

Una innovación en la enseñanza de la Biología Molecular Hacia la problematización de lenguajes, prácticas y enfoques epistemológicos

Carola Astudillo¹, Fernando Ibáñez², María Laura Tonelli³ y Mónica Astudillo⁴

¹⁻⁴Universidad Nacional de Río Cuarto, Facultad de Ciencias Exactas, Físico-Químicas y Naturales, Dpto. de Ciencias Naturales. Ruta 36, Km. 601. Río Cuarto. Argentina.

¹castudillo@rec.unrc.edu.ar, ²fibanez@exa.unrc.edu.ar, ³mtonelli@exa.unrc.edu.ar,

⁴mastudilo@yahoo.com

Resumen

Se presenta la descripción y análisis de una innovación en la enseñanza de contenidos de Biología Molecular en el marco de la Licenciatura en Ciencias Biológicas de la UNRC: "El seminario de almacenamiento de información no biológica en ADN". Tomando a esta aplicación biotecnológica como contexto y objeto de problematización la propuesta se focaliza sobre: a) el abordaje de la naturaleza transdisciplinar del área de conocimiento, b) la problematización de relaciones Ciencia-tecnología-sociedad, c) la construcción de sentido en torno a procedimientos y técnicas específicas, d) la comprensión de nociones complejas y abstractas (ADN, mutación). El análisis didáctico de la innovación permite reconocer una estrategia flexible y reflexiva, materializada en diferentes momentos didácticos que permiten abordar la temática en su complejidad y sostener el hilo conductor de la secuencia: momento de sensibilización y provocación, de problematización y ampliación de conocimientos, de un "hacer reflexivo" y de recapitulación y síntesis. Asimismo, las estrategias diseñadas parten de considerar las posibilidades y recursos cognitivos de los estudiantes, así como el componente motivacional de los procesos de aprendizaje, al tiempo que revelan una profunda reflexión epistemológica sobre la naturaleza del saber enseñado y su contextualización en el marco de la formación profesional de los estudiantes.

Palabras clave: Innovación, Universidad, Biología, Didáctica, Investigación.

Introducción

Este trabajo se enmarca en un proyecto de investigación preocupado por comprender en profundidad la complejidad de las prácticas docentes innovadoras en la universidad. Al respecto, un objetivo principal es construir algunas interpretaciones teóricas respecto de las *actuaciones didácticas cotidianas* del educador en ciencias en el contexto del aula universitaria. Más específicamente, cobra relevancia caracterizar aquellas *configuraciones didácticas y epistemológicas* de esas prácticas, en tanto herramienta fundamental para el diseño y refinamiento de propuestas innovadoras en educación superior (Astudillo, et al 2016).

Desde este marco de referencia, a continuación presentaremos la descripción y análisis de una propuesta de *innovación* pensada para la enseñanza de contenidos de

Biología Molecular en el contexto de la formación de futuros licenciados en Ciencias Biológicas en la Universidad Nacional de Río Cuarto. Nos interesa compartir un diseño que, desde un modelo de *investigación-acción*, involucró instancias de acompañamiento pedagógico desde el diálogo interdisciplinario y sostenido entre investigadores y docentes, con la intención de potenciar la naturaleza innovadora del proyecto. Valoramos, en este sentido, el papel formativo de la reflexión dialogada sobre problemas específicos de la enseñanza de contenidos científicos, en el marco de la creación y fundamentación de *coreografías didácticas* (Zabalza, 2004).

Consideramos que dar cuenta de algunas notas distintivas de esta experiencia aportará criterios, principios y alternativas prácticas que pueden ser potentes para pensar otras innovaciones. Es lo que nos proponemos a continuación y, para ello, organizaremos el escrito en dos momentos principales. En una primera parte, ofrecemos una contextualización y caracterización de la propuesta de innovación para valorar, luego, sus potencialidades pedagógicas y didácticas en el marco de lo que hemos definido como sus *momentos didácticos* principales.

La Historia Del Seminario Sobre Almacenamiento De Información No Biológica En Adn

a. Contextualización de la experiencia

El seminario "Almacenamiento de información no biológica en ADN" se desarrolló por primera vez en el año 2015 en el marco de la asignatura *Biología Celular y Molecular*, dictada en el segundo cuatrimestre del segundo año de la Licenciatura en Biología de la UNRC (Universidad Nacional de Río Cuarto). El foco de la asignatura está puesto en el estudio de la célula y sus componentes subcelulares, las interrelaciones entre las mismas, y en la capacidad de reproducirse y diferenciarse. A su vez, se completa el estudio de las principales biomoléculas que conforman los seres vivos, otorgándole un énfasis especial a los ácidos nucleicos (ADN-ARN) y a las proteínas, a su distribución celular y sus mecanismos de regulación, relacionando los mismos con el mantenimiento y la perpetuación de la vida. Por otra parte, se incluyen los aportes de la bioética y la legislación a los nuevos desafíos de las aplicaciones en biotecnología.

Es importante considerar que la carrera (Licenciatura en Ciencias Biológicas) atravesó un proceso de acreditación ante CONEAU (año 2012-2014), lo cual implicó la incorporación de la Biología Molecular y Celular como una nueva materia en el plan de estudios. Este proceso de reorganización fue una oportunidad para superar algunas tradiciones sedimentadas a lo largo de los años y ensayar nuevas formas de enseñanza

b. Las motivaciones y preocupaciones iniciales

En primer lugar, es importante considerar que la biología celular y molecular es un dominio multidisciplinar por naturaleza¹ que está en constante desarrollo conceptual y

1 Se nutre de aportes de la Física, la Ingeniería, la Biología, la Bioquímica, la Genética, etc., siendo muchas veces difusos los límites entre estas disciplinas.

procedimental. Frente a ello, se planteó la necesidad de fortalecer un modelo de enseñanza que permitiera dar cuenta de esta naturaleza disciplinar compleja y de la confluencia de diferentes perspectivas. Además, resultaba desafiante la posibilidad de generar, en el marco del dictado de la asignatura, un espacio menos estructurado y más creativo donde los contenidos se significaran en torno a problemáticas actuales que pudieran ser de interés para los estudiantes.

Fue así como se diseñó un taller sobre lo que denominamos una *aplicación biotecnológica* innovadora: el almacenamiento de datos no-biológicos en polímeros biológicos. Se trata de una aplicación nueva para los alumnos, que les permite pensar fuera de estructuras preconcebidas sobre la trama celular, poniéndolos en contacto con contenidos y procesos que se formulan desde otras disciplinas. Más específicamente, la complejidad del tema es interesante porque permite:

- Poner en evidencia la transdisciplinariedad inherente a la Biología Molecular, ya que la temática puede ser analizada desde diferentes áreas del conocimiento. En este sentido la temática resulta potente para comprender el papel del diálogo entre disciplinas en procesos de innovación científica.

- Introducir a los estudiantes en el área de la *bioinformática* como conjunto de herramientas necesarias para interpretar y dar sentido biológico a la gran cantidad de información que generan las metodologías actuales en este campo (ciencias *ómicas*). Más aun, considerando su papel en la investigación científica actual y su proyección industrial, tecnológica y cultural. Por ejemplo, la cada vez más accesible posibilidad de conocer el genoma humano solamente sería una colección de letras sin sentido si la bioinformática no permitiera extraer información biológica de importancia (conocer la predisposición para sufrir enfermedades) que permite la reinterpretación de la secuencia.

- Presentar estrategias procedimentales que se utilizan en las investigaciones en Biología Molecular (por ejemplo, secuenciación de ADN y análisis de las secuencias resultantes a través de software específicos).

- Promover la reflexión sobre las relaciones Ciencia-Tecnología-Sociedad implicadas en estos desarrollos. Nos referimos al impacto de este conocimiento científico en problemáticas sociales (desde cómo almacenar grandes volúmenes de información hasta actuar sobre la salud de las poblaciones), asumiendo el rol y la responsabilidad de los investigadores cuyas prácticas trascienden las paredes del laboratorio y poseen implicancias éticas. En un contexto social en el que hay cada vez mayor necesidad de almacenar grandes caudales de información en un espacio físico y virtual limitante, se promueve la búsqueda de alternativas que posibiliten dicho almacenamiento. Por su parte, las enfermedades infecto-contagiosas que generaron miles de pérdidas de vida en el mundo, promovieron la investigación sobre los agentes causales de dichas enfermedades y las posibles estrategias para mitigarlas (vacunas, antibióticos, métodos de esterilización, asepsia).

- Promover la comprensión de un concepto muy abstracto (el ADN como almacenamiento de información y lenguaje de la vida), a través de una analogía entre la molécula y los dispositivos tecnológicos de uso habitual para el almacenamiento de

información (pen drive, CD, DVD). La analogía como recurso didáctico también fue utilizada para abordar el concepto de mutación. Concretamente, a partir de la aplicación BaNDA (http://adnmusica.uade.edu.ar/trans_mus_adn.php) se convirtió una melodía conocida (Feliz Cumpleaños), es decir, una secuencia de notas musicales, en ADN, una *secuencia de nucleótidos*. Posteriormente, se alteró dicha secuencia de ADN para evidenciar cómo diferentes tipos de mutaciones (deleciones, inserciones, sustituciones, corrimiento del marco de lectura) producen un grado variación en la melodía desde lo prácticamente imperceptible (mutaciones silenciosas) hasta producir la pérdida de identidad de la misma (corrimiento del marco de lectura).

En este marco, se optó por la analogía o modelo analógico como un dispositivo didáctico facilitador del aprendizaje de conceptos abstractos, en la medida en que apela a conceptos y situaciones que tienen un claro referente en la estructura cognitiva de los alumnos. De hecho, la analogía permite fabricar sobre los contenidos una representación analógica mediada por conceptos cotidianos, cercanos al sentido común de los estudiantes (Galagovsky y Adúriz Bravo, 2001).

Caracterización De Las Actividades Desarrolladas En El Seminario

El equipo docente asumió como desafío una ingeniería de diseño de enseñanza que permitiera un abordaje a nivel epistemológico y didáctico; decidiendo y argumentando el valor pedagógico de las actividades organizadas en cinco encuentros.

Primer encuentro

Se proyectó el video de la canción "This too shall pass" del grupo Ok Go sin previa presentación o explicación. Una vez que finalizó la proyección del mismo, se consultó al grupo de alumnos si conocían el grupo y/o la canción. Luego se les comentó acerca de la particularidad de este material audiovisual: está completamente almacenado en ADN.

La delimitación de la temática: almacenamiento de información NO biológica en ADN, se fue conceptualizando al complementarlo con la lectura de artículos digitales sobre la temática y construyendo algunos esquemas de significado y relaciones:

- ADN, el disco duro del futuro (<http://blogs.20minutos.es/ciencias-mixtas/2015/02/20/adn-el-disco-duro-del-futuro/>).
- Adiós a la nube: el archivo digital del futuro es el ADN (http://www.elespanol.com/ciencia/20160415/117488573_0.html).
- Microsoft implementará el almacenamiento de datos en ADN en 2020 (<http://computerhoy.com/noticias/hardware/microsoft-implementara-almacenamiento-datos-adn-2020-62994?amp=#ampshare=http://computerhoy.com/noticias/hardware/microsoft-implementara-almacenamiento-datos-adn-2020-62994?amp%3D>).

Los esquemas realizados en la clase por los alumnos fueron socializados para compartir y reflexionar acerca de la argumentación sobre las relaciones conceptuales

establecidas y plasmadas en dichos esquemas. Estos esquemas fueron recuperados a lo largo de los encuentros, con el objetivo de que fueran modificados y/o repensados a partir de lo abordado en cada instancia del seminario. Como cierre de este primer encuentro, se proyectó una conferencia en video en la cual se realiza una reflexión novedosa y atractiva acerca del origen de las buenas ideas.

Segundo encuentro.

Durante este encuentro se realizaron actividades que permitieron a los alumnos reflexionar acerca de los alcances de la ciencia y en particular de esta nueva aplicación tecnológica. Se les pidió que resumieran en una palabra su percepción acerca de la posibilidad de almacenar información no-biológica en ADN. Además, se les propuso analizar los siguientes links que pertenecen a material de divulgación no académica acerca del almacenamiento de información no-biológica en ADN. A continuación de los textos, aparecen comentarios y opiniones de los lectores. Estos comentarios constituyen un reflejo de la percepción por parte de la sociedad y favorecen el diálogo reflexivo y crítico en la clase.

<http://hacedores.foroactivo.com/t712-insertan-himno-nacional-argentino-en-una-bacteria>

<http://www.20minutos.es/noticia/1900875/0/himno/argentina/bacteria/>

<http://www.taringa.net/posts/info/17154868/El-Himno-Nacional-argentino-entra-al-ADN-de-una-bacteria.html>

Se solicitó a los alumnos que resumieran en una palabra algunos de estos comentarios y que los contrastaran con sus percepciones e identificaran similitudes y diferencias. Complementariamente, en el marco de una exposición dialogada con la participación de docentes invitados (área de epistemología y educación), se introdujo una reflexión sobre la naturaleza de las prácticas científicas y tecnológicas involucradas en el desarrollo de la aplicación. Esta reflexión se estructuró en torno algunos ejes relevantes: límites de la ciencia (teóricos, prácticos, éticos), comunicación pública de la ciencia, percepción social de la ciencia, la ciencia como práctica política, los diálogos de la ciencia con otros ámbitos de la cultura humana. Se retomó el esquema realizado en el primer encuentro buscando precisar los dilemas que ese desarrollo suscita.

Tercer encuentro

En esta instancia se estableció un diálogo teórico-práctico con un especialista en informática respecto de cómo se lleva a cabo el proceso de transformación de información no biológica de modo de aproximarse luego al análisis del concepto de secuencia desde el punto de vista informático (usando algoritmos matemáticos).

En un segundo momento, a partir de juegos informáticos se efectuaron diseños en las computadoras que posibilitó a los alumnos ir comprendiendo los procesos de

transformación digital en secuencia de ADN. Y luego, a modo de integración y metacognición sobre estos nuevos conceptos, los alumnos revisaron los esquemas realizados inicialmente y se modificaron o complementaron con nuevos argumentos.

Cuarto encuentro

En este encuentro se trabajó la idea de secuencia en distintas áreas del conocimiento y en la vida cotidiana y se introdujo así la importancia de la representación de las moléculas (analizadas con métodos matemáticos e informáticos.) Cabe señalar, el valor de pensar y ensayar preguntas conceptuales y procedimentales sin des-contextualizar el juego completo de la temática (Perkins, 2010), hecho que implica ir articulando el rigor técnico y el lenguaje específico con el ámbito conceptual del problema que dicho ejercicio implica. Estas relaciones fueron recuperadas en una nueva revisión del esquema inicial.

Cabe señalar que en biología se utilizan secuencias para representar polímeros, como por ejemplo, los ácidos nucleicos y las proteínas. Cada posición de la secuencia representa uno de los monómeros del polímero (que se colocan en el orden el que aparecen en la molécula). La representación de las moléculas a través de secuencias, conlleva inevitablemente una pérdida de información. Pero, por otra parte, esa representación de las moléculas las hace accesibles para ser analizadas mediante métodos matemáticos e informáticos.

En el marco del "almacenamiento de información no-biológica en ADN", investigadores de la UADE dirigidos por el Dr. Federico Prada crearon un algoritmo que permite transformar música (en formato midi) en una secuencia de ADN. Utilizando ese algoritmo, se solicitó a los alumnos que transformaran la información representada en un archivo de audio (midi) que corresponde a la secuencia de notas codificada en una partitura, en su correspondiente secuencia de ADN.

Los alumnos realizaron las siguientes tareas:

a) Utilizando el algoritmo disponible en la página http://adnmusica.uade.edu.ar/trans_adn_mus.php, transformar el archivo midi "canción X" (Anexo) a su correspondiente secuencia de ADN. Analizar la secuencia obtenida e identificar cuántas bases tiene y en qué porcentaje se encuentra cada una de ellas.

b) Identificar cuántos pb necesita el algoritmo para codificar cada una de las notas, su duración y volumen y cuántas bases son las que proveen la información sobre el volumen de las mismas.

c) Definir cuál es el máximo número de notas de igual volumen que el algoritmo puede codificar y cuántos niveles de volumen puede ejecutar.

d) Transformar secuencias de ADN a música, utilizando el algoritmo inverso presente en la misma página. Escuchar las distintas canciones-proteínas e identificar las diferencias que existen entre ellas.

e) Establecer cómo es posible saber cuáles son las diferencias que existen a nivel

molecular entre estas secuencias y la original e identificar, a nivel de nucleótidos, cuáles son estas diferencias. Definir a qué tipo de mutaciones corresponden y relacionar el tipo de mutación con el efecto producido.

g) Reflexionar acerca del trabajo de los investigadores de la UADE, donde el ADN correspondiente a la introducción del himno fue sintetizado, ligado en un plásmido, y luego transformado en una bacteria: ¿qué desventajas puede tener el almacenamiento de información en un organismo biológico? ¿de qué manera podría salvarse este potencial inconveniente?

Quinto encuentro

Durante este último encuentro, los alumnos en grupos, presentaron y defendieron sus producciones sobre publicidades que intentaban promocionar el servicio de una supuesta empresa que se “dedica al almacenamiento de información digital en ADN”. Esta tarea se anticipó en el primer encuentro con la intención de que fuera producto del análisis, reflexión y cuestionamiento de la temática planteada. En su momento, se les propuso que imaginen que son publicistas de una empresa dedicada al almacenamiento de información digital en ADN y que deben diseñar una publicidad promocionando este servicio. De este modo, se apuntó a la integración de conceptos apelando a estrategias comunicacionales y persuasivas. Esta actividad permitió situar a los alumnos en un protagonismo diferente, no solo dando razones técnicas y metodológicas sobre el modelo estudiado, sino sobre sus posicionamientos personales y potencialidades creativas.

Análisis Didáctico De La Experiencia

Tras la implementación y registro de cada encuentro, se ha intentado captar el sentido global de las actividades para luego delimitar lo que consideramos los principales momentos didácticos de la propuesta atendiendo a: los propósitos que prevalecen, el tipo de actividades diseñadas y los contenidos abordados. Cada uno de los momentos didácticos que se han identificado, se constituye a partir de una síntesis de los rasgos esenciales y comunes. Ello significa que los momentos no necesariamente se corresponden término a término con los encuentros descriptos, sino que los límites entre ellos son fronteras lábiles que demarcamos a los fines del análisis, en el devenir de la secuencia de clases observada (Astudillo, 2015):

a. Momento de sensibilización y provocación

En este momento se procura captar la curiosidad de los estudiantes aprovechando la naturaleza novedosa de la aplicación y promover una actitud positiva hacia la temática provocando que los estudiantes formulen cuestionamientos al respecto. Además, se promueve la evocación y explicitación de saberes previos y percepciones sobre la aplicación biotecnológica. Los estudiantes realizan interpretaciones a partir de *activar* sus esquemas y saberes previos relacionados con la temática, lo cual supone recrear conceptos ya abordados en la asignatura pero ahora desde una demanda provocadora. De este modo, se moviliza una discusión preliminar sobre el valor de la aplicación en términos de riesgos,

implicancias, ventajas, desventajas, proyecciones, alcances.

En palabras de los alumnos: *"Hay desconcierto y miedo a lo desconocido... me entusiasma saber que no sabemos."* *"Hay estereotipos en nosotros y pensamientos que no es fácil dejar..."* *"...me voló el sombrero esto, es demasiado lo que se puede hacer!"*

b. *Momento de problematización y ampliación de conocimientos*

Este momento se caracteriza por ofrecer oportunidades para contrastar posiciones y argumentos, incorporar diferentes facetas de la temática: ética, plausibilidad técnica, proyección empresarial, impacto ambiental, implicancias culturales, viabilidad económica. Se explicitan significaciones divergentes, percepciones y valoraciones múltiples a partir de incorporar la referencia a otros contextos. De este modo, se favorece una perspectiva compleja y multidimensional que amplía y profundiza la reflexión sobre proyecciones y valor de la tecnología. En este sentido, los estudiantes expresan por ejemplo: *"Es una gran oportunidad histórica, si es crítico y responsable su uso."* *"Los comentarios que sacamos de internet muestran la 'sombra' de dudas de la gente."* *"...puede ser dudosa su finalidad aún"* *"Eso de que perdura a futuro...es sorprendente!"*. Asimismo, la problematización permite tomar distancia de los casos y contextos y pensar a la ciencia y sus productos desde una perspectiva más abstracta y general.

c. *Momento del hacer reflexivo*

Conservando la perspectiva reflexiva sostenida durante la secuencia, este momento se centra sobre el sentido de los procedimientos y técnicas específicos. Se promueve, así, la deconstrucción reflexiva de la técnica. Además, los estudiantes tienen la oportunidad de vivenciar la colaboración interdisciplinar (biología – informática) y ser protagonistas en la puesta en marcha de los diseños y procedimientos. Los conceptos se profundizan y desarrollan en el contexto del juego completo de la estrategia, implicando instancias de resolución de problemas. Algunas expresiones de los estudiantes ilustran estas características: *"Hay límites entre lo biológico y la computación... son difusos pero hay que saber buscarlos."* *"Pudimos ver de otro modo las mutaciones y sus condiciones."* *"Está bueno ver lo multidisciplinar en acción con los profesores... hablan diferente de la misma cosa."*

d. *Momento de recapitulación y síntesis*

En este momento, el propósito primordial es recuperar e integrar lo abordado a fin de retomar el hilo conductor de los encuentros. En segunda instancia, interesa propiciar una síntesis superadora. Se caracteriza por la oportunidad de explicitar argumentos, valoraciones y evaluaciones sobre la temática y sus proyecciones. Por ejemplo, en el último encuentro, con el diseño de la publicidad se busca que los alumnos puedan decidir críticamente qué aspectos realzar y con qué razones. Asimismo, sirve como instancia para recapitular percepciones iniciales, tomando conciencia de las nuevas aristas de la temática que el seminario ha ido aportando. Se genera, así, un espacio para desarrollar ideas e imaginar escenarios donde se ponen en valor las potenciales relaciones entre ciencia, tecnología y vida cotidiana. La consigna se vuelve en un ejemplo prototípico de una

estrategia que apunta a procesos cognitivos como precisar, repasar, ordenar conceptos, establecer relaciones, imaginar, proyectar, entre otros.

Conclusiones

La caracterización didáctica de esta innovación nos permite sintetizar ahora algunos rasgos o principios que, a nuestro criterio, revisten especial relevancia en procesos de cambio educativo. En primer lugar, nos interesa resaltar el protagonismo y compromiso personal del equipo docente, junto al enfoque epistemológico asumido que tiene como eje a la reflexión y problematización crítica de los contenidos, la consideración de la naturaleza de la disciplina de referencia y su contextualización en el marco de la asignatura y la formación profesional de los estudiantes.

En segundo lugar, destacamos el valor de la colaboración entre docentes, especialistas y disciplinas, así como la adopción de una estrategia flexible y reflexiva respecto de los componentes didácticos y curriculares de la práctica docente. Ello se expresa en diversos momentos didácticos que dan sentido a la innovación, abren la posibilidad de abordar la temática en su complejidad y permiten sostener el hilo conductor de la secuencia. Además, el acompañamiento pedagógico y la colaboración en el diseño didáctico, materializa una relación sustantiva entre formación docente e innovación y revelan una apuesta por una práctica reflexiva y fundamentada.

En tercer lugar, creemos relevante señalar la centralidad otorgada a las relaciones teoría-práctica, en tanto eje relevante del currículum universitario. Al respecto, reconocemos como estrategia potente a la *contextualización* tanto de conceptos como de procedimientos, en el marco de desarrollos tecnológicos reales y actuales, que implican dilemas relevantes y significativos.

Finalmente, reconocemos también la significación del alumno desde la consideración y anticipación de sus posibilidades y recursos cognitivos, así como los componentes motivacionales y afectivos de los procesos de aprendizaje. Esta preocupación se evidencia en el cuidadoso diseño de estrategias didácticas específicas y la selección de recursos especialmente pensados para mediar la contextualización de los contenidos, promover su problematización y movilizar actitudes positivas frente a su abordaje.

En este sentido, es claro que la innovación se piensa mucho más allá de la simple sustitución de unos recursos o formatos por otros. Aún más, creemos que este esfuerzo por comprender la naturaleza de los procesos cognitivos y motivacionales de los alumnos para ajustar la intervención pedagógica en el proceso de enseñanza, da lugar a *coreografías didácticas* que tienen la potencialidad de inspirar modelos de buenas prácticas en la universidad.

Referencias Bibliográficas

Astudillo, M. (2015) Pensamiento y acción docente en la enseñanza de las ciencias. Un estudio de casos en la Universidad. Tesis de maestría en Educación Superior no publicada.

Universidad Nacional de San Luis, San Luis, Argentina.

Astudillo, M.; Astudillo, C. y Rivasosa, A. (2016) Recorridos en investigación, formación docente e innovación en la enseñanza de las cienciasz en la UNRC. En Vogliotti, A.; Barroso, S. y Wagner, D. (comp.) "45 años no es nada...para tanta historia". Río Cuarto: UniRío Editora.

Galagovsky, L. y Adúriz Bravo, A. (2001) Modelos y analogías en la enseñanza de las Ciencias Naturales. El concepto de modelo didáctico analógico. *Enseñanza de las Ciencias*, 19(2), 231-242.

Perkins, D. (2010). *El aprendizaje pleno. Principios de la enseñanza para transformar la educación*, México: Editorial Paidós.

Zabalza, M. A. (2004). *La enseñanza universitaria: el escenario y sus protagonistas*. Madrid: Narcea