

## APORTE DEL MODELADO MOLECULAR PARA LA ENSEÑANZA DE LA ESTEREOQUÍMICA: UNA SECUENCIA DIDÁCTICA SOBRE TEMAS BIOLÓGICOS

**Manuel Alonso<sup>1</sup>, María Inés Abasolo<sup>2</sup>, Diana Bekerman<sup>3</sup>, Andrea Farré<sup>4</sup>, Sofía Judith Garófalo<sup>1</sup>, María Sol Shmidt<sup>2</sup>.**

<sup>1</sup>Universidad de Buenos Aires, Ciclo Básico Común, Departamento de Ciencias Biológicas; <sup>2</sup>Universidad de Buenos Aires, Facultad de Farmacia y Bioquímica, Departamento de Química Orgánica; <sup>3</sup>Universidad de Buenos Aires, Ciclo Básico Común, Departamento de Ciencias Exactas, Cátedra de Química; <sup>4</sup>Universidad Nacional de Río Negro, Sede Andina.

<sup>3</sup>E-mail: [dianabekerman@gmail.com](mailto:dianabekerman@gmail.com); Ramos Mejía 841, CABA, C1405CAE.

### Introducción

La estereoquímica constituye un importante obstáculo para los estudiantes universitarios novatos, ya que requiere que sean competentes en la lectura de la tridimensionalidad de las fórmulas químicas (visualización). Esta temática, es un contenido no sólo propio de los cursos de química, sino que es requerido para la comprensión de numerosos conceptos biológicos relativos a la bioquímica y a la biología celular y molecular.

En general, para la enseñanza de la estereoquímica se usan modelos moleculares físicos; sin embargo, su utilización resulta dificultosa de llevar a cabo cuando se trata de representar macromoléculas como, por ejemplo, las proteínas. A tal efecto, son útiles los modelos virtuales, de amplia difusión en la investigación científica, los cuales pueden adaptarse para su uso en la enseñanza.

Así, pues, el **objetivo** de este trabajo interdisciplinario consistió en desarrollar diferentes recursos TIC facilitadores del proceso de modelización de una temática clave de la Bioquímica: la complementariedad en el reconocimiento entre distintas biomoléculas. Estos recursos fueron incluidos en una secuencia didáctica que parte de casos biológicos cuya ocurrencia se explica mediante procesos enzimáticos. Los casos se presentan como hechos macroscópicos, y se propone una sucesión de simulaciones y videos de modelos submicroscópicos acompañados de cuestionarios y actividades.

### Antecedentes

El concepto de “quiralidad” es fundamental para comprender la efectividad de ciertos estereoisómeros en los procesos biológicos. Para que un compuesto químico tenga actividad biológica, no sólo es importante considerar la conectividad de los átomos sino también su posición en el espacio. La complementariedad de las estructuras de las biomoléculas (especificidad), y la posibilidad de que establezcan mayor o menor número de enlaces entre sí (afinidad), determinan las características del ajuste cuando interactúan entre ellas. Es así, entonces, que los conceptos de isomería y, particularmente, de estereoquímica resultan fundamentales para comprender la interacción —o falta de ésta— entre moléculas y macromoléculas, y sus consecuencias en el devenir de los procesos bioquímicos. El aprendizaje de estos reconocimientos, demanda un importante nivel de abstracción [1], debido a que aborda el estudio de estructuras tridimensionales con un nivel de representación submicroscópico [2, 3].

## Metodología

Se elaboraron materiales educativos (videos y presentaciones con diapositivas) que se pueden adaptar a las estrategias didácticas y contenidos desarrollados por los docentes. Dadas las intencionalidades didácticas del proyecto, se buscó, en la base de datos de estructuras de macromoléculas biológicas RCSB Protein Data Bank [4], una enzima que cumpliera con dos premisas: 1) que el ligando fuera quiral y, 2) que la proteína no fuera demasiado compleja, es decir, que no tuviera demasiados aminoácidos, ni cofactores; de modo de evitar dificultades en su visualización para los estudiantes novatos. Se eligió, así, la ornitina acetil transferasa del *Mycobacterium tuberculosis* [5a y b].

Para elaborar el material didáctico, se descargó la estructura de la proteína, cristalizada con la *L*-ornitina como ligando. Mediante la utilización alternativa de los softwares *Hyperchem* 8.0 [6] y *Chimera* 1.10.2 [7], se visualizaron las interacciones que se establecen entre enzima y sustrato. El reemplazo de la *L*-ornitina por su enantiómero conduce a un número menor de enlaces de hidrógeno que determinan una interacción no favorable. A partir de la elaboración de estos materiales, se desarrolló una secuencia didáctica [8].

## Resultados y Discusión

En la utilización de un recurso tecnológico para la enseñanza, los contenidos disciplinares deben ser acompañados por actividades [9]. Por consiguiente, una propuesta para la enseñanza con una simulación debe contemplar este requisito, a los que deben sumarse actividades para lograr el apropiado manejo del *software* que, de otra forma, se convertiría en obstaculizador en lugar de facilitador del aprendizaje.

En este trabajo, se construyó una presentación de diapositivas que incluyó capturas de pantalla, y videos incrustados. Con este material se desarrolló una secuencia didáctica en la que se incluyeron enunciados motivadores, cuestionarios, tutoriales y actividades de manera de ir generando conflictos cognitivos que se podrían ir resolviendo paso a paso.

## Conclusiones

Se ha desarrollado una secuencia didáctica que contempla metodologías y programas que se utilizan para la investigación científica, con el fin de lograr un producto educativo acorde los conocimientos científicamente aceptados. La simulación utilizada constituye un modelo analógico [10]; y, por tanto, representa un potente recurso para comprender nociones abstractas a través de otras que son más accesibles [11]. No obstante, se tuvo especial cuidado en efectuar una correlación entre los componentes y acciones clave del programa y de los conceptos y procesos científicos enseñados [8, 12]. De este modo, los estudiantes pueden comparar los significados y sentidos de la información científica con los significados de la información analógica provista por la simulación [13].

## Referencias bibliográficas

- [1] Gabel, D. (1998). "The complexity of chemistry and implications for teaching." In: B. J. Fraser, Tobin, K. G. (eds.), *International Handbook of Science Education*, Part 1. Dordrecht, Netherlands: Kluwer Academic Press, pp. 233-248.
- [2] Gilbert, J., Treagust, D. (2009). "Introduction: Macro, submicro and symbolic representations and relationship between them: key models in chemical education." In: J. Gilbert & D. Treagust (eds.), *Multiple representations in chemical education, models and modeling in science education*. Springer, pp. 1-8.

[3] Ordenes, R., Arellano, M., Jara, R., Merino, C. (2014). Representaciones macroscópicas, submicroscópicas y simbólicas sobre la materia. *Educ. quím.*, 25(1), 46-55. Universidad Nacional Autónoma de México, ISSN 0187-893-X. Publicado en línea el 15 de diciembre de 2013, ISSNE 1870-8404.

<http://www.rcsb.org/pdb/explore/explore.do?structureId=3it6>

[4] RCSB protein data bank. Consultado en <http://www.rcsb.org/pdb/home/home.do>

[5a] Sankaranarayanan R., Cherney M. M., Garen C., Garen G., Niu C., Yuan M., James M.N. (2010). The molecular structure of ornithine acetyltransferase from *Mycobacterium tuberculosis* bound to ornithine, a competitive inhibitor. *J Mol Biol.*, 397(4):979-90. En <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20184895>

[5b] RCSB protein data bank

Consultado en 08/2015 en: <http://www.rcsb.org/pdb/explore.do?structureId=3it6>

DOI: 10.2210/pdb3it6/pdb

[6] Hypercube, Inc., (2008). Hyperchem. En <http://www.hyper.com/>

[7] Pettersen E. F., Goddard T. D., Huang C. C., Couch G. S., Greenblatt D. M., Meng E. C., Ferrin T. E. (2004). UCSF Chimera--a visualization system for exploratory research and analysis. *J Comput Chem.* 25(13):1605-12.

[8] Garófalo, S. J., Chemes, L. B., Alonso, M. (2016). Propuesta didáctica de enseñanza con simulaciones para estudiantes del profesorado en Ciencias Biológicas. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 13 (2), 359-372. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/10498/18293>

[9] Area, M. (2011). Los efectos del modelo 1:1 en el cambio educativo en las escuelas. Evidencias y desafíos para las políticas iberoamericanas. *Revista Iberoamericana de educación*, 56, 49-74.

[10] Galagovsky, L., Adúriz Bravo, A. (2001). Modelos Científicos y Modelos Didácticos en la enseñanza de Ciencias Naturales. El Modelo Didáctico Analógico. *Enseñanza de las Ciencias*, 19 (2), 231-242.

[11] Oliva, J. M. (2003). Rutinas y guiones del profesorado de ciencias ante el uso de analogías como recurso de aula. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 2 (1), 31-44. Recuperado de:

[http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen2/REEC\\_2\\_1\\_2.pdf](http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen2/REEC_2_1_2.pdf)

[12] Galagovsky L. (2004). Del Aprendizaje Significativo al Aprendizaje Sustentable. Parte 1: el modelo teórico. *Enseñanza de las Ciencias*, 22 (2), 230-240.

[13] Garófalo S. J., Galagovsky L. (2005). Modelizar en biología: una aplicación del modelo didáctico analógico. *Enseñanza de las Ciencias*, Número extra, 1-6.