

## **El trabajo con modelos en las clases de biología. Valoración de futuros docentes participantes de una experiencia orientada a la comprensión de metaconceptos**

**Teresa Legarralde<sup>(1)</sup>, Luciano Guadagno, Pablo de Andrea, Romina Acosta  
Rosana Barra, Candela Bornemann, Jéssica Fernández, Catalina Lucero y Alfredo  
Vilches**

Cátedra Biología General Cátedra Biología General.

Departamento de Ciencias Exactas y Naturales. Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación. Universidad Nacional de La Plata

<sup>1</sup>teresalegarralde @yahoo.com

### **Resumen**

En este trabajo se dan a conocer los resultados de una encuesta de opinión tendiente a valorar la implementación de una secuencia didáctica basada en el uso de materiales concretos e icónicos, que, a través de su manipulación permitieran la construcción de simulaciones o modelos biológicos dinámicos; la misma fue diseñada en la búsqueda de favorecer aprendizajes duraderos sobre contenidos complejos considerados como estructurantes de la Biología o metaconceptos. Participaron de la experiencia, estudiantes de profesorado universitario en Biología, Física y Química. En este sentido, los aprendizajes que se intentaron promover fueron los asociados con la continuidad genética de la vida; se impulsó la comprensión de contenidos que son subyacentes a otros y que los contienen, así como la generación de vínculos entre mecanismos genéticos básicos, ciclo y división celular, reproducción a nivel organismo y herencia como actividades que acercaran a los alumnos a la realización de ejercicios de genética más razonados. Las respuestas que se obtuvieron muestran el interés que despierta este tipo de actividades dado que son valoradas positivamente por la mayoría de los estudiantes con las calificaciones más altas.

**Palabras clave:** enseñanza de contenidos complejos o metaconceptos; continuidad genética de la vida; aprendizajes de estudiantes de profesorado; materiales didácticos; elaboración de modelos.

## **Introducción**

Si bien existen numerosos trabajos que analizan las concepciones que poseen los estudiantes en los distintos niveles de enseñanza, muchos se enfocan en el nivel secundario y en menor medida, en el universitario. Las concepciones permiten que las personas se relacionen con la realidad y poseen propiedades específicas, entre ellas, la resistencia al cambio; los estudios realizados en esta línea dieron lugar a la emergencia de un concepto fructífero para la didáctica, el de las representaciones, que considera lo que el alumno ya sabe desde un enfoque más cognitivo, entendiendo que se aprende a partir de las representaciones del mundo que cada sujeto construye en su mente (Moreira, Greca y Rodríguez Palmero, 2002). Pero su análisis se hace complejo, puesto que lo que una persona elabora en su mente no es posible de observar. No obstante, es una línea que ha permitido la comprensión del proceso ya que supone recurrir a diversas herramientas, entre ellas, el uso de modelos explicativos, que pueden definirse como representaciones simplificadas de un sistema, con la atención puesta en un matiz o particularidad del mismo, o ideas de distinto nivel de complejidad. Algunos autores indican que los modelos desempeñan un rol importante en la construcción del conocimiento científico y que agregan estructura, complejidad y niveles explicativos. Entonces, si cada individuo forma sus propias representaciones mentales o representaciones internas, los modelos mentales están en las mentes de las personas, y aprender acerca de algo, llegar a comprenderlo, es construir un modelo mental. Por tanto, los modelos no solo deben ser considerados como productos de la ciencia, sino también como herramientas para el aprendizaje y la enseñanza, dado que conocer los modos en que las personas representan internamente, es relevante para pensar estrategias instruccionales que propicien el aprendizaje. Así, en el campo de la enseñanza de la Biología, la comprensión de ciertos procesos básicos es importante para comprender otros más complejos. La continuidad genética de la vida se presenta como un ejemplo concreto en este sentido dado que, además de constituirse como un principio de referencia, o unificador de la Biología, se posiciona, por su complejidad y en el campo de la enseñanza, como depositaria de conceptos estructurantes o metaconceptos, nociones centrales de la Biología de trascendencia para la educación, entendidos como conceptos “cuya construcción transforma el sistema cognitivo, permitiendo adquirir nuevos conocimientos, organizar los datos de otra manera e incluso transformar los conocimientos anteriores” (Gagliardi, 1986, p.31). Es decir que una vez interiorizado un

concepto estructurante, por la capacidad que posee de transformar al sistema cognitivo, encamina a una nueva estructura conceptual que permite avanzar en el aprendizaje. Como metaconcepto, la continuidad genética de la vida y sus procesos de enseñanza se encuentran atravesados por diferentes problemáticas. Para Haskel-Ittah y Yarden (2018) las concepciones que poseen los estudiantes acerca de los fenómenos genéticos tienen un efecto directo sobre su capacidad para comprender el o los mecanismos subyacentes. Lo mismo ocurre con la polisemia o multisemia de algunos términos que son multirreferenciales y con el uso de una simbología de un alto nivel de abstracción. Tomando en consideración las dificultades para el aprendizaje detectadas en este campo, algunas investigaciones se han orientado hacia el desarrollo de unidades didácticas que colaboren en la comprensión de los procesos implicados en la herencia (Rodríguez Tobón, 2014; Rojas Agudelo y Salazar Salazar, 2019, entre otros). Para enseñar estos conceptos biológicos estructurantes se hace necesario apelar a la creatividad e imaginación, de modo de colaborar en que ese conocimiento pueda ser realmente construido mediante adecuadas tipologías de trabajo y transposición didáctica; esto es, lograr la transformación del conocimiento científico en un conocimiento posible de ser enseñado en el aula. En este orden de ideas, el trabajo basado en el uso de modelos dinámicos resulta un camino posible de seguir, con antecedentes de resultados favorables (Barra et al., 2019; Barra, Bornemann, Fernández y Legarralde, 2020; Fernández et al., 2019). De esta manera, considerando que los temas vinculados a la continuidad genética de la vida constituyen un ejemplo de contenidos complejos, donde cada aspecto corresponde a una dimensión del contenido que subyace o que contiene a otro, y que comprenden y son parte de la misma realidad, se formuló el objetivo de valorar la implementación de una secuencia didáctica basada en el uso de materiales concretos e icónicos, que permitan su manipulación y la construcción de modelos biológicos dinámicos, y favorezcan aprendizajes sobre estas temáticas en estudiantes de profesorado universitario en Ciencias Naturales (Biología, Física y Química). En este sentido, los aprendizajes que se intentaron promover se asociaron con establecer vínculos entre mecanismos genéticos básicos (como la replicación del ADN), ciclo celular y división celular, reproducción a nivel organismo y herencia, como actividades que acerquen a los alumnos a la realización de ejercicios de genética más razonados. Y en este trabajo en particular, se dan a conocer las valoraciones realizadas por los estudiantes que participaron de la experiencia, las que

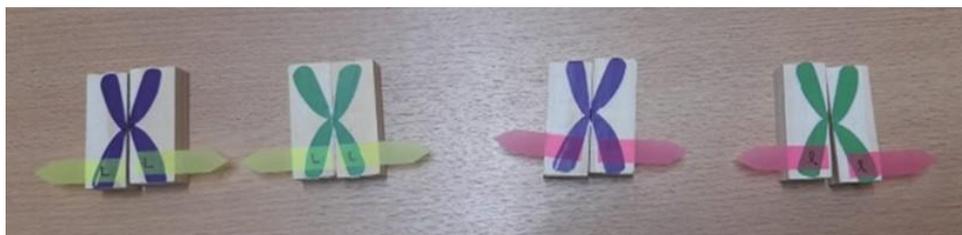
fueron relevadas a través de un cuestionario, que es un instrumento propio de la técnica de encuestas.

### **Metodología**

El cuestionario fue administrado a 35 estudiantes de los profesorados de Ciencias Naturales de la Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación (UNLP) que participaron en el desarrollo de una secuencia didáctica; la misma incluye la construcción de modelos por parte de los alumnos y fue implementada durante los años académicos 2022 y 2023, realizando un abordaje de las distintas dimensiones que atraviesan a ciertos contenidos biológicos complejos y estructurantes de la disciplina, como lo es la continuidad genética de la vida (Barra et al., 2019). La intervención se llevó adelante en la asignatura Biología General, que reúne alumnos de las carreras del segundo año de los profesorados de Química y de Física y de primer año del profesorado de Ciencias Biológicas de la citada institución. La secuencia de actividades se desarrolló durante un mes, en cuatro clases (una por semana), y en sesiones de seis horas bajo el formato taller. Para considerar las percepciones de los estudiantes acerca de la experiencia realizada, se aplicó un cuestionario de apreciación a través de una escala Likert de cinco puntos, siendo 1 totalmente en desacuerdo, 2 en desacuerdo, 3 ni de acuerdo ni en desacuerdo, 4 de acuerdo y 5 totalmente de acuerdo. La confiabilidad del instrumento se verificó a través del índice Alfa de Cronbach que arrojó un valor de 0,895, lo que muestra la confiabilidad del instrumento. Se utilizaron los niveles de validación propuestos por Hair et al., (2010), quienes afirman que valores por encima de 0.6 son aceptables, en una escala de 0 a 1.

Durante el desarrollo de la secuencia didáctica se trabajó en la modelización de la molécula de ADN y del proceso de replicación de la misma, que ocurre durante el período S (o de síntesis) durante la interfase, recurriendo para ello al uso de figuras de telgopor (Fernández et al., 2019; Barra, Bornemann, Fernández y Legarralde, 2020). Posteriormente se analizó el cambio de nivel de organización, el empaquetamiento de la molécula de ADN y su representación en forma de filamentos de cromatina, lo que permitió abordar luego, la elaboración de simulaciones o modelos dinámicos de las distintas etapas de la división meiótica y los sucesos fundamentales de la misma (recombinación y reducción de la ploidía); para ello se utilizaron piezas de madera con figuras autoadhesivas en color de las cromátides de los cromosomas (Barra et al., 2019; Barra et al., 2020). Finalmente, estas piezas, fueron utilizadas para realizar cruzamientos

genéticos identificando los alelos de los genes con etiquetas (*stickers*) de colores (Figura 1).

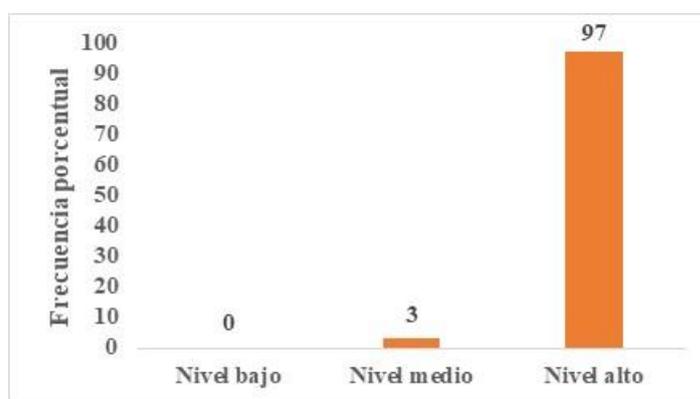


**Figura 1.** Modelos de cromosomas utilizados en la secuencia didáctica.

A través de estas actividades se incorporaron en forma secuenciada los procesos macromoleculares que subyacen a los mecanismos reproductivos a nivel celular y organismo, así como la teoría cromosómica de la herencia articulando con los fundamentos genéticos. Esto en la búsqueda de colaborar con una visión integral y articulada de procesos que, por su naturaleza lo están, como la replicación del ADN, la división celular meiótica, la formación de gametos y los patrones hereditarios.

## Resultados

Las respuestas que se obtuvieron del cuestionario muestran el interés que despierta este tipo de actividades dado que son valoradas positivamente por la mayoría de los estudiantes. Esto se observa, en la valoración total de la secuencia didáctica; así lo indican los resultados de los baremos realizados por el método de los percentiles, los que muestran que el 97,1 % de los estudiantes juzgan la experiencia en un nivel alto y el 3,3 % lo hacen en un nivel medio (Figura 2).



**Figura 2.** Niveles de valoración de la secuencia didáctica.

Así, para el ítem *a*: *Las estrategias didácticas empleadas para trabajar los contenidos vinculados a los procesos de replicación del ADN, división celular y fundamentos de*

*Genética me ayudaron a comprender mejor dichos temas*, el 37,1 % y el 57,1 % las califica con 4 y 5 respectivamente, porcentajes que son similares a los obtenidos por el ítem *b: Las estrategias didácticas empleadas para trabajar los contenidos vinculados a los procesos de replicación del ADN, división celular y fundamentos de Genética me ayudaron a encontrar las relaciones entre dichos temas, es decir, a integrarlos*. En cuanto al punto *c (La integración lograda entre estos contenidos me permitió resolver problemas genéticos sobre 1° y 2° ley de Mendel de manera razonada y no mecánica)* los estudiantes señalan estar de acuerdo (37,1 %) y totalmente de acuerdo (48,6 %) con la afirmación. Por su parte, el 29,4 % y el 64,7 % de los alumnos señalan estar de acuerdo o totalmente de acuerdo con la afirmación *d: La construcción de modelos con piezas de dominó me permitió comprender mejor la estructura de los cromosomas y la noción de cromátide*. A su vez el apartado *e (La construcción de modelos con piezas de dominó me permitió comprender mejor la ubicación física de los alelos en los cromosomas, así como los estados genotípicos homocigota y heterocigota)* obtuvo adhesiones 27,3 % y 57,6 %. Estos valores se asemejan a los asignados al ítem *f (La construcción de modelos con piezas de dominó me permitió comprender mejor como se produce la distribución de los alelos a gametos diferentes durante la meiosis y su aplicación en la resolución de problemas genéticos)*. Para el enunciado *g (Considero que el uso de modelos didácticos es una herramienta positiva para el logro de aprendizajes adecuados e integrados)* el recuento arroja un 20 % y 77,1 % para las calificaciones 4 y 5 respectivamente, valores similares a los obtenidos por la afirmación *h (Valoro positivamente que, durante el proceso de formación, experimentemos con herramientas posibles de ser apropiadas y de utilizar en mi futuro quehacer docente)*. Se obtuvieron de 25,7 % y 68,6 % para el ítem *i (La organización de las clases desde el desarrollo de una introducción teórica en la que se discuten los aspectos más importantes del tema, y que posteriormente se combina con el trabajo en equipos en base a una guía orientadora, acompañados por docentes tutores de la tarea, resulta adecuada)*, siendo 38,2 % y 47,1 % para *j (La representación dinámica de los distintos procesos y problemas, registrándolos en las carpetas y tomando fotografías para elaborar una secuencia de imágenes que reproduzca los principales sucesos como conocimiento generado a partir del trabajo de cada equipo resultó sustancial en la comprensión y los aprendizajes que logré)*. El enunciado *k (El trabajo en pequeños grupos me resulta un buen método para lograr aprendizajes compartidos y consensuados a partir de los intercambios con mis compañeros)* estuvo representado

por el 28,6 % y el 68,6 % de valoraciones positivas, mientras que el último punto *l* (*La predisposición del equipo docente fue un factor motivador en el desarrollo de las actividades de cada clase*) obtuvo una calificación de 14,3 % y 85,7 %.

### **Discusión y Conclusiones**

El uso de modelos didácticos dinámicos, entendidos como representaciones basadas en analogías, permitieron a los estudiantes entender y pensar sobre una porción contextualizada del contenido y resultó una herramienta positiva, dado que les permitió establecer vínculos entre mecanismos genéticos básicos (en particular, la replicación del ADN), ciclo celular (especialmente, el período S o de Síntesis de ADN), división celular (en especial, el proceso meiótico), reproducción a nivel organismo y herencia, como actividades que los acercaron a la realización de ejercicios de genética más razonados. En concordancia con lo reportado por Barra et al. (2019), los protagonistas la valoraron en forma favorable indicando que es una modalidad que favoreció la comprensión de los contenidos desarrollados a partir del trabajo desde un abordaje diferente al que están habituados. También tuvo puntos de coincidencia con otros informes (Fernández et al., 2019; Torres Ramírez, 2018), dado que apreciaron y reconocieron ciertas articulaciones conceptuales logradas al realizar las tareas propuestas, principalmente las orientadas a transformar nociones analizadas textualmente en modelos esquemáticos dinámicos, no textuales, donde se debe atender a la congruencia entre lo discursivo y las simulaciones o modelos dinámicos construidos. Como colaboración, esta propuesta aporta un formato de trabajo alternativo que incluye el desarrollo y construcción de dispositivos específicos, los que, de ser incluidos en secuencias de clase situadas y articuladas entre sí poseen valor didáctico, tanto para la enseñanza como para el logro de aprendizajes de contenidos biológicos, tal como se ha citado en otros antecedentes (Barra et al., 2020; Legarralde, 2022; Rojas Agudelo y Salazar Salazar, 2019). Como consecuencia, se espera dar continuidad a esta línea de trabajo, tendiendo a la producción de otros materiales didácticos y curriculares que consideren las diferentes modalidades de aprendizaje de los estudiantes, incorporándolos en secuencias de intervención específicas y validándolos a través de su implementación y evaluación en el aula. Un tipo de enseñanza basada en el uso de modelos resulta de interés dado que favorece el desarrollo de habilidades en los estudiantes para realizar conversiones entre distintos modos y niveles de representación, y moverse de uno al otro como ejercicio de interés que puede colaborar en la internalización de estas transformaciones.

### Referencias bibliográficas

- Barra, R.; Bornemann, C.; Fernández, J.; Legarralde, T. (2020). Combinación de materiales didácticos y actividades de laboratorio para la enseñanza de contenidos biológicos complejos. El abordaje de los procesos de reproducción. *Memorias de 3º Jornadas de Prácticas Docentes en la Universidad Pública*. Secretaría de Asuntos Académicos de la Universidad Nacional de La Plata.
- Barra, R.; Acosta, R.; Fernández, J.; Atencio, L.; Bornemann, C.; Pérez, B.; Marafuschi, C.; de Andrea, P.; Guadagno, L.; Vilches, A. y Legarralde T. (2019). Construcción de un modelo dinámico del ciclo celular. Una experiencia en el aula de Biología universitaria. *Actas V Jornadas de Enseñanza e Investigación Educativa en el campo de las Ciencias Exactas y Naturales*. Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación. Universidad Nacional de La Plata.
- Fernández, J., Acosta, R.; Barra, R.; Atencio, L.; Bornemann, C.; Pérez, B.; Marafuschi, C.; De Andrea, P.; Guadagno, L.; Vilches, A.; Legarralde, T. (2019). Simulando el flujo de la información genética desde el ADN a la proteína. *Actas V Jornadas de Enseñanza e Investigación Educativa en el campo de las Ciencias Exactas y Naturales*. Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación. Universidad Nacional de La Plata.
- Gagliardi, R. (1986). Los conceptos estructurantes en el aprendizaje por investigación. Enseñanza de las Ciencias. *Investigación y Experiencias Didácticas*, 4(1), 30-35.
- Hair, J. F., Black, W. C., Babin, B. J., & Anderson, R. E. (2010). *Multivariate data analysis*, Pearson Prentice-Hall, Inc.
- Haskel-Ittah, M., and A. Yarden. 2018. "Students' Conception of Genetic Phenomena and Its Effect on Their Ability to Understand the Underlying Mechanism." *CBE. Life Sciences Education*, 17(3): 1-9.
- Legarralde, T. (2022). El abordaje de la continuidad genética de la vida como contenido complejo. Relato de una experiencia pedagógica virtual con profesores en Ciencias Biológicas. *Memorias de 4º Jornadas de Prácticas Docentes en la Universidad Pública*. Secretaría de Asuntos Académicos de la Universidad Nacional de La Plata.
- Moreira, M.A.; Greca, I.; Rodríguez Palmero, M. (2002). Modelos Mentales y Modelos Conceptuales en la Enseñanza y aprendizaje de las Ciencias. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 2(3), 37-57.

Rodríguez Tobón, G. L. (2014). *El modelamiento como estrategia didáctica para la enseñanza de la Genética Clásica (no molecular) en alumnos de secundaria.*

Tesis de Maestría en Enseñanza de las Ciencias Naturales y Exactas.

Universidad Nacional de Colombia, Colombia.

Rojas Agudelo, V. y Salazar-Salazar, M. (2019). Diseño e implementación de material didáctico para la enseñanza de genética mendeliana en estudiantes de grado décimo. *Revista de la Asociación Colombiana de Ciencias Biológicas*, 1 (31), 45-55.