

Propuesta de innovación educativa: contextualización de la ayudantía del curso Física I (Introducción a la Mecánica) en relación con las áreas de Biología y Química

Pedro Pablo Marambio
Universidad de Chile
p.marambio@ug.uchile.cl

Isaac Peña
Universidad de Chile
i.pena@ug.uchile.cl

Max Ramírez
Universidad de Chile
m.rivera@ug.uchile.cl

Alejandro Roth
Universidad de Chile
a.roth@ug.uchile.cl

Resumen

Lograr interés por la física y rendimientos académicos adecuados son desafíos históricos, especialmente en carreras de otros campos. Por ello, evaluamos los efectos de la intervención de las ayudantías de la asignatura “Física I: Introducción a la Mecánica”, dictada a estudiantes de Pedagogía en Educación Media en Biología y Química (Universidad de Chile), analizando la introducción de contextualización, conceptualización y problematización. Metodológicamente, el curso presenta tres evaluaciones sumativas, antecedidas por tres sesiones de ayudantías en dos secciones paralelas (A y B). Usamos la primera evaluación como control e intervenimos las secciones A y B de manera alternada: ayudantías de la sección A antes de la segunda prueba y de la sección B antes de la tercera. Las intervenciones, fueron realizadas por un profesor de Biología y Química y un ayudante, integrando conceptos físicos con fenómenos biológicos y químicos. Se correlacionaron las calificaciones, asistencia y el puntaje obtenido por cada estudiante en una prueba conceptual realizada el semestre siguiente. Observamos una correlación entre la asistencia a ayudantías innovadoras y la retención en la capacidad de explicar conceptos de física mediante ejemplos provenientes de biología y/o química. Además, esta habilidad se correlacionó positivamente con calificaciones de las pruebas 2 y 3, no así con la primera. Finalmente, estudiantes que lograron modelar fenómenos biológicos y químicos presentaron mejoras en el rendimiento dentro del semestre. Estos resultados sugieren que el rendimiento académico en cursos de Física de carreras relacionadas con las ciencias naturales podría mejorar por medio de la contextualización, conceptualización y problematización interdisciplinaria.

Palabras clave: Interdisciplinary Approach, Science Instruction, Learning Activities.

Introducción

La carrera bi-disciplinar: Pedagogía en Educación Media en Biología y Química (PEMBQ, Facultad de Ciencias, Facultad de Filosofía y Humanidades; Universidad de Chile) incluye en su malla curricular cursos de Biología, Química (y cursos bi-disciplinarios) además de cursos pedagógico-didácticos y cursos de ciencias básicas de apoyo (Matemáticas y Física). Entre estos últimos nos referimos al curso de Física I: Introducción a la Mecánica, el cual se imparte durante el segundo semestre del primer año de la carrera y donde los estudiantes muestran un bajo rendimiento académico y poca afinidad por el curso en general. Esta situación genera preocupación debido a que esta carrera declara formalmente un interés por formar profesores capaces de interpretar los fenómenos del mundo natural y tecnológico

desde una perspectiva integral y no circunscrito solo a las disciplinas basales de su formación: la biología y la química. En este sentido, el sistema educacional chileno, enfatiza la importancia de la formación de profesores capaces de interrelacionar fenómenos estudiados por la biología, la química y la física a fin de promover un aprendizaje integral en sus futuros estudiantes (MINEDUC, 2015). Además, existe la clara noción que las competencias científicas son cada vez más importantes frente a los desafíos del siglo XXI, donde se requiere de ciudadanos comprometidos con y críticos de, el conocimiento científico (OCDE/IVEI, 2017). Estas competencias no son posibles sin un conocimiento general del mundo natural y de los artefactos tecnológicos, conocimientos que debe estar basado sobre las ciencias que le dan origen: la física, la química, la biología, las ciencias de la tierra y el espacio; permitiendo la comprensión de los fundamentos subyacentes de estos campos, sus procedimientos y la justificación de su uso (OCDE, 2016). En este sentido, de acuerdo con Sanmartí y Márquez, “los conocimientos a aprender habrán de ser pocos, pero claves y generales, útiles para comprender y explicar muchos fenómenos de manera que sean transferibles, es decir, aplicables a la interpretación de muchos otros hechos y a la resolución de problemas” (Sanmartí & Márquez, 2017).

Estas exigencias señalan que la enseñanza de la física en carreras de Pedagogía, particularmente en Biología, Química o Ciencias Naturales, debería apuntar a generar una formación científica integral mediante un enfoque interdisciplinario de la enseñanza. En este sentido, Nikitina (2015) distingue tres elementos claves para un aprendizaje interdisciplinario efectivo:

- Contextualización: embeber los conocimientos en la historia, la cultura y en preguntas filosóficas/fundamentales. Que desde el punto de vista del estudiante puede entenderse como ¿Cómo se relaciona con otras áreas en las que estoy involucrado?
- Conceptualización: utilizar una estrategia integradora diseñada para llevar el pensamiento científico y matemático más allá de los hechos y las teorías singulares al nivel de los conceptos subyacentes. Donde conceptos básicos como linealidad, cambio y escala pueden unir efectivamente álgebra y geometría, química y biología. O ¿Cómo se enlazan estos nuevos conceptos con las disciplinas que más domino?
- Problematización: demostrar la existencia de resultados tangibles, que permitan la comprensión de los procesos asociados, a diferencia de los modelos de conceptualización o contextualización que son tareas más contemplativas de crear coherencia entre ideas o promover la auto-comprensión. Este nuevo conocimiento, ¿me permite responder preguntas de la(s) disciplinas que más domino?

Con el objetivo de incrementar el rendimiento académico e interés de los estudiantes de primer año de PEMBQ por el curso de Física I se preparó una intervención multidisciplinaria de las ayudantías salvaguardando la recolección de los datos de asistencia y notas a fin de caracterizar la efectividad de la innovación (enfoque SOLT, (Chocarro de Luis, Sobrino & González-Torre, 2013)). En concordancia, presentamos nuestra evaluación del impacto en el rendimiento académico e interés de los estudiantes en el curso de Física I del año 2018 al incorporar mecanismos de contextualización, conceptualización y problematización interdisciplinaria en las ayudantías.

Metodología

Diseño experimental

El presente trabajo se desarrolló con una cohorte de estudiantes de primer año de la carrera de Pedagogía en Educación Media en Biología y Química, compuesta por 35 estudiantes (24 mujeres y 11 hombres) quienes, informados de las actividades y los análisis a realizar, firmaron libremente un documento de consentimiento informado. El desarrollo de la intervención y su evaluación se realizó en tres etapas:

- i. *Planificación.* En colaboración con el equipo docente del curso de Física I se prepararon actividades para las ayudantías del curso con mira a generar una integración interdisciplinaria con docentes de Química y Biología. En concreto, se elaboraron ejercicios enmarcados en problemas de química y/o biología (contextualización) cuya solución requeriría la aplicación de herramientas y conceptos desarrolladas en el curso de Física, lo que llevaría a los estudiantes a responder interrogantes específicas asociadas con su campo de especialización (problematización). Finalmente, durante la revisión de las soluciones propuestas requeriría la revisión de los conceptos transversales comunes en estas áreas de la ciencia (conceptualización). A modo de ejemplo se presentan tres casos de cada arista de la innovación:
 - a) *Contextualización.* “Leyes de Newton”, se contextualiza el desarrollo del trabajo de Newton, en términos del período histórico, y su relación con otros científicos contemporáneos a él.
 - b) *Problematización.* “Movimiento parabólico”, se trabaja en relación al salto que realizan las esporas de *Equisetum*, y cómo el estudio de la mecánica nos permite comprender la propagación espacial de esta especie vegetal (Marmottant, Ponomarenko & Bienaimé, 2013) “Movimiento rotacional” Se analiza el movimiento rotacional que realiza la ATP-sintasa, en términos de la capacidad de síntesis de ATP y la acción de moléculas moduladoras de su actividad.
 - c) *Conceptualización.* A través de una dinámica, en que se utiliza una tabla con imágenes, se compara el concepto de “fuerza”, desde las áreas de la química, biología, física y su uso cotidiano.
- ii. *Implementación.* A fin de evaluar la efectividad de la intervención se aprovechó el esquema de evaluación del curso Física I: los estudiantes deben rendir tres evaluaciones sumativas (pruebas) denominadas en lo sucesivo P1, P2 y P3; cada una de las cuales es antecedida por tres sesiones de ayudantía donde los estudiantes se separan en dos secciones paralelas (secciones A y B) las cuales presentan horarios excluyentes entre sí. Dentro de esta organización, se usó la primera evaluación (P1) como control, a fin de obtener una medición basal en ambas ayudantías (es decir, sin intervención). Posteriormente, previo a las pruebas P2 y P3 se intervinieron las ayudantías de las secciones A y B de manera alternada: las ayudantías de la sección A fueron intervenidas antes P2, pero volvieron al esquema convencional para la prueba P3; mientras que las ayudantías de la sección B fueron intervenidas solo antes de la prueba P3. Estas intervenciones de las ayudantías fueron realizadas in situ por un profesor de Biología y

Química y un ayudante, quienes integraron conceptos y problemas físicos con fenómenos biológicos y químicos (ver ejemplo anterior).

- iii. *Análisis.* Finalizado el curso, se recogieron y correlacionaron las calificaciones, la asistencia de cada estudiante a las ayudantías, y se compararon con una prueba conceptual realizada durante el siguiente semestre, específicamente durante el curso de Física II. En esta prueba se utilizaron los siguientes indicadores: i) Ejemplifica el uso de conceptos de física en el campo de la biología/química (puntajes: ejemplo proviene de la biología/química y es atinente: 0,5; El ejemplo está correctamente explicado: 0,5), ii) Modela un fenómeno biológico empleando los contenidos del curso (puntajes: descripción del fenómeno 0,5; incorporación de contenidos de Física 0,5), iii) Propone una actividad escolar de integración junto al docente de Física (puntajes: Planteamiento: 0,5; coherencia: 0,5).

Análisis de datos

En primera instancia considerado como variable independiente la asistencia a las ayudantías innovadoras y control, se buscó establecer una relación con las notas de P1, P2, P3 y la prueba conceptual. En segunda instancia se analizó la correlación entre el puntaje obtenido en la prueba conceptual “modelación física de un fenómeno químico o biológico” que se aplicó a los estudiantes durante el siguiente curso de Física, con las notas en las pruebas y el delta de variación entre pruebas. Para esto se realizaron correlaciones de Spearman en el software STATISTICA™.

Resultados y discusión

Como se observa en la figura 1 la asistencia de los estudiantes a las ayudantías innovadas se asocia positivamente con su capacidad para explicar conceptos de física a través de ejemplos provenientes de la biología y química, incluso un semestre después de cursar Física I ($r^2 = 0,168$; $p = 0,037$, figura 1). Luego, tras el análisis de la prueba conceptual, se encontró que, los estudiantes que mejoraron su desempeño en las pruebas P2 y P3 (realizadas tras la innovación) al compararlas con la prueba P1 predice cuáles estudiantes serán capaces de modelar fenómenos biológicos y químicos usando herramientas de la Física, (P1: $r^2 = 0,001$; $r = -0,035$; $p = 0,864$; P2: $r^2 = 0,135$; $r = 0,367$; $p = 0,065$; P3: $r^2 = 0,189$; $r = 0,435$; $p = 0,026$, figura 2).

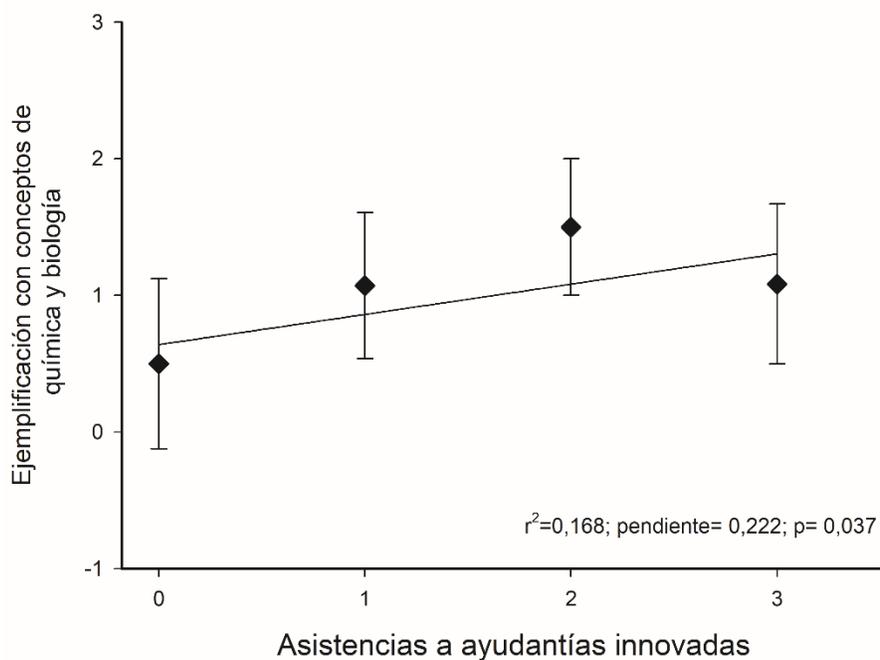


Figura 1. Relación entre la asistencia a las ayudantías innovadoras y el puntaje obtenido de ejemplificar conceptos de la física mediante la química y biología.

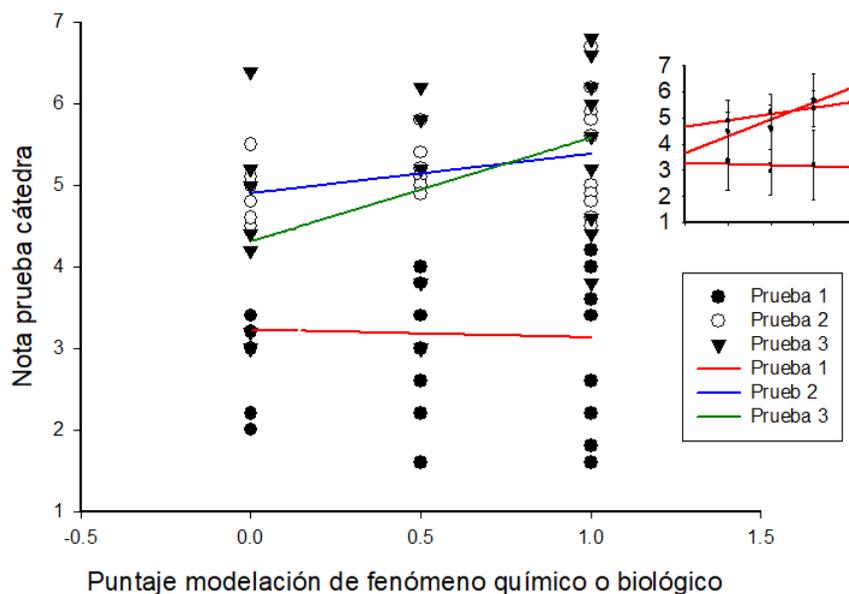


Figura 2. Relación entre el puntaje obtenido en una prueba conceptual de modelación física de fenómenos químicos y biológicos, y las notas en las pruebas del curso Física I (Resultados estadísticos en el texto).

Junto con lo anterior, se observa que los estudiantes que han logrado modelar fenómenos biológicos y químicos mediante herramientas derivadas del curso de Física I presentan mayores mejoras en su rendimiento a lo largo del semestre ($\Delta P3-P1$) ($r^2 = 0,172$;

$p=0,035$, figura 3).

Finalmente, los estudiantes que no asistieron a ninguna ayudantía innovadora no presentan una relación entre cambios del rendimiento y la capacidad de modelar fenómenos. En cambio, en individuos asistentes a al menos una ayudantía innovadora, se encontraron mejoras en el rendimiento dentro del semestre ($\Delta P3-P1$) que correlacionan con la capacidad de modelar fenómenos biológicos y químicos a través de la física.

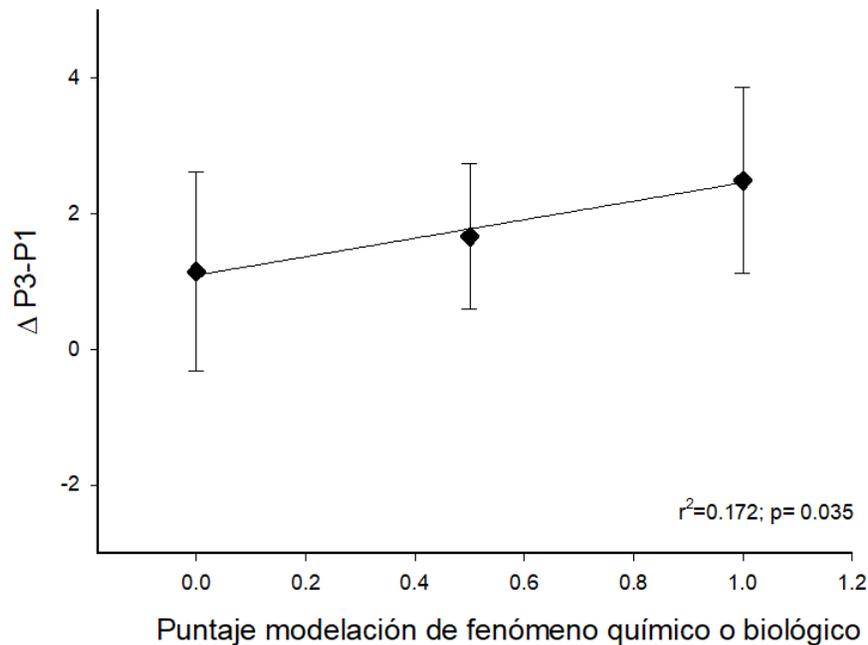


Figura 3. Relación entre puntaje obtenido en una prueba conceptual de modelación física de fenómenos químicos y biológicos, y el cambio en las notas en las pruebas 1 y 3 del curso Física I.

Se ha diagnosticado que los currículos de biología en los colegios y universidades no han seguido el ritmo del desarrollo de aplicación de la física en los campos del estudio en ciencias naturales y que estos representan un serio desafío instructivo (Watkins *et al.*, 2018). Así, aunque la mayoría de los estudiantes de Biología toman varios años de cursos de prerrequisito en Matemáticas y Ciencias Físicas, estos estudiantes tienen muy poca educación y experiencia en pensamiento numérico y computación para prepararse para participar áreas de ámbito cuantitativo (Bialek & Botstein, 2004). Con el fin de subsanar estas dificultades, se ha planteado que la integración de la física y la biología en cursos de pregrado, tiene al menos dos ventajas tanto para físicos como para biólogos: los cursos podrían ser más relevantes para más estudiantes (porque a muchos estudiantes les resulta más convincente aprender sobre principios físicos a través de fenómenos biológicos específicos), y el profesorado podría beneficiarse de los hallazgos de ambas disciplinas sobre técnicas de enseñanza efectivas (Woodin *et al.*, 2013).

En esta línea de acción, nuestro trabajo presenta evidencia que respalda la posibilidad de establecer relaciones de beneficio mutuo (mutualismo) desde la perspectiva interdisciplinaria

del aprendizaje. Particularmente, la intervención un profesor de Biología y Química en las ayudantías de la asignatura Física I: Introducción a la Mecánica, mejoró el rendimiento académico de los estudiantes a través de la contextualización, problematización y conceptualización interdisciplinaria (Nikitina, 2016).

En términos teóricos, se ha propuesto que la elaboración de conocimiento, desde una perspectiva constructivista de la educación (Dewey, 1916; Ausbel, 1963) debe comenzar en el nivel de conocimiento previo del estudiante. Bajo este marco conceptual, la vinculación de nuevos conocimientos y habilidades (en este caso mecánica clásica), con otras pertenecientes al dominio de los estudiantes (química y biología), permitirían una mejora en la capacidad de adquirir, recordar y dominar conceptos. Esta propuesta teórica es corroborada por los datos analizados, donde se observa un incremento en las calificaciones y capacidad de recordar de los estudiantes, siendo esto más evidente en aquellos que más asistieron a las ayudantías innovadoras y en quienes logran modelar fenómenos químicos y biológicos satisfactoriamente.

Una arista compleja que es revelada por esta innovación son los estudiantes que no asisten a las ayudantías. El trabajo del profesor de Biología y Química en conjunto con los equipos de ayudantes hace suponer que aumentaría el interés por participar de estas instancias. Sin embargo, existe un número de estudiantes que no asisten a la ayudantía a pesar de que los beneficios son evidentes. Este es un campo que debe ser abordado y que probablemente deba ser controlado en las siguientes versiones de esta investigación.

En lo que respecta a la acción en el aula, la mayor retención de contenidos y/o la atención frente a estos, se podría relacionar con la motivación y los aspectos didácticos de la innovación planteada. Específicamente, varios de los ejercicios de intervención fueron planteados como problemas a ser resueltos, aprovechando de integrar los aspectos multidisciplinarios de esta ayudantía. Así, esta aproximación conlleva la aplicación de un aprendizaje activo, en el cual los niveles de motivación, curiosidad y atención de un estudiante son significativamente más altos (Wood, 2009). A modo de ejemplo, durante un esfuerzo para resolver un problema que suscita interés intrínseco del estudiante, se plantea que el conocimiento será mejor retenido, en comparación con actividades relativamente pasivas como solo leer un texto o escuchar una clase.

Conclusiones

La habilidad de explicar conceptos de física a través de fenómenos biológicos o químicos, se logró satisfactoriamente en los individuos que asistieron con mayor frecuencia a las ayudantías innovadoras. Además, el adquirir la capacidad de problematizar fenómenos biológicos o químicos a través de la modelación física (por ejemplo, usando diagramas de cuerpo libre), demostró ser un fuerte indicador de la mejora en el rendimiento académico dentro del semestre (entre la primera y la última prueba). Por último, específica y excluyentemente, los individuos que asistieron a por lo menos una ayudantía innovadora, presentaron en su conjunto un incremento en el rendimiento dentro del semestre, correlacionado con su capacidad de problematizar fenómenos biológicos o químicos a través de la modelación física. Por lo tanto, la intervención multidisciplinaria de las ayudantías de la asignatura Física I: Introducción a la Mecánica, mejoró el rendimiento académico de los

estudiantes a través de la contextualización, implementación y problematización interdisciplinaria. Estos resultados sugieren que la intervención realizada fue efectiva y que debe mantenerse, idealmente bajo condiciones que permitan reducir las inasistencias, a fin de poder despejar esa variable de los efectos positivos que se derivan de la contextualización, problematización y conceptualización interdisciplinaria.

Bibliografía

- Chocarro de Luis, E., Sobrino, A., González-Torres, M.C. (2013) Scholarship of Teaching and Learning: un modelo de desarrollo profesional de los profesores universitarios. *Revista Electrónica Interuniversitaria de Formación del Profesorado* 16 (1), 5-14.
- Ausubel D. (1963) *The Psychology of Meaningful Verbal Learning*. New York: Grune and Stratton.
- Bialek, W., Botstein, D. (2004) Introductory science and mathematics education for 21st-century biologists. *Science* 303(5659), 788-790 (2004).
- Dewey J. (1916) *Democracy and Education*. New York: Macmillan.
- Marmottant, P., Ponomarenko, A., Bienaimé, D. (2013) The walk and jump of Equisetum spores. *Proceedings. Biological sciences* 280 (1770), 20131465 (2013).
- MINEDUC (2015) Bases curriculares de 7° básico a 2° medio.
- OECD (2016) *PISA 2015 Assessment and Analytical Framework: Science, Reading, Mathematic and Financial Literacy*. Paris: PISA, OECD Publishing.
- OCDE/Instituto Vasco de Evaluación e Investigación Educativa (IVEI) (2017) *PISA: Competencia científica I. Marco y análisis de los ítems*.
- Nikitina, S. (2016) Three strategies for interdisciplinary teaching: contextualizing, conceptualizing, and problem-centring. *Journal of curriculum studies* 38 (3), 251-271.
- Sanmartí, N., Márquez, C. (2017) Aprendizaje de las ciencias basado en proyectos: del contexto a la acción. *Ápice. Revista de Educación Científica* 1 (1), 3-16 (2017).
- Watkins, J., Coffey, J. E., Redish, E. F., Cooke, T. J. (2012) Disciplinary authenticity: En-riching the reforms of introductory physics courses for life-science students. *Physical Review Special Topics-Physics Education Research* 8 (1), 010112.
- Woodin, T., Vasaly, H., McBride, D., White, G. (2013) Integration of physics and biology: Synergistic undergraduate education for the 21st century. *CBE--Life Sciences Education* 12 (2), 120-123 (2013).