

Construcción de representaciones externas para comprender genética molecular en la escuela secundaria

Maricel Occelli¹ y Susana Pomar²

¹Departamento de Enseñanza de la Ciencia y la Tecnología. Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. UNC. CONICET. 2 IPEM 38 "Francisco Pablo De Mauro". ^{1,2}Grupo de Investigación EDUCEVA-CienciaTIC

¹maricel.occelli@unc.edu.ar ; ²profesupomar@gmail.com

Resumen

Considerando la complejidad de las temáticas de genética y las potencialidades que presenta promover su modelización en el aula, surge el interés de proponer la construcción de representaciones externas (RE) por parte de los estudiantes para que docente y estudiantes dialoguen acerca de los modelos científicos escolares que están utilizando. En este trabajo, caracterizamos la construcción de RE a modo de maquetas para la temática de síntesis de proteínas con un grupo de estudiantes de Biología de 4º año de una escuela secundaria de gestión pública de la ciudad de Córdoba (Argentina). Se llevó adelante una investigación de corte interpretativo identificando la dinámica áulica que se genera, los aprendizajes que se fomentan y la opinión de los estudiantes respecto a participar de este tipo de actividades. Los resultados encontrados nos permiten concluir que el desafío generó oportunidades para repensar los conceptos y las sustancias involucradas y colocó a la docente como guía o facilitadora del proceso. Sin embargo, en relación a los aprendizajes, identificamos que en la construcción de la RE la relación que se establece entre el objeto a construir y su referente es de correspondencia directa y no de transformación o recodificación.

Palabras clave: Representaciones externas, Mediación, Modelización, ADN, Genética.

Introducción

Es claro que los conceptos de genética resultan esenciales para la comprensión de los procesos biológicos y por ello el currículo de la escuela secundaria prioriza estos contenidos. Sin embargo, esta temática resulta compleja y diversas investigaciones han estudiado las dificultades que presenta su aprendizaje para los estudiantes (Todd y Kenyon, 2016). A partir de ello, algunos investigadores han propuesto abordar su enseñanza a partir de la modelización (Verhoeff, Waarlo & Boersma, 2008). La construcción de representaciones externas (RE) en el ámbito escolar resulta una estrategia que puede permitir reconocer las características de los modelos de referencia que utilizan los estudiantes, para negociar y regular sus significados y finalmente visualizar el modelo científico escolar al cual arriban (Bahamonde y Gómez Galindo, 2016). Si bien las representaciones pueden tomar diferentes formatos, en este trabajo nos focalizamos en el análisis de una experiencia didáctica que propuso a los estudiantes la creación de maquetas para sintetizar los conceptos de síntesis de proteínas. En particular, buscamos caracterizar la dinámica áulica que se genera, los

aprendizajes que la estrategia fomenta y la opinión de los estudiantes respecto a participar de este tipo de actividades.

Referentes Teóricos

Las investigaciones en el campo de la didáctica de las ciencias indican que en general las temáticas de genética presentan dificultades para su aprendizaje debido a diversos factores. Por un lado, se destacan dificultades referidas al vocabulario y la terminología específica que se exigen para hablar acerca de genética, su vinculación con conceptos matemáticos y estadísticos, así como también la complejidad de la estructura cromosómica y los procesos de división celular (Todd y Kenyon, 2016). A su vez, la naturaleza de este conocimiento científico responde a lo que Lemke (1998) denominó "híbridos semióticos" en los cuales las palabras y las imágenes no son uno complemento del otro de modo sumativo o redundante, sino que su significado se ve modificado dando un nuevo resultado de modo multiplicativo, fruto de la interacción de los dos lenguajes.

Por otro lado, se registra que el concepto de gen se presenta de modo difuso en el propio ámbito científico y por lo tanto no es extraño que también presente dificultades en el campo educativo. En particular, los estudiantes suelen considerar a los genes como partículas pasivas que generan rasgos de herencia mendeliana simple y muy pocos logran describirlos en términos genéticos más modernos como la codificación de proteínas o la regulación de mecanismos moleculares (Todd y Kenyon, 2016).

En función de esta complejidad conceptual, algunos investigadores enfatizan la necesidad de abordar su enseñanza a partir de la modelización acompañada de actividades metacognitivas que les permitan a los estudiantes tomar conciencia de cómo están comprendiendo los fenómenos biológicos a partir de la construcción de sus modelos (Verhoeff, Waarlo & Boersma, 2008). Estos modelos científicos escolares refieren a ideas abstractas y permiten comprender cómo funciona el mundo natural. Para su comunicación se generan representaciones concretas con diversos registros semióticos y que pueden crearse bajo varios soportes, como por ejemplo, en el formato de dibujos o maquetas (Bahamonde y Gómez Galindo, 2016). En este sentido, una manera de aproximar a los estudiantes a la modelización de los conceptos biológicos es a través de la construcción de representaciones externas (RE).

Las RE son construcciones semióticas que de modo dialéctico interactúan con las representaciones internas permitiendo su exteriorización, pero a su vez también promueven la adquisición de nuevos conocimientos. De esta manera, no solo se constituyen en vías para la circulación del conocimiento sino que son en sí mismas formas de conocer y aprender (Pérez Echeverría y Scheuer, 2009). El conocimiento científico se construye a través de estas RE y su construcción responde a diversas relaciones entre los signos de la representación y su referente conceptual. La relación entre signo y referente puede ser de correspondencia directa o puede responder a reglas arbitrarias que se establecen para lograr la representación. Así, la RE es el resultado de un conjunto de reglas de composición que permiten la transformación y representación de los conceptos. Luego, a partir de un

proceso de transposición las RE pasan a conformar aquellas clásicas figuras que acompañan los libros texto y los materiales de estudio a los que acceden tanto estudiantes como docentes. Por último, en las prácticas educativas las RE pueden actuar como mediadores semióticos al intermediar entre los significados de los procesos científicos que se representan y aquellos que se busca que el lector construya.

La elaboración de una RE promueve procesos pragmáticos y epistémicos. Si pensamos en un gradiente de operaciones cognitivas, en un extremo podemos colocar a la construcción de RE para ampliar o extender la memoria, es decir solo como almacén cultural. Tanto desde el punto de vista cultural como psicológico, esta función deviene en otras, ya que para su registro o representación se requiere que la información sea organizada, transformada o procesada en nuevos códigos, es decir recodificada mediante ciertas reglas propias de la sintaxis de un sistema representacional específico, con lo cual se vuelven a su vez en instrumentos o funciones cognitivas que permiten nuevas operaciones. Es en este sentido que los sistemas de representación generan nuevas funciones epistémicas, nuevas formas de conocer y operar sobre mundos simbólicos, permitiendo re-presentar no sólo objetos reales, sino sobre todo mundos posibles. Desde esta perspectiva, comprender un concepto es traducirlo a otro sistema y por lo tanto hacer un uso epistémico de un sistema representacional también significa ser capaz de traducirlo a otros sistemas, ya que en la resolución de la actividad se hace necesario explicitar el objeto, la actitud y la agencia del sistema representacional (Pérez-Echeverría, Martí, y Pozo, 2010).

Por último, si la construcción de una RE se plantea para un proceso de modelización, a través de su construcción es posible visualizar el modelo teórico de sustento e intervenir en su formulación negociando y regulando significados. Así, se puede considerar que la RE que logran crear los estudiantes constituyen una expresión de sus modelos escolares de arribo (Bahamonde y Gómez Galindo, 2016). Siguiendo una perspectiva sociocultural de los procesos educativos, la estrategia de colocar a los estudiantes como modeladores de RE se presenta como un dispositivo que potencialmente puede constituirse en un mediador de los saberes.

Metodología

Se realizó un estudio interpretativo de una situación áulica natural. La primera autora de este trabajo participó como observadora y llevó adelante el registro de la información, mientras que la segunda fue la profesora que desarrolló la experiencia didáctica con sus estudiantes y, ambas llevaron adelante los procesos de análisis e interpretación de la información. Se trabajó en un curso de 4º año en la asignatura de Biología de una escuela secundaria de gestión pública con orientación en Ciencias Naturales conformado por 19 estudiantes. La asignatura cuenta con 4 horas cátedras distribuidas en dos días de la semana y la experiencia se desarrolló en las últimas semanas de clase del año lectivo 2017.

La profesora desarrolló los contenidos vinculados a ADN y síntesis de proteína a través de exposiciones dialogadas que fueron complementadas con una guía de estudio que el grupo de alumnos debía completar utilizando libros de texto u otras fuentes

de información. Como estrategia de síntesis y evaluación la docente les propuso a los estudiantes que de modo grupal construyeran una RE a modo de maqueta que representara los procesos de replicación del ADN y de síntesis de proteínas, las cuales finalmente debían explicarse de modo oral. La elaboración de las maquetas se realizó durante 2 semanas y la instancia de exposición oral se llevó adelante en 1 semana. Durante todo el proceso se grabaron los diálogos que mantuvieron los estudiantes en los grupos de trabajo y durante sus exposiciones orales, se tomaron registros fotográficos y se tomaron notas de campo. Por último, una vez que cada grupo finalizaba su exposición los integrantes completaban un cuestionario que tenía por objetivo reconocer sus aprendizajes en relación a la temática a través de preguntas abiertas con situaciones problemáticas a resolver y su percepción acerca de la experiencia. Para el análisis de los datos se procedió a su triangulación e interpretación conjunta entre la observadora y la docente.

Resultados

A partir de la triangulación de los diferentes registros, se observa que durante la construcción de las maquetas el desafío de representar un sistema dinámico generó oportunidades para repensar los conceptos y las sustancias involucradas. La docente en su rol de guía y facilitadora del proceso de aprendizaje al acercarse a los grupos les preguntaba acerca de cuáles eran los significados que le atribuían a los elementos que estaban incluyendo en su maqueta, lo cual permitía diferentes interacciones dialógicas entre docente y estudiantes. A su vez, si la docente percibía que la actividad se centraba en su belleza visual desatendiendo lo conceptual, indagaba a sus estudiantes con respecto a los conceptos implicados y en caso de ser necesario volvía a explicar la consigan o el proceso biológico en sí mismo. De modo que la propia actividad de construir esta representación constituyó una oportunidad para dialogar acerca del proceso biológico en cuestión.

Mientras realizaban su representación, los grupos de estudiantes continuamente buscaban una imagen que les sirviera de referente, la mayoría acudían a imágenes desde sus teléfonos celulares, mientras que otros trabajan con los libros de texto y los apuntes (Figura 1).



Figura 1: Fotografías de las imágenes utilizadas por los estudiantes para la construcción de sus representaciones.

Estas imágenes les servían como molde a reproducir, por lo que en términos de la construcción de la RE (Pérez-Echeverría, Martí, y Pozo, 2010), observamos que la relación que establecían entre el objeto a construir y su referente se expresaba como de

correspondencia directa, es decir sin mediar un proceso de transformación y recodificación de la información biológica implicada.

Las discusiones de los estudiantes se centraron en la división de tareas y la organización del grupo y la gestión de los materiales necesarios. Si bien no predominaron interacciones dialógicas vinculadas al proceso biológico en cuestión, se pudo identificar que en diversas ocasiones la tarea de representación colocó a los estudiantes en un lugar de reflexión, indagación y construcción de conocimiento.

En relación a los RE externas construidas por los estudiantes se encontró una diversidad en las producciones desde diseños planos que reproducían con relieve las fotografías o dibujos presentes en los libros de texto hasta objetos tridimensionales con alguna posibilidad de movimiento. Sin embargo, en general los diseños no se centraron en la representación dinámica del proceso (Figura 2).



Figura 2: Fotografías de las representaciones realizadas por los estudiantes.

En cuanto a las respuestas que los y las estudiantes brindaron en el cuestionario final, al solicitarles que explicaran qué entendían que significaba un gen, tal como se sintetiza en la Figura 3, se destaca que la mayoría aportó respuestas inespecíficas, ya que la respuesta más frecuente fue la expresión general de "unidad de información" (47%) y en segundo lugar indican su localización en los cromosomas sin explicar su significado. A su vez, se observa que al igual que lo registrado por Todd y Kenyon (2016) el concepto más moderno que vincula al gen con la codificación de proteínas o la regulación de mecanismos moleculares fue la respuesta menos frecuente del grupo de estudiantes (13%).

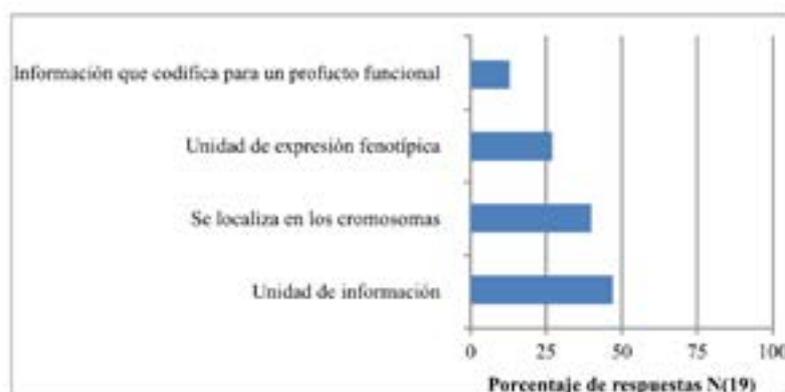


Figura 3: Porcentaje de respuestas brindadas por el grupo de estudiantes con respecto al concepto de gen.

A su vez, cuando se les preguntó específicamente acerca del significado que le atribuían a la expresión "información genética" encontramos que lo asocian en su mayoría

a las características de los organismos (40%) y algunos incorporan también la fisiología (20%), es decir que principalmente evidencia una concepción que se podría vincular a los procesos de herencia mendeliana simple en desmedro de la visión moderna (Todd y Kenyon, 2016).



Figura 4: Porcentaje de respuestas brindadas por los estudiantes con respecto al concepto de información genética.

La relación que el grupo de estudiantes identifica entre "fenotipo", "genotipo" y "síntesis de proteínas" fue indagada también en el cuestionario. Sin embargo el 80% de los estudiantes no respondieron a esta pregunta y aquellos que sí lo hicieron solo indicaron que lo que estaba en juego era la "información genética" sin dar más detalles de cómo establecían esta relación conceptual.

Otro aspecto que se le solicitó al grupo de estudiantes fue que aplicaran los conceptos de síntesis de ADN y proteínas en la resolución de la siguiente situación problemática:

La Ofloxacin son unas gotas oftalmológicas que se recetan para tratar conjuntivitis por infección bacteriana. La ofloxacin actúa inhibiendo una enzima esencial para la duplicación, transcripción y reparación del ADN bacteriano. Explica en breves palabras por qué se utiliza esta droga para tratar la conjuntivitis y cómo sería el proceso que ocurre en la eliminación de la infección.

El 50% del grupo de estudiantes no respondió a esta consigna, un 30% brindó respuestas inespecíficas como por ejemplo "para evitar que la enfermedad avance" y solo un 20% logró relacionar al antibiótico con la reproducción del ADN y la infección bacteriana. Por lo tanto, se advierte que la mayoría no logró construir una visión funcional del proceso biológico de síntesis de ADN y proteínas. Estos resultados al igual que los registrados por Bahamonde y Gómez Galindo (2016) muestran que la utilización de un soporte semiótico de maqueta para representar un modelo escolar de arriba, parece propiciar la identificación de los componentes y sustancias involucradas, pero no la construcción conceptual del fenómeno como un proceso, ni su integración como parte del funcionamiento de un sistema.

Por último, indagamos la opinión del grupo de estudiantes acerca de la propuesta, los aspectos que mejorarían y los aprendizajes que creían que les había permitido la experiencia didáctica. Al respecto de los aprendizajes identificados por los estudiantes, un 32% no respondió, un 7% indicó no haber entendido y un 20% expresó que había

aprendido a “hacer manualidades”, mientras que el resto aportó diversos aprendizajes pero en muy bajas proporciones (7% cada respuesta): indicaron haber aprendido el proceso de la replicación del ADN y síntesis de proteína, relacionar la explicación con la maqueta realizada, buscar información y explicarla, y mirar a los cromosomas de otra manera. Por último, los aportes del grupo de estudiantes en relación a la propuesta se centraron en ampliar los tiempos asignados a la actividad, la explicación y la exposición oral, como así también en incorporar herramientas tecnológicas para la construcción de las representaciones.

Conclusiones

En este trabajo a partir del análisis de una experiencia didáctica que propuso a los estudiantes la creación de maquetas para sintetizar los conceptos de síntesis de proteínas, buscamos caracterizar la dinámica áulica que se genera, los aprendizajes que esta estrategia fomenta y la opinión de los estudiantes respecto de crear RE.

En relación a la dinámica áulica encontramos que el desafío de representar la síntesis de proteínas generó oportunidades para repensar los conceptos y las sustancias involucradas durante la construcción de las maquetas. La docente tomó un rol de guía y facilitadora del proceso de aprendizaje ya que la propia actividad se constituyó en una oportunidad para dialogar acerca del proceso biológico en cuestión negociando y regulando significados. Sin embargo, las discusiones que mantuvieron los grupos de estudiantes durante el proceso de elaboración de sus RE se centraron principalmente en la gestión de la tarea y de modo subsidiario en la reflexión, indagación o construcción de conocimiento.

En relación a los aprendizajes de los estudiantes, identificamos que en la construcción de la RE la relación que se establece entre el objeto a construir y su referente es de correspondencia directa, con lo cual la información biológica implicada no se transforma ni se recodifica.

Específicamente en relación al concepto de gen e información genética, la visión más moderna que vincula al gen con la codificación de proteínas o la regulación de mecanismos moleculares fue la expresión menos frecuente del grupo de estudiantes. A su vez, el hecho de que, en general, no pudieran resolver la situación problemática que requería la aplicación de los conceptos de síntesis de ADN y proteínas, muestra que al igual que lo registrado por otros autores, la utilización de un soporte semiótico de maqueta para representar un modelo escolar de arriba, parece propiciar la identificación de los componentes y sustancias involucradas, pero no la construcción conceptual del fenómeno como un proceso, ni su integración como parte del funcionamiento de un sistema.

Por último, estos resultados junto con los aportes brindados por el grupo de estudiantes al esgrimir su opinión acerca de la propuesta, nos permiten identificar aspectos didácticos que podrían modificarse a fin de favorecer los procesos de aprendizaje buscados. En particular, consideramos que un elemento a incorporar son recursos tecnológicos para la construcción de las RE. Si bien las y los estudiantes utilizaron sus teléfonos celulares, solo lo hicieron para la búsqueda de información o para la visualización de otras RE

que les sirvieran de "molde". De este modo, no se aprovecharon las potencialidades de estos recursos para presentar y representar de modo dinámico los procesos biológicos y consideramos que se podrían utilizar los teléfonos celulares para la construcción de RE dinámicas de la síntesis de proteínas.

Referencias Bibliográficas

- Bahamonde, N. y Gómez Galindo, A.A. (2016). Caracterización de modelos de digestión humana a partir de sus representaciones y análisis de su evolución en un grupo de docentes y auxiliares académicos. *Enseñanza de las Ciencias*, 34 (1), 129-147
- Lemke, J.L. (1998). Metamedia literacy: Transforming meanings and media. En D. Reinking, M. McKenna, L. D. Labbo, & R. Kieffer (Eds.). *Handbook of literacy and technology: Transformations in a posttypographic world* (pp. 283-302). Mahwah, NJ: Erlbaum. En línea: <<http://academic.brooklyn.cuny.edu/education/jlemke/reinking.htm>> (3/4/16).
- Pérez-Echeverría, M.P.; Martí, E. y Pozo, J.I. (2010). Los sistemas externos de representación como herramientas de la mente. *Cultura y Educación*, 22 (2), 133-147.
- Pérez Echeverría, M.P. y Scheuer, N. (2009). External representations as learning tools. En Andersen, C.; Scheuer, N.; Pérez Echeverría, M.P. y Teubal, E. (Eds.), *Representational systems and practices as learning tools in different fields of knowledge* (pp.1-18). Rotterdam: Sense.
- Todd, A. y Kenyon, L. (2016). Empirical Refinements of a Molecular Genetics Learning Progression: The Molecular Constructs. *Journal of Research in Science Teaching*, 53 (9), 1385-1418
- Verhoeff, R. P.; Waarlo, A. J. y Boersma, K. T. (2008). Systems modelling and the development of coherent understanding of cell biology. *International Journal of Science Education*, 30(4), 543-568.