

LAS SIMULACIONES EN LA ENSEÑANZA DE LA BIOLOGÍA

Maricel Occelli

Leticia Garcia Romano

maricelocelli@gmail.com - lgarciaromano@gmail.com

Grupo EDUCEVA-CienciaTIC

Fac. Cs. Ex.Físicas y Naturales - UNC - CONICET.

Resumen

En este artículo presentamos una distinción teórica entre cuatro tipos de simulaciones: simulaciones propiamente dichas, laboratorios virtuales, videojuegos que se basan en principios de simulación y simulaciones creadas por los propios estudiantes. Presentamos para cada tipología referentes teóricos y experiencias didácticas que ejemplifican cómo es posible integrar estos recursos de modo que promuevan pensar la biología.

Palabras clave: simulaciones, educación en biología, enseñanza de las ciencias

Abstract

In this article we present a theoretical distinction between four types of simulations: simulations themselves, virtual laboratories, video games based on simulation principles and simulations created by students. We present for each typology theoretical references and didactic experiences that show how it is possible to integrate these resources to think about biology.

Keywords: Simulations, Biology Education, Science Education

Introducción

A partir de la integración de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) a los procesos educativos, surgen nuevas posibilidades para la producción del conocimiento en colectivos constituidos por humanos-con-medios (Borba & Villarreal, 2005). Esta perspectiva teórica implica asumir que el aprendizaje es un proceso social y que en él se ponen en juego diferentes "medios", es decir, herramientas, instrumentos, dispositivos, artefactos u objetos tecnológicos (materiales o simbólicos) (Wertsch, 1999; Villarreal & Borba, 2010). Un medio o tecnología digital que se ha sido incorporado en los procesos educativos de las ciencias naturales son las simulaciones.

Las simulaciones son programas computacionales que a través de un modelo proporcionan una representación dinámica del funcionamiento de un sistema o proceso determinado (de Jong & Van Joolingen, 1998). Estos programas permiten visualizar el desarrollo de procesos simples o complejos, muestran la evolución de un sistema, la interacción entre los elementos que lo integran o las consecuencias de tales interacciones (Pontes, 2005).

Ahora bien, al intentar encontrar estos recursos en la inmensidad de Internet, se observa que se denomina como "simulación" a recursos que presentan características disímiles entre sí. Es por ello que en este trabajo aportaremos una distinción teórica entre diversos recursos que son incluidos como simulaciones en el ámbito educativo, a saber: las simulaciones propiamente dichas, los laboratorios virtuales, los videojuegos que se basan en principios de simulación y las simulaciones creadas por los propios estudiantes. A su vez, para cada tipo, compartiremos ejemplos didácticos que hemos desarrollado a fin de aportar elementos que permitan aprovechar las potencialidades de estas herramientas como medios para pensar la biología.

Desarrollo

Simulaciones propiamente dichas

Podemos denominar como *simulaciones propiamente dichas* a los desarrollos que representan un fenómeno o proceso natural basado en sus principios científicos. Estas simulaciones permiten a los estudiantes interactuar, realizar aproximaciones o modelar fenómenos mediante objetos dinámicos, imágenes o animaciones, modificar variables, expresar sus puntos de vista, utilizar el tiempo para formular preguntas, predecir, plantear hipótesis, diseñar experiencias, realizar medidas y analizar resultados (Bouciguez y Santos, 2010). En el ámbito de la educación en ciencias muchas investigaciones registran impactos positivos de su utilización para el aprendizaje de conceptos complejos (Mayer, 2003).

Sin embargo, un aspecto interesante a considerar es que si bien la utilización de estas herramientas pueden aproximar a los estudiantes a conceptos abstractos y complejos (Linn, 2002), si solo se observan animaciones se puede inducir a los estudiantes a pensar que lo observado es "literal" y no una representación, ya que para ello es necesario que se comprendan conceptos básicos de modelización. Los modelos en la ciencia permiten producir explicaciones, formularse preguntas, hacer previsiones y obtener informaciones que puedan ayudar a la reformulación del mismo (Justi, 2006). Las simulaciones son tipos particulares de modelos que representan un evento o un proceso, que de alguna manera el usuario puede manipular. En general, en el área de la enseñanza de las ciencias, se registran numerosas experiencias que integran simulaciones para conceptos físicos o químicos y en menor medida para temáticas de biología (Smetana y Bell, 2012; López, Arias, Jiménez y Estrada, 2015).

En particular, para temáticas de biología se han desarrollado diversos programas de simulación, por ejemplo, la simulación de cruzamientos ficticios

de dragones para trabajar las nociones de herencia mendeliana (Tsui y Treagust, 2003), una adaptación de BLAST para analizar secuencias e identificar mutaciones (Gelbart y Yarden, 2006) y el programa EVOLVE que permite el análisis de genética poblacional y evolución (Soderberg y Price, 2003).

Compartimos aquí una experiencia que llevamos a cabo a través de uno de los proyectos del entorno WISE (Web-based Inquiry Science Environment), el cual incluía, entre otras cuestiones, simulaciones de carreras de tiburones en dos estanques (Mermoud, Ordoñez y Garcia Romano, 2017). En este marco, los estudiantes experimentaron, tomaron notas y calcularon valores promedio de velocidad y tiempo para ambos estanques y observaron la variabilidad entre los datos antes y después de alimentar diferencialmente a los tiburones con peces rápidos en un estanque y lentos en el otro. Luego simularon carreras con los hijos de los tiburones alimentados diferencialmente (Figura 1). Esta simulación permitió debatir respecto del valor de las teorías de Lamarck y Darwin para explicar los datos obtenidos.

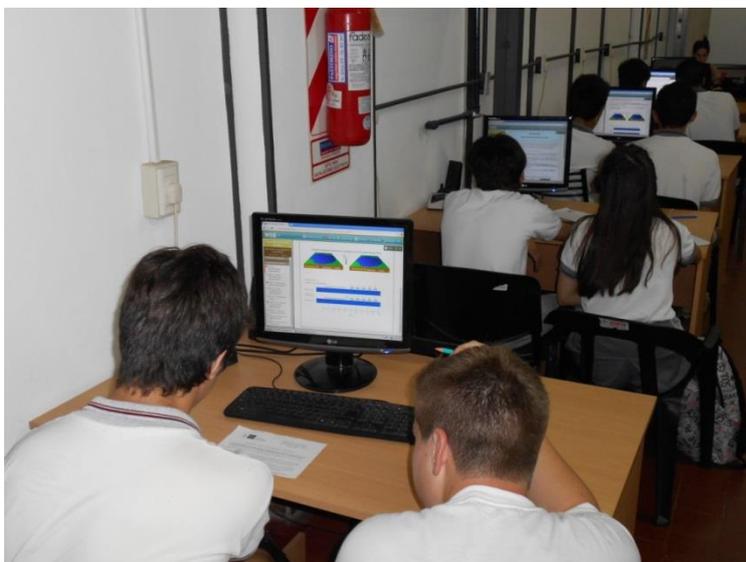


Figura 1: Resolución de las actividades en la plataforma WISE.

Laboratorios virtuales

Los *laboratorios virtuales* son simulaciones que muestran una representación del contexto de un laboratorio y permiten -en función de su grado de interactividad- el desarrollo de un “experimento” (Sanz Pardo & Martínez Vázquez, 2005). Para el desarrollo de experiencias que requieren de un equipamiento muy costoso, estos simuladores se constituyen en una gran oportunidad para las instituciones educativas. Aquí el estudiante puede preguntarse, experimentar, manipular variables de una situación predeterminada por el programa, contrastar resultados y volver a preguntarse. A su vez, diversos estudios señalan que los laboratorios virtuales promueven la motivación, participación y compromiso de los estudiantes impactando de manera positiva en su aprendizaje (Martinho & Pombo, 2009).

Dentro de este grupo de simulaciones se registran experiencias para facilitar la visualización de conceptos y procesos a nivel microscópico en el campo de la genética (Marbach-Ad, Rotbain & Stavy, 2008) y para procesos moleculares y conceptos abstractos como PCR, electroforesis en gel, etc. (White, Bolker, Koolar, Ma, Maw & Yu, 2007; Piassentini & Occelli, 2012).

Como aporte didáctico compartimos aquí una experiencia que desarrollamos con estudiantes de secundaria y en instancias de formación docente inicial y continua para trabajar Ingeniería Genética (Marchesini, Piassentini & Occelli, 2012). Se propuso una situación problemática planteada por un laboratorio virtual¹ en la cual se debe identificar al autor del robo de una bicicleta entre diferentes muestras de ADN. A partir de ello, desarrollamos en el laboratorio escolar una experiencia de extracción simple de ADN similar a la que se pudiera haber realizado con las muestras propuestas en la situación problemática, pero en este caso utilizamos frutas como material biológico. Luego en la sala de informática se trabajó con el laboratorio virtual para

¹ http://www.classzone.com/books/hs/ca/sc/bio_07/virtual_labs/virtualLabs.html

realizar una electroforesis en gel y comparar perfiles entre los sospechosos y el material recolectado en la escena del crimen (Figura 2).



Figura 2: Resolución de las actividades en el laboratorio virtual

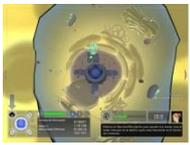
Por último, los estudiantes completaron las preguntas de reflexión propuestas en el laboratorio y una encuesta de opinión elaborada por nosotras. A partir de sus respuestas pudimos identificar que la experiencia les permitió comprender los procesos biológicos implicados, emitir hipótesis, experimentar, manipular variables, contrastar resultados y elaborar conclusiones.

Los videojuegos

Una manera lúdica de integrar los principios de la simulación es a través de los *videojuegos*, los cuales ofrecen posibilidades para acercar al alumno a la vida real a través de diferentes representaciones que contextualizan un conocimiento determinado. Algunos videojuegos como por ejemplo los que se catalogan como "de estrategia" permiten al usuario diseñar o manipular su propio entorno y tomar decisiones, y para ello se ponen en juego habilidades de vinculación directa con el procedimiento científico tales como la capacidad para manejar variables, predecir,

comparar, analizar, deducir y concluir (Lacasa, 2011). En este sentido, Gros (2008) indica que la utilización de videojuegos brinda la posibilidad de que el alumno *“tome parte activa del juego, resuelva problemas para poder seguir jugando, tome decisiones con consecuencias inmediatas y considere que incluso los errores tienen un papel importante ya que superarlos permitirá seguir avanzando”*. Por lo tanto, es necesario pensarlos como más que simples instrumentos de entretenimiento, y pasar a considerarlo como posibles herramientas que permiten construir ideas.

En particular para biología se registran numerosos videojuegos que pueden incorporarse como recursos en el aula. En Occelli, Valeiras & Willging (2016) analizamos un total de diez videojuegos educativos de acceso libre para la enseñanza de la Biología. Las temáticas que abordaban los juegos fueron Biología Celular, Inmunología, Fisiología Vegetal y del Cuerpo Humano, Ecología, Biodiversidad y Problemáticas Ambientales (Tabla 1). Estos recursos fueron categorizados como videojuegos debido a que presentaban un guión o historia que daba contexto a la situación que se debía resolver a través de las misiones o desafíos del juego (Gee, 2004).

Videojuego	Temática	Desarrolladores o autores y link de acceso
Alto a los desastres 	Desastres Naturales	Estrategia Internacional para la Reducción de los Desastres de las Naciones Unidas. http://www.stopdisastersgame.org/es/home.html
Ciclania 	Calentamiento o Global	Centro Tekit. Universidad Santo Tomás. Chile. http://www.ciclania.org/home/
EcoMuve 	Ecología	Escuela de Graduados de Harvard. Instituto de Educación en Ciencias de Estados Unidos. Departamento de Educación. http://ecolearn.gse.harvard.edu/ecoMUVE/resources.php
Immune Attack 	Inmunología	Federación de Científicos Americanos. Universidad del Sur de California. Estados Unidos. http://fas.org/immuneattack/
Kokori 	Biología Celular	Centro Tekit. Universidad Santo Tomás. Chile. http://www.kokori.cl/descargalo-aqui/
Meta!Blast 	Fisiología Vegetal	Universidad Estatal de Iowa. Estados Unidos. http://www.metablast.org/
Ouch 	Fisiología Humana	Fundación Ciencia & Vida y la Pontificia Universidad Católica de Chile. http://www.ouchgame.cl/juego/
Solarium 	Fisiología Vegetal	Sunfleck. Grupo Interdisciplinario de Investigadores, diseñadores y músicos. http://sunfleck.com/

Vegetalista		Biodiversidad	Núcleo Milenio de Biología Sintética & Biología de Sistemas Vegetales. Pontificia Universidad Católica de Chile. http://www.vegetalista.cl/descarga.php
Xentinelas Xelulares		Inmunología	Proyecto Fondef TIC EDU. Universidad Católica. Fundación Ciencia & Vida. Universidad de Talca. http://www.xentinelas.cl/juego/

Tabla 1: Listado de videojuegos libres para la enseñanza de la Biología

Para trabajar conceptos del metabolismo celular incorporamos el videojuego Kokori con estudiantes de escuela secundaria (Ocelli, Valeiras & Willging, 2015). Para ello iniciamos la propuesta con la proyección de un fragmento de un video de arañas ponzoñosas y luego se presentó una situación problemática en la que se describe que una persona ha sido mordida por una araña. La consigna para los estudiantes fue explicarle a la persona que fue mordida cuál es el proceso que ocurre a nivel celular debido a la acción del veneno. Para que pudieran elaborar esta respuesta se les propuso jugar las misiones 2, 4 y 6 del videojuego, las cuales plantean acciones que implican la interacción con macromoléculas, organelas celulares, energía etc. Luego de cada misión los alumnos debían completar una serie de preguntas de reflexión para promover la vinculación entre las acciones realizadas en el juego y los conceptos de metabolismo celular. Los resultados de la experiencia permitieron conocer que el videojuego, además de ser divertido y motivador fomentó que los estudiantes se comprometieran en una misión específica que conectaba el conocimiento biológico con una situación concreta a ser resuelta. La competencia que plantea el juego motivó a los estudiantes a jugar cada misión hasta “ganarla”, para lo cual requerían no solo una experticia como jugadores sino también la comprensión de los procesos biológicos implicados. Así, a través de la situación lúdica propuesta por el

videojuego "el conocimiento" pasó a ser necesario para el estudiante a fin de ganar su partida (Figura 3).



Figura 3: Estudiantes jugando con Kokori, en la pantalla se ve la imagen que muestra el juego al ganar una partida.

Construcción de simulaciones

En las situaciones en las que se coloca a los propios estudiantes como modeladores de las simulaciones, el grado de compromiso cognitivo que se provoca es mucho mayor. Simular una situación requiere, por un lado, entender qué significa modelizar, y por otro, exige comprender en profundidad el proceso que se desea simular. Así, a través de la construcción de la simulación, se coloca a los estudiantes como productores de conocimiento y se potencia a estos recursos como herramientas que permiten "pensar con" las TIC (Borba & Villarreal, 2005).

Una manera de colocar a los alumnos como modeladores y constructores de simulaciones puede llevarse adelante a través de una modificación de la técnica cinematográfica Stopmotion (Hoban & Nielsen, 2014). Esta técnica se basa en la reproducción de múltiples imágenes de la sucesión de una situación dinámica. En una película creada con Stopmotion se reproducen 30 imágenes

por segundo, es por ello que para el ámbito escolar proponemos "Slowmotion" con la cual se reproducen menos imágenes por segundo (Occelli, Garcia, Valeiras & Willging, 2017). Con esta técnica se pueden simular diversos procesos biológicos dinámicos. Como ejemplos compartimos las producciones disponibles en Youtube desarrolladas por nuestro grupo en escuela secundaria y en formación docente para temáticas de división celular² y selección natural³. Para la creación de las escenas se pueden utilizar diversos materiales, por ejemplo en el video de división celular los estudiantes utilizaron plastilinas para representar los componentes celulares y los cromosomas, su duplicación y ordenamiento y distribución en células hijas (Figura 4). Mientras que para la simulación del proceso de selección natural se utilizaron tapitas de bebidas gaseosas de color verde y rojo para representar a diferentes individuos de una población y un fondo de papel afiche también de color verde y rojo simulando el "ambiente". A su vez, para la captura fotográfica el equipo tecnológico a utilizar puede variar desde las cámaras fotográficas (con trípode para mantener el foco constante), los celulares o las cámaras de las netbooks. Por último, para el procesamiento de las imágenes utilizamos el software libre Monkey Jam⁴.



² https://www.youtube.com/watch?v=8JNIIIM_mmqU&feature=youtu.be

³ <https://youtu.be/rBW9jVixQzk>

⁴ <http://monkeyjam.org/>

Figura 4: Creación de escenas con plastilinas para el proceso de división celular y captura fotográfica la cámara de netbook.

Conclusiones

En este trabajo hemos aportado perspectivas teóricas para realizar una distinción entre la gran cantidad de recursos a los que se los suele denominar como simulaciones. Cada tipología presenta potencialidades diferentes que resultan de interés para la enseñanza de la biología ya que fomentan procesos cognitivos vinculados al razonamiento científico. Para su incorporación en secuencias didácticas proponemos que la integración de las simulaciones debe acompañarse con actividades que promuevan la reflexión de los estudiantes y la vinculación entre las acciones realizadas con el simulador y los conceptos biológicos que se pretenden enseñar.

Bibliografía

- Borba, M., y Villarreal, M. (2005). *Humans-with-media and the reorganization of mathematical thinking: Information and communication technologies, modelling, experimentation and visualization*. New York, USA: Springer.
- Bouciguez, M. y Santos G. (2010). Applets en la enseñanza de la física: un análisis de las características tecnológicas y disciplinares. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 7 (1), 56-74.
- de Jong, T. y Van Joolingen, W. (1998). Scientific discovery learning with computer simulations of conceptual domains. *Review of Educational Research*, 68, 179-201.
- Gee, J.P. (2004). *Lo que nos enseñan los videojuegos sobre el aprendizaje y el alfabetismo*. Granada: Aljibe.
- Gelbart, H. y Yarden, A. (2006). Learning genetics through an authentic research simulation in bioinformatics. *Journal of Biological Education*, 40(3), 107- 112
- Gros, B. (2008). *Videojuegos y aprendizaje*. Grao: España.

- Hoban G., Nielsen W. (2014) Creating a narrated stop-motion animation to explain science: The affordances of "Slowmation" for generating discussion. *Teaching and Teacher Education* 42, 68-78.
- Justi, R. (2006). La enseñanza de ciencias basada en la elaboración de modelos. *Enseñanza de las Ciencias* 24 (2), 173-184.
- Lacasa, P. (2011). *Los videojuegos. Aprender en mundos reales y virtuales*. Ed. Morata. Madrid.
- Linn, M.C. (2002). Promover la educación científica a través de las tecnologías de la información y la comunicación. *Enseñanza de las Ciencias* 20 (3), 347-355.
- López, S.; Arias, V.; Jiménez, M.M. y Estrada, J.A. (2015). Modelación y simulación computacional en la enseñanza de la biología: un campo de estudio con mucho potencial pero poco explorado. *Bio-grafía. Escritos sobre la Biología y su enseñanza*, 8 (14), 101-115.
- Marbach-Ad, G.; Rotbain, Y. y Stavy, R. (2008). Using computer animation and illustration activities to improve high school students' achievement in molecular genetics. *Journal of Research in Science Teaching* 45 (3), 273-292.
- Marchesini, S.; Piassentini, M.J. y Occelli, M. (2012). Una propuesta para realizar trabajos prácticos de Biotecnología en la escuela secundaria. *Memorias de las X Jornadas Nacionales y V Congreso Internacional de Enseñanza de la Biología*. ISBN: 978-987-21701-7-2
- Martinho T. y Pombo L. (2009). Potencialidades das TIC no ensino das Ciências Naturais – um estudo de caso. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 8 (2), 527-538.
- Mermoud, S.R.; Ordoñez, C. y Garcia Romano, L. (2017). Potencialidades de un entorno virtual de aprendizaje para argumentar en clases de ciencias en la escuela secundaria. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 14 (3), 587-600.
- Mayer, R.E. (2003). The promise of multimedia learning: using the same instructional design methods across different media. *Learning and Instruction*, 13, 125-139.
- Occelli, M.; Valeiras, N. y Willging, P.A. (2016). Características de videojuegos educativos de libre acceso para la enseñanza de la Biología. *Memorias de las XII Jornadas Nacionales y VII Congreso Internacional de Enseñanza de la Biología Buenos Aires – Argentina*.
- Occelli, M.; Garcia Romano, L.; Valeiras, N. y Willging, P.A. (2017). Animar la división celular (mitosis): una propuesta didáctica con la técnica de

- slowmation. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 14 (2), 398-409.
- Occelli, M.; Valeiras, N. y Willging, P. (2015). ¡Los nanobots invaden la clase de biología! *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 18, 59-66.
- Piassentini, M.J. y Occelli, M. (2012). Caracterización de Laboratorios Virtuales para la enseñanza de la Ingeniería Genética. *Memorias de las X Jornadas Nacionales y V Congreso Internacional de Enseñanza de la Biología*. ISBN: 978-987-21701-7-2.
- Pontes, A. (2005). Aplicaciones de las tecnologías de la información y de la comunicación en la educación científica. Primera parte: funciones y recursos. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 2 (1), 2-18.
- Sanz Pardo, A. y Martínez Vázquez, J. (2005). El uso de los laboratorios virtuales en la asignatura bioquímica como alternativa para la aplicación de las tecnologías de la información y la comunicación. *Tecnología Química*, 25(1), 5-12.
- Smetana, L.K. y Bell, R.L. (2012) Computer Simulations to Support Science Instruction and Learning: A critical review of the literature. *International Journal of Science Education*, 34(9), 1337-1370.
- Soderberg, P. y Price, F. (2003). An examination of problem-based teaching and learning in population genetics and evolution using EVOLVE, a computer simulation. *International Journal of Science Education*, 25 (1), 35-55.
- Tsui, C-Y. y Treagust, D.F. (2003). Learning genetics with computer dragons. *Journal of Biological Education*, 37 (2), 96-98.
- 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.
- Wertsch, J.V. (1999). *La mente en acción*. Aique: Capital Federal.
- White, B.; Bolker, E.; Koolar, N.; Ma, W.; Maw, N.N. y Yu, C.Y. (2007). The virtual genetics lab: a freely-acailable open-source genetics simulation.