

LA SIMULACIÓN DE PROYECTOS CIENTÍFICOS COMO HERRAMIENTA CONSTRUCTORA DE CONOCIMIENTO EN LA ENSEÑANZA DE QUÍMICA BIOLÓGICA

María Julia Lamberti, Daniela Beatriz Medeor, Noelia Edith Monesterolo y Ana Luz Serra
mjulialamberti@gmail.com
Universidad Nacional de Río Cuarto
República Argentina

Introducción

Tomando como propias las preguntas de Jackson (2015) acerca de las condiciones que promueven el desarrollo del pensamiento y de cómo la educación ayuda a establecerlas, el autor señala que esto ocurre fijando un conjunto limitado de objetivos cognitivos (que forman el contenido de un curso) y luego manteniendo la atención de los estudiantes el tiempo suficiente para alcanzar niveles preestablecidos de percepción y entendimiento. El autor señala que una de las principales tareas de la educación es canalizar el movimiento del pensamiento, que puede moverse horizontal, vertical o elípticamente (Jackson, 2015). En el afán de guiar estos movimientos en nuestros alumnos para lograr la construcción activa de los conocimientos hemos implementado cambios pedagógicos en la asignatura Química Biológica (QB) para alumnos de las carreras Microbiología y Técnico de Laboratorio que son expuestos en este trabajo.

La Química Biológica (QB) pretende enseñar la bioquímica de la célula en forma teórica y práctica, siendo esta última actividad crucial ya que, aplicando determinadas técnicas de laboratorio, se pone de manifiesto la química de las diferentes moléculas (lípidos, glúcidos, proteínas y ácidos nucleicos).

Durante nuestra práctica docente hemos detectado la falta de motivación de los alumnos para la realización de determinados trabajos prácticos (TPs). Entonces nos propusimos detectar las causas de dicha desmotivación y encontramos que el cronograma de TPs estaba organizado de tal manera que dificultaba a los alumnos poder establecer relaciones entre los temas. La consecuencia observada fue que los alumnos tendían a memorizar la teoría y la metodología de análisis de datos en lugar de relacionar y comprender los contenidos. Por ello se observaba que los alumnos presentaban dificultades para integrar los contenidos teóricos y relacionarlos con los TPs de laboratorio, como así también para relacionar los TPs entre sí. Particularmente en este último caso, el origen del problema podría atribuirse al hecho que los alumnos recibían una guía de TPs con todas las indicaciones, protocolos y técnicas a llevar a cabo en el laboratorio, lo que reducía su accionar a ejecutar una receta. Esta mecánica limitaba la posibilidad que el alumno investigue acerca del problema a resolver, que pueda explicar y fundamentar los resultados y las dificultades encontradas y proponer posibles alternativas de solución.

A pesar que los TPs de laboratorio han sido mejorados en los últimos años en respuesta a los requerimientos de los alumnos y a la aparición de nuevas tecnologías, las dificultades en el dictado de la materia persistían. Un ejemplo de esto fue la incorporación de un TP de bioinformática, que se desarrollaba al final del cursado de la asignatura. Este TP tiene como objetivo que el alumno sea capaz de manejar determinadas herramientas informáticas y bases de datos biológicos disponibles. Para desarrollar este TP los alumnos utilizan un tutorial que los va guiando a través de diferentes páginas web y aplicaciones. Si bien consideramos que el tutorial es ameno, detectamos que los alumnos no lograban visualizar la importancia o la aplicación de estas herramientas y pensamos que la causa de este problema podía encontrarse en la ubicación temporal de esta clase, ya que en la práctica científica corriente de un laboratorio de bioquímica, la bioinformática se utiliza como herramienta previa para predecir funciones y parámetros biológicos que luego son comprobados experimentalmente.

Objetivos e hipótesis

Nuestro principal objetivo fue incrementar la motivación y el interés de los alumnos. Atendiendo a este punto se implementó una estrategia didáctica en el marco de un Proyecto de Innovación e Investigación para el Mejoramiento de la Enseñanza de Grado (PIIMEG), en base a la hipótesis de que la reestructuración de la serie de TPs de laboratorio tanto a nivel temporal como a nivel del eje de discusión, predispondría al alumno a actitudes más activas y dinámicas en la interacción con los contenidos, con sus compañeros y con los docentes. Este planteo está de acuerdo con lo explicado por Galagovsky & Muñoz (2002).

Desarrollo de la propuesta

Propuesta innovadora

Como señala Chalmers (en Chalmers, Sedeño & Villate, 2000), en lo que se refiere a la percepción, con lo único que el observador está en inmediato y directo contacto es con sus experiencias. Estas experiencias no están dadas de modo unívoco ni son invariantes, sino que cambian con las expectativas y el conocimiento. Esta metodología pretende desarrollar un cuerpo de conocimientos que describan los casos individuales para poder llegar a abstracciones concretas y particulares –y no abstractas y universales–, pero de las cuales se puedan generar patrones para extraer lo que es generalizable a otras situaciones y lo que es específico de una situación y un contexto determinado. El estudio de casos es uno de los métodos más característicos dentro de esta metodología, y se ha llegado a definir como *un examen detallado de una situación, de un sujeto o de un evento* (Colás-Bravo & Eisman, 1998). Se pretende lograr en los alumnos un aprendizaje significativo, en el cual, tal como definen Galagovsky & Muñoz (2002), los conceptos inclusores ya existentes en la estructura cognitiva del sujeto permitan el anclaje de la nueva información.

Las conceptualizaciones acerca del aprendizaje significativo surgen a partir de los aportes de Ausubel, Novak & Hanesian (1968). De acuerdo con esta teoría el verdadero aprendizaje es el significativo y será distinto en cada alumno porque dependerá de sus recursos cognitivos. Por ende, este tipo de aprendizaje aumenta la capacidad cognitiva del sujeto, aumentando el número de conceptos potencialmente inclusores para subsiguientes aprendizajes significativos. De acuerdo a lo publicado por Gibbs & Fox (2000), cuando los profesores ofrecen a los alumnos retroalimentación frecuente, éstos consiguen mejorar su rendimiento y el del conjunto. Si los alumnos perciben de una forma clara qué tienen que aprender y qué les queda todavía por asimilar, avanzan más de prisa. Obviamente para realizar esta tarea, los profesores han de tener una profunda comprensión en la temática.

Por otra parte y como valor agregado, se pretende llevar a cabo la enseñanza de QB con bases teóricas que surgen como resultado de la experiencia adquirida por los docentes en el laboratorio de investigación científica básica. En este sentido, y convencidos de la importancia que tiene la transferencia de la actividad de investigación a la docencia, docentes que forman parte de este proyecto generaron propuestas de prácticos de laboratorio para alumnos de nuestra Universidad. El planteo surgió a partir de la experiencia personal adquirida en los trabajos de investigación y su adaptación al dictado de cursos regulares de grado y/o postgrado (Beassoni *et al.*, 2010; Infantes *et al.*, 2012; Massimelli *et al.*, 2005; Previtali, Giordano & Domenech, 2003).

Tal como señalan Ottobre y Temporelli (2013), si el alumno aparece implicado dentro del proceso creativo, es decir, como coautor de las leyes y principios de un campo dado, la enseñanza deja de ser un traspaso de información a un estudiante pasivo, quien la absorbe y la pone a disposición del docente demandante (Ottobre & Temporelli, 2013). Consideramos que la propuesta implementada le ofreció al alumno la posibilidad de conectar los contenidos de la asignatura con el trabajo cotidiano de un laboratorio de investigación bioquímica, acercándolo de esta forma a las actividades propias de su futura vida profesional.

Estrategia aplicada

Galagovsky (en Galagovsky & Muñoz, 2002) explica que si el contenido a enseñar está relacionado con los intereses de los alumnos, éstos estarán motivados y el aprendizaje será significativo. Mediante la unificación de diferentes trabajos prácticos (bioinformática, ácidos nucleicos, proteínas, enzimas) enmarcados en un proyecto de investigación y recopilados de forma continuada en una única guía, se pretendió simular las actividades realizadas en un laboratorio de investigación dedicado a la bioinformática, la biología molecular y la bioquímica de proteínas.

El desafío superador propuesto en el proyecto se basó en la reestructuración de la serie de trabajos prácticos de laboratorio para estudiar los contenidos de Química Biológica a través del planteo de una hipótesis de trabajo (el gen *pchP* de *Pseudomonas aeruginosa* codifica para una proteína con actividad fosforilcolina fosfatasa) y de los objetivos generales (determinar la función del gen *pchP*) y particulares (comprobación del clonado, sobreexpresión de la enzima, purificación, evaluación por electroforesis desnaturalizante en gel de poliacrilamida, determinación de la actividad enzimática, evaluación del efecto de inhibidores, etc.) a cumplir a lo largo del cuatrimestre. En este contexto, la hipótesis se transformó en el hilo conductor que le permitió al alumno entender que no sólo estaba estudiando conocimientos específicos de la asignatura, sino generando una base de conocimientos que lo habilitaría para abordar en forma integral futuras dificultades profesionales, evitando quizás de esta manera una visión unidimensional del problema, su análisis y posible resolución. Con esta finalidad, se llevó a cabo una serie de trabajos prácticos integrados y continuados en el tiempo, cuya realización permitió determinar la validez de la hipótesis al finalizar el cuatrimestre.

Con el objetivo de establecer relaciones entre el trabajo de investigación propuesto y la temática propia de la asignatura, se planteó el siguiente eje estudio de casos-metodología (Tabla 1).

Tabla 1: Eje estudio de casos-metodología aplicado en el dictado de los trabajos prácticos. Relación entre el estudio de casos, basados en un proyecto de investigación y el plan de estudio propio de la materia

Estudio de caso	Metodología de la materia
Efecto del crecimiento de <i>P. aeruginosa</i> con colina como única fuente de carbono y nitrógeno sobre otros componentes orgánicos como carbohidratos y lípidos.	- Cuantificación de carbohidratos por el método de antrona. - Identificación de lípidos por cromatografía en capa delgada.
Caracterización el gen que codifica para la enzima fosforilcolina fosfatasa (PchP).	- Extracción de ácidos nucleicos. - Cortes con endonucleasas de restricción. - Electroforesis de ácidos nucleicos.
Descripción de parámetros estructurales y funcionales de la proteína PchP	- Purificación de la enzima por fraccionamiento salino y cromatografía. - Evaluación de la eficiencia de la purificación por SDS-PAGE y medición de actividad enzimática. - Caracterización de parámetros cinéticos en presencia y ausencia de inhibidores.

En lo que respecta a los aspectos organizativos, cada práctico contenía una guía de preguntas y problemas orientadores, para que los alumnos conozcan la temática abordada en el trabajo de laboratorio previamente a su realización. Se sugirió a los alumnos que resolvieran los problemas antes de concurrir a la clase, recurriendo al asesoramiento de los docentes disponibles en la cátedra en sus horarios de consulta, cuando fuera necesario.

En todos los casos en que se inició un tema o actividad nueva, los docentes realizaron el apoyo correspondiente con técnicas expositivas e interrogativas, lectura dirigida y/o medios audiovisuales.

Para la realización de las actividades prácticas, los alumnos se dividieron en pequeños grupos, con planificación orientada, debate conjunto de los resultados obtenidos, resolución de problemas y prácticas con tutoriales en formato digital. Se incentivó la discusión entre los diferentes grupos previa interpretación de los resultados obtenidos en forma individual. Los resultados fueron discutidos al finalizar cada TP y los alumnos anotaron en la guía resultados y conclusiones, problemas surgidos y posibles soluciones. Al finalizar el dictado de cada TP, los alumnos redactaron un informe grupal donde analizaron sus resultados y elaboraron conclusiones basándose en las hipótesis planteadas y en los objetivos generales y específicos de cada tema.

La reestructuración de la guía de trabajos prácticos de laboratorio consistió en cambiar el eje de discusión, partiendo de una situación problematizadora que fue analizada de manera integral durante todo el cursado de la materia. Esta idea innovadora permitió anclar los conocimientos sobre una situación definida y concreta que sirvió de base para presentar la secuencia de trabajos prácticos.

La situación problematizadora estuvo focalizada en el estudio de un factor de patogenicidad de la bacteria *Pseudomonas aeruginosa* denominado fosforilcolina fosfatasa (PchP). *Pseudomonas aeruginosa* es un patógeno oportunista responsable de graves problemas pulmonares en pacientes inmunocomprometidos y en personas afectadas de fibrosis quística. La enzima PchP ha sido intensamente utilizada como modelo de estudio por parte del grupo de investigación que dirige la Dra. Lisa, docente responsable de la materia (Domenech *et al.*, 2011). De esta forma hemos *logrado integrar el proyecto de investigación con el proyecto de docencia*, dándole un sentido amplio y propulsando de esta forma el interés de los alumnos.

Por otro lado, la innovación nos ha permitido abarcar toda la serie de trabajos prácticos de la materia nucleándolos bajo la premisa de *generar conocimiento a partir de una situación concreta*. El hecho de que el aprendizaje estuviera enmarcado dentro de un eje conductor, vinculando cada tema con el previo y el siguiente, permitió una *demonstración activa por parte del estudiante de su capacidad de poner en acción los conocimientos adquiridos*.

Volviendo al punto de partida, y tal como señalan Ottobre y Temporelli (2013), la motivación tiene aparejada un estado de continuo movimiento guiado por objetivos claros y definidos y explicitados en el contrato básico de todo proceso de enseñanza-aprendizaje: el plan de estudios. Se impone, por lo tanto, crear formas de medir y evaluar no sólo el estado inicial y final sino los pasos comprometidos en el proceso de adquisición del conocimiento (Ottobre & Temporelli, 2013).

La evaluación aplicada fue un elemento potenciador del replanteamiento constante de todo el proyecto en sus diferentes fases. Se realizaron evaluaciones en diferentes etapas (al inicio, durante la ejecución y al finalizar el proyecto) y a diferentes sujetos (alumnos y docentes), con el propósito de utilizarlas para mejorar los resultados, optimizar el proceso de ejecución y reconsiderar los objetivos propuestos.

Evaluación de la estrategia metodológica

Los alumnos fueron evaluados en forma oral durante el desarrollo de la experiencia práctica y en forma escrita al finalizar cada trabajo práctico, en relación a los contenidos presentados en la guía. Cabe aclarar que esta modalidad de evaluación escrita al final del trabajo de laboratorio fue implementada durante el año 2014, ya que previamente los cuestionarios se realizaban antes de iniciar el dictado del mismo. También fueron evaluados mediante la realización de 3 exámenes parciales escritos a lo largo del cuatrimestre.

Por otra parte, se llevó a cabo una investigación evaluativa de la intervención propuesta con el objeto de mejorar los resultados, optimizar el proceso de ejecución y, si fuera preciso,

reconsiderar los objetivos propuestos inicialmente. En este sentido, se realizaron 3 tipos de evaluaciones:

- Evaluación por parte del alumno: se realizaron encuestas escritas anónimas la primera y la última clase del cuatrimestre, que estuvieron a cargo de los docentes de trabajos prácticos. Las encuestas iniciales tuvieron como objetivo identificar las expectativas que los alumnos tienen con respecto a la asignatura; las encuestas finales estuvieron orientadas a determinar cuáles de estas expectativas fueron cumplidas en su totalidad, cuáles parcialmente y cuáles no fueron cumplidas, dando lugar a la formulación de sugerencias. Las encuestas se analizaron a través del Análisis de Componentes Principales (ACP) utilizando el paquete estadístico SPAD Version: MN: 5.6.0. El Análisis de Componentes Principales (ACP) es una técnica estadística de síntesis de la información, o reducción de la dimensión (número de variables). Es decir, ante un banco de datos con muchas variables, el objetivo será reducirlas a un menor número perdiendo la menor cantidad de información posible (Gurrea, 2000).
- Evaluación a través del análisis de los exámenes: los docentes analizaron detalladamente los exámenes para identificar problemas globales y puntuales durante la ejecución del proyecto.
- Evaluación por parte del docente: al inicio del proyecto, cada docente elaboró una lista de expectativas que esperaba se cumplieran durante la ejecución del proyecto. Al finalizar el mismo, en base a lo esperado, se realizó una auto-evaluación y un informe crítico sobre los cambios observados y objetivos cumplidos, reformulados o por cumplir.

Resultados

En este apartado se propone analizar los resultados del proyecto innovador con herramientas adquiridas antes, durante y después de su ejecución. Esto permitirá medir los efectos de la innovación aplicada en comparación con las metas planteadas, a fin de tomar decisiones subsiguientes para mejorar la ejecución futura.

Los alumnos fueron evaluados por dos metodologías diferentes: a) encuentros previas y posteriores al dictado de la asignatura, y b) exámenes parciales, cuestionarios al finalizar cada encuentro y evaluaciones orales durante el desarrollo de la clase.

En relación a los exámenes parciales, hemos observado una diferencia notable en los resultados obtenidos principalmente en el primer parcial evaluador de los contenidos prácticos. En el año 2009, antes de la implementación del proyecto PIIMEG, sólo el 43% de los alumnos aprobó el primer parcial. Este porcentaje fue aumentando rápidamente año tras año hasta alcanzar un 81% en el año 2014. Esto nos da indicio de que las innovaciones realizadas a partir de los proyectos pedagógicos permiten que los estudiantes comprendan, adquieran y construyan conocimientos desde el inicio del cursado. En cuanto a este punto, y frente a los cambios mencionados anteriormente, a través de la evaluación oral y de los cuestionarios evaluados en cada encuentro, hemos advertido que hubo una mejor predisposición de los alumnos para tomar actitudes más activas y dinámicas en la interacción con los contenidos, con sus compañeros y con los docentes.

Asimismo, del análisis de las encuestas, concluimos que la mayoría de los estudiantes comenzó el cursado con buenas expectativas en relación a la materia, catalogándola como *“muy interesante y poco aburrida”*. Consideraban que los contenidos prácticos colaborarían con la comprensión de la teoría aplicada a la Química Biológica y fundamentalmente con su formación profesional. Muchos de ellos sugirieron que *sería bueno que se hagan pasantías, tomar muestras, analizarlas y sacar propios resultados*, lo cual fue altamente positivo debido a que el objetivo principal de la innovación era que los alumnos trabajaran enmarcados dentro de un proyecto de investigación y que adoptaran los datos obtenidos de los experimentos como propios de su proyecto. Otro alumno reflexionó: *“Espero poder encontrar en este espacio un buen ambiente para debatir, replantear y adquirir nuevos conocimientos”*, coincidiendo nuevamente con los objetivos planteados por los docentes.

Las encuestas realizadas al finalizar el cursado demostraron que *“la reestructuración del material didáctico para el dictado de los trabajos prácticos cubrió las expectativas”* en gran parte de los

alumnos. Este grupo opinó favorablemente en relación a la elaboración de las guías de trabajo, indicó haber utilizado el material provisto por los docentes y manifestó interés en las temáticas abordadas y su correlación con el módulo teórico de la materia. Además, estos alumnos declararon que las evaluaciones fueron acordes a los temas tratados en clase, argumentando que fueron de gran utilidad *“las preguntas al final del práctico para sacar dudas”* (en relación a la guía de preguntas orientadoras). Rescatamos valiosamente la opinión de un alumno recurrente: *“La modificación de los apuntes, la modalidad de entrega de informes y la modalidad de evaluación (...) ha sido mucho más eficiente que las modalidades que se manejaban en años anteriores”*. Sin embargo, otro grupo de alumnos criticaron las guías de práctico y no estuvieron de acuerdo con la metodología de evaluación. Analizando las sugerencias, pudimos identificar como problema clave el tiempo limitado para profundizar las discusiones tanto en clase como al momento de realizar los informes, lo que impedía que ciertas temáticas fueran comprendidas correctamente. Por otro lado, se detectó la necesidad de una mayor interrelación entre el dictado del módulo teórico y el módulo práctico y la contextualización de la problemática orientándola en parte a la salud humana.

En cuanto a la acción docente, Ottobre y Temporelli (2013) señalan que ésta es fundamental para elaborar estrategias de intervención en el aula (Ottobre & Temporelli, 2013). Aunque los alumnos se encuentren trabajando independientemente, determinadas formas de contextualización de la actividad por parte de los profesores y determinadas formas de interacción en el aula contribuyen positivamente a que los alumnos desarrollen formas de enfrentarse a las tareas escolares que los ayudan a mantener el interés por aprender. Teniendo estos conceptos en mente, se indagó entre los docentes de la asignatura sobre las expectativas, los cambios observados y objetivos cumplidos, reformulados o por cumplir, mediante la realización de una auto-evaluación y un informe crítico. El análisis de las encuestas mostró que en la mayoría de los casos, las modificaciones implementadas influenciaron positivamente la preparación y el dictado de la clase, dado que *“la explicación en clase estaba enmarcada en un programa mayor e integrado”*. Se ha resaltado el hecho de que *la reestructuración de las guías también ha motivado nuestro interés por generar formas de enseñanza-aprendizaje más críticas y más activas, intentando que los alumnos sean los generadores del conocimiento a partir de las conclusiones que se discuten en cada trabajo práctico* y que *“sentirse parte de un proyecto de investigación ha incentivado la curiosidad de los alumnos”*. En relación a la nueva forma de evaluación, la mayoría evidenció una mejora significativa en el seguimiento de cada alumno individual, principalmente durante el transcurso de las clases. Los docentes opinan que la incorporación de una guía de estudio orientadora de cada tema ha enfocado la atención de los alumnos en los aspectos relevantes de cada temática. *“El cambio temporal implementado (tomar el cuestionario al final) ha redundado en beneficios para los alumnos, dándoles la oportunidad de evacuar dudas durante la clase y de generar supuestos y/o principios a partir de las explicaciones brindadas por el docente y la discusión generada en la clase”*. Además, los docentes indicaron que la nueva propuesta educativa ha sido muy efectiva en relación con la motivación y respuesta de los alumnos. En conclusión, la totalidad de los docentes involucrados en el dictado de los trabajos prácticos de la materia Química Biológica indican que los cambios realizados favorecieron el cumplimiento de sus expectativas como docentes.

Con los resultados obtenidos a partir de las diferentes evaluaciones, han surgido nuevas propuestas y desafíos a tener en cuenta para el próximo ciclo lectivo: reorganización del dictado de las clases con el objetivo de contar con más tiempo para la profundización de los contenidos, trabajo cooperativo con los docentes encargados del dictado de los temas correspondientes al teórico, identificar nuevas temáticas de interés para plantear el proyecto de investigación.

Enfocándonos en los aspectos disciplinares de la asignatura, la innovación propuesta en el presente proyecto ha tenido en cuenta la interrelación entre la biología molecular, la bioinformática y la biofísica, en una *“combinación necesaria para el aprendizaje de la química biológica”*. Se han enseñado los aspectos básicos en la realización de técnicas de bioquímica y en el desarrollo de conclusiones de manera guiada y criteriosa en base a una situación particular. Estas herramientas podrán ser utilizadas por los alumnos para resolver problemas dentro de sus futuras áreas específicas de investigación o en otras más alejadas.

Conclusiones

En base a los resultados obtenidos, podemos concluir que la aplicación continua del proyecto innovador presentado aquí podría permitir en el corto o mediano plazo:

- Mejorar el rendimiento de los estudiantes en los exámenes parciales, principalmente en los de primera instancia.
- Fomentar el interés de los alumnos en relación a la incorporación, análisis y discusión de conocimientos.
- Favorecer el diseño y dictado de las clases integradoras por parte del docente.

Hemos logrado enmarcar el dictado de la asignatura Química Biológica en una didáctica comprensiva. Esto implicó contextualizar el *enseñar*, mediante la construcción cooperativa de significados, el *aprender*, a través del establecimiento de relaciones entre los aprendizajes previos y los nuevos, y el *evaluar*, permitiendo que el alumno tome conciencia de los aprendizajes adquiridos y que los docentes interpretemos la implicancia del proceso de enseñanza en dichos aprendizajes.

Notas

Agradecimientos

Las autoras desean agradecer a las Dras. Teresita Lisa y Mónica Garrido, por dirigir el proyecto PIIMEG y su colaboración para la realización de este trabajo, al Lic. Luciano Pardo por su asesoramiento en lo que respecta a aspectos pedagógicos, y a la Secretaría de Ciencia y Técnica de la UNRC por financiar el proyecto PIIMEG 2013-2014 "Enseñanza y aprendizaje basados en el proceso de investigación: cómo lograr la motivación de los alumnos a través de la ejecución de proyectos científicos".

Referencias

- Ausubel, D.; Novak, J. & Hanesian, H. (1968). Educational psychology: A cognitive view (2nd ed.). New York: Holt, Rinehart & Winston.
- Beassoni, P.; Berti, F.; Otero, L.; Risso, V.; Ferreyra, R.; Lisa, A.; Ermácora, M. (2010). Preparation and biophysical characterization of recombinant *Pseudomonas aeruginosa* phosphorylcholine phosphatase. *Protein Expr Purif.*, 71(2), 153–159.
- Chalmers, A.; Sedeño, E. & Villate, J. (2000). ¿Qué es esa cosa llamada ciencia?. Madrid: Siglo XXI de España.
- Colás-Bravo, M. & Eisman, L. (1998). Investigación educativa. (3rd ed.). Sevilla: Alfar.
- Domenech, C.; Otero, L.; Beassoni, P. & Lisa, A. (2011). Phosphorylcholine Phosphatase: A Peculiar Enzyme of *Pseudomonas aeruginosa*. *Enzyme Res.* 2011, 561841.
- Galagovsky, L. & Muñoz, J. (2002). La distancia entre aprender palabras y aprehender conceptos. El entramado de palabras-concepto (EPC) como un nuevo instrumento para la investigación. *Enseñanza de Las Ciencias*, 20(1), 29–45.
- Gibbs, W. & Fox, D. (2000). Enseñanza de las ciencias. *Investigación y Ciencia*, 282, 76–81.
- Gurrea, M. (2000). Análisis de componentes principales. Proyecto e-Math Financiado por la Secretaría de Estado de Educación y Universidades (MECD).
- Infantes, L.; Otero, L.; Beassoni, P.; Boetsch, C.; Lisa, A.; Domenech, C. & Albert, A. (2012). The structural domains of *Pseudomonas aeruginosa* phosphorylcholine phosphatase cooperate in substrate hydrolysis: 3D structure and enzymatic mechanism. *J Mol Biol*, 423(4), 503–514.
- Jackson, P. (2015). ¿Qué es la educación?. Buenos Aires: Paidós.

- Massimelli, M.; Beassoni, P.; Forrellad, M.; Barra, J.; Garrido, M.; Domenech, C. & Lisa, A. (2005). Identification, cloning, and expression of *Pseudomonas aeruginosa* phosphorylcholine phosphatase gene. *Curr Microbiol*, 50(5), 251–256.
- Ottobre, S. & Temporelli, W. (2013). *Profe, no tengamos recreo: creatividad y aprendizaje en la era de la desatención*. Buenos Aires: La Crujía.
- Previtali, G.; Giordano, W. & Domenech, C. (2003). Simple Experiments To Demonstrate Proton Flux in *Pseudomonas* after Alkaline or Acidic Stress. *J. Chem. Educ*, 80(12), 1468.

Artículo recibido: 25 de febrero de 2015

Artículo aceptado: 16 de octubre de 2015