

Estudio de la puesta en aula de una propuesta didáctica que incluye simulaciones para la elaboración de explicaciones sobre síntesis proteica en Educación Secundaria

Study of the Putting in Classroom of a Didactic Proposal that Includes Simulations for the Elaboration of Explanations about Protein Synthesis in Secondary Education

Tipo del proyecto: *Tesis de Maestría*

Autora: *Franco David Paroli*

Directora: *Sofía Judith Garófalo*

Co-Directora: *Ana Fuhr Stoessel*

Carrera: *Maestría en la Enseñanza de las Ciencias Experimentales*

Institución: *Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires, Olavarría, Argentina*

Estado de proyecto: *En elaboración*

Contacto: *francoparoli95@gmail.com; sjgarofalo@gmail.com; afuhr@fio.unicen.edu.ar*

Resumen

El presente trabajo ¹ se encuadra en el Proyecto de Tesis realizado en el marco de la Maestría en la Enseñanza de las Ciencias Experimentales en la Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires (UNCPBA) y constituye una actualización del trabajo presentado en la Escuela del Consorcio de Grupos de Investigación de Educación en Ciencias Naturales (CONGRIDEC) 2019 "Dialogando entre Investigadores Latinoamericanos en Formación en Didáctica de las Ciencias Naturales y la Tecnología". El objetivo del mismo consiste en diseñar una propuesta didáctica que incluye una simulación de síntesis proteica y estudiar su puesta en aula con estudiantes de Educación Secundaria. Para llevarlo a cabo se diseñará un estudio cualitativo, de carácter descriptivo y se adoptará como metodología el estudio de caso.

Palabras clave: Enseñanza; Simulaciones; Educación Secundaria; Síntesis Proteica

Abstract

This work is part of the thesis project carried out within the framework of the Master in Teaching of Experimental Sciences at the Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires and constitutes an update of the work presented at the CONGRIDEC 2019 School "Dialogue between Latin American Researchers in Training in Didactics of Natural Sciences and Technology". The objective of the same is to design a didactic proposal that includes a simulation of protein synthesis and to study its implementation in the classroom

¹ Este trabajo también se enmarca en el proyecto del Grupo de Investigación en Enseñanza de las Ciencias Experimentales (GIDCE) de la UNCPBA. Aprobado por Resolución Ministerial N° 2672/84.

with students of Secondary Education. To carry it out, a qualitative, descriptive study will be designed and the case study will be adopted as the methodology.

Keywords: Teaching; Simulations; Secondary Education; Protein Synthesis

Antecedentes y justificación del proyecto

Bustos y Román (2011) hacen referencia a que la integración de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) en el ámbito educativo constituye un tema central en la actualidad. Por tal motivo, expresan que resulta necesario discutir las características y cualidades del diseño de este tipo de herramientas para su incorporación en los procesos de enseñanza y aprendizaje, principalmente acerca de la evaluación de los usos pedagógicos de las TIC que tienen lugar en las aulas. En este sentido, sostienen la importancia de conocer con mayor precisión "cómo, hasta qué punto y bajo qué circunstancias y condiciones la incorporación de las TIC a los procesos formales de enseñanza y aprendizaje modifican las prácticas educativas" (Bustos y Román, 2011, p. 2) que se llevan a cabo en las aulas y que pueden tener un efecto positivo sobre los aprendizajes, capacidades y habilidades de estudiantes. Cabe destacar que la selección de recursos e instrumentos que se utilicen durante la enseñanza influye en el proceso de aprendizaje. En ese sentido Sanmartí (2002) propone las maquetas, analogías, metáforas y recursos audiovisuales e informáticos, entre otros, como aquellos mediadores del proceso de aprendizaje.

Existe consenso entre distintos autores (Coll, 2008; Román, Cardemil y Carrasco, 2011; Hernández, Acevedo, Martínez y Cruz, 2014) para entender a las TIC como herramientas que, dependiendo de la finalidad que persiga su incorporación, así como también el contexto donde son utilizadas, tienen la capacidad de transformar la enseñanza y mejorar los aprendizajes en ciencias. Entre los factores que colaboran en el buen manejo y apropiación de este tipo de herramienta se pueden mencionar: el acceso a recursos TIC tanto en cantidad como en calidad, la formación, el dominio y la experiencia de docentes en la utilización de estas herramientas, las condiciones institucionales favorables al uso de las TIC, el tipo de propuestas didácticas generadas y la capacidad de profesores y estudiantes para interactuar con estos recursos, entre otros (Claro, 2010; Coll, 2008; Hernández et al., 2014).

El desarrollo de las TIC en estos últimos tiempos, y en particular para la enseñanza de las ciencias, constituye actualmente uno de los campos importantes de investigación en Didáctica. Los trabajos sobre los usos de las TIC en educación se han orientado progresivamente hacia el estudio de "*cómo los protagonistas del acto educativo – en especial, el profesorado y el alumnado – se apropian de las TIC y las integran en las actividades de enseñanza y aprendizaje, de las condiciones que hacen posible la puesta en marcha de procesos de innovación con TIC en las aulas y de los factores que inciden sobre el mayor o menor grado de éxito de estos procesos*" (Coll, 2008, p. 116).

En esta misma línea, Kozulin (2000, en Coll, 2008) afirma que el argumento fundamental para seguir manteniendo un elevado nivel de expectativas en el potencial educativo de las TIC es considerarlas como herramientas que permiten pensar, sentir y

actuar tanto individualmente como con otros. Tal es así que no sólo ofrecen posibilidades para buscar información y poder acceder a ella, sino también facilitan el proceso de representación, procesamiento y transmisión de la misma permitiendo, incluso, poder compartirla. Por tal motivo podemos afirmar que las TIC poseen una gran potencialidad como mediadoras del proceso de enseñanza y aprendizaje, pero resulta necesario tener en cuenta que tal capacidad será más o menos efectiva en función de la utilización que los actores involucrados hacen de ellas.

En relación con lo anterior, existe un común acuerdo entre diversos autores (Coll, 2008; Román et al., 2011; Smetana & Bell, 2012) en que el buen uso de la TIC, así como también la potencialidad didáctica que estos recursos poseen para mediar los procesos de enseñanza y aprendizaje, tienen a la docencia con un rol fundamental. Román et al. (2011) afirman que no basta con poner las TIC a disposición de docentes y del alumnado para que se produzcan mejores aprendizajes y de mayor calidad, sino que también resulta necesario revisar los aprendizajes, los Planes de Estudios y el Currículum que se requiere ofrecer en un escenario como el actual.

En relación a las Ciencias Biológicas, y en particular el área que involucra el estudio de los procesos moleculares, tal como es el de expresión génica y el de síntesis de proteínas, son uno en los que mayores dificultades presenta el estudiantado (Garófalo y Galagovsky, 2005). No es menor destacar que dichos tópicos constituyen temas estructurantes (Gagliardi, 1986) en el área, razón por la cual resulta de suma importancia lograr en estudiantes una adecuada apropiación de los mismos.

Tales tópicos no sólo son imprescindibles para lograr una interpretación completa de los procesos biológicos, sino que, además, permiten resignificar, dar sentido e interpretar más detalladamente contenidos de otras disciplinas biológicas. Cabe destacar, también, que estos contenidos pasan a formar un eje central de integración para la comprensión de la estructura y funcionamiento de la enorme diversidad de seres vivos, ya que las formas de vida comparten características bioquímicas comunes.

Estos hechos nos llevan a reflexionar sobre el desafío que hoy representa la enseñanza de estos tópicos, al tener que ofrecer información específica y actualizada en el área, que al mismo tiempo permita generar visiones globalizadas.

Cabe señalar que diferentes autores coinciden en destacar a las proteínas como las moléculas ejecutoras de diferentes funciones que resultan esenciales para los seres vivos. En este sentido, De Robertis, Hib y Ponzio (2005) sostienen que *"el término proteína (del griego proteuo, yo ocupo el primer lugar) sugiere que todas las funciones básicas de las células dependen de proteínas específicas. Se puede decir que no existe vida sin proteínas. Están presentes en cada célula y en cada organoide celular"* (p. 33). Para Kuhn (1971, en Caballero Armento, 2008), los conocimientos referidos al campo de la Genética y de la expresión génica en particular, resultan fundamentales para entender la teoría evolutiva, uno de los paradigmas clave sobre los que se sustenta la Biología.

Por todo ello, resulta importante que el alumnado conozca los contenidos referidos a Genética y, entre ellos, síntesis proteica. Para esto, es necesario que cada docente tenga en

cuenta que estos contenidos poseen dificultades importantes tanto para su enseñanza como aprendizaje dentro de las cuales se destacan: el uso de terminología específica; utilización de conceptos matemáticos y estadísticos; la complejidad que poseen los cromosomas y el concepto de gen (Occelli y Pomar, 2019); las concepciones previas del alumnado y el modelo de enseñanza tradicional de este contenido (Iñiguez Porras y Puigcerver Oliván, 2013); la complejidad y nivel de abstracción que requiere el estudio de la célula en general (Occelli, Biber, Willging y Valeiras, 2014).

Teniendo en cuenta el carácter abstracto de la temática "síntesis proteica", se considera que un recurso que podría resultar potenciador para el aprendizaje, lo constituyen las simulaciones. Al respecto, López y Morcillo (2007), señalan que, dentro de las TIC, las simulaciones constituyen un modelo que facilita la interpretación de fenómenos tales como la observación y la experimentación. Por tal motivo, pueden concebirse como un recurso estratégico que permite añadir una nueva dimensión válida para la indagación y la comprensión de la ciencia, que facilitan la integración de contenidos, así como también la exploración y construcción de modelos. Ponte Pedrajas (2005) considera que la utilización de simulaciones para el aprendizaje de las ciencias constituye un interesante recurso, que proporciona una representación dinámica del funcionamiento de un determinado sistema, permitiendo visualizar tanto procesos simples como complejos, su evolución y la interacción entre los elementos que lo integran.

Por otra parte, diversos autores (Fernández-César y Aguirre-Pérez, 2012; Ardura y Zamora, 2014; Occelli y Malin Vilar, 2018; Occelli y García-Romano, 2018) si bien destacan las ventajas de la utilización de las simulaciones en el aula, alertan acerca de la necesidad de elaborar un diseño adecuado para su integración como estrategia de enseñanza acorde al tema a abordar.

En relación a trabajos de investigación sobre la utilización de simulaciones para la enseñanza de las Ciencias Naturales (Santos, Otero y Fanaro, 2000; Amadeu y Leal, 2013; Bravo, Bouciguez y Juárez, 2015), la búsqueda realizada da cuenta de la escasez de estudios relacionados al área de Biología (López, Arias, Jiménez y Estrada, 2015).

La explicación en las clases de ciencias y el aprendizaje de las ciencias

Según Sanmartí (2007), aprender ciencias implica apropiarse de su lenguaje. Este aprendizaje que está asociado a formas de ver, pensar y hablar sobre los hechos; posibilita a estudiantes acceder a la cultura científica. Enseñar a hablar y escribir en ciencias se constituye en uno de los objetivos de la enseñanza, porque para aprenderla, el alumnado debe poder expresarse en clase, oralmente, por escrito o mediante dibujos, dado que sólo así podrán contrastar sus ideas y desarrollarlas. Entre las habilidades relacionadas con el hablar y escribir en ciencias se pueden mencionar: describir, definir, interpretar, justificar y argumentar, pero la actividad más importante es explicar, ya que incluso un texto descriptivo puede ser, desde el punto de vista científico, explicativo (Sanmartí, Izquierdo y García, 1999).

En este marco, si bien nos proponemos el diseño de una propuesta didáctica integrando una simulación seleccionada especialmente para la temática "síntesis de proteínas", haremos especial hincapié en la lectura y escritura e intercambios puesto que nos proponemos estudiar particularmente las explicaciones abordadas por estudiantes. Entendemos por explicación a aquellas expresiones verbales o escritas que tienden a comprender un hecho, desde modelos propuestos por la ciencia (Candela Martín, 1997). Un texto explicativo o justificativo se caracteriza por ordenar unos determinados hechos según una relación que es casi siempre de causa-efecto, en la que las razones o argumentos que se utilizan refieren a una teoría científica (Sanmartí, 2007). Con esto en mente, nuestro desafío es también promover que estudiantes vivencien la práctica de lectura y escritura en un entorno distinto, un ambiente tecnológico con formatos digitales en los que muy posiblemente se modifique, tal como sostiene Ferreiro (2007), la manera en que se genera la producción y circulación de textos, ya que como afirma Perelman (2011) serán prácticas situadas en el marco de particularidad de la temática a abordar.

Como problemática de investigación, se pretende estudiar si el uso de una simulación de síntesis proteica, utilizada en una secuencia de enseñanza, contribuye en la elaboración de explicaciones por parte de estudiantes sobre la temática. En este trabajo se aspira también a analizar y describir las condiciones didácticas que acompañan su implementación, con la finalidad de caracterizar desafíos, resistencias, ventajas y desventajas que surgen durante la puesta en aula.

Este trabajo se enmarca en un proyecto de investigación más amplio denominado "*Evaluación de la implementación de recursos y materiales didácticos para la enseñanza de ciencias y tecnología*", el cual tiene como objetivo general diseñar y aplicar una metodología de investigación educativa, para evaluar recursos y materiales didácticos para la enseñanza de las Ciencias y la Tecnología, en Educación Secundaria y Superior. La utilización del recurso será estudiada en términos de las interacciones estudiante – recurso, estudiante – estudiante y estudiante – docente.

El objetivo general del proyecto que aquí se presenta es: Diseñar una propuesta didáctica que incluye una simulación de síntesis proteica y estudiar la puesta en aula de la misma con estudiantes de Educación Secundaria (ES).

Cómo objetivos específicos se proponen:

-Diseñar la secuencia didáctica que integre las situaciones de enseñanza mediadas por la simulación seleccionada, que propicie el aprendizaje del tema síntesis de proteínas, incorporando consignas que promuevan el intercambio y la escritura en ciencias, así como también la reflexión metacognitiva sobre lo aprendido.

-Describir y analizar las explicaciones, a través de producciones escritas, que elaboran estudiantes cuando utilizan como recurso una simulación en el marco de una propuesta didáctica sobre síntesis proteica.

-Relevar las condiciones didácticas que son necesarias generar durante el desarrollo de las situaciones de enseñanza mediadas por la simulación, para favorecer el aprendizaje del contenido disciplinar antes y durante la puesta en aula.

-Caracterizar desafíos, resistencias, ventajas y desventajas que surgen durante la puesta en aula e identificar los logros en relación a la superación de obstáculos del aprendizaje del tema.

-Describir y especificar los rasgos de las situaciones didácticas que favorecen el aprendizaje de la síntesis de proteínas, según percepciones de docentes y estudiantes y a partir de producciones y explicaciones que surgieron.

-Describir y analizar las explicaciones y producciones elaboradas por estudiantes de un curso en el que no se lleve adelante la propuesta didáctica desarrollada con la simulación.

Metodología

La investigación se llevará a cabo en una escuela de Educación Secundaria (ES) dependiente de la Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires (UNCPBA) con estudiantes pertenecientes a 6to año, dado que el contenido disciplinar a abordar es desarrollado durante el mismo.

A partir del problema planteado se llevará a cabo una investigación con un enfoque cualitativo y de carácter descriptivo. La metodología adoptada será el estudio de caso, el cual tiende a *"focalizar, dadas sus características, en un número limitado de hechos y situaciones para poder abordarlos con la profundidad requerida para su comprensión holística y contextual"* (Vasilachis, 2006, p. 218). Dentro de las fuentes y técnicas a utilizar para recoger la información, se prevé:

-Realización de observaciones de clases (Wittrock, 1989; Postic y de Ketele, 1992) en aquellas en las que se utilicen los recursos que se estudian.

-Registro en audio y video de las clases.

-Entrevistas personales a docentes. Dependiendo de la intención y el contexto, se podrán utilizar entrevistas semiestructuradas o etnográficas (Spradley, 1979).

-Análisis de producciones escritas elaboradas por los estudiantes.

A partir de lo planteado, el plan de trabajo a seguir contará con diferentes fases:

Fase 1: Elaboración del marco teórico y estado del arte (este último se extenderá hasta casi finalizar el proceso de investigación). Se elaborarán y ajustarán los diferentes instrumentos (entrevista y propuesta didáctica). El estudio se llevará a cabo con 2 cursos correspondientes a un 6to año de una Escuela Secundaria perteneciente a la UNCPBA. En uno de ellos se implementará la propuesta didáctica con la simulación mientras que, en el otro, el contenido será abordado a partir de una propuesta que no incluya tal recurso. Por último, se iniciará con la observación de clases. En este último aspecto, teniendo en cuenta

que se seleccionarán 2 casos (cada uno de ellos perteneciente a un curso diferente) se procurará que los mismos posean características similares para poder validar los resultados en posteriores instancias de triangulación.

Fase 2: Recolección de datos a partir de la entrevista, observaciones, registros y producciones de estudiantes que representan los casos seleccionados, así como también la posterior tabulación y codificación de datos.

Fase 3: Análisis de datos. Entrevista, registros y observaciones de clases serán transcritas y categorizadas a través del método de comparación constante (Strauss y Corbin, 2002). A partir de esto, se prevé posible análisis de categorías emergentes. Finalmente, se llevará a cabo como estrategia metodológica una triangulación de datos (Denzin, 1970) obtenidos a partir de los instrumentos de recolección implementados.

Fase 4: Redacción, revisión y presentación del informe final.

Consideraciones finales

Tal como el estado del arte permite identificar, la Enseñanza de la Biología constituye un área donde la utilización de simulaciones ha sido poco implementada y el estudio sobre su puesta en aula poco explorada. No abundan trabajos de implementación de este tipo de herramientas a diferencia de lo que sí sucede en áreas como Física o Química (López et al., 2015).

Por esto, a partir de los resultados que se obtengan del trabajo de investigación propuesto, se pretende generar conocimiento que resulte útil para los docentes al momento de seleccionar e implementar un recurso TIC, como las simulaciones, de manera criteriosa y atendiendo a sus potencialidades como mediadores en los procesos de enseñanza y aprendizaje.

Referencias bibliográficas

- Amadeu, R. y Leal, J. (2013). Ventajas del uso de simulaciones por ordenador en el aprendizaje de la física. *Enseñanza de las ciencias: Revista de investigación y experiencias didácticas*, 31(3), 177-188.
- Ardura D. y Zamora A. (2014) ¿Son útiles entornos virtuales de aprendizaje en la enseñanza de las ciencias secundaria? Evaluación de una experiencia en la enseñanza el aprendizaje de la Relatividad. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 11 (1), 83-93.
- Bravo, B. Bouciguez, M. J., y Juárez, A. M. (octubre, 2015). Valoración de los estudiantes sobre el uso de applets en las clases de física de educación secundaria. *Acta IV Jornadas de Enseñanza e Investigación Educativa en el campo de las Ciencias Exactas y Naturales. Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación* realizado en La Plata, Buenos Aires. Disponible en: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/59553> consultada el 25 de noviembre de 2018.

- Bustos, A., y Román, M. (2011). La importancia de evaluar la incorporación y el uso de las TIC en educación. *Revista Iberoamericana de Evaluación Educativa*, 4(2). Disponible en <http://www.rinace.net/riee/numeros/vol4-num2/editorial.pdf> consultada el 20 de mayo de 2019.
- Caballero Armenta, M. (2008). Algunas ideas del alumnado de secundaria sobre conceptos básicos de genética. *Enseñanza de las Ciencias*, 26(2), 227-244.
- Candela Martín, A. (1997). La necesidad de entender, explicar y argumentar. 1ra Ed. CINVESTAV. México.
- Claro, M. (2010). *Impacto de las TIC en los aprendizajes de los estudiantes. Estado del arte*. Documento de proyecto: Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). Santiago: Impreso en Naciones Unidas. Disponible en: <https://repositorio.cepal.org/handle/11362/3781> consultada el 8 de mayo de 2019.
- Coll, C. (2008). Aprender y enseñar con las TIC: expectativas, realidad y potencialidades. *Boletín de la Institución Libre de Enseñanza*, 113 - 126.
- De Robertis, E. M. Hib, J., y Ponzio, R. (2005). *Biología Celular y Molecular*. Buenos Aires, Argentina: El Ateneo.
- Denzin, N. K. (1970). *Sociological Methods: a Source Book*. Chicago: Aldine Publishing Company.
- Fernández-César R. y Aguirre-Pérez C. (2012). ¿Mejoran las simulaciones en los laboratorios de química el aprendizaje de los alumnos? Percepciones de alumnos universitarios de primer curso de Química General. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 10 (1), 47-65. Disponible en: <https://revistas.uca.es/index.php/eureka/article/view/2793> consultada el 28 de abril de 2020.
- Ferreiro, E. (2007). *Alfabetización de niños y adultos. Textos Escogidos*. Pátzcuaro, Michoacán: Crefal.
- Gagliardi, R. (1986). Los conceptos estructurales en el aprendizaje por investigación. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 4(1), 30-35.
- Garófalo, S. J. y Galagovsky, L. (2005). Modelizar en biología: Una aplicación del modelo didáctico biológico. *Enseñanza de las ciencias*, (Extra), 1-6.
- Hernández, L., Acevedo, J., Martínez, C., y Cruz, B. C. (noviembre, 2014). *El uso de las TIC en el aula: un análisis en términos de efectividad y eficacia*. Congreso Iberoamericano de Ciencia, Tecnología, Innovación y Educación realizado en Buenos Aires.
- Íñiguez Porraz, F. J. y Puigserver Oliván, M. (2013). Una propuesta didáctica para la enseñanza de la genética en la Educación Secundaria. *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las Ciencias*, 10(3), 307-327.
- López García, M., y Morcillo Ortega, J., G. (2007). Las TIC en la enseñanza de la Biología en la secundaria: los laboratorios virtuales. *Revista electrónica de enseñanza de las ciencias*, 6(3), 562-576.
- 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 estudiado. *BIO-GRAFIA. Escritos Sobre Biología y su Enseñanza*, 8(14), 101-115.
- Ocellli, M., Biber, P. A., Willging, P. A., y Valeiras, N. (octubre, 2014). Jugar y aprender

- biología celular: una experiencia con el videojuego Kokori. *XI Jornadas Nacionales y VI Congreso Internacional de Enseñanza de la Biología* realizado en General Roca, Río Negro.
- Occelli, M. y Garcia Romano L. (2018) Las simulaciones en la enseñanza de la Biología. *Docentes conectados*, 1 (1), 3-16.
- Occelli, M., y Malin Vilar, T. (2018). Cap. 13: Los videojuegos ¿un problema de distracción o una oportunidad para aprender? En Occelli, M., Garcia Romano, L., Valeiras, N., y Quintanilla, M. (Comp.). *Las tecnologías de la información y la comunicación como herramientas mediadoras de los procesos educativos. Vol. I: Fundamentos y Reflexiones*. Santiago de Chile: Edit. Bellaterra Ltda. Disponible en: http://www.inv.educeva.efn.uncor.edu/?page_id=341 consultada el 28 de abril de 2020.
- Occelli, M. y Pomar, S. (2019). Modelizando síntesis de proteínas en la escuela secundaria con las TIC: una propuesta a partir de "la resistencia al VIH". V Jornadas de Enseñanza e Investigación Educativa en el campo de las Ciencias Exactas y Naturales en Ensenada del 08 al 10 de mayo de 2019.
- Perelman, F. (2011). *Enseñando a leer en Internet: pantalla y papel en las aulas*. Bs As: Aique.
- Pontes-Pedrajas, 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. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=92020102> consultada el 13 de abril de 2019.
- Postic, M. y de Ketele, J. M. (1992). *Observar las situaciones educativas*. Narcea. Madrid.
- Román, M., Cardemil, C., y Carrasco, Á. (2011). Enfoque y metodología para evaluar la calidad del proceso pedagógico que incorpora TIC en el aula. *Revista Iberoamericana de Evaluación Educativa*, 8 - 35.
- Sanmartí, N., Izquierdo, M., y García, P. (1999). Hablar y escribir. Una condición necesaria para aprender ciencias. *Cuadernos de Pedagogía* (281), 54-58.
- Sanmartí, N. (2002). Cap.10: Instrumentos y recursos. En *Didáctica de las ciencias en la educación Secundaria obligatoria*. Síntesis.
- Sanmartí, N. (2007). Hablar, leer y escribir para aprender ciencia en Fernández, P. (coord.) (2007). *La competencia en comunicación lingüística en las áreas del currículo. Colección Aulas de Verano*. Madrid: MEC
- Santos, G., Otero, M. R., y Fanaro, M. D. L. A. (2000). ¿Cómo usar software de simulación en clases de Física? *Caderno Brasileiro de Ensino de física*, 17(1), 50-66.
- Smetana, L. K., & 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.
- Spradley, J. (1979). *The ethnographic interview*. New York: Holt, Rinehart and Winston.
- Strauss, A., y Corbin, J. (2002). *Bases de la investigación cualitativa. Técnicas y procedimientos para desarrollar la teoría fundamentada*. Antioquía: Universidad de Antioquía.
- Vasilachis, I. (2006). *Estrategias de investigación cualitativas*. Barcelona, España: Gedisa.
- Wittrock, M. (1989). La investigación en la enseñanza II y III. Buenos Aires: Editorial Paidós.