

UNA PROPUESTA DIDÁCTICA BASADA EN LA INDAGACIÓN CIENTÍFICA PARA LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS ECOLÓGICAS.

RESUMEN

En el área de la formación de profesores de ciencias se hace cada vez más urgente promover el aprendizaje significativo de los contenidos disciplinares, como, asimismo, disponer de técnicas y estrategias didácticas innovadoras de enseñanza que faciliten el proceso de aprendizaje de las ciencias en los centros escolares y el logro de una alfabetización científica.

Dra. María Catalina Sabando.
Departamento de Biología,
Universidad Metropolitana de
Ciencias de la Educación
Santiago, Chile.

Correo electrónico:

m_catalina.sabando@umce.cl

Dra. Karin Maldonado.
Departamento Ciencias
Ecológicas, Universidad de
Chile, Santiago, Chile.

Dra. Elba Acevedo.
Departamento de Biología,
Universidad Metropolitana de
Ciencias de la Educación.
Santiago, Chile.

Dr. Antonio Said. Universidad
Metropolitana de Ciencias de la
Educación. Santiago, Chile.

Es por ello que en este artículo se presenta una experiencia didáctica cuyo propósito fue desarrollar estrategias y técnicas de aprendizaje centradas en la enseñanza de la ciencia utilizando la metodología de indagación (ABI), para fortalecer el rendimiento académico y mejorar el desarrollo de habilidades superiores en estudiantes de Pedagogía en Biología de la Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación (UMCE). Esta experiencia se realizó en las actividades prácticas del curso Ecología de Comunidades.

Los resultados evidenciaron que aplicar una metodología basada en la indagación, en el laboratorio de Ecología de Comunidades, genera un mejor desempeño académico de los estudiantes de Pedagogía en Biología en el área de las ciencias ecológicas, en comparación con el desempeño de aquellos que aprendieron en base a una metodología tradicional.

PALABRAS CLAVE

Metodología de la indagación, formación de profesores de ciencias, enseñanza de las ciencias ecológicas.

A DIDACTIC PROPOSAL BASED ON SCIENTIFIC INQUIRY FOR THE TEACHING OF ECOLOGICAL SCIENCES.

SUMMARY

In the area of the training of science teachers, it is becoming increasingly urgent to promote meaningful learning of disciplinary contents, as well as to have innovative teaching techniques and strategies that facilitate the learning process of the sciences in the centers schooling and the achievement of scientific literacy.

This is why this article presents a didactic experience whose purpose was to develop strategies and techniques of learning focused on teaching science using the Inquiry Methodology (ABI), to strengthen academic performance and improve the development of superior skills in students of Pedagogy in Biology of the Metropolitan University of

Education Sciences (UMCE). This experience was realized in the practical activities of the Ecology of Communities course.

The results showed that applying an inquiry-based methodology in the Ecology of Communities laboratory generates a better academic performance of students of Pedagogy in Biology in the area of ecological sciences, compared to the performance of those who learned in based on a traditional methodology.

KEYWORDS

Methodology of inquiry, formation of science teachers, teaching of the ecological sciences.

La educación en ciencias: un área para desarrollar innovación¹.

La educación de calidad tiene importantes consecuencias sobre el bienestar de las poblaciones, reflejado en la equidad y la movilidad social de los ciudadanos (Bell, Blair, Crawford y Lederman, 2003; González-Weil, Martínez Larraín, Martínez Galaz, Cuevas Solís y Muñoz Concha, 2009). En este aspecto, América Latina posee un nivel educativo calificado como deficiente, de acuerdo con los resultados de diferentes pruebas estandarizadas internacionales en las áreas de matemáticas, ciencias y lenguaje (González-Weil et al., 2009; Cariola, Cares y Lagos, 2009; OECD, 2016). Chile no es ajeno a esta realidad, por esto el sistema educacional chileno debería entregar una educación de calidad en todos sus niveles, con la finalidad de lograr una educación inclusiva y equitativa en este nuevo escenario. Es así como el Estado, a través del Ministerio de Educación, ha planteado la Nueva Reforma Educacional Chilena, donde se intenta realizar transformaciones de fondo basadas en la calidad y en la equidad de la educación (MINEDUC, 2016).

En el ámbito educativo existe consenso respecto a que una adecuada educación en ciencias es una medida fundamental para el logro de una educación de calidad (Delors et al., 1996; Chu et al., 2016). En los contextos actuales, complejos, cambiantes e interconectados, la ciencia ocupa un lugar fundamental en la sociedad (Macedo, 2016). Ésta, además de permitir a las personas aproximarse y comprender la realidad contemporánea, les posibilita a través de una toma de decisiones informada, una participación democrática en la sociedad (Navarro y Förster, 2012). Es así, como en búsqueda de sociedades sostenibles, más justas y equitativas, la alfabetización científica es reconocida como un pilar fundamental en el desarrollo de los países (Macedo, 2016). A pesar de este reconocimiento, la situación en América Latina y El Caribe muestra resultados desalentadores en el ámbito de las ciencias. Las últimas evaluaciones PISA (Evaluación Internacional de Alumnos, en español) realizadas en el año 2015 dan cuenta que el desempeño de los estudiantes de estas regiones es menor en comparación a los estudiantes de Asia Oriental y de aquellos países miembros de la OCDE (OECD, 2016). Para el caso de Chile, la evaluación PISA ha sido aplicada a estudiantes de segundo año

¹ Nuestros sinceros agradecimientos al Prof. Reinaldo Vargas por su contribución en terreno en la identificación de especies vegetales. Al Administrador Carlos Peña y Jefe de Guardaparques Rogelio Moreira de la Reserva Nacional Río Clarillo, por su colaboración en el trabajo práctico en terreno. Finalmente, al Director del Departamento de Biología de la UMCE Prof. Sergio Sanhueza por su colaboración en gestionar y facilitar la infraestructura para el desarrollo de esta Investigación. Esta investigación forma parte de la tesis para optar al grado de Magíster en Docencia para la Educación Superior de Karin Maldonado Pacheco.

medio cada tres años a partir del año 2000. En su última versión reveló que los estudiantes de segundo medio están mejor preparados en las áreas de Comprensión Lectora, Ciencias y Matemáticas en comparación a los países latinoamericanos restantes (OECD, 2016). Sin embargo, Chile no alcanzó el rendimiento de los países con ingresos similares y que forman parte de la OCDE, situándose por debajo del promedio de esta organización. Otra gran preocupación, producto de los resultados de la evaluación PISA 2015, es que Chile ha mantenido un puntaje estable, sin una mejora evidente, por casi una década en la prueba de ciencias, donde los estudiantes no han logrado las competencias mínimas esperadas (OECD, 2016). Según este informe, los estudiantes en el área de las ciencias alcanzan a desarrollar habilidades inferiores, llegando solo a niveles como conocer y comprender hechos o conceptos. Además, no pueden aplicar conceptos, ni crear modelos conceptuales para hacer predicciones o explicar los fenómenos de la naturaleza (González-Weil et al., 2009; OECD, 2016). Al mismo tiempo, tampoco pueden desarrollar las etapas de una investigación científica, ni seleccionar información desde sus componentes para generar una conclusión integrada (OECD, 2016). Si bien, los factores que influyen sobre estos resultados pueden ser diversos, esta realidad educativa del país requiere una urgente transformación de la educación científica, en cuanto a “qué se debe enseñar, a quiénes y cómo se debe enseñar” (Macedo, 2016).

En esta transformación de la educación científica, la función del profesorado es fundamental, no sólo en la entrega de conocimientos en el área de las ciencias, sino que además, en promover una educación científica basada en la motivación, la duda, la creatividad, la racionalidad y la innovación (Perrenoud, 2001; González-Weil et al., 2009; Cofré et al., 2010; Chu et al., 2016). Diversos autores destacan la función preponderante del profesor para alcanzar los resultados esperados en relación a la educación en ciencias, posicionándolo como el principal conductor de los objetivos actuales que se esperan alcanzar en la educación científica (Hattie, 2003; González-Weil et al., 2009). Este rol se acentuaría en el caso de los profesores de enseñanza media, siendo ésta una etapa escolar clave para lograr la alfabetización científica de sus estudiantes (Gil y Vilches, 2001; González-Weil et al., 2009). Sin embargo, a pesar de que la Nueva Reforma Educacional considera el desarrollo de una política nacional docente, que pretende alcanzar altos niveles de calidad en educación, a través del desarrollo de una carrera docente de acuerdo a las exigencias actuales, no cabe duda de que la brecha para alcanzar los objetivos planteados es grande. Así lo demuestra un artículo publicado por Cofré et al. (2010), donde se revisan las características de la educación científica en Chile. En éste se menciona que la mayoría de los profesores que enseñan ciencia no son profesores con especialización científica y que, a diferencia de países desarrollados, en su gran mayoría no poseen estudios de postgrado y declaran una falta de confianza en el manejo del contenido disciplinar. Según el autor estas falencias, sumadas a la inseguridad de los profesores en su preparación didáctica (Vergara, 2006), hacen que las clases de ciencias en enseñanza media se realicen utilizando metodologías tradicionales, poco interactivas, centradas en el profesor y en la adquisición de contenidos, más que en el desarrollo de habilidades y la comprensión de conceptos. Esto, sin duda, plantea la necesidad de cambiar la concepción de los procesos de enseñanza que ocurren tanto en los colegios como en la formación inicial de los profesores.

En la Formación Inicial Docente (FID) en las universidades chilenas que imparten pedagogías en educación media en áreas científicas (Biología, Física o Química), se observan mallas curriculares estructuradas en base a tres líneas de formación: disciplinar, pedagógica y práctica, cada una de ellas, con diferentes porcentajes de dedicación en cuanto al número de horas. Además, cuando se comparan cada una de las tres líneas de

formación, se encuentra que presentan, prácticamente, los mismos tipos de asignaturas, ubicadas en diferentes semestres académicos con distintos prerrequisitos, en cada una de las universidades. De acuerdo a Cofré et al. (2010) las áreas de formación, como son, las prácticas, la investigación, la didáctica, la matemática y la formación general, no representan más de un 5 al 10% de la malla de las pedagogías científicas, valores muy por debajo a los mostrados en los países desarrollados. En este contexto, queda planteada la interrogante en cuanto a la didáctica y las metodologías con las cuales se enseñan estas disciplinas científicas, en las distintas carreras de pedagogía. En este sentido, es relevante que en la FID se enseñe a los estudiantes en los contenidos disciplinares, con la aplicación de técnicas y estrategias, dirigidas al logro de los objetivos de aprendizaje, para el contexto actual de la enseñanza universitaria (Secker, 2002; Hurtado, 2014; Lin, Lin y Tsai, 2014). Lo anterior, permitirá a los estudiantes de pregrado el desarrollo de aprendizajes significativos de los contenidos disciplinares, como asimismo, disponer de nuevas técnicas y estrategias didácticas innovadoras de enseñanza, que faciliten el proceso de aprendizaje de las ciencias a nivel del aula en los colegios y el logro de una alfabetización científica.

De manera general, el proceso de enseñanza-aprendizaje en Chile y a nivel internacional, se fundamenta en un modelo educativo de formación por competencias a partir de un enfoque de múltiples interacciones que hace énfasis en el desarrollo constructivo de habilidades y destrezas de los estudiantes (Mayer, 1996; Lueddeke, 1999; Gil-Pérez et al., 2002; Labudde, 2008). De acuerdo a este paradigma educativo constructivista, a los estudiantes se les entregan herramientas para que construyan su propio conocimiento, convirtiéndose en agentes activos de su proceso de aprendizaje con apoyo de un profesor-facilitador promoviendo, de esta manera, la adquisición de un aprendizaje significativo y un pensamiento crítico-reflexivo de parte de los estudiantes (Labudde, 2008). En nuestro país, dentro de la formación disciplinar en las carreras de pedagogía para la educación media en el área científica, cada asignatura presenta un componente teórico con actividades prácticas y/o de talleres, que tiene como objetivo principal el desarrollo de conocimientos específicos conectados a una malla curricular, sin énfasis en los procesos de construcción de conocimiento. Estas disciplinas científicas desarrollan sus actividades experimentales basándose en una guía instruccional donde los estudiantes deben realizar distintas actividades de laboratorio señaladas, con escasas instancias donde el estudiante pueda realizar un aporte personal o grupal al diseño experimental planteado. De igual forma, algunas asignaturas, por la naturaleza de sus contenidos programáticos, deben realizar salidas a terreno de observación, recolección, traslado, procesamiento y análisis de las muestras recolectadas. Este tipo de actividad permite, hasta cierto punto, un grado mayor de flexibilidad, dado que, el estudiante puede interactuar en un ambiente distinto con el docente de la asignatura, pero sin que se cambien los objetivos del estudio de campo que han sido preestablecidos por el docente. En este aspecto, ambos tipos de actividad no espacios formativos suficientes para que los estudiantes puedan realizar un aporte personal o grupal al diseño experimental planteado, haciendo menos motivador el proceso de aprendizaje de las ciencias y, su posterior transposición didáctica al aula en los colegios.

Psicólogos y científicos educativos coinciden en que la participación de los estudiantes en el proceso de aprendizaje y la metodología de enseñanza utilizada son claves para el logro de los resultados de aprendizaje esperados (Freeman et al., 2014). Las actuales tendencias a nivel internacional en el proceso de enseñanza de las ciencias y, de manera particular, en las carreras encargadas de la formación de profesores en el área científica, es formar profesionales con una sólida y actualizada formación disciplinar que permita lograr una adecuada alfabetización científica en sus estudiantes, con capacidad de opinión y de participación crítica en la toma de decisiones con base científica, en los niveles que

corresponda. Esto permitirá, además, el desarrollo de habilidades y de aptitudes relacionadas con situaciones-problema propias de las ciencias. Es importante señalar que la ciencia, en el contexto de una educación científica, comprende, además del conocimiento científico, la forma, metodología y procedimientos que permiten la génesis de estos conocimientos (investigación científica) y, la naturaleza del conocimiento científico o naturaleza de la ciencia, que permite comprender como trabaja la ciencia (observar, pensar, experimentar y probar) y, que permite distinguirla de aquello que no es ciencia. La indagación científica, así como la naturaleza de la ciencia, son partes fundamentales de la alfabetización científica. Es por esto que, para la enseñanza de las ciencias, el enfoque pedagógico basado en la indagación califica es una manera natural de hacer que los estudiantes se conviertan en agentes activos de su propio proceso de aprendizaje (Anderson, 2002; Duran y Dokme, 2016). De esta forma, los estudiantes actuando como científicos no sólo aprenden los contenidos, sino que también el proceso científico y la naturaleza de las ciencias, lo que ha sido incluido en el currículo como temas claves, para desarrollar la alfabetización científica de los estudiantes (Abd-El-Khalick et al., 2004). Es así como las últimas reformas para la enseñanza de las ciencias naturales alrededor del mundo, incluido Chile (USA, Inglaterra, Canadá, Australia, Taiwán, Líbano, Israel y Venezuela), han incluido a la indagación científica en su currículum.

La indagación en la enseñanza de las ciencias: una estrategia de innovación.

Se han descrito diversas estrategias educativas en el área de las ciencias naturales, siendo una de ellas el aprendizaje basado en la indagación científica (ABI). En el campo educativo, la indagación científica, como estrategia de enseñanza, corresponde a las actividades de aprendizaje en las que el estudiante desarrolla conocimiento y entendimiento de las ideas científicas y cómo los científicos estudian el mundo natural (Anderson, 2002). De esta manera, el estudiante se plantea preguntas acerca de la naturaleza, involucrándose de manera activa en el quehacer científico ("Aprender ciencias, haciendo ciencias"), mientras que el docente actúa como guía del proceso educativo, con un rol diligente, pero sin dejar de incentivar la participación activa del estudiante en la construcción de su propio aprendizaje.

Como se mencionó anteriormente, el uso de ABI en programas educativos en el área de las ciencias naturales ha sido impulsado en diversos países, en reemplazo de las metodologías tradicionales centradas en el profesor, e.g., clases expositivas, lectura de libros y el aprendizaje de hechos científicos (Abd-El-Khalick et al., 2004; Devés y López, 2007; Aditomo, Goodyear, Bliuc, y Ellis, 2013; Pedaste et al., 2015; Chu et al., 2016; Lazonder y Harmsen, 2016). Según lo propuesto en los estándares internacionales de educación científica (AAAS, 1993; NRC, 2000), el uso de ABI debe promover, a) el interés de los estudiantes en las ciencias, b) las oportunidades para que los estudiantes usen técnicas de laboratorio apropiadas para recolectar evidencia, c) que los estudiantes resuelvan problemas usando lógica y evidencia, d) la motivación de los estudiantes a realizar estudios adicionales, para desarrollar explicaciones más elaboradas, y e) la importancia de escribir explicaciones científicas sobre la base de evidencias (NRC, 2000; Secker, 2002). El reconocimiento internacional de ABI como metodología para la enseñanza de las ciencias se basa en que diversas investigaciones han mostrado la eficacia de este método frente a la metodología tradicional, cuando los estudiantes son guiados de manera adecuada (Abdi, 2014; Lazonder y Harmsen, 2016; Lehtinen y Viiri, 2017). Además, se ha sugerido que ABI promueve la alfabetización científica, el desarrollo de un pensamiento crítico, (Anderson, 2002; Durán y Dokme, 2016), de habilidades

cognitivas y de análisis científico (Anderson, 2002; Panasan y Nuangchalerm, 2010; Shymansky, Kyle y Alport, 1983; Lawson, 2010), la adquisición de vocabulario, la asimilación de conceptos y el aprendizaje de contenido y de prácticas específicas de la disciplina (Anderson, 2002; Hmelo-Silver, Duncan, y Chinn, 2007).

La incorporación de ABI como estrategia de enseñanza se ha propuesto tanto en el currículo de colegios como en universidades (AAAS, 1993; NRC, 2000). La Comisión Boyer, 1998 para la reinención de la educación de pregrado (Boyer, 1998), indica la utilización de ABI, promoviéndola como una aproximación pedagógica estándar en universidades dedicadas a la investigación. Por otra parte, autores como Brew (2003), Healey (2005), Lawson (2010), argumentan que la incorporación de ABI debe ser una tendencia en todo tipo de universidades. A pesar del respaldo que hoy recibe la metodología ABI para la enseñanza de las ciencias, la transición desde la teoría a la práctica ha sido en la mayoría de los casos insatisfactoria. La falta de aplicación de esta metodología es más notoria en las universidades de todo el mundo, si la comparamos con su aplicación en la educación escolar, lo que contribuye negativamente a los estudios respecto de su eficacia a nivel universitario (Beck y Blumer, 2012).

En Chile, la aplicación de esta metodología basada en la indagación es aún más crítica, debido a que la cobertura de programas que incorporan esta metodología ABI es limitada, tanto en el número de escuelas como en el nivel educativo en el que se enfocan. Experiencias exitosas de implementación de enseñanza de las ciencias, a través de ABI, son las realizadas por el programa ECBI del “Modelo de desarrollo profesional docente entre pares, para fortalecer la calidad de la enseñanza de las Ciencias Naturales en Preescolar y Enseñanza Básica”, de la P. Universidad Católica de Valparaíso MECIBA (González-Weil et al., 2009) y el Programa de indagación científica para la educación en ciencias (ICEC) durante los años 2015 y 2016. Este último un convenio con trece universidades a lo largo de todo Chile, donde se realizaron cursos de especialización intermedia para la enseñanza de la ciencia basada en la indagación científica, el cual estuvo dirigido a docentes de aula donde se imparte la enseñanza preescolar y básica, y los cuales han contribuido a la implementación de este tipo de enseñanza principalmente a nivel de educación básica.

Sin embargo, existe evidencia que la capacitación en didáctica de las ciencias en profesores que se encuentran ejerciendo su profesión no siempre consigue modificar sus representaciones sobre la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias (Vergara y Miño, 2009). Lo anterior sugiere que para que ocurra un cambio en el proceso de enseñanza de las ciencias en las escuelas y liceos, se necesita que las disciplinas científicas en las carreras de pedagogía se enseñen a través de una metodología basada en la indagación científica. De manera que se dé la oportunidad de que los profesores aprendan, a través de la metodología ABI, más que reproducirla (Hodson, 1994), logrando influir significativamente, para que apliquen estas estrategias en sus respectivas prácticas de aula, adecuándolas a los niveles educacionales de sus estudiantes, los contextos aula específicos y, al proyecto educacional de la escuela o liceo.

En relación a los actuales planes de formación de profesores en Chile, muchos de ellos hacen mención a la enseñanza de las ciencias basada en indagación, pero no existe ninguno que promueva la enseñanza de éstas, a través de ABI, en las universidades del país (Cofré et al., 2010). Para realizar una extensión de la metodología ABI para la enseñanza de las ciencias a nivel universitario, especialmente su aplicación en la FID, es necesario primero investigar los posibles beneficios de esta metodología, en el contexto

socio-cultural chileno, lo que de acuerdo a la literatura analizada no hay evidencias publicadas en nuestro país.

Por este motivo, el propósito de este trabajo fue desarrollar un proyecto de innovación basado en estrategias y técnicas de aprendizaje, centrado en la enseñanza de la ciencia fundamentado en la metodología de indagación. De esta forma, orientado a fortalecer el rendimiento académico y mejorar el desarrollo de habilidades superiores en los estudiantes de pedagogía en biología, que se encuentran en los últimos semestres de su formación inicial docente en la Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación (UMCE), una universidad centrada principalmente en la formación de profesores a nivel nacional.

Para llevar a cabo esta innovación, se trabajó diseñando laboratorios de Ciencias Ecológicas, y se estimó cuantitativamente el efecto de la enseñanza de las ciencias usando la metodología de indagación (ABI) versus la metodología tradicional, complementando con TIC's en el aula, como una manera de evaluar el desempeño de los estudiantes en el área de las ciencias naturales.

Desarrollo de la innovación pedagógica basada en la indagación científica.

Esta innovación pedagógica se realizó en las actividades prácticas del curso Ecología de Comunidades ubicado en el octavo semestre de la malla curricular de los futuros docentes de la carrera de Pedagogía en Biología y Ciencias Naturales de la UMCE. Para la realización de la innovación pedagógica se diseñaron laboratorios de ciencias ecológicas basados en la metodología de indagación en el curso de Ecología de Comunidades. Se debe señalar que la metodología contempló el uso de TIC's, como una manera de fortalecer el contenido disciplinar y pedagógico, posibilitando un impacto positivo en la FID, así como el conocimiento de nuevas estrategias pedagógicas que deben adoptar los futuros profesores en el aula. Asimismo, los trabajos en los laboratorios de ciencias ecológicas eran precedidos por cátedras, en donde se trataban los contenidos de los laboratorios.

En el desarrollo del proceso de innovación se realizaron seis sesiones, utilizando prácticas de los conceptos y teorías basales de Ecología de Comunidades, además de tres sesiones prácticas transversales que contemplaron a la diversidad biológica desde la genética al ecosistema (Fig. 2C), en donde se evaluaba una hipótesis por medio de herramientas estadísticas (Fig. 2A). Se diseñaron las actividades en los laboratorios, utilizando técnicas y estrategias de la enseñanza de las ciencias basadas en la indagación científica, además de un acompañamiento semanal fuera del aula (Fig. 1 y 2B).

Las actividades de laboratorios para ABI comprendieron los siguientes pasos:

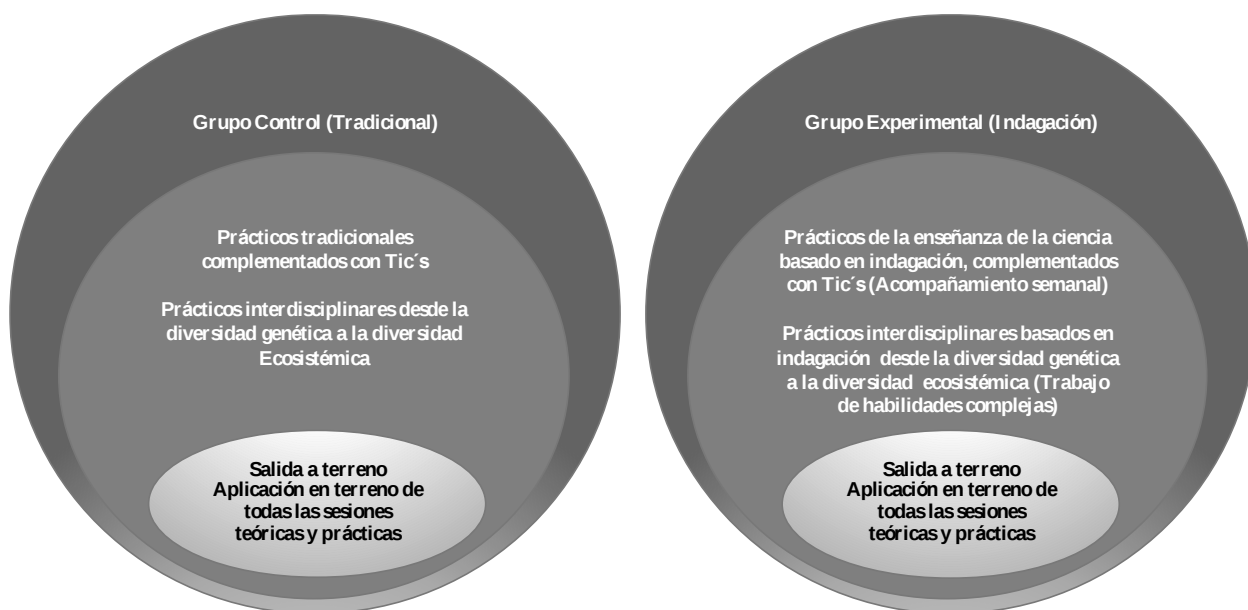
1. El docente expuso el concepto basal de ecología, utilizando información relacionada al tema, sacado de algún artículo científico. El artículo se seleccionó, considerando como criterios el abordar la temática a tratar en el laboratorio y el utilizar especies nativas o endémicas de Chile para realizar el estudio. Para esto se utilizó apoyo visual, a través de la exhibición de diapositivas. Cabe destacar que se utilizó el marco teórico del estudio, el que muchas veces fue complementado con información de otros artículos científicos, para que la actividad se situara en un contexto motivante y cercano a la vida del estudiante, sin especificar la problemática específica ni la pregunta de investigación.
2. Se solicitó a los estudiantes formar grupos de trabajo donde propusieran una pregunta de investigación relacionada con la problemática expuesta por el docente en la actividad 1. El docente durante la actividad guió a los alumnos a realizar preguntas ecológicas posibles de probar y que necesiten de la indagación científica para resolverlas. Para

esto, el docente realizó un continuo seguimiento de los grupos, incentivando a los estudiantes a realizar una autoevaluación de la validez de su pregunta de investigación. Se terminó con una invitación a los estudiantes a formular una hipótesis de estudio en lenguaje científico y las hipótesis estadísticas para su refutación.

3. Posteriormente, los estudiantes propusieron un diseño de estudio para evaluar sus predicciones. Se debe señalar, que en el curso de Ecología de Comunidades en su sección teórica, fueron explicados a los estudiantes las técnicas de muestreo, métodos y análisis estadísticos generales de ecología y para este tipo de estudio. Por lo que el docente en esta actividad incentivó a los estudiantes a utilizar sus conocimientos previos.
4. Los estudiantes realizaron los correspondientes análisis estadísticos con la finalidad de comprobar la hipótesis de trabajo. Posteriormente, los estudiantes interpretaron y explicaron en el contexto de su pregunta de investigación, los resultados obtenidos.
5. Los grupos de trabajo plantearon las conclusiones de acuerdo a los resultados obtenidos. Los estudiantes, realizaron una reflexión crítica respecto al estudio realizado, sus proyecciones y consecuencias.
6. Por último, se solicitó a un grupo elegido al azar comunicar su investigación a la clase. El docente guio promoviendo la participación y visión crítica de los demás estudiantes frente al grupo expositor. En esta instancia, se discutieron los errores investigativos más comunes observados por el docente durante la sesión práctica.

Al final del semestre, se efectuó una salida a terreno, que contempló la realización de actividades prácticas (Fig. 2 D y E), relacionadas con las sesiones del laboratorio de Ecología de Comunidades.

Figura 1: Modelo de estrategias y técnicas utilizadas en el desarrollo de la innovación.



Fuente: elaboración propia.

Figura 2. Trabajo práctico realizado a los grupos control y experimental: A) Actividad didáctica práctica del modelo depredador presa, B) Acompañamiento semanal de grupo experimental C) Laboratorio de diversidad genética D) y E) Salida a terreno Reserva Nacional Río Clarillo.



Metodología para el análisis de la innovación pedagógica .

Para la correcta evaluación del efecto de la innovación pedagógica sobre el desempeño de los alumnos, se realizó una prueba previa, con el objeto de evidenciar el desempeño inicial de los estudiantes que ingresaron al curso de Ecología de Comunidades. Tras obtener los resultados, los estudiantes con nota sobre o igual a cuatro, se categorizaron en estudiantes con alto desempeño inicial (B) y bajo la nota cuatro, como de bajo desempeño inicial (D). Posteriormente, con esta información, el curso de Ecología de Comunidades conformado por 28 estudiantes, fue dividido en dos grupos (Control vs. Experimental), para la realización de las actividades prácticas. Para homogeneizar los grupos y no sesgar los resultados que

se obtuvieron después de la intervención, el grupo experimental y el control comprendió el mismo número de estudiantes con desempeño inicial alto y bajo.

Para evaluar la efectividad de la innovación pedagógica fundamentada en ABI, se contrastó el grupo que realizó laboratorios de ciencias ecológicas basados en la metodología de indagación (grupo experimental), con un grupo control, que desarrolló laboratorios de ciencias ecológicas tradicionales (Fig. 1). De esta forma, se evaluó cuantitativamente por medio de un estudio comparativo, los efectos de este enfoque innovador sobre el desempeño de los alumnos en el curso de Ecología de Comunidades. Se debe señalar que la metodología de ambos grupos contempló el uso de TIC's y la salida a terreno al finalizar el semestre. Asimismo, el laboratorio de ciencias ecológicas para ambos grupos contó con el mismo marco teórico de referencia.

Con el fin de determinar si existen diferencias significativas entre el grupo control (laboratorios tradicionales) y el grupo experimental (laboratorios indagación) en el desempeño obtenido en el curso de Ecología de Comunidades, se utilizaron las notas de las pruebas de cátedra, laboratorios e informes. A partir de estos datos, se obtuvo una matriz de similitud por medio del índice de Bray Curtis y se aplicó un análisis multivariado de similitud (ANOSIM), para determinar si hubo diferencias significativas en el desempeño entre los estudiantes del grupo control (1) y experimental (2), los que además, como se mencionó antes, fueron categorizados a priori con alto desempeño inicial (B) y con bajo desempeño inicial (D). Para el análisis de clasificación de los cuatro grupos de estudiantes (B1, B2, D1 y D2), se construyó un dendrograma con la técnica de ligamiento promedio no ponderado (Field et al., 1982). En el análisis de ordenación, se aplicó la técnica de escalamiento multidimensional no métrico (MDS, Ludwig y Reynolds, 1988) en términos de las notas de cátedra, laboratorio e informes, y se graficaron los resultados en dos dimensiones (Software PRIMER 6 & PERMANOVA).

Análisis del desempeño de los estudiantes con distintas metodologías.

Los resultados obtenidos a través de esta innovación mostraron diferencias significativas entre los grupos Control versus Experimental, en el desempeño de los alumnos en el curso de Ecología de Comunidades (ANOSIM; $R = 0,307$; $p < 0,001$). Esto evidencia el beneficio obtenido por los estudiantes que aprendieron en base a una metodología indagatoria en comparación con el grupo que utilizó una metodología tradicional. Los resultados a posteriori de prueba entre pares evidenciaron que existen diferencias entre todos los grupos, exceptuando B1 y D1, comprobando que el grupo con metodología tradicional no presenta un patrón en su rendimiento, siendo independiente del desempeño inicial de los estudiantes (Tabla 1).

Tabla 1. Prueba de pares a nivel de promedio integrados de cátedra, laboratorios e informes.

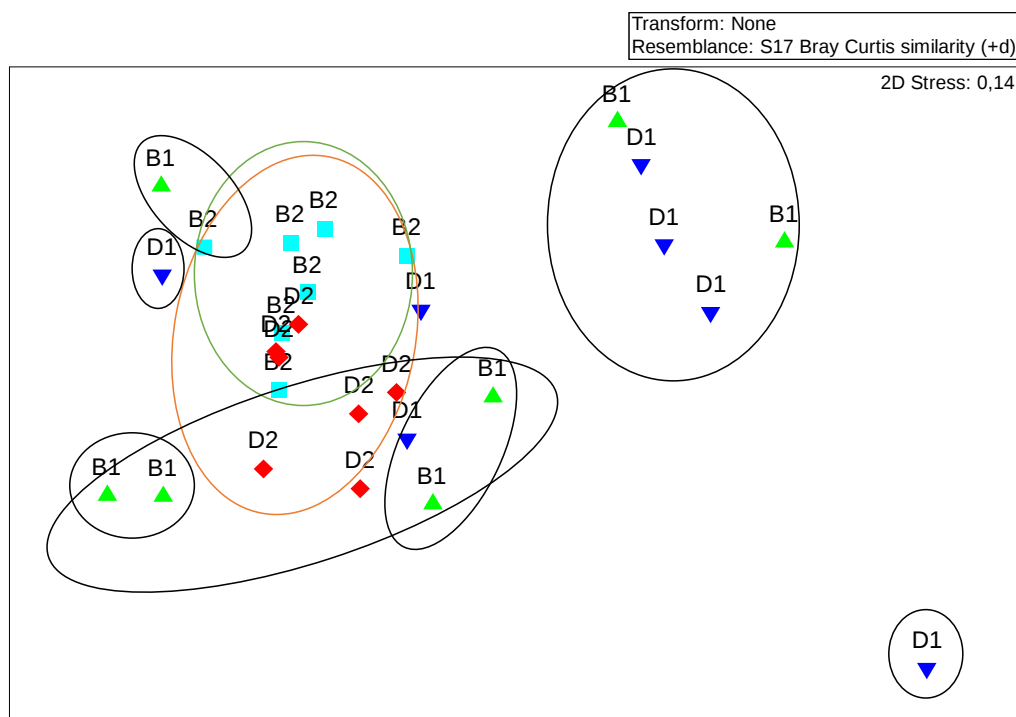
GRUPOS	R Estadístico de significancia	Nivel Posible
B1, D1	0,108	13,1
B1, B2	0,365	0,2

B1, D2	0,492	0,1
D1, D2	0,321	1
D1, D2	0,392	0,2
B2, D2	0,296	1,9

B1: Controles Alto Desempeño; B2: Experimentales Alto Desempeño;
D1: Controles Bajo Desempeño; D2: Experimentales Bajo Desempeño.

Por otra parte, el análisis de MDS de similitud de Bray Curtis, para las notas entre los cuatro grupos analizados, mostró un núcleo definido de similitud entre B2 y D2 (circunferencia roja Fig. 3), separando a los estudiantes con un mayor desempeño, que aprendieron en base a una metodología indagatoria, del grupo que utilizó una metodología tradicional (Fig. 3). Asimismo, los estudiantes con un desempeño inicial alto, que aprendieron en los laboratorios con metodología indagatoria (B2) se agruparon por su similitud, por presentar un incremento de sus notas a lo largo de todo el curso (circunferencia verde Fig. 3). Finalmente, los estudiantes que aprendieron en los laboratorios en base a la forma tradicional de enseñanza, no evidenciaron un patrón definido, donde casi el 50% del total del grupo control (B1 y B2), presentó un muy bajo desempeño; sólo alumnos con un destacado desempeño inicial, se separan de su grupo control (circunferencias negras Fig. 3).

Figura 3. Análisis no métrico de escalamiento multidimensional (MDS) de Bray Curtis, para las notas por estudiante de los grupos B1 (control alto desempeño inicial), B2 (experimental alto desempeño inicial), D1 (control bajo desempeño inicial) y D2 (experimental bajo desempeño inicial, con un stress de 0,18.



Implicancias de la utilización de indagación en la formación inicial docente.

El presente estudio desarrolló una innovación pedagógica en la FID, orientada al desarrollo de habilidades cognitivas, por medio de la utilización de una metodología indagatoria en la enseñanza de las ciencias. Este estudio, además, contribuye como una primera evidencia cuantitativa a nivel nacional del efecto positivo de la aplicación de la metodología ABI sobre el desempeño de los estudiantes en las aulas universitarias.

A nivel mundial se postula la utilización de ABI como una aproximación pedagógica estándar en colegios y universidades (AAAS, 1993; NRC, 2000; Boyer, 1998). Sin embargo, estudios sistemáticos que evalúen la enseñanza de las ciencias basada en indagación a nivel universitario son escasos (Aditomo et al., 2013; Abdi, 2014). Por otra parte, a pesar de que incorporar la metodología indagatoria en las actividades prácticas de las asignaturas parece incuestionable, debido a que es en estas actividades donde los científicos "hacen ciencia", la creación de laboratorios en asignaturas transversales como son las ciencias ecológicas fundamentados en ABI ha sido lenta y sólo se ha hecho recientemente (Beck y Blumer, 2012). De esta manera, se pretende que esta evaluación del ABI en el contexto socio-cultural chileno, permita extraer generalizaciones de esta práctica y conocer el efecto que tendría sobre el desempeño de los estudiantes al ser aplicado en la educación universitaria de nuestro país.

Los resultados evidenciaron que, al aplicar una metodología basada en la indagación en el laboratorio de Ecología de Comunidades, se genera un mayor desempeño académico de los estudiantes en el área de las ciencias ecológicas, en comparación con el desempeño de aquellos que aprendieron en base a una metodología tradicional. Asimismo, la utilización de la metodología de ABI complementa el desarrollo y mejoramiento del conocimiento de las ciencias ecológicas de todos los estudiantes, no sesgando el aprendizaje a alumnos con desempeño inicial bajo o alto (Tabla 1). Además, el presente estudio apoya la noción de

que un nivel de guía moderado en el proceso de ABI por parte del profesor es necesario para que la intervención educativa sea exitosa (Lazonder y Harmsen, 2016).

Esta primera implementación y evaluación local cuantitativa de ABI a nivel universitario en la carrera de Pedagogía en Biología y Ciencias Naturales de la UMCE, muestra que la utilización de una metodología de enseñanza basada en indagación es beneficiosa en asignaturas transversales como son las ciencias ecológicas. De esta manera, incentivos a la creación de laboratorios fundamentados en la metodología de ABI deberían ser promovidos a nivel universitario en este tipo de disciplinas. Asimismo, debido al rápido aumento de la información científica y los avances tecnológicos de la actualidad, la indagación científica parece ser la metodología adecuada para promover la futura alfabetización científica de la sociedad. Por lo tanto, es necesario que los futuros docentes de nuestro país dispongan de todas las herramientas didácticas vivenciales de ABI, para así poder desarrollar competencias científicas en sus estudiantes en el aula. Finalmente, en las futuras líneas de investigación en nuestro país, se requiere de estudios en donde se evalúe el efecto de ABI sobre habilidades relacionadas al proceso científico, los niveles de pensamiento creativo y las actitudes e interés en las ciencias; logros que se esperan alcanzar producto de estas estrategias de ayuda en el aprendizaje de las ciencias naturales, sobre la alfabetización científica de los estudiantes.

Referencias bibliográficas.

- American Association for the Advancement of Science (1993). *Benchmarks for science literacy: Project 2061*. New York: Oxford University Press.
- Abd-El-Khalick, F., Boujaoude, S., Duschl, R., Lederman, N. G., Mamlok-Naaman, R., Hofstein, A., Tuan, H. L. (2004). Inquiry in science education: International perspectives. *Science Education*, 88(3), 397-419.
- Abdi, A. (2014). The effect of inquiry-based learning method on students' academic achievement in science course. *Universal journal of educational Research*, 2(1), 37-41.
- Aditomo, A., Goodyear, P., Bliuc, A.M., y Ellis, R. A. (2013). Inquiry-based learning in higher education: principal forms, educational objectives, and disciplinary variations. *Studies in Higher Education*, 38(9), 1239-1258.
- Anderson, R. D. (2002). Reforming science teaching: What research says about inquiry. *Journal of Science Teacher Education*, 13(1), 1-12.
- Beck, C. W. y Blumer, L. S. (2012). Inquiry-based ecology laboratory courses improve student confidence and scientific reasoning skills. *Ecosphere*, 3(12), 1-11.
- Bell, R. L., Blair, L. M., Crawford, B. A., y Lederman, N. G. (2003). Just do it? Impact of a science apprenticeship program on high school students' understandings of the nature of science and scientific inquiry. *Journal of Research in Science Teaching*, 40(5), 487-509.
- Boyer, E. L. (1998). *The Boyer commission on educating undergraduates in the research university, reinventing undergraduate education: A blueprint for America's research universities*. New York: Stony Brook.

- Brew, A. (2003). Teaching and research: New relationships and their implications for inquiry-based teaching and learning in higher education. *Higher Education Research and Development*, 22(1), 3-18.
- Cariola, L., Cares, G., y Lagos, E. (2009). *¿Qué nos dice PISA sobre la educación de los jóvenes en Chile?*. Santiago de Chile: Ministerio de Educación. Unidad de Currículum y Evaluación.
- Chu, S. K. W., Reynolds, R. B., Tavares, N. J., Notari, M., y Lee, C. W. Y. (2016). *21st Century Skills Development Through Inquiry-Based Learning: From Theory to Practice*. Alemania: Springer.
- Cofré, H., Camacho, J., Galaz, A., Jiménez, J., Santibáñez, D., y Vergara, C. (2010). La educación científica en Chile: debilidades de la enseñanza y futuros desafíos de la educación de profesores de ciencia. *Estudios pedagógicos (Valdivia)*, 36(2), 279-293.
- Delors, J., Al Mufti, I., Amagi, I., Carneiro, R., Chung, F., Geremek, B., y Nazhao, Z. (1996). *Informe a la Unesco de la comisión internacional sobre la educación para el siglo XXI: La educación encierra un tesoro*. Madrid: Santillana, Ediciones UNESCO.
- Devés, R., y López, P. (2007). Inquiry-based science education and its impact on school improvement: the ECBI program in Chile. *International Handbook of School Effectiveness and Improvement*, 887-902.
- Duran, M., y Dokme, I. (2016). The effect of the inquiry-based learning approach on student's critical-thinking skills. *Eurasia Journal of Mathematics Science and Technology Education*, 12(12), 2887-2908.
- Freeman, S., Eddy, S. L., McDonough, M., Smith, M. K., Okoroafor, N., Jordt, H., y Wenderoth, M. P. (2014). Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111(23), 8410-8415.
- Field, J. G., Clarke, K. R., y Warwick, R. M. (1982). A practical strategy for analysing multispecies distribution patterns. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 8, 37-52.
- Gil, D. y Vilches, A. (2001). Una alfabetización científica para el siglo XXI. *Revista Investigación en la Escuela* 43, 27-37.
- Gil-Pérez, D., Guisasola, J., Moreno, A., Cachapuz, A., Pessoa de Carvalho, A. M., Martínez Torregrosa, J., Salinas, J., Valdés, P., González, E., Gené Duch, A., Dumas-Carré, A., Tricárico, H., Gallego, R. (2002). Defending constructivism in science education. *Science & Education*, 11(6), 557-571.
- González-Weil, C., Martínez Larraín, M. T., Martínez Galaz, C., Cuevas Solís, K., y Muñoz Concha, L. (2009). La educación científica como apoyo a la movilidad social: Desafíos en torno al rol del profesor secundario en la implementación de la indagación científica como enfoque pedagógico. *Estudios pedagógicos (Valdivia)*, 35(1), 63-78.
- Healey, M. (2005). Linking research and teaching to benefit student learning. *Journal of Geography in Higher Education*, 29(2), 183-201.
- Hattie, J. (2003). *Teachers Make a Difference, What is the research evidence?*. Camberwell: Australian Council for Educational Research.

- Hmelo-Silver, C. E., Duncan, R. G., y Chinn, C. A. (2007). Scaffolding and achievement in problem-based and inquiry learning: A response to Kirschner, Sweller, and Clark (2006). *Educational psychologist*, 42(2), 99-107.
- Hodson, D. (1994). Seeking directions for change: The personalisation and politicisation of science education. *Curriculum Studies*, 2(1), 71-98.
- Hurtado, G. E. (2014). ¿ Cuáles son las tendencias en las metodologías de enseñanza de la última década en iberoamérica? *Revista Científica*, 1(18), 86-99.
- Labudde, P. (2008). The role of constructivism in science education: yesterday, today, and tomorrow. En S. Mikelskis-Seifert, Ringelband, y Brückmann (Eds.), *Four Decades of Research in Science Education* (pp. 139-155). Münster, Germany: Waxmann.
- Lawson, A. E. (2010). Basic inferences of scientific reasoning, argumentation, and discovery. *Science Education*, 94(2), 336-364.
- Lazonder, A. W., y Harmsen, R. (2016). Meta-Analysis of Inquiry-Based Learning: Effects of Guidance. *Review of Educational Research*, 86(3), 681-718.
- Lehtinen, A., y Viiri, J. (2017). Guidance Provided by Teacher and Simulation for Inquiry-Based Learning: a Case Study. *Journal of Science Education and Technology*, 26(2), 193-206.
- Lin, T. C., Lin, T. J., y Tsai, C. C. (2014). Research Trends in Science Education from 2008 to 2012: A systematic content analysis of publications in selected journals. *International Journal of Science Education*, 36(8), 1346-1372.
- Lueddeke, G. R. (1999). Toward a constructivist framework for guiding change and innovation in higher education. *The Journal of Higher Education*, 70(3), 235-260.
- Ludwig, J.A., y Reynolds, J.F. (1988). *Statistical Ecology: A primer on methods and computing*. John Wiley & Sons, New York. 337 p.
- Macedo, B. (2016). *Foro abierto de Ciencias y Latinoamericana y Caribe: Educación científica*. Montevideo: Ediciones UNESCO.
- Mayer, R. E. (1996). Learners as information processors: Legacies and limitations of educational psychology's second. *Educational psychologist*, 31(3-4), 151-161.
- MINEDUC (2016). *Cuenta pública sectorial*. Santiago de Chile: Ministerio de Educación.
- NRC: National Research Council (2000). *Inquiry and the National Science Education Standards: A Guide for Teaching and Learning*. Washington, D.C.: National Academy Press.
- Navarro, M., y Förster, C. (2012). Nivel de alfabetización científica y actitudes hacia la ciencia en estudiantes de secundaria: comparaciones por sexo y nivel socioeconómico Pensamiento Educativo. *Revista de Investigación Educativa Latinoamericana*, 49(1), 1-17.
- OECD (2016). *PISA 2015 Results (Volume I): Excellence and Equity in Education*. Paris: OECD Publishing.
- Panasan, M., y Nuangchalem, P. (2010). Learning Outcomes of Project-Based and Inquiry-Based Learning Activities. *Online Submission*, 6(2), 252-255.

- Pedaste, M., Maeots, M., Siiman, L. A., de Jong, T., van Riesen, S. A. N., Kamp, E. T., Manoli, C. C., Zacharia, Z. C., y Tsourlidaki, E. (2015). Phases of inquiry-based learning: Definitions and the inquiry cycle. *Educational Research Review*, 14, 47-61.
- Perrenoud, P. (2001). La formación de los docentes en el siglo XXI. *Revista de Tecnología educativa*, 14(3), 503-523.
- Secker, C. V. (2002). Effects of inquiry-based teacher practices on science excellence and equity. *The Journal of Educational Research*, 95(3), 151-160.
- Shymansky, J. A., Kyle, W. C., y Alport, J. M. (1983). The effects of new science curricula on student performance. *Journal of Research in Science Teaching*, 20(5), 387-404.
- Vergara, C. (2006). Concepciones sobre la enseñanza y el aprendizaje en profesores de biología: Coherencia entre el discurso y la práctica de aula. Tesis doctoral para optar al grado de Doctor en Ciencias de la Educación no publicada, Pontificia Universidad Católica de Chile, Chile
- Vergara, C. y Miño, F. (2009). Resistencia de profesores de ciencias en los cambios de sus prácticas en el aula y sus representaciones sobre la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, Núm. Extra, 3501-3504.