>Materiales</b>	Figuras de telgopor, piezas de madera tipo dominó, ovillos de lana, guías de actividades, imágenes del código genético, microscopio, muestras biológicas (raíces de cebolla, paramecios, esponjas, hidrozooos, insectos), reactivos como carmín acético
<b>Pob. y Muestra</b>	Estudiantes universitarios de la asignatura Biología General de los profesados en Ciencias Biológicas, Física y Química de la Universidad Nacional de La Plata. <b>No se especifican.</b>
<b>Resultados obtenidos</b>	Se evidenció que la combinación de modelos didácticos y actividades prácticas favorece la comprensión de contenidos abstractos, promueve el aprendizaje significativo, la participación activa y la integración de conocimientos en distintos niveles de organización biológica.
<b>Breve resumen:</b> El estudio describe una secuencia didáctica innovadora para la enseñanza de la reproducción biológica, organizada en tres niveles: <b>macromolecular</b> , celular y de organismo. Mediante el uso de materiales manipulables y prácticas de laboratorio, se busca superar la enseñanza memorística, promoviendo una comprensión integral, progresiva y articulada de los contenidos biológicos complejos	

<b>Autor, Año, País</b>	<b>Francia, Analía (2025). Argentina.</b>
<b>Título</b>	<b><i>División celular. Estrategias para su enseñanza en el nivel medio</i></b>
<b>Objetivo</b>	Diseñar, implementar y evaluar una propuesta didáctica orientada a mejorar la comprensión de los procesos de división celular (mitosis y meiosis) en estudiantes de nivel medio, mediante estrategias alternativas a la enseñanza tradicional.
<b>Método</b>	Enfoque cualitativo con diseño de intervención didáctica. Incluye el desarrollo, implementación y evaluación de una secuencia didáctica basada en trabajo colaborativo, uso de TIC, actividades lúdicas, laboratorio y problemáticas socio-científicas.
<b>Materiales</b>	Recursos didácticos variados: láminas explicativas, textos, audiovisuales, modelos didácticos, juegos, materiales de laboratorio, TIC y plataformas digitales de acceso libre.
<b>Pob. y Muestra</b>	32 estudiantes de 3° año (aprox. 14 años) del Bachillerato de Bellas Artes “Profesor Francisco A. de Santo”, Universidad Nacional de La Plata.
<b>Resultados obtenidos</b>	La implementación de estrategias innovadoras favoreció la comprensión de contenidos complejos, promueve el aprendizaje significativo, la participación activa, el pensamiento crítico y el desarrollo de autonomía en los estudiantes.
<b>Breve resumen:</b> El trabajo presenta una propuesta didáctica centrada en la enseñanza de la división celular en nivel medio, integrando estrategias innovadoras como el uso de TIC, actividades lúdicas, laboratorio y controversias socio-científicas. Se busca superar dificultades en la comprensión de contenidos complejos, promoviendo un aprendizaje significativo, interdisciplinario y contextualizado.	

<b>Autor, Año, País</b>	<b>Thomaz, Letícia Leite Carvalho; Heerdt, Bettina; Iurk, Bernardo Ozorio (2018). Brasil.</b>
<b>Título</b>	<b><i>Unidad de Enseñanza Potencialmente Significativa (UEPS) para la enseñanza de mitosis y meiosis</i></b>
<b>Objetivo</b>	Analizar el proceso de aprendizaje potencialmente significativo en relación con los contenidos de mitosis y meiosis en estudiantes de primer año de educación media, mediante la aplicación de una Unidad de Enseñanza Potencialmente Significativa.
<b>Método</b>	Enfoque cualitativo. Se diseñó e implementó una UEPS, aplicando un cuestionario inicial y otro final. El análisis de los datos se realizó mediante análisis de contenido temático-categorial.
<b>Materiales</b>	Unidad didáctica (UEPS), cuestionarios diagnósticos (pre y post), recursos didácticos basados en la teoría del aprendizaje significativo (organizadores previos, actividades, materiales de apoyo).
<b>Pob. y Muestra</b>	32 estudiantes de primer año de educación media de una institución educativa en Ponta Grossa, Paraná, Brasil.
<b>Resultados obtenidos</b>	Se evidenció una mejora en la comprensión de conceptos relacionados con mitosis, meiosis, genes y cromosomas. La UEPS contribuyó al aprendizaje significativo, aunque <u>persistieron</u> algunas dificultades conceptuales debido a la falta de conocimientos previos (subsunores).
<b>Breve resumen:</b> El estudio presenta la implementación de una Unidad de Enseñanza Potencialmente Significativa basada en la teoría de Ausubel, con el propósito de mejorar la comprensión de la división celular. Los resultados muestran que la estrategia favorece el aprendizaje significativo al activar conocimientos previos y promover la integración conceptual, aunque se identifican limitaciones relacionadas con la base conceptual inicial de los estudiantes.	

<b>Autor, Año, País</b>	<b>Flores Hinostroza, Elizeth Mayrene; Guachun García, Jennifer Paola; Guillcatanda Chabla, Karen Gabriela (2023). Ecuador.</b>
<b>Título</b>	<b><i>Metodología didáctica en el proceso de enseñanza y aprendizaje de Mitosis y Meiosis</i></b>
<b>Objetivo</b>	Analizar, planificar, ejecutar y evaluar una metodología didáctica para mejorar el proceso de enseñanza y aprendizaje de la Biología, específicamente en los contenidos de mitosis y meiosis, promoviendo un aprendizaje significativo.
<b>Método</b>	Enfoque mixto (cuali-cuantitativo) con paradigma interpretativo. Investigación de campo con diseño cuasi experimental, utilizando grupo control y grupo experimental, mediante la aplicación de una metodología didáctica estructurada en actividades educativas.
<b>Materiales</b>	Guía de actividades didácticas, plataformas educativas digitales, recursos interactivos, actividades como gamificación, aula invertida, debates, resolución de ejercicios, además de instrumentos de evaluación como pretest y postest.
<b>Pob. y Muestra</b>	55 estudiantes de segundo año de Bachillerato General Unificado de la Unidad Educativa Luis Cordero (Ecuador), distribuidos en grupo control y grupo experimental.
<b>Resultados obtenidos</b>	Se evidenció una mejora significativa en el aprendizaje: el promedio pasó de 4,80/10 en el pretest a 8,01/10 en el postest, reflejando un incremento del 63%. Esto demuestra la efectividad de la metodología didáctica aplicada.
<b>Breve resumen:</b> El artículo presenta una propuesta de metodología didáctica innovadora para la enseñanza de la mitosis y meiosis, basada en actividades interactivas, uso de plataformas digitales y estrategias como gamificación y aula invertida. Los resultados evidencian que la implementación de metodologías activas mejora significativamente el aprendizaje, superando las limitaciones de la enseñanza tradicional y promoviendo un aprendizaje significativo en los estudiantes.	

<b>Autor, Año, País</b>	<b>Cruz Rivera, Mauricio (2018). Colombia.</b>
<b>Título</b>	<b><i>Estrategias didácticas para el fortalecimiento del pensamiento científico a través de un proyecto de aula para la enseñanza de la mitosis y la meiosis con estudiantes del grado sexto de la Institución Educativa José María Bravo Márquez</i></b>
<b>Objetivo</b>	Diseñar un proyecto de aula como estrategia de enseñanza que contribuya al fortalecimiento del pensamiento científico y a la comprensión de la mitosis y la meiosis mediante el constructivismo, el trabajo colaborativo, la lúdica y el arte.
<b>Método</b>	Enfoque cualitativo bajo el paradigma de investigación-acción educativa. Se desarrolló mediante la construcción, implementación y evaluación de un proyecto de aula, apoyado en técnicas como observación participante, diario de campo, pretest y postest.
<b>Materiales</b>	Recursos didácticos diversos: cómics, música, danza, actividades lúdicas, diarios de campo, pruebas diagnósticas (pretest y postest), textos escolares y herramientas de observación pedagógica.
<b>Pob. y Muestra</b>	Población: 240 estudiantes de <u>grado sexto</u> . Muestra: 40 estudiantes del grupo sexto uno (entre 11 y 14 años) de la Institución Educativa José María Bravo Márquez en Medellín, Colombia.
<b>Resultados obtenidos</b>	La implementación del proyecto de aula permitió fortalecer el pensamiento científico, mejorar la comprensión de los procesos de mitosis y meiosis y promover el aprendizaje significativo mediante estrategias lúdicas, artísticas y colaborativas, superando limitaciones como la ausencia de laboratorio.
<b>Breve resumen:</b> El estudio presenta una propuesta didáctica basada en un proyecto de aula orientado a la enseñanza de la mitosis y la meiosis en estudiantes de educación básica. A través del enfoque constructivista, el uso de la lúdica, el arte y el trabajo colaborativo, se busca superar las dificultades de comprensión de contenidos abstractos y fortalecer el pensamiento científico. A pesar de que el trabajo muestra un gran peso de contenido, los resultados evidencian que estas estrategias favorecen el aprendizaje significativo incluso en contextos con limitaciones de recursos experimentales.	

<b>Autor, Año, País</b>	<b>Maroto Sánchez, A. (2025). España.</b>
<b>Título</b>	<i>Experiencias y estrategias de innovación educativa CTIM IV</i>
<b>Objetivo</b>	Presentar y analizar experiencias y estrategias de innovación educativa en el ámbito de las ciencias (CTIM), con el fin de mejorar los procesos de enseñanza-aprendizaje mediante enfoques activos e interdisciplinarios.
<b>Método</b>	Enfoque cualitativo basado en la sistematización de experiencias educativas innovadoras. Se describen prácticas pedagógicas centradas en metodologías activas, interdisciplinaria y uso de recursos didácticos innovadores.
<b>Materiales</b>	Recursos didácticos innovadores propios del enfoque CTIM: actividades prácticas, estrategias interdisciplinarias, recursos digitales, materiales experimentales y metodologías activas orientadas al aprendizaje significativo.
<b>Pob. y Muestra</b>	Docentes y estudiantes participantes en experiencias educativas del área de ciencias (CTIM), principalmente en contextos educativos formales (nivel no especificado con exactitud en el fragmento analizado).
<b>Resultados obtenidos</b>	Las estrategias de innovación educativa favorecen la motivación, la participación activa y el desarrollo de competencias científicas, promoviendo aprendizajes más significativos y contextualizados en los estudiantes.
<b>Breve resumen:</b> El documento recopila experiencias de innovación educativa en el área CTIM, destacando el uso de metodologías activas, la interdisciplinaria y el aprendizaje basado en la práctica. Estas estrategias buscan transformar la enseñanza tradicional, fomentando la participación del estudiante y el desarrollo de competencias científicas, lo que contribuye a un aprendizaje más significativo y contextualizado.	

<b>Autor, Año, País</b>	<b>Altamar J., Aurora (2012). Panamá.</b>
<b>Título</b>	<i>La enseñanza de la Biología y de las Ciencias Naturales: Un reto para el siglo XXI</i>
<b>Objetivo</b>	Reflexionar sobre los desafíos actuales en la enseñanza de la Biología y las Ciencias Naturales, proponiendo estrategias didácticas que promuevan un aprendizaje significativo, el pensamiento crítico y la resolución de problemas.
<b>Método</b>	Enfoque teórico-reflexivo basado en revisión conceptual y análisis de la práctica educativa. Se fundamenta en aportes de la didáctica de las ciencias y en propuestas como el aprendizaje por descubrimiento y la indagación científica.
<b>Materiales</b>	Referentes teóricos, literatura científica, recursos didácticos tradicionales y digitales, además de propuestas metodológicas como el aprendizaje por descubrimiento, el uso de TIC y el trabajo colaborativo.
<b>Pob. y Muestra</b>	No aplica de forma específica, ya que se trata de un artículo teórico. Se refiere de manera general a estudiantes y docentes de distintos niveles educativos.
<b>Resultados obtenidos</b>	Se concluye que la enseñanza tradicional basada en la memorización es insuficiente. Se requiere promover metodologías activas como la indagación científica, el aprendizaje por descubrimiento y el desarrollo del pensamiento crítico, lo que favorece un aprendizaje más significativo y contextualizado.
<b>Breve resumen:</b> El artículo aborda la enseñanza de la Biología como un desafío en el contexto del siglo XXI, destacando la necesidad de superar modelos tradicionales centrados en la memorización. Propone el uso de metodologías activas como el aprendizaje por descubrimiento, la indagación científica y el uso de TIC, con el fin de desarrollar competencias científicas, pensamiento crítico y habilidades para la resolución de problemas en los estudiantes.	

<b>Autor, Año, País</b>	<b>Contreras, Mónica; González, Elizabeth (2013). Panamá.</b>
<b>Título</b>	<i>Modelos y modelización en el aprendizaje del proceso de reproducción celular</i>
<b>Objetivo</b>	Utilizar el modelo didáctico de reproducción celular como estrategia innovadora para que estudiantes comprendan y expliquen fenómenos biológicos relacionados con la mitosis, como la cicatrización y regeneración de tejidos.
<b>Método</b>	Enfoque descriptivo y transversal. Se implementó una guía de aprendizaje con actividades teórico-prácticas, construcción de modelos didácticos y trabajo colaborativo. Se incluyó diagnóstico inicial, desarrollo de secuencia didáctica y evaluación mediante rúbricas y pruebas objetivas.
<b>Materiales</b>	Guía de aprendizaje “Reproducción Celular”, modelos científicos y didácticos, materiales concretos (masilla, limpiapipas, lana, pintura, etc.), textos de biología, rúbricas de evaluación y pruebas diagnósticas.
<b>Pob. y Muestra</b>	40 estudiantes de décimo grado de Bachiller en Ciencias del Centro Educativo Francisco de Miranda, Panamá.
<b>Resultados obtenidos</b>	El 75% de los estudiantes logró comprender el proceso de reproducción celular y relacionarlo con fenómenos de la vida cotidiana. Se evidenció desarrollo de competencias científicas, comunicativas y cognitivas, así como mejora en el trabajo colaborativo y la comprensión conceptual.
<b>Breve resumen:</b> El estudio analiza el uso de modelos y la modelización didáctica como estrategia para la enseñanza de la reproducción celular. A través de una guía de aprendizaje y la construcción de modelos concretos, se favorece la comprensión de conceptos abstractos como la mitosis. Los resultados evidencian que estas estrategias promueven el desarrollo de competencias científicas y un aprendizaje significativo al vincular los contenidos con situaciones de la vida cotidiana.	

<b>Autor, Año, País</b>	<b>Gómez, María Alejandra; Moreno, Diana Carolina (2020). Colombia.</b>
<b>Título</b>	<i>Estrategias didácticas para la enseñanza de la mitosis y la meiosis en estudiantes de educación media</i>
<b>Objetivo</b>	Diseñar e implementar estrategias didácticas que faciliten la comprensión de los procesos de mitosis y meiosis en estudiantes de educación media, promoviendo el aprendizaje significativo.
<b>Método</b>	Enfoque cualitativo con diseño de intervención pedagógica. Se aplicaron estrategias didácticas innovadoras y se evaluó su impacto mediante observación, actividades de aula y pruebas de conocimiento.
<b>Materiales</b>	Recursos didácticos variados: guías de aprendizaje, modelos didácticos, actividades lúdicas, material visual, recursos digitales y estrategias participativas.
<b>Pob. y Muestra</b>	Estudiantes de educación media (nivel no especificado con exactitud en el fragmento analizado), en una institución educativa de Colombia.
<b>Resultados obtenidos</b>	Las estrategias didácticas implementadas favorecieron la comprensión de los procesos de mitosis y meiosis, evidenciándose mejoras en el aprendizaje, mayor participación y reducción de dificultades conceptuales.
<b>Breve resumen:</b> El estudio aborda la enseñanza de la mitosis y la meiosis mediante la implementación de estrategias didácticas innovadoras que buscan superar las dificultades de comprensión de estos contenidos. A través de actividades participativas, modelos y recursos didácticos, se promueve un aprendizaje significativo, logrando mejorar la comprensión conceptual y la motivación de los estudiantes.	

<b>Autor, Año, País</b>	<u>Luwoye, A.; Bello, G.; Adeoye, G. (2021), Nigeria</u>
<b>Título</b>	<b>Influence of the Demo Kit on Remediating Senior School Students' Misconceptions in Mitosis and Meiosis in Ilorin, Nigeria</b>
<b>Objetivo</b>	Analizar la influencia del “demo kit” en la corrección de las concepciones erróneas sobre mitosis y meiosis en estudiantes de educación media, identificando dichas dificultades y evaluando su reducción tras la intervención.
<b>Método</b>	Diseño cuasi experimental con pretest y postest, utilizando un grupo experimental y un grupo control no equivalentes. Se aplicaron análisis descriptivos (frecuencias y porcentajes) y prueba de chi-cuadrado para contrastar diferencias entre grupos.
<b>Materiales</b>	Instrumento: Mitosis and Meiosis Conception Package (MMCP) Recurso didáctico: demo kit (material manipulativo compuesto por objetos simples como cuentas, hilos, tapas, etc., utilizados para representar procesos celulares)
<b>Pob. y Muestra</b>	Estudiantes de secundaria superior (SSS II) en Ilorin, Nigeria. Muestra: 60 estudiantes (35 grupo experimental, 25 grupo control).
<b>Resultados obtenidos</b>	Los estudiantes presentaban múltiples concepciones erróneas antes de la enseñanza. Tras la intervención, el grupo experimental redujo significativamente dichas dificultades, pasando de 7 errores a 2, mientras que el grupo control solo redujo de 8 a 6. El demo kit logró una remediación del 71.43% frente al 28.57% del método tradicional. La diferencia fue estadísticamente significativa.
<b>Breve resumen:</b> Dentro de este estudio se demuestra que los estudiantes tienen dificultades persistentes para comprender mitosis y meiosis, incluso después de la enseñanza. Pero, cuando se emplean estrategias didácticas manipulativas como el demo kit, la comprensión mejora notablemente. La investigación evidencia que las concepciones erróneas no solo dependen del estudiante, sino también del tipo de enseñanza utilizada. El uso de representaciones concretas facilita la comprensión de procesos abstractos. Por ello, se recomienda incorporar este tipo de estrategias en la enseñanza de la biología celular.	

<b>Autor, Año, País</b>	<u>Dorji, K. &amp; Zam, T. (2024). Bhutan.</u>
<b>Título</b>	<b>Overcoming Student Misconceptions in Cell Division: Impact of Audio-Visual Tools on Conceptual Clarity</b>
<b>Objetivo</b>	Identificar las concepciones erróneas sobre la división celular (mitosis y meiosis) en estudiantes de educación media y evaluar la efectividad de estrategias de enseñanza basadas en recursos audiovisuales para corregir dichas dificultades conceptuales.
<b>Método</b>	Diseño cuasi experimental con enfoque de pretest y postest. Se aplicó una prueba inicial para identificar concepciones erróneas, seguida de una intervención didáctica mediante recursos audiovisuales. Posteriormente, se aplicó un postest para evaluar cambios en la comprensión conceptual y la persistencia de los aprendizajes.
<b>Materiales</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Prueba diagnóstica de tipo two tier (dos niveles)</li> <li>● Videos animados educativos</li> <li>● Presentaciones en PowerPoint</li> <li>● Diagramas y representaciones visuales del proceso de división celular</li> </ul>
<b>Pob. y Muestra</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Población: estudiantes de secundaria superior (Bhutan)</li> <li>● Muestra: 32 estudiantes de grado X (educación media)</li> <li>● Selección: muestreo aleatorio simple de una sesión de clase</li> </ul>
<b>Resultados obtenidos</b>	Se detectaron varias concepciones deficientes antes de la intervención, especialmente sobre interfase, meiosis y división celular. Después del uso de recursos audiovisuales, mejoró la comprensión de conceptos clave y disminuyeron varios errores. El promedio general subió de 4.81 a 10.88 puntos, con diferencia estadísticamente significativa. Persistieron algunas dificultades sobre cromosomas y cromátidas.
<b>Breve resumen:</b> Se muestra que los estudiantes de educación media presentan dificultades conceptuales importantes en mitosis y meiosis. La intervención con videos animados y presentaciones permitió mejorar significativamente la comprensión del tema. Los recursos audiovisuales ayudaron a representar procesos abstractos y a corregir varios errores previos. Sin embargo, algunas concepciones erróneas persistieron, por lo que los autores sugieren complementar esta estrategia con métodos más interactivos.	

<b>Autor, Año, País</b>	<b>Kim, Y.; Lee, Y.; Lee, H.; Lim, S. (2022), República de Corea.</b>
<b>Título</b>	<b>Alignment of Concepts of Meiosis among Curriculum, Textbooks, Classroom Teaching and Assessment in Upper Secondary School in Republic of Korea</b>
<b>Objetivo</b>	Analizar el grado de alineación conceptual de la meiosis entre currículo, libros de texto, enseñanza en el aula y evaluación, con el fin de identificar posibles causas de las dificultades de comprensión conceptual en estudiantes de educación media.
<b>Método</b>	Estudio de tipo analítico basado en análisis de redes semánticas (SNA). Se recopilaron y analizaron conceptos provenientes de cuatro fuentes: currículo oficial, libros de texto, clases reales y evaluaciones. Los datos se procesaron mediante el software NetMiner 4.0, construyendo redes conceptuales para identificar relaciones y coherencia entre los contenidos..
<b>Materiales</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Documentos del currículo nacional (Life Science I)</li> <li>• Libros de texto de biología (6 editoriales)</li> <li>• Grabaciones de clases reales sobre meiosis</li> <li>• Preguntas de evaluación aplicadas a estudiantes</li> <li>• Software de análisis: NetMiner 4.0</li> </ul>
<b>Pob. y Muestra</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dos escuelas secundarias públicas de educación media superior</li> <li>• Estudiantes con rendimiento académico alto (top 30%)</li> <li>• Clases impartidas por dos docentes (4 y 9 años de experiencia)</li> <li>• No se reporta número exacto de estudiantes (dato no especificado)</li> </ul>
<b>Resultados obtenidos</b>	Se identificaron diferencias importantes en la cantidad y organización de conceptos entre las distintas fuentes: currículo: 11 conceptos, libros: 36 conceptos, enseñanza: 54 conceptos, evaluación: 23 conceptos. Aunque los conceptos clave (meiosis, cromosoma, gameto, etc.) aparecen en todas las etapas, existe una sobrecarga conceptual en libros y clases, lo que genera redes complejas que dificultan la comprensión. Además, los conceptos no siempre se conectan adecuadamente entre proceso, resultados y significado biológico.
<b>Breve resumen:</b> Se observa que las dificultades en la comprensión de la meiosis no se deben únicamente al estudiante, sino a problemas estructurales en la enseñanza. Aunque existe cierta coherencia entre currículo, enseñanza y evaluación, el exceso de conceptos introducidos en el aula y en los libros genera redes conceptuales complejas que dificultan la comprensión. La enseñanza se centra en el proceso, pero no integra adecuadamente los resultados ni su significado. Esta falta de organización conceptual y de conexión entre ideas clave favorece la aparición de concepciones erróneas en los estudiantes.	

<b>Autor, Año, País</b>	<b>Ojo, A. T. (2024), Nigeria.</b>
<b>Título</b>	<b>Examination of secondary school students' conceptual understanding, perceptions, and misconceptions about genetics concepts.</b>
<b>Objetivo</b>	Examinar la comprensión conceptual, percepciones y concepciones erróneas de los estudiantes de educación secundaria sobre conceptos de genética, así como identificar las causas de dichas concepciones erróneas.
<b>Método</b>	Diseño mixto secuencial explicativo (cuantitativo + cualitativo). Los datos se recopilaron mediante pruebas de conocimiento, escalas CRI, cuestionarios y discusiones grupales. El análisis incluyó estadística descriptiva y análisis de contenido.
<b>Materiales</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Students' Genetics Concepts Test (SGCT)</li> <li>• Certainty Response Index (CRI)</li> <li>• Students' Perception of Genetics Concepts Questionnaire (SPGCQ)</li> <li>• Questionnaire on Perceived Causes of Misconceptions (QPCSMGC)</li> <li>• Guía de discusión grupal (focus groups)</li> </ul>
<b>Pob. y Muestra</b>	789 estudiantes de secundaria superior (SS3) de 15 escuelas en el estado de Ondo, Nigeria, seleccionados mediante muestreo multietápico.
<b>Resultados obtenidos</b>	Solo 21.4% de los estudiantes comprendía los conceptos de genética, 27.6% no los comprendía y 51.0% presentaba concepciones erróneas. Los estudiantes mostraron una percepción negativa hacia el tema (media=2.47). Las principales causas de las dificultades fueron la complejidad y abstracción del contenido, el modo de enseñanza, la falta de prácticas y la escasez de materiales didácticos.
<b>Breve resumen:</b> Se evidencia que la mayoría de los estudiantes de secundaria presenta dificultades conceptuales significativas en genética. Más de la mitad de los participantes mostraron concepciones erróneas sobre los contenidos evaluados. Las principales causas identificadas fueron la naturaleza abstracta del contenido, estrategias de enseñanza poco adecuadas y la falta de materiales didácticos. Los resultados sugieren fortalecer el uso de recursos instruccionales y metodologías más prácticas para mejorar la comprensión conceptual en biología.	

<b>Autor, Año, País</b>	<b>Chattopadhyay, A. (2012). India.</b>
<b>Título</b>	<b>Understanding of Mitosis and Meiosis in Higher Secondary Students of Northeast India and the Implications for Genetics Education.</b>
<b>Objetivo</b>	Analizar la comprensión conceptual de estudiantes de educación media sobre mitosis y meiosis, identificando sus ideas alternativas y dificultades, y proponer implicaciones para mejorar la enseñanza de estos contenidos.
<b>Método</b>	Estudio descriptivo con enfoque mixto (análisis cualitativo y cuantitativo de respuestas). Se aplicó un cuestionario con preguntas cerradas y abiertas para evaluar tanto respuestas como explicaciones.
<b>Materiales</b>	Cuestionario validado desarrollado por el Learning in Science Research Group (Leeds University), adaptado para evaluar comprensión conceptual de división celular. Incluye preguntas de selección múltiple y justificación abierta.
<b>Pob. y Muestra</b>	289 estudiantes (16–18 años) de nivel secundario superior (equivalente a bachillerato), provenientes de tres instituciones educativas en el noreste de India.
<b>Resultados obtenidos</b>	Se evidenció una alta presencia de concepciones erróneas en ambos procesos. Muchos estudiantes creían que el número de cromosomas se duplica en mitosis o se comporta de forma incorrecta. También confundían mitosis con meiosis, especialmente en su función y localización en tejidos. Hubo dificultades en comprender la recombinación genética y la diferencia entre células somáticas y sexuales. Se detectaron inconsistencias entre respuestas correctas y explicaciones incorrectas, lo que indica comprensión superficial.
<b>Breve resumen:</b> El estudio demuestra que los estudiantes de secundaria presentan dificultades profundas en la comprensión de mitosis y meiosis, especialmente en la interpretación del número de cromosomas y la función de cada proceso. Se identifican múltiples concepciones alternativas, como confundir ambos tipos de división celular o no comprender la recombinación genética. No obstante, los estudiantes muestran incoherencias entre lo que responden y lo que explican, evidenciando un aprendizaje memorístico. El trabajo concluye que estas dificultades están relacionadas con la enseñanza y los enfoques didácticos utilizados. Se proponen mejoras pedagógicas centradas en la comprensión conceptual.	

<b>Autor, Año, País</b>	<b><u>Dikmenli, Musa (2010), Turquía</u></b>
<b>Título</b>	<b>Misconceptions of cell division held by student teachers in biology: A drawing analysis</b>
<b>Objetivo</b>	Identificar las concepciones erróneas sobre mitosis y meiosis en futuros docentes de biología, analizando su comprensión conceptual mediante dibujos y entrevistas.
<b>Método</b>	Enfoque cualitativo-descriptivo. Se emplearon dibujos y entrevistas como técnicas principales para evaluar el nivel de comprensión conceptual.
<b>Materiales</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Hojas en blanco (A4) para dibujos</li> <li>● Instrumento de entrevistas estructuradas</li> <li>● Marco de análisis por niveles de comprensión (5 niveles)</li> </ul>
<b>Pob. y Muestra</b>	124 estudiantes universitarios en formación como docentes de biología (21–25 años), de una facultad de educación en Turquía.
<b>Resultados obtenidos</b>	Se identificaron múltiples concepciones erróneas sobre mitosis y meiosis. El 46% (mitosis) y 54% (meiosis) presentaron dibujos con errores conceptuales. Las principales confusiones incluyen replicación del ADN en fases incorrectas y errores en el número de cromosomas. La meiosis resultó más difícil de comprender que la mitosis.
<b>Breve resumen:</b> Se logra demostrar en este estudio que los futuros docentes presentan graves dificultades conceptuales en división celular, especialmente en meiosis. Las concepciones erróneas incluyen interpretación incorrecta de fases, replicación del ADN y número de cromosomas. El uso de dibujos permitió identificar errores profundos en la comprensión estructural del proceso. Las entrevistas confirmaron que estos errores son persistentes y coherentes entre representaciones. Se concluye que la enseñanza tradicional no logra corregir estas dificultades, lo que exige estrategias didácticas más efectivas.	

## Resultados y discusión

La revisión de los quince estudios seleccionados muestra que las dificultades de comprensión conceptual de la mitosis y la meiosis siguen apareciendo de manera constante en distintos contextos educativos. Aunque los estudios revisados proceden de países, niveles y diseños metodológicos diferentes, la mayoría coincide en que los estudiantes no solo tienen vacíos de información, sino también errores conceptuales sobre la lógica de ambos procesos. En varias investigaciones, las principales dificultades se relacionan con la diferenciación entre mitosis y meiosis, el comportamiento de los cromosomas, la conservación o reducción del número cromosómico y la relación entre división celular y herencia.

En esa línea, Chattopadhyay (2012) encontró que muchos estudiantes de secundaria superior no comprendían con claridad ni el mantenimiento del número de cromosomas en la mitosis ni la formación de células haploides durante la meiosis. De forma similar, Ojo (2024) reportó que solo 21.4% de los estudiantes comprendía los conceptos evaluados, mientras que 51.0% presentaba concepciones erróneas. Dorji y Zam (2024), por su parte, identificaron errores frecuentes como considerar la interfase una fase de reposo o creer que la meiosis ocurre en todas las células, lo que confirma que las dificultades afectan el sentido tanto teórico y biológico del contenido y no solo la memorización de términos.

En el caso de Chattopadhyay (2012), los resultados permiten ver que la comprensión de los estudiantes era parcial y poco eficiente. Por ejemplo, 44.5% consideró que el número de cromosomas se duplicaba después de la mitosis, y aunque 45.5% reconoció que la célula producida por meiosis tendría la mitad del número cromosómico, solo una parte de ese grupo logró justificar correctamente su respuesta. Además, 56.5% sostuvo que la célula original y la célula producida por meiosis contenían la misma información genética, lo que evidencia dificultades para comprender el papel de la recombinación. En Ojo (2024), los problemas aparecen integrados a un marco más amplio de genética, donde también se reportan errores en torno a cromosomas, genes, alelos, meiosis y mitosis. Este estudio añade un aspecto importante al mostrar que la percepción del contenido fue negativa y que la complejidad y abstracción del tema fueron señaladas por los propios estudiantes como causas principales de sus dificultades.

Cuando se revisan los estudios centrados en estrategias de enseñanza, aparece un punto importante: varios trabajos muestran mejoras en la comprensión cuando se emplean recursos más activos, visuales o concretos. Luwoye et al. (2021) encontraron que el uso de un demo kit permitió mejorar el 71.43% de las concepciones erróneas detectadas, mientras que el método convencional solo corrigió 28.57%. Dorji y Zam (2024) también reportaron mejoras tras una intervención con videos animados y presentaciones, con un aumento del promedio general de 4.81 a 10.88. A esta tendencia se suman los estudios revisados por tu compañero, donde Flores et al. (2023), Gómez y Moreno (2020), Cruz Rivera (2018) y Francia (2025) coinciden en que metodologías como la gamificación, el aula invertida, las actividades lúdicas, el trabajo colaborativo y el uso de TIC favorecen el aprendizaje de la mitosis y la meiosis.

En conjunto, estos hallazgos muestran una coincidencia clara: cuando el contenido se apoya en estrategias que permiten observar, representar o reconstruir el proceso, la comprensión tiende a

a mejorar. Ese mismo patrón aparece en los estudios que destacan el valor de los materiales concretos y la modelización. Barra et al. resaltan la utilidad de los materiales didácticos y las actividades de laboratorio para enseñar contenidos biológicos complejos, mientras que Contreras y González (2013) destacan el valor de los modelos para comprender mejor los procesos de reproducción celular. Siguiendo con lo mismo, Cruz Rivera (2018) plantea que el proyecto de aula puede fortalecer el pensamiento científico y favorecer la comprensión incluso en contextos con limitaciones de recursos. En estos estudios, el punto común no es solo el tipo de estrategia, sino la idea de que el estudiante comprende mejor cuando puede interactuar o tratar con el contenido de una manera menos abstracta y más cercana a la experiencia real.

Sin embargo, no todos los trabajos revisados explican el problema únicamente desde la estrategia didáctica inmediata, Kim et al. (2022) aportan una perspectiva distinta al analizar la alineación entre currículo, libros de texto, enseñanza y evaluación en el tema de meiosis. Sus resultados muestran que el currículo presentaba 11 conceptos, mientras que los libros incluían 36, la enseñanza 54 y la evaluación 23. Aunque seis conceptos clave aparecían en las cuatro fuentes, el aumento considerable del número de conceptos en libros y clases hacía más compleja la red conceptual que debía comprender el estudiante.

Este resultado introduce un matiz importante, porque sugiere que la dificultad no depende únicamente de si la clase es más o menos activa, sino también de cómo se organiza, se extiende y distribuye el contenido. Esa idea se relaciona con lo planteado por Altamar (2012), quien cuestiona la enseñanza tradicional de la biología basada en memorización, y con Maroto (2025), quien resalta el valor de experiencias más activas e interdisciplinarias en la enseñanza de las ciencias.

También se observan diferencias entre los estudios en cuanto al alcance de las mejoras logradas. Thomaz et al. (2018), por ejemplo, señalan que una propuesta basada en aprendizaje significativo puede mejorar la comprensión conceptual, pero advierten que la falta de conocimientos previos limita el alcance de esos avances. Algo parecido se puede notar en Dorji y Zam (2024), donde, a pesar de la mejora después de la intervención, persistieron algunas confusiones relacionadas con el comportamiento cromosómico. Esto sugiere que la literatura no muestra una mejora automática ni uniforme en todos los casos. Mas bien, los resultados parecen indicar que la eficiencia de una estrategia depende también de la base conceptual del estudiante, del tiempo de trabajo y del grado de articulación entre los contenidos.

Un punto especialmente relevante dentro del conjunto de estudios es el contraste con Dikmenli (2010). A diferencia de la mayoría de las investigaciones revisadas, este estudio se realizó con futuros docentes de biología. Aun así, su inclusión resulta importante porque muestra que muchas de las dificultades detectadas en estudiantes de educación media también aparecen en niveles superiores de formación. Dikmenli (2010) encontró que 46% de los participantes presentó dibujos con concepciones erróneas sobre mitosis y 54% sobre meiosis. Entre las concepciones más frecuentes estaban ubicar la replicación del ADN en la profase, considerar la interfase una fase de reposo, interpretar de manera incorrecta el número de cromosomas y confundir cromosomas con cromátidas. Este resultado extiende el alcance del problema, ya que sitúa las dificultades de comprensión no solo en el plano del aprendizaje escolar, sino también en el de la formación docente.

A partir del análisis comparativo, pueden identificarse varias coincidencias entre los quince estudios. La primera es la persistencia de dificultades conceptuales en torno a la distinción entre mitosis y meiosis, el comportamiento cromosómico y la relación entre división celular y genética. La segunda es la tendencia a mejores resultados cuando se emplean estrategias didácticas activas, visuales, manipulativas. La tercera es que el problema no parece explicarse sólo por la abstracción del contenido, sino también por factores como la organización conceptual, la secuencia curricular, los conocimientos previos, pero también en la formación del docente.

Al mismo tiempo, se observan diferencias en el enfoque de los estudios: algunos se centran en el diagnóstico conceptual, otros en intervenciones didácticas y otros en aspectos más estructurales del proceso de enseñanza. Esta variedad metodológica permite abordar el problema desde varios ángulos y aporta una visión más amplia del fenómeno.

En conjunto, los estudios revisados muestran que las dificultades en la comprensión de la mitosis y la meiosis se relacionan con una combinación de factores y no con una sola causa. Los hallazgos apuntan a la interacción entre la complejidad del contenido, las estrategias de enseñanza, la organización del currículo, la disponibilidad de recursos y la solidez de la formación conceptual previa. Desde esa perspectiva, la literatura analizada permite interpretar que la comprensión de estos procesos depende no sólo del esfuerzo del estudiante, sino también de las condiciones didácticas en que ocurre su aprendizaje.

## **Conclusiones**

Luego de una exhaustiva revisión sobre los estudios e investigaciones, consideramos que las dificultades de comprensión conceptual de los temas tratados no pueden entenderse como simples fallas de memoria ni como un problema menor dentro de la biología escolar. Lo que muestran los estudios revisados es algo más serio: muchos estudiantes no logran construir una idea clara de qué ocurre con los cromosomas, por qué la mitosis conserva información genética, por qué la meiosis la reorganiza y reduce, ni cómo ambos procesos se conectan con la herencia genética. Comprendiendo que el problema no está solo en el contenido, sino en la forma en la que se enseña y se evalúa. La revisión permite concluir que, cuando la enseñanza se reduce a fases, definiciones y ejercicios repetitivos, el aprendizaje puede verse correcto en apariencia, pero seguir siendo débil en lo conceptual.

Otro aspecto que nos parece especialmente importante es que la literatura revisada no respalda la idea de que la dificultad se resuelve principalmente "explicando mejor" el tema. Los estudios muestran que la comprensión mejora cuando el contenido se vuelve visible, manipulable y discutible, es decir, cuando el estudiante puede comparar procesos, representar cambios cromosómicos, identificar errores previos y corregir lo que ocurre. Desde nuestra lectura, ese es uno de los aportes relevantes y más valiosos de la revisión: deja claro que la enseñanza de estos temas necesita menos repetición del contenido y más construcción guiada de significado. No se trata sólo de incorporar estrategias innovadoras, modernas o tecnológicas, sino de usarlas con una intención directa: ayudar a pensar el proceso, no solo a recordarlo.

La revisión también deja vacíos que no deberían pasarse por alto. Sigue siendo limitada la investigación centrada específicamente en mitosis y meiosis en educación media dentro de contextos

latinoamericanos, y más todavía en Panamá. Del mismo modo, falta más evidencia sobre qué ocurre después de aplicar una estrategia: si la mejora se sostiene en el tiempo, si cambia realmente la comprensión o si solo mejora el rendimiento en el momento aplicado.

También se necesita más investigación sobre la relación entre comprensión conceptual, calidad de la evaluación en los colegios y la formación de los docentes, porque varios trabajos sugieren que las concepciones erróneas pueden mantenerse incluso en futuros docentes. Ese vacío es importante, ya que dificulta entender con más precisión hasta qué punto el problema puede iniciar, sólo con el estudiante o también en la cadena formativa que mantiene la enseñanza.

Desde el punto de vista didáctico, esta revisión tiene un valor muy concreto para nuestro contexto. Durante la práctica docente pudimos observar pruebas sobre mitosis y meiosis claramente deficientes, centradas más en comprobar recuerdo de términos que en verificar comprensión del proceso. Esa experiencia nos llevó a ver con más claridad algo que la literatura revisada confirma: se puede aprobar una prueba de mitosis o meiosis sin entender realmente la lógica celular que está detrás. Consideramos que una de las implicaciones más importantes de esta revisión para nuestra práctica es la necesidad de replantear tanto la enseñanza como la evaluación. No bastaría con explicar mejor el tema; también habría que cambiar qué se pide al estudiante y cómo se le pide.

Si pensamos en una posible aplicación en nuestra institución, la opción que vemos más viable no sería una propuesta costosa ni dependiente de recursos difíciles de sostener, sino una secuencia didáctica sencilla, pero bien organizada, que combine tres momentos: primero, un diagnóstico breve de ideas previas para detectar errores frecuentes; segundo, el uso de modelos físicos de bajo costo y apoyos visuales, audiovisuales o manipulables para representar de forma comparativa la mitosis y la meiosis; y tercero, una evaluación que exija explicar, comparar y justificar, en lugar de limitarse a nombrar fases. Consideramos que esta posibilidad tendría mayores probabilidades de éxito porque responde tanto a lo que muestran los estudios revisados como a lo que observamos en la práctica. Resaltando que no sería una aplicación improvisada, sino una intención didáctica fundamentada en evidencia y ajustada a un contexto escolar real.

En definitiva, esta revisión no sólo permitió reconocer qué se ha encontrado sobre las dificultades de comprensión de la mitosis y la meiosis, sino también especificar qué hace falta corregir en la enseñanza y qué tipo de respuesta didáctica o escolar podría ser más relevante en nuestro contexto. Para nosotros, ese es el valor principal del trabajo: pasar de una descripción del problema a una comprensión más clara de cómo abordarlo de manera realista dentro de la práctica docente.

### **Referencias Bibliográficas**

Altamar J., A. (s.f.). La enseñanza de la biología y de las ciencias naturales: Un reto para el siglo XXI. Barra, R., Bornemann, C., Fernández, J., & Legarralde, T. (s.f.). Combinación de materiales didácticos y actividades de laboratorio para la enseñanza de contenidos biológicos complejos: El abordaje de los procesos de reproducción. Universidad Nacional de La Plata.

Chattopadhyay, A. (2012). Understanding of mitosis and meiosis in higher secondary students of Northeast India and the implications for genetics education. *Education*, 2(3), 41–47. <https://doi.org/10.5923/j.edu.20120203.04>

- Contreras, M., & González, E. (2013). Modelos y modelización en el aprendizaje del proceso de reproducción celular.
- Cruz Rivera, M. (2018). Estrategias didácticas para el fortalecimiento del pensamiento científico a través de un proyecto de aula para la enseñanza de la mitosis y la meiosis con estudiantes del grado sexto de la Institución Educativa José María Bravo Márquez.
- Dikmenli, M. (2010). Misconceptions of cell division held by student teachers in biology: A drawing analysis. *Scientific Research and Essays*, 5(2), 235–247.
- Dorji, K., & Zam, T. (2024). Overcoming student misconceptions in cell division: Impact of audio-visual tools on conceptual clarity. *International Journal of Multidisciplinary Innovative Research*, 4(4), 41–50.
- Flores Hinostroza, E. M., Guachun García, J. P., & Guillcatanda Chabla, 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. <https://doi.org/10.46932/sfjdv4n2-014>
- Francia, A. (2025). División celular: Estrategias para su enseñanza en el nivel medio. Universidad Nacional de La Plata.
- Gómez, M. A., & Moreno, D. C. (2020). Estrategias didácticas para la enseñanza de la mitosis y la meiosis en estudiantes de educación media.
- Kim, Y., Lee, Y., Lee, H., & Lim, S. (2022). Alignment of concepts of meiosis among curriculum, textbooks, classroom teaching and assessment in upper secondary school in Republic of Korea. *Journal of Baltic Science Education*, 21(2), 232–244. <https://doi.org/10.33225/jbse/22.21.232>
- Luwoye, A., Bello, G., & Adeoye, G. A. (2021). Influence of the demo kit on remediating senior school students' misconceptions in mitosis and meiosis in Ilorin, Nigeria. *Journal of Learning for Development*, 8(3), 557–567.
- Maroto Sánchez, A. (2025). Experiencias y estrategias de innovación educativa CTIM IV.
- Ojo, A. T. (2024). Examination of secondary school students' conceptual understanding, perceptions, and misconceptions about genetics concepts. *Pedagogical Research*, 9(1), em0185. <https://doi.org/10.29333/pr/14095>
- Thomaz, L. L. C., Heerdt, B., & Iurk, B. O. (2018). Unidad de enseñanza potencialmente significativa (UEPS) para la enseñanza de mitosis y meiosis.