

## **Modelizando síntesis de proteínas en la escuela secundaria con las TIC: una propuesta a partir de “la resistencia al VIH”**

**Maricel Occelli<sup>1</sup> y Susana Pomar<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Departamento de Enseñanza de la Ciencia y la Tecnología. Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. UNC. CONICET. <sup>2</sup> IPEM 38 “Francisco Pablo De Mauro”. <sup>1,2</sup> Grupo de Investigación EDUCEVA-CienciaTIC  
<sup>1</sup>maricel.occelli@unc.edu.ar ; <sup>2</sup>profesupomar@gmail.com

### **Resumen**

Diversas investigaciones han puesto de manifiesto las dificultades que presenta el estudiantado para las temáticas de genética, y en especial en relación al concepto de gen, el cual suelen concebir de modo simplista y sin conectarlo con las proteínas. A partir de ello, la enseñanza basada en modelos surge como una alternativa didáctica potente para abordar la síntesis de proteínas en la escuela secundaria. Este trabajo expone una investigación didáctica centrada en un estudio de diseño. Por lo tanto se presenta el diseño de una secuencia didáctica para la temática de síntesis de proteínas situada desde la salud humana específicamente en relación a la mutación de una proteína de membrana que puede generar resistencia a la infección por VIH, y se identifica el conocimiento construido por los estudiantes en este escenario de aprendizaje. El enfoque propuesto se orienta desde la modelización e integra las Tecnologías de la Información y la Comunicación como herramientas mediadoras de los procesos educativos. A partir de los resultados obtenidos encontramos que la creación de representaciones dinámicas fomenta el razonamiento basado en modelos y permite una construcción del concepto de gen de modo integral.

**Palabras clave:** modelos; síntesis de proteínas; simulaciones; genética

## **Introducción**

En el campo de la didáctica de las ciencias diversas investigaciones han puesto de manifiesto las dificultades que en general los y las estudiantes presentan para las temáticas de genética. Específicamente en relación al concepto de gen, diferentes estudios han enfatizado que el estudiantado suele emitir explicaciones lineales entre genotipo y fenotipo en las cuales se pasa por alto el rol de las proteínas (Duncan y Reiser, 2007; Lewis y Kattmann, 2004; Ocelli y Pomar, 2018). En función de ello se han propuesto enfoques y estrategias de enseñanza específicas, entre los cuales toman especial relevancia dos cuestiones, la enseñanza basada en modelos y el usual interés que presenta el estudiantado por la genética humana (Venville et al., 2005). En este trabajo se expone el diseño de una secuencia didáctica para la temática de síntesis de proteínas situada desde la salud humana y se identifica el conocimiento construido por estudiantes que participaron de este escenario de aprendizaje. El enfoque que propusimos se orientó desde el razonamiento basado en modelos e integró Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) como herramientas mediadoras de los procesos educativos (Ocelli et al., 2018). A continuación presentamos los referentes teóricos que sostienen la propuesta didáctica.

## **Referentes teóricos**

Los conceptos de genética resultan esenciales para la comprensión de la Biología ya que se encuentran implicados y han modificado el conocimiento de cada uno de sus campos de estudio. Desde la clasificación de las especies hasta los procesos evolutivos han tomado nuevos significados a la luz de la genética (Mayr, 2006). Sin embargo, su abordaje en la escuela secundaria es de alta complejidad y es por ello que diferentes estudios han registrado problemáticas vinculadas a su enseñanza y aprendizaje (Todd y Kenyon, 2016). Se destacan como posibles cuestiones vinculadas a estas dificultades, el uso de terminología específica, la inclusión de conceptos matemáticos y estadísticos, la complejidad de los cromosomas y el concepto de gen. En particular, nos interesa resaltar que con frecuencia el estudiantado explica que los genotipos "dan" fenotipos, pasando por alto los roles de las proteínas (Duncan y Reiser, 2007; Lewis y Kattmann, 2004). Por lo tanto, consideramos necesario enfatizar en el abordaje del modelo teórico

de la síntesis de proteínas en la escuela secundaria ya que su comprensión se constituye en una base conceptual para los contenidos de genética.

Si bien los modelos teóricos pueden desarrollarse desde diferentes metodologías, abordarlos desde la modelización puede ser una manera de aproximarse al razonamiento científico (Adúriz-Bravo e Izquierdo-Aymerich, 2009). En particular, nuestra mirada didáctica referida a la modelización implica reconocerla como una práctica científica que fomenta el pensamiento “basado en modelos” desde una perspectiva modeloteórica en la cual se vinculan datos empíricos con conceptos teóricos (Adúriz-Bravo, 2015). En este contexto, una manera de trabajar la modelización en las aulas puede llevarse adelante a través del enfoque que Gilbert (2004) denomina como *aprender a construir un modelo de “novo”*, desde el cual se plantea una situación en la que el estudiantado trabaja sin conocer de antemano el modelo resultante. A su vez, dichos modelos pueden ser representados a partir de diversos registros semióticos y utilizando múltiples soportes (Evagorou et al., 2015) y en este caso se puede hablar de representaciones externas. Estas representaciones generan oportunidades epistémicas, nuevas formas de conocer y operar sobre cuestiones simbólicas (Pérez-Echeverría et al., 2010). Las representaciones a construir pueden ser materiales en forma de maquetas; representaciones visuales como imágenes, dibujos y diagramas; representaciones simbólicas/abstractas (también llamadas “modelos conceptuales”) o representaciones en simulaciones computacionales.

En un estudio previo analizamos la construcción de conocimiento acerca de la síntesis de proteínas por parte de los estudiantes a partir de la elaboración de maquetas como forma de representación (Ocelli y Pomar, 2018). Los resultados indicaron que la propuesta generó oportunidades para repensar los conceptos y las sustancias involucradas durante la construcción de las maquetas. Sin embargo, encontramos que la utilización de un soporte semiótico de maqueta propició 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. A su vez, durante la construcción de las maquetas las y los estudiantes utilizaron sus teléfonos celulares, pero solo con la finalidad de buscar información o visualizar otras representaciones que les sirvieran de “molde”. De modo que no aprovecharon las potencialidades de estos recursos para presentar y representar de modo dinámico los procesos biológicos. Es por ello que en este trabajo nos propusimos

estudiar una secuencia didáctica centrada en la construcción de videos utilizando las TIC para representar el modelo conceptual de la síntesis de proteínas a partir de un caso problemático.

Por último, nuestra posición ante la integración de las TIC en las prácticas educativas deviene de una perspectiva que entiende al aprendizaje como un proceso social en el cual se ponen en juego diferentes “medios”, es decir, herramientas, instrumentos, dispositivos, artefactos u objetos tecnológicos materiales o simbólicos (Ocelli et al., 2018). Entonces las TIC pueden actuar como herramientas mediadoras de aprendizajes en este colectivo de “seres-humanos-con-medios” (Villarreal y Borba, 2010). Por lo tanto, para este caso en particular entendemos a las TIC como herramientas que podrían mediar la construcción de representaciones dinámicas del modelo teórico que explica el proceso de síntesis de proteínas.

### **Metodología**

Se realizó una investigación didáctica basada en un estudio de diseño (Confrey, 2006). En la fase de diseño, las autoras de este trabajo participaron de modo colaborativo en la construcción de la secuencia de actividades. 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. Ambas llevaron adelante los procesos de análisis e interpretación de la información. La propuesta se desarrolló para la asignatura de Biología de un 5º año de una escuela secundaria con Orientación en Ciencias Naturales compuesta por 28 estudiantes cuyas edades fueron 16 o 17 años. La carga horaria de la asignatura fue de 3 horas cátedras distribuidas en dos días a la semana. La experiencia se desarrolló para la última unidad temática del programa y tuvo lugar durante las últimas 5 semanas de clase del año lectivo 2018.

Durante todo el proceso se grabaron los diálogos que mantuvieron las y los estudiantes en los grupos de trabajo y durante sus exposiciones orales, se tomaron registros fotográficos y notas de campo. Por último, de los 28 estudiantes, 17 se encontraban presentes el último día para completar un cuestionario final. Este instrumento buscó recolectar información acerca de 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.

### **La secuencia desarrollada**

La temática se inició presentando a los estudiantes una situación basada en el caso de Stephen Crohn quien fue conocido por presentar una mutación para una proteína de la membrana celular de los linfocitos (mutación por delección de 32 pares de bases - CCR5 delta 32) que le confirió “resistencia” al virus del VIH y que fue estudiada cuando la enfermedad del SIDA comenzaba a tornarse una problemática mundial. En función de estos estudios fue posible esclarecer gran parte del mecanismo de infección que utiliza el virus para ingresar a las células (Samson et al., 1996).

A partir del caso se solicitó a los estudiantes que emitieran una explicación para la situación ante la cual se encontró Stephen Crohn quien a pesar de no haber tomado precauciones y haber tenido contacto sexual con personas con el virus del VIH no desarrolló nunca la enfermedad del SIDA. Stephen Crohn se presentó ante un grupo de médicos y científicos para que pudieran estudiar qué estructura o mecanismo lo convertía a él como “resistente” o “inmune” al virus del VIH. A partir de este caso problemático que orientó el desarrollo de toda la secuencia, se planteó como actividad de síntesis e integración la creación de una representación dinámica de una simplificación del modelo teórico que permite explicar la resistencia al VIH basada en una modificación de la propuesta de Rinehart et al. (2016).

La docente desarrolló clases con diferentes metodologías e incorporó numerosos recursos tecnológicos. Trabajó con guías de preguntas que orientaron la búsqueda de información por parte de las y los estudiantes, desarrolló exposiciones dialógicas enriquecidas con imágenes, gráficos y sitios Web a partir de la distribución de códigos QR; construyeron una molécula de ADN con la técnica de origami<sup>1</sup>; proyectó videos explicativos referidos a los procesos de transcripción y traducción del ADN, y al mecanismo de infección del virus del VIH; les propuso resolver situaciones problemáticas de lápiz y papel referidas a la síntesis de proteínas utilizando el código genético (en formato clásico y en círculo) y trabajar con una aplicación móvil “Nucleic Acid Converter”; escuchar “música de ADN”; analizar textos argumentativos que

---

<sup>1</sup> <https://www.youtube.com/watch?v=0jOapfqVZlo>

exponían evidencias; trabajar con notebooks y netbooks para la construcción de una presentación dinámica y exponerlas oralmente a todo el grupo clase (Figura 1).

Para la construcción de la representación se puso a disposición del grupo de estudiantes una traducción de la presentación en Power Point de “PRACCIS” (Promoting Reasoning and Conceptual Change in Science)<sup>2</sup> referida a la temática.



Figura 1: a) Resolución de situaciones de problemáticas de lápiz y papel; b) construcción de una molécula de ADN con la técnica de origami; c) construcción de una presentación dinámica; d) exposición oral a todo el grupo clase.

## Resultados

Durante el desarrollo de la secuencia las y los estudiantes participaron activamente de todas las actividades propuestas. Ante diferentes dudas recurrían a la docente quien retomaba sus explicaciones para orientar a sus estudiantes. A su vez, en numerosas ocasiones se registró la explicación entre pares, tanto entre integrantes del mismo grupo

---

<sup>2</sup> <http://www.praccis.org/>



de trabajo como entre integrantes de otros grupos. Por último, en relación al trabajo desarrollado por los grupos durante la construcción de los videos, se observó que los grupos se comprometieron con la tarea trayendo en ocasiones sus netobooks o notebooks personales para trabajar. De los siete grupos formados todos lograron su representación, la compartieron con sus compañeros y compañeras de modo oral respondiendo a preguntas y comentarios.

Solo en el video de un grupo se observaron errores conceptuales, pero en función del diálogo reflexivo establecido por la docente mientras exponían, el grupo de estudiantes logró advertir cuál era la dificultad conceptual y proyectar oralmente caminos de resolución posible para adecuar su producción al modelo teórico que debían explicar.

En el cuestionario final todo el grupo de estudiantes fue capaz de representar la acción del virus para ingresar a las células y explicarlo. Incluso la mitad de los estudiantes expresaron con detalle los nombres de las enzimas y los procesos involucrados, tal como puede observarse en la Figura 2.

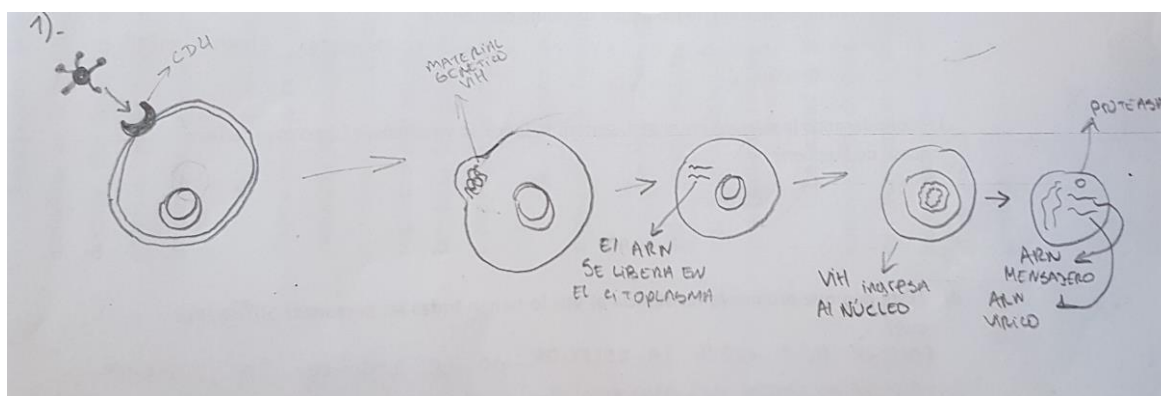


Figura 2: Detalle de la representación del mecanismo de infección del Virus del HIV realizado por un estudiante en el cuestionario final.

A su vez, casi todo el grupo de estudiantes también logró construir esquemas y explicaciones referidas al mecanismo de acción que se expresa como “resistencia al VIH” en las personas que presentan una mutación para el co receptor CCR5 tal como se ejemplifica en la Figura 3 (solo 1 estudiante no respondió esta pregunta).

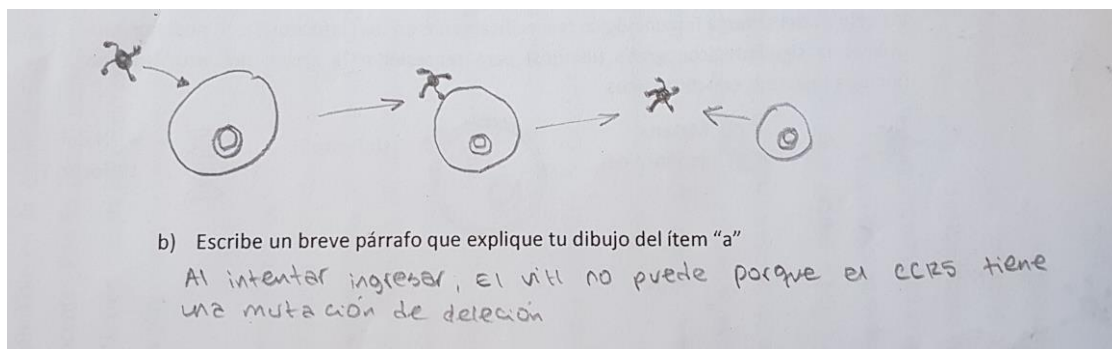


Figura 3: Detalle de la representación y explicación del mecanismo de resistencia a la infección del Virus del HIV realizado por un estudiante en el cuestionario final.

Estas respuestas ilustran que la actividad implicó poner en juego un razonamiento “basado en modelo” en el cual los datos o la evidencia que se fue recolectando durante todo la secuencia didáctica permitió construir un modelo teórico explicativo. Este modelo coloca en interacción el “genotipo” que en este caso específico hacía referencia a la información genética (gen para la proteína CCR5) con la “síntesis de las proteínas” de las membranas celulares de los linfocitos y en función de la respuesta ante el ingreso del VIH se estableció la conexión con el “fenotipo”. Así, el modelo teórico reconstruido por el estudiantado se acercó a una visión moderna de la concepción de gen.

## Conclusiones

En este trabajo compartimos el diseño de una secuencia didáctica para la temática de síntesis de proteínas situada desde la salud humana específicamente para la explicación de la resistencia al VIH en casos de personas que presentan mutaciones en la proteína CCR5. En función de ello se desarrolló una propuesta didáctica con una gran variedad de estrategias de enseñanza que integraron diferentes recursos tecnológicos colocando a los estudiantes en un rol protagónico y activo.

A partir del análisis de las producciones de los grupos de estudiantes y de la información recolectada a través de los cuestionarios se pudo identificar la construcción de un concepto de síntesis de proteína desde una perspectiva más moderna conectando al gen con la codificación de proteínas o la regulación de mecanismos moleculares, superando las nociones superficiales o simplistas que con frecuencia expresa el estudiantado (Todd y Kenyon, 2016). A su vez, al solicitar la construcción de representaciones dinámicas se fomentó una concepción de la síntesis de proteínas como un proceso integrado a un sistema complejo.



Por otra parte, observamos que las TIC fueron utilizadas por los estudiantes como herramientas que les facilitaban la representación de los procesos de modo dinámico, por lo que su inclusión no fue simplemente un cambio de recurso para reproducir prácticas anteriores sino que generaron una transformación de dichas prácticas. Así las TIC se constituyeron en herramientas de apoyo epistémico.

Por lo tanto, consideramos que la actividad de crear representaciones dinámicas fomentó el razonamiento basado en modelos y aprovechó las potencialidades de las TIC en tanto se utilizaron como mediadoras de una construcción conceptual.

### **Referencias bibliográficas**

- Adúriz-Bravo, A. (2015). Pensamiento “basado en modelos” en la enseñanza de las ciencias naturales. *Revista del Instituto de Investigaciones en Educación. Facultad de Humanidades – UNNE*, 6 (6), 20-31.
- Adúriz-Bravo, A. e Izquierdo-Aymerich, M. (2009). Un modelo de modelo científico para la enseñanza de las ciencias naturales. *Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciencias* 4 (Número Especial 1), 40-49.
- Confrey, J. (2006). Chapter 9: The Evolution of Design Studies as Methodology. En: Sawyer, R.K. (Ed.). *The Cambridge Handbook of the Learning Science*. Nueva York: Cambridge University Press.
- Duncan, R.G. y Reiser, B.J. (2007). Reasoning across ontologically distinct levels: students’ understandings of molecular genetics. *Journal of Research in Science Teaching*, 44(7), 938-959.
- Evagorou, M.; Erduran, S. y Mäntylä, T. (2015). The role of visual representations in scientific practices: from conceptual understanding and knowledge generation to ‘seeing’ how science works. *International Journal of STEM Education*, 2 (11).
- Gilbert, J.K. (2004). Models and modelling: Routes to a more authentic science education. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 2, 115–130.
- Lewis, J. y Kattmann, U. (2004). Traits, genes, particles and information: re-visiting students' understandings of genetics *International Journal of Science Education* 26 (2), pp: 195-206.

- Mayr, E. (2006). *Por qué es única la biología. Consideraciones sobre la autonomía de una disciplina científica*. Buenos Aires: Katz.
- Occelli, M.; García Romano, L.; Valeiras, N. y Quintanilla, M. (Comp.). (2018). *Las tecnologías de la información y la comunicación como herramientas mediadoras de los procesos educativos*. Volumen I: Fundamentos y Reflexiones. Volumen II: Recursos y Experiencias. Santiago de Chile: Editorial Bellaterra Ltda.
- Occelli, M. y Pomar, S. (2018). Construcción de representaciones externas para comprender genética molecular en la escuela secundaria. *XIII Jornadas Nacionales – VIII Congreso Internacional de Enseñanza de la Biología y VI Seminario Iberoamericano CTS y X Seminario CTS*. Bernal, Buenos Aires. Argentina. 1 al 3 de Agosto. En prensa.
- 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.
- Rinehart, R. W., Duncan, R. G., Chinn, C. A., Atkins, T. A., & Di Benedetti, J. (2016). Critical design decisions for successful model-based inquiry in science classrooms. *International Journal of Designs for Learning*, 7(2), 17–40.
- Samson, M.; Libert, F.; Doranz, B.J.; Rucker, J.; Liesnard, C.; Farber, C.M.; Saragosti, S.; Lapumérroulie, C.; Cognaux, J.; Forceille, C.; Muyltermans, G.; Verhoshstede, C.; Burtonboy, G.; Georges, M.; Imai, T.; Rana, S.; Yi, Y.; Smyth, R.J.; Collman, R.G.; Domst, R.; Vassart, G. y Parmentier, M. (1996). Resistance to HIV-1 infection in Caucasian individuals bearing mutant alleles of the CCR-5 chemokine receptor gene. *Nature* 382, 722-725.
- 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), pp: 1385-1418.
- Venville, G.; Gribble, S.J. y Donovan, J. (2005). An exploration of young children's understandings of genetics concepts from ontological and epistemological perspectives. *Science Education*, 89(4), 614-633.
- Villarreal, M. y Borba, M. (2010). Collectives of humans-with-media in mathematics education: notebooks, blackboards, calculators, computers and ... notebooks

throughout 100 years of ICMI. ZDM. *The International Journal on Mathematics Education*, 42(1-2), 49-62.