

Impacto de estrategias de aprendizaje activo sobre el conocimiento disciplinar de futuros profesores de física, en un curso de didáctica

Impact of active learning strategies on future physics teachers' disciplinary knowledge in a didactic course

Carla Hernández-Silva¹, Lorena López-Fernández², Alexis González-Donoso³ y Silvia Tecpan-Flores¹

¹Facultad de Ciencia, Universidad de Santiago de Chile
²Facultad de Humanidades, Universidad de Santiago de Chile
³Vancouver, Canadá

Resumen

En este artículo se presentan características y resultados de una intervención metodológica implementada en clases de un curso de didáctica para formación inicial de profesores de física, en una universidad estatal chilena. La intervención consistió en enseñar a los estudiantes algunas estrategias de aprendizaje activo que luego utilizaron para diseñar y ejecutar clases de física frente a sus pares. Con el fin de medir el impacto de la intervención sobre el nivel de conocimiento disciplinar de los futuros profesores, se utilizó el Inventario sobre Conceptos de Fuerza (FCI, por su sigla en inglés) en modalidad pre y post instrucción. Los resultados muestran una ganancia normalizada de 0,40 al finalizar la intervención, lo que sugiere que los futuros profesores de física mejoraron su nivel de entendimiento conceptual sobre el contenido disciplinar después de haber aprendido y aplicado estrategias de aprendizaje activo para enseñar a sus pares. Se discuten implicancias para la formación docente y limitaciones del estudio.

Palabras clave: aprendizaje activo, formación inicial de profesores, física, didáctica

Correspondencia a:

Carla Hernández Silva
Departamento de Física, Facultad de Ciencia, Universidad de Santiago de Chile
Avenida Ecuador 3493, Estación Central, Región Metropolitana, Chile
Estudio financiado por la Universidad de Santiago de Chile a través de sus proyectos DICYT 041531HS y Basal USA 1555.
carla.hernandez.s@usach.cl

© 2018 PEL, <http://www.pensamientoeducativo.org> - <http://www.pel.cl>

ISSN:0719-0409 DDI:203.262, Santiago, Chile
doi: 10.7764/PEL.55.1.2018.6

Abstract

This article presents characteristics and results of a methodological intervention implemented in classes of a didactic course for initial training of physics teachers in a Chilean public university. The intervention consisted of teaching pre-service teachers about active learning strategies which they then used to design and conduct physics classes to their classmates. In order to measure the impact of the intervention on the level of disciplinary knowledge of future teachers, the Force Conceptual Inventory (FCI) was employed in pre and post instruction modality. The results show a normalized gain of 0.40 at the end of the intervention, suggesting that future physics teachers improved their level of conceptual understanding of disciplinary content after having learned and applied active learning strategies to teach peers. Implications for teacher training and study limitations are discussed by the authors.

Keywords: active learning, initial teacher training, physics, didacticism

En las últimas décadas ha sido prioridad en Chile implementar diversas iniciativas para mejorar la calidad de la educación, dentro de las cuales ha sido clave el fortalecimiento de la profesión docente (Sisto, 2011) y el mejoramiento institucional de los programas de formación inicial (OEI, 2008). Dentro de los programas de formación inicial docente se ha diagnosticado cierta desarticulación, entre los cursos del área pedagógica y aquellos centrados en la especialidad o disciplina (Cofré, Camacho, Galaz, Jiménez, Santibáñez y Vergara, 2010; MINEDUC, 2005). Así también, ha sido cuestionado el modelo pedagógico comúnmente utilizado en el aula de las carreras de formación de profesores (Hernández y Tecpan, 2017; Pedraja, Araneda, Rodríguez y Rodríguez, 2012) que es coherente con un estilo llamado *magistral* (Biggs y Biggs, 2004), donde las clases son principalmente expositivas, centradas en el contenido (McDermott, 1990), y donde destaca el rol predominante del profesor como poseedor absoluto del conocimiento (Bailey & Nagamine, 2012) y un rol pasivo del estudiante en su propio proceso de formación (Ortega, 2007). En el caso específico de la enseñanza de la física, esta situación ha implicado que los futuros profesores no adquieran nuevas estrategias para enseñar en la escuela (Karamustafaoglu, 2009) y, por lo tanto, se mantiene una educación que repite el modelo pedagógico de referencia (Copello y Sanmartí, 2001).

Por otra parte, Benegas, Alarcón y Zavala (2013) sugieren que la formación docente debe:

- Favorecer una comprensión práctica de los principios de la física.
- Favorecer una comprensión práctica de los procesos básicos del aprendizaje de la física.
- Familiarizar al participante con (al menos una de) las nuevas metodologías de enseñanza para el aprendizaje activo de la física.

Se coincide con los autores en que la primera condición, a pesar de parecer evidente, no siempre se cumple a cabalidad. Investigaciones sobre conocimiento disciplinar del profesorado han demostrado que, aún después de recibir instrucción universitaria en la disciplina, persisten en los modelos erróneos de la física (McDermott y Shaffer, 2001). Por lo tanto, debería ser parte importante de la formación el propiciar espacios para que el conocimiento disciplinar adquirido en cada nivel pueda ser constantemente aplicado, cuestionado y evaluado. En esta línea, varios autores coinciden en la necesidad de buscar alternativas para que los profesores en formación mejoren el nivel de conocimiento disciplinar adquirido, pues se tiene evidencia de que influye positivamente en su efectividad como docentes (Abell, 2007; Lederman, Gess-Newsome & Latz, 1994).

Sobre la base de los antecedentes, la presente investigación se centró en la pregunta de investigación “¿cómo impacta el uso de estrategias de aprendizaje activo sobre el conocimiento disciplinar de los futuros profesores de física?” Para dar respuesta a ella, se diseñó una intervención en un curso de didáctica de la física, con el objetivo

de que los futuros profesores se apropiaran de nuevas metodologías centradas en el estudiante, las cuales debían utilizar para enseñar un contenido específico de la disciplina frente a sus pares.

Aprendizaje activo en la formación del profesorado

Específicamente en el área de la enseñanza de la física, en los últimos 30 años, los resultados de diversas investigaciones permiten disponer de evidencias y conocimientos que promueven el uso de innovadoras estrategias de clase basadas en aprendizaje activo y centradas en el estudiante, las cuales mejoran los resultados académicos, en comparación con los obtenidos a partir de metodologías tradicionales centradas en el profesor (Benegas, 2007; Coletta & Phillips, 2005; De Landazábal, Benegas, Otero, Cabrera, Espejo, Seballos y Zavala, 2010; Hake, 1998; Jackson, Dukerich & Hestenes, 2008; Meltzer & Shaffer, 2011; Meltzer & Thornton, 2012; Redish, 2003). Estas estrategias propician aprendizajes perdurables en los estudiantes y promueven el desarrollo de otras habilidades que difícilmente se logran con el modelo tradicional (Zhu & Geelan, 2013).

En el presente estudio se considera el *Aprendizaje Activo* como un proceso en el cual los estudiantes realizan actividades diversas que promueven el análisis, la síntesis y la evaluación, de acuerdo a la definición dada por el *Center for Research on Learning and Teaching* de la Universidad de Michigan¹. A diferencia de las metodologías tradicionales, centradas en el contenido, se sitúa al estudiante en el centro del aprendizaje y se potencia el trabajo colaborativo entre pares. Según Benegas (2011), algunas diferencias entre el aprendizaje centrado en el contenido, o tradicional, y el aprendizaje activo, centrado en el estudiante, son:

- La principal fuente de conocimiento para el estudiante, cuando el aprendizaje se centra en el contenido, es el libro guía y el propio docente, sin embargo, cuando el aprendizaje es activo, se valida la observación del mundo real como la principal fuente de conocimiento.
- Las creencias de los estudiantes no son explícitamente desafiadas en una clase con enfoque tradicional, mientras que en un aula activa los estudiantes deben confrontar sus predicciones y creencias con los resultados de experimentos y observaciones.
- El rol del docente pasa de ser una autoridad en el enfoque tradicional al de un guía en el proceso de aprendizaje activo.
- En un aprendizaje centrado en el contenido, el rol del estudiante es mayormente pasivo, mientras que en un aprendizaje activo se estimula al estudiante a seguir su propio proceso de aprendizaje, guiado por el docente y en constante colaboración con sus pares.
- El aprendizaje centrado en el estudiante pone énfasis en el entendimiento conceptual y el desarrollo de habilidades colaborativas, así como también en el razonamiento y la argumentación.

Con base en estas características, las estrategias de aprendizaje activo se presentan como una alternativa para que el futuro profesor adquiera herramientas que le permitan transformar el conocimiento científico adquirido en un conocimiento enseñable (Abell, 2007).

En este estudio, y para la intervención diseñada, se profundizó en algunas *estrategias activas* para el aprendizaje de la física a nivel universitario, cuya breve descripción se presenta a continuación:

- Clases Interactivas Demostrativas (Sokoloff & Thornton, 2004). Consiste en utilizar en clase una serie de hojas de trabajo con indicaciones específicas para observar las demostraciones. Los estudiantes predicen los resultados de las demostraciones, discuten en grupos pequeños, observan los resultados, comparan con sus predicciones y explican la convergencia o divergencia entre sus predicciones y lo observado.
- Instrucción por pares (Mazur, 1997). Se refiere a discusiones en grupos pequeños (dos o tres estudiantes) de preguntas conceptuales que se combinan con breves cápsulas de información. Se promueve una implicación cognitiva creciente por parte del estudiante, además de obtener retroalimentación formativa inmediata sobre la evolución del pensamiento de la clase.
- Problemas Ricos en Contexto (Heller & Hollabaugh, 1992; Heller, Keith & Anderson, 1992). En esta estrategia los estudiantes trabajan en pequeños grupos usando una serie de pasos, similares a los que usan los expertos para solucionar problemas complejos, ricos en contexto, donde los estudiantes aparecen como

1 <http://www.crlt.umich.edu/tstrategies/tsal>. Última visita: 22 de julio de 2017.

protagonistas de la situación para que se involucren. Dichos problemas deben ser lo suficientemente difíciles para resolverse de manera individual, lo que potencia el trabajo colaborativo, pero no tan complejos para que los estudiantes no se desalienten.

- Aprendizaje Basado en Indagación (Anderson, 2007). Consiste en realizar investigaciones “guiadas” en el laboratorio, para desarrollar una comprensión profunda de los conceptos físicos y de las habilidades de razonamiento científico. Los estudiantes hacen observaciones, desarrollan conceptos físicos, usan e interpretan representaciones científicas y construyen modelos explicativos predictivos.

- Instrucción por Modelación (Hestenes, 1987). El énfasis de esta estrategia es la construcción activa de modelos conceptuales y matemáticos, los cuales son desarrollados por los estudiantes en grupos pequeños que se constituyen como comunidades de aprendizaje.

Se presentan, a continuación, las características metodológicas del estudio y el detalle de la intervención realizada, instancia en que las estrategias de aprendizaje activo señaladas han sido incorporadas en el curso de didáctica de la física para formación de profesores.

Metodología

Para abordar la pregunta de investigación, se diseñó e implementó una intervención metodológica para un curso de didáctica en un programa universitario de formación inicial docente, que buscaba enseñar a los estudiantes a utilizar diversas estrategias de aprendizaje activo para la enseñanza de la física.

Se realizó un pre-experimento con diseño de pretest-postest a un solo grupo (Hernández, Fernández y Baptista, 2006), del tipo G1 O1 X O2, donde:

G1: estudiantes del curso de didáctica de la física

O1: Nivel de conocimiento disciplinar inicial

X: Intervención

O2: Nivel de conocimiento disciplinar posterior a la intervención

Muestra (G1)

Participaron 28 estudiantes de un curso de didáctica de la carrera de Pedagogía en Física en una universidad estatal de Chile. La edad media de los participantes fue de 21 años. Un 39% correspondía a mujeres y un 61% a hombres.

Nivel del conocimiento disciplinar Inicial y Final (O1 y O2)

Dado que esta asignatura se encuentra en un sexto semestre del programa de la carrera, los estudiantes contaban con conocimiento disciplinar previo en asignaturas como mecánica clásica, curso que había sido aprobado por todos los participantes. Considerando que este contenido es uno de los temas con mayor presencia en el currículo de física de educación media en Chile², se decidió centrar la intervención y uso de estrategias de aprendizaje activo en la enseñanza de fundamentos de la mecánica clásica.

Para determinar el nivel de conocimiento disciplinar de los futuros profesores al comienzo y al final de la intervención, se utilizó el Inventario Conceptual sobre Fuerza – FCI (Hestenes, Wells & Swackhamer, 1992) en su versión revisada de 30 ítems (Hestenes & Halloun, 1995) y traducida al español por Macia-Barber, Hernández y Menéndez (1995).

Las preguntas del instrumento son de selección múltiple y permiten evaluar conocimiento sobre el concepto de fuerza, a través de diversas dimensiones: cinemática, principios de Newton, tipos de fuerzas y principio de superposición. Su uso permite no solamente establecer cuánto sabe el estudiante, sino también cuáles son sus modelos conceptuales en el tema. La tabla 1 expone el detalle de los contenidos evaluados y las preguntas correspondientes en cada caso.

2 <http://www.curriculumenlineamineduc.cl/605/w3-channel.html>. Última consulta: 20 de julio, 2017.

Tabla 1
Contenidos conceptuales del FCI

Contenido	N° de ítem
Aceleración es independiente del peso	1, 2
Fuerza de gravedad	3, 13, 29
1° Ley Newton	6, 7, 10, 23, 24
2° Ley de Newton	8, 9, 18, 21, 22, 26
3era ley de Newton	4, 15, 16, 18, 25, 28
Fuerzas que actúan en un MCU	5
Principio de superposición de fuerzas	11, 17
Movimiento parabólico	12, 14
Cinemática. Diferencia entre velocidad y aceleración	19, 20
Fuerzas de fricción	27, 30

Intervención realizada (X)

El curso de didáctica de la física intervenido tiene por objetivo entregar al futuro profesor herramientas teóricas y técnicas, para que aprenda los fundamentos que sustentan los procesos de enseñanza y aprendizaje de la disciplina en el aula, durante un semestre. La implementación se realizó en el año 2015.

Desde el inicio del curso, las clases se desarrollaron con actividades que potenciaban el trabajo colaborativo y que estaban centradas en el rol activo de los estudiantes. Los contenidos del curso se distribuyeron temporalmente del siguiente modo:

- Semanas 1-4: Fundamentos sobre la enseñanza y aprendizaje de las ciencias y, específicamente, la física.
- Semanas 5-8: Enseñanza de estrategias de aprendizaje activo: modelación, indagación, instrucción por pares, clases demostrativas interactivas, resolución de problemas ricos en contexto.
- Semanas 9-11: Planificación de clases y diseño de material didáctico para su implementación.
- Semanas 12-16: Implementación de clases planificadas en el aula. Los estudiantes adquieren un rol de profesor y/o estudiante de sus pares.
- Semana 17: Aplicación de post-test y evaluación de portafolios elaborados con el trabajo de clases.

En la semana 8, se aplicó como pre-test el cuestionario FCI, con el fin de identificar cuáles conceptos presentaban más dificultad para los estudiantes. En función de los resultados obtenidos (figura 2), se formaron equipos de trabajo de tres o cuatro estudiantes, agrupándolos de acuerdo a la afinidad en los resultados del test, es decir, los estudiantes que obtenían menores resultados en un mismo tema constituían un mismo grupo.

El objetivo de esta distribución fue propiciar que, a partir de la semana 9, la actividad de planificar clases y diseñar recursos didácticos se realizara para enseñar un contenido específico: aquel para el cual el grupo completo tenía mayor dificultad conceptual. Esta decisión permitió que los estudiantes pudieran enfrentarse al desafío de enseñar el contenido y, por ende, abordar el estudio de fenómenos relacionados.

Ahora bien, dado el interés de que la intervención permitiera a los estudiantes apropiarse de las estrategias de aprendizaje activo, fue requisito que la clase planificada no se realizara de manera expositiva o tradicional. Para ello, cada grupo pudo escoger con qué estrategia de aprendizaje activo, de las previamente aprendidas, querían diseñar su clase. La distribución de contenido y estrategias por equipo se resume en la tabla 2. Nótese que, en algunos temas, hay dos equipos con diferente estrategia asociada, debido a que dichos temas obtuvieron menor resultado en el pre-test para una mayor cantidad de estudiantes, por ende, requerían ser reforzados.

Tabla 2

Distribución de contenido disciplinar y estrategias por grupos de trabajo

Equipo	Contenido disciplinar – FCI	Tipo de estrategia activa
1	Principio de superposición de fuerzas	Instrucción por pares
2	Aceleración independiente del peso	Modelación
3 y 4	2º principio de Newton para fuerzas constantes	Clase Interactiva Demostrativa y Modelación
5 y 6	3er principio de Newton para fuerzas continuas	Clase Interactiva Demostrativa y Problemas Ricos en Contexto
7	Fuerzas en el movimiento circular uniforme	Indagación
8	Resistencia del aire	Indagación
9	Diferencia entre velocidad y aceleración	Problemas Ricos en Contexto
10	Movimiento parabólico	Instrucción por pares

Al momento de implementar la clase de física planificada con la estrategia de aprendizaje activo seleccionada, los estudiantes del equipo asumieron el rol de profesor y los compañeros de asignatura adoptaron el papel de alumnos y pares evaluadores. Las clases tenían duración de 30 minutos por equipo, más 15 minutos para discusión en plenario y retroalimentación posterior. De este modo, en cada sesión del curso se lograban implementar dos clases planificadas.

Como alumnos, los futuros profesores tuvieron la posibilidad de participar de clases de física de tipo activo, diferente a las clases expositivas que recibieron durante su formación. Como pares evaluadores, pudieron reflexionar respecto a las características disciplinares, pedagógicas y didácticas de cada clase ejecutada. De esta manera, la intervención favorece el aprendizaje respecto a la enseñanza y aprendizaje de la física con estrategias activas, desde los tres roles posibles.

Técnica de análisis de datos

Para el análisis de los datos del FCI, se utilizó análisis de ganancia normalizada (Hake, 1998), entendida como la razón entre la ganancia obtenida en un curso (diferencia entre el pre-test aplicado al inicio del curso y el post-test aplicado al final del mismo) y la ganancia máxima posible, es decir, la diferencia entre el resultado máximo posible (puntuación perfecta) y la situación inicial (pre-test):

$$g = \frac{\text{post test \%} - \text{pre test \%}}{100 - \% \text{ pretest}}$$

Además, para conocer si esa diferencia era estadísticamente significativa, se aplicó la prueba *t de Student* para muestras dependientes (Sheskin, 2007).

En todo el proceso se tuvieron en consideración los estándares éticos, a través de autorizaciones firmadas en consentimientos informados diseñados para la intervención y toma de datos correspondiente.

Resultados

En el análisis estadístico se verificaron los supuestos de la prueba *t de Student* para muestras dependientes, lo que permite comparar el antes y después de una intervención didáctica (Sheskin, 2007). Los datos sugieren que los participantes incrementaron su nivel de conocimiento disciplinar al término del curso (Media = 73,2; DE = 16,46), comparado con el que exhibieron al inicio del mismo (Media = 55,7; DE = 19,27), por lo que se tiene un resultado estadísticamente significativo ($p < 0,001$; $t = 6,145$; $df = 27$). El tamaño del efecto encontrado es grande ($d = 0,97$) y la potencia de la prueba fue de un 99%, que supera el valor de referencia de 80% (Connolly, 2007).

En el pre-test se obtuvo como resultado un rendimiento promedio del 56% (DE=19.27) y en el post-test el rendimiento promedio fue del 73% (DE = 16.46). La figura 1 muestra un gráfico con el desempeño de cada participante en ambas pruebas. Con estos datos se calculó la ganancia de Hake, obteniendo un valor de $g = 0.40$, lo que, de acuerdo con la clasificación propuesta por el mismo autor, corresponde a una ganancia media, pues se ubica dentro del intervalo mayor o igual a 0,3 y menor a 0,7.

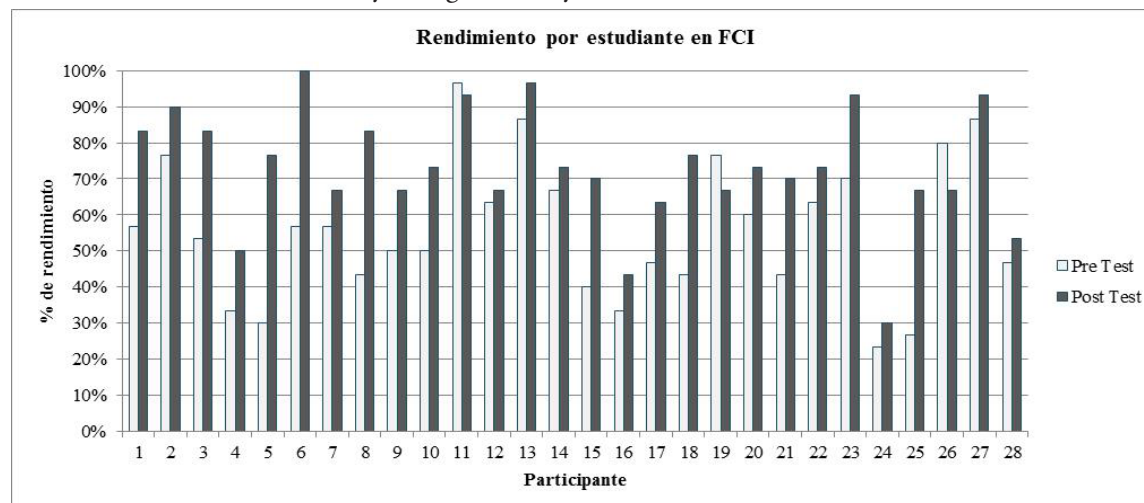


Figura 1. Rendimiento de los 28 participantes en el pre y post test.

Al realizar el análisis del nivel de ganancia por estudiante en el pre-test, se encontró que un 11% obtuvo una ganancia inferior a 0,3, considerada como baja, mientras que la mayoría, 68% de los estudiantes, se ubicó en un nivel de ganancia intermedia, es decir, mayor o igual a 0,3 y menor a 0,7. De este modo, solo un 21% de los participantes obtuvo un nivel de conocimiento considerado alto. En comparación, después de la intervención con estrategias activas realizadas, los resultados en el post-test reflejan que solo un 4% de los estudiantes se encontró en un rango bajo de rendimiento, aumentando a 53% el número de estudiantes con alto rendimiento. Este resultado da cuenta de que la intervención fue efectiva, al favorecer que una gran cantidad de estudiantes transitara de un bajo a un alto nivel de entendimiento conceptual.

Cabe recordar que, en la intervención desarrollada en el curso de didáctica, los estudiantes abordaron los temas cuyos resultados en el pre-test fueron menores al 60% de rendimiento obtenido, vale decir, aquellos temas que presentaron más dificultades para los estudiantes y que se reflejaron en el número de respuestas correctas obtenidas por ítem. En el gráfico de la figura 2 se muestran los resultados obtenidos en el pre y post-test por cada ítem.

Dado el resultado obtenido en el pre-test, los temas de las preguntas 2, 17, 19, 21 y 26 (indicados en la tabla 2) fueron prioritarios para asignar entre los grupos, ya que el rendimiento de los estudiantes no superaba el 40%. Con el objetivo de tener mayor variedad de temas, se asignaron también los correspondientes a otros ítems donde los estudiantes obtuvieron menos del 60% de rendimiento.

Al comparar el rendimiento obtenido en el post-test para el conjunto de ítems cuyos temas fueron abordados por los estudiantes en la intervención, se observa un aumento de hasta un 50% en los resultados. Salvo el caso de la pregunta 5, los estudiantes aumentaron la cantidad de respuestas correctas en todos los contenidos disciplinares que se abordaron con la intervención. Este resultado también sugiere la efectividad de la intervención realizada. El caso discrepante no es abordado en el presente estudio, dada la importancia del impacto global.

Desde una perspectiva de género, los resultados, en cuanto al nivel de conocimiento conceptual del contenido, fueron superiores para hombres. Sin embargo, de acuerdo con el gráfico de la figura 3, las mujeres muestran un mayor aumento en la ganancia promedio, en comparación a los hombres, lo que daría cuenta de

un mayor beneficio en el uso de la intervención propuesta para las mujeres. En otras palabras, la intervención realizada disminuyó la brecha de resultados pre existentes por género, en el nivel de conocimiento conceptual de los futuros profesores sobre el contenido disciplinar abordado.

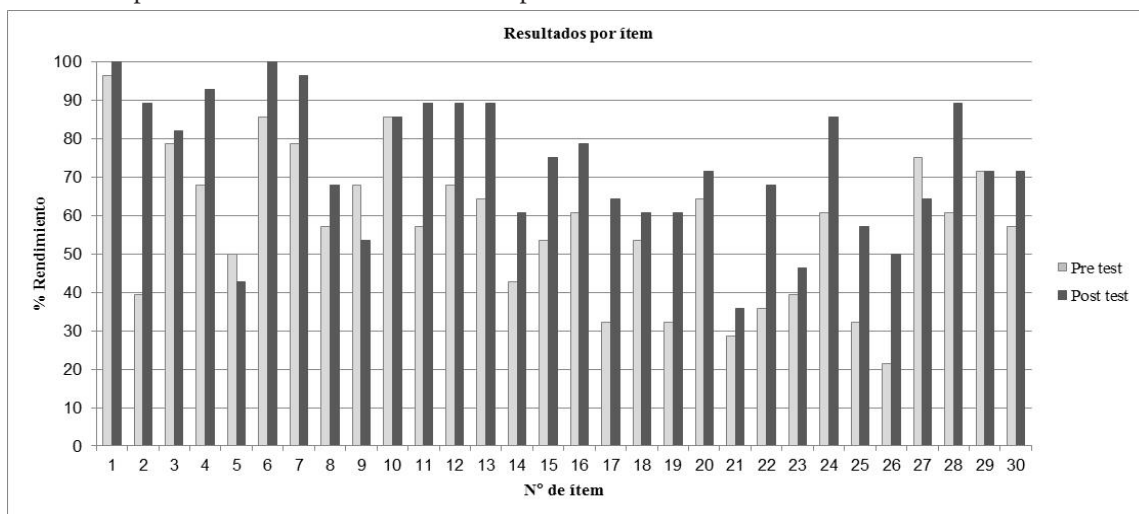


Figura 2. Rendimiento de los estudiantes por cada ítem en el pre y post test.

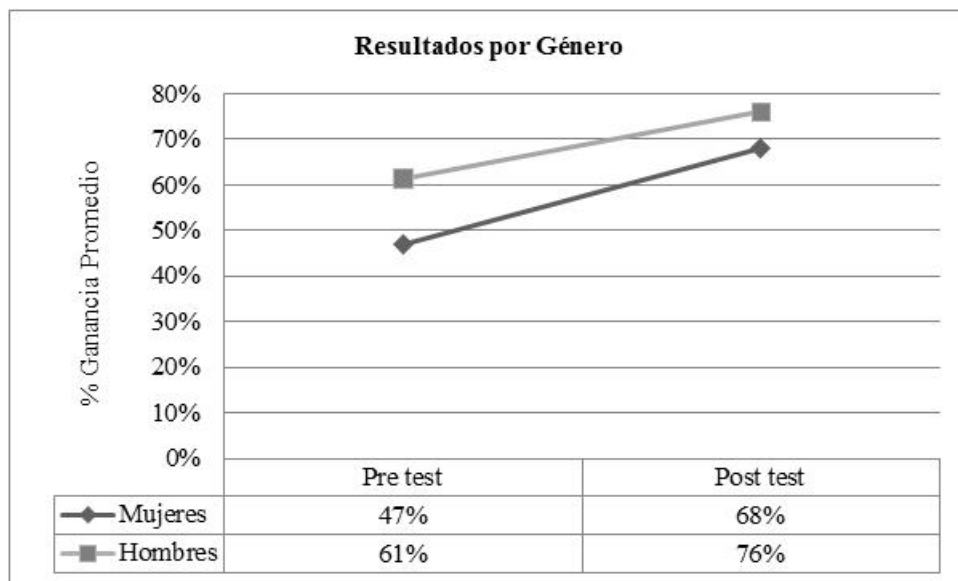


Figura 3. Ganancia promedio obtenida por hombres y mujeres en pre y post test.

Diversos estudios han recomendado utilizar estrategias de aprendizaje activo para aumentar la participación de las mujeres en la física y en las ciencias (Halpern, Aronson, Reimer, Simpkins, Star & Wentzel, 2007; Rosser, 1995). No obstante, los resultados al respecto no son concluyentes, ya que surgen algunos resultados contradictorios (Madsen, MacKagan & Sayre, 2013) que invitan a continuar investigando respecto a qué factores de estas estrategias para enseñanza de la física, y específicamente cuáles, son los que efectivamente influyen en las brechas de género.

Discusión y conclusión

Los resultados de este estudio sugieren que las estrategias de aprendizaje activo aportan al mejoramiento del nivel de conocimiento disciplinar, puesto que los estudiantes obtuvieron mayor entendimiento conceptual al término de la intervención. Estos hallazgos muestran que los participantes logran mejorar los modelos de pensamiento *pre newtonianos* que no habían sido confrontados en su formación previa, dada la instrucción mayormente centrada en el contenido. Este resultado coincide con los obtenidos en otras investigaciones donde se han empleado metodologías de aprendizaje activo para abordar contenidos disciplinares, específicamente de mecánica (Benegas, 2007; Zavala, Alarcón & Benegas, 2007). Sin embargo, cabe destacar que, a diferencia de dichas investigaciones realizadas en cursos de física, el presente estudio abordó la problemática desde un curso de didáctica donde el objetivo era aprender a enseñar la física y no aprender el contenido disciplinar. Por lo tanto, la ganancia efectiva obtenida guarda relación con el uso de estrategias activas, pero en el marco de un proceso de construcción de transposiciones didácticas para enseñar el contenido disciplinar (Chevallard, 1991).

Desde el punto de vista de la reducción en la brecha de género, el impacto de la intervención fue mayor en mujeres que en hombres. Los resultados obtenidos concuerdan con los de otros estudios que han sugerido que las mujeres pueden beneficiarse más de este tipo de estrategias (Laws, Rosborough & Poodry, 1999; Schneider, 2001) y que se reduce considerablemente la diferencia de género en el rendimiento académico de cursos de física (Madsen et al., 2013). Las características de estas estrategias hacen suponer que su uso puede influir en la brecha de género, dado que las mujeres tienen más oportunidades de expresar sus ideas en las discusiones grupales (Lorenzo, Crouch & Mazur, 2006).

A modo de conclusión, y respondiendo a la pregunta de investigación planteada, la evidencia sugiere que el uso de estrategias activas en el curso de didáctica, a través de una intervención como la diseñada para este estudio, influye significativamente y de manera positiva en el nivel de conocimiento disciplinar de los futuros profesores, ya que logran aprenderlo y reforzarlo mientras tienen oportunidad para reflexionar sobre cómo enseñarlo a sus pares.

Implicancias y limitaciones

A partir del trabajo realizado, surgen implicaciones para futuros estudios, considerando, ante todo, que lo expuesto corresponde a una experiencia aislada en un estudio de caso, por lo que se sugiere incorporar las metodologías activas desde una visión más global del currículo de formación de profesores, en otros contextos, y con posibilidad de fomentar la mejora del conocimiento disciplinar en otros contenidos de la física. Del mismo modo, la intervención puede replicarse para programas de formación de profesores de otras especialidades y disciplinas.

Teniendo en cuenta, además, que la intervención se desarrolló siempre entre pares dentro del curso de didáctica, es de interés para una etapa posterior hacer seguimiento a los futuros profesores en sus prácticas profesionales de final de carrera, para que apliquen las estrategias aprendidas en contextos de aula escolar real y de manera individual.

Una de las limitaciones del estudio es el tamaño de la muestra y la cantidad de estudiantes inscritos en el curso, que supone una dedicación de tiempo menor para la preparación y ejecución de cada clase, es decir, mientras mayor sea la cantidad de estudiantes en el curso, mayor es la cantidad de grupos que se forman y mayor también el tiempo para implementar las clases diseñadas. Desde este punto de vista, se dificulta poder realizar la intervención con una muestra mayor, salvo que el curso tuviese una duración mayor a un semestre, o bien, se formaran varios paralelos de la asignatura. Además, al realizar la intervención en el marco de un curso de didáctica que solo tiene un semestre de duración, es difícil abordar más de un contenido disciplinar como eje del trabajo de los estudiantes, debido a que, para cualquier contenido, se necesita aplicar un test conceptual en modalidad pre y post instrucción, a efecto de contrastar el impacto de la intervención realizada. Por lo anterior, se sugiere que la didáctica específica como asignatura en los planes de formación de profesores tenga

una mayor extensión, lo que permita realizar intervenciones como las aquí propuestas. Estas limitaciones son de carácter de gestión del currículo de formación docente y, por ende, escapan a las decisiones metodológicas de los investigadores y profesores de la asignatura.

Los hallazgos sugieren que nuevos estudios debieran profundizar en la comprensión de las causas de las diferencias de género detectadas en los resultados, así como diferenciar el impacto que cada estrategia de aprendizaje activo por separado puede tener sobre el conocimiento disciplinar en la formación de profesores, vistas aquí como un conjunto.

Finalmente, futuras investigaciones podrían, además, incorporar los avances de un campo de trabajo que tiene bastante trayectoria e impacto, como lo es el estudio de las concepciones sobre la enseñanza y el aprendizaje en la universidad (Biggs, 2001; Entwistle, 2007; Entwistle, Skinner & Entwistle, 2000).

El artículo original fue recibido el 31 de julio de 2017

El artículo revisado fue recibido el 12 de febrero de 2018

El artículo fue aceptado el 20 de abril de 2018

Referencias

- Abell, S. (2007). Research on science teacher knowledge. En S. Abell & N. Lederman (Eds.), *Handbook of research on science education* (pp. 1105-1149). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Anderson, R. (2007). Inquiry as an organizing theme for science curricula. En S. K. Abell & N. Lederman (Eds.), *Handbook of research on science education* (pp. 807-830). Mahwah, New Jersey, EE.UU.: Lawrence Erlbaum Associates.
- Bailey, J., & Nagamine, K. (2012). Experiencing conceptual change about teaching: A case study from astronomy. *American Journal of Physics*, 80(6), 542-552.
- Benegas, J. (2007). Tutoriales para Física Introductoria: Una experiencia exitosa de Aprendizaje Activo de la Física. *Latin American Journal of Physics Education*, 1(1), 32-38.
- Benegas, J. (Comp.) (2011). Aprendizaje activo de la Física IV: Termodinámica y fluidos. *Manual de entrenamiento*. San Luis, Argentina: Editorial Universitaria.
- Benegas, J., Alarcón, H., y Zavala, G. (2013). Formación de profesorado en metodologías de aprendizaje activo de la física. En J. Benegas, M. Landazábal y J. Otero (Eds.), *Aprendizaje activo de la física básica universitaria* (pp. 193-203). Santiago de Compostela, España: Andavira.
- Biggs, J. (2001). The reflective institution: Assuring and enhancing the quality of teaching and learning. *Higher education*, 41(3), 221-238.
- Biggs, J., y Biggs, J. B. (2004). *Calidad del aprendizaje universitario* (2a ed.). Madrid: Narcea.
- Chevallard, Y. (1991). *La transposición didáctica: Del saber sabio al saber enseñado*. Buenos Aires: Aique.
- 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*, 36(2), 279-293.
- Coletta, V., & Phillips, J. (2005). Interpreting FCI scores: Normalized gain, pre instruction scores and scientific reasoning ability. *American Journal of Physics*, 73(12), 1172-1182.
- Connolly, P. (2007). *Quantitative data analysis in education: A critical introduction using SPSS*. New York, NY: Routledge.
- Copello, M., y Sanmartí, N. (2001). Fundamentos de un modelo de formación permanente del profesorado de Ciencias centrado en la reflexión dialógica sobre las concepciones y las prácticas. *Enseñanza de las Ciencias*, 19(2), 269-283.
- De Landazábal, M., Benegas, J., Otero, J., Cabrera, J. S., Espejo, R., Seballos, S., y Zavala, G. (2010). Comprensión de conceptos básicos de la Física por alumnos que acceden a la universidad en España e Iberoamérica: limitaciones y propuestas de mejora. *Latin American Journal of Physics Education*, 4(3), 28.
- Entwistle, N. (2007). Research into student learning and university teaching. *The British Psychological Society*, 1-18.
- Entwistle, N., Skinner, D., & Entwistle, D. (2000). Conceptions and Beliefs About Good Teaching: an integration of contrasting research areas. *Higher Education Research and Development*, 19(1), 5-26.
- Hake, R. (1998). Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. *American Journal of Physics*, 66(1), 64-74.
- Halpern, D. E., Aronson, J., Reimer, N., Simpkins, S., Star, J. R., & Wentzel, K. (2007). *Encouraging girls in math and science* (NCER 2007-2003). Washington, DC: National Center for Education Research, Institute of Education Science, U.S. Department of Education.
- Heller, P., & Hollabaugh, M. (1992). Teaching problem solving through cooperative grouping. Part 2: Designing problems and structuring groups. *American Journal of Physics*, 60(7), 637-644.
- Heller, P., Keith, R., & Anderson, S. (1992). Teaching problem solving through cooperative grouping. Part 1: Group versus individual problem solving. *American Journal of Physics*, 60(7), 627-636.
- Hestenes, D. (1987). Toward a modeling theory of physics instruction. *American Journal of Physics*, 55(5), 440-454.
- Hernández, R., Fernández, C., y Baptista, P. (2006). *Metodología de la investigación* (4a ed.). México: Mc Graw Hill.

- Hernández, C y Tecpan, S. (2017). Aprendizaje por indagación para la construcción de arquetipos en física; el caso de un curso para formación de profesores en Chile. *Latin-American Journal of Physics Education*, 11(2).
- ISSN 1870-9095
- Hestenes, D., & Halloun, I. (1995). Interpreting the force concept inventory: A response to March 1995 critique by Huffman and Heller. *The Physics Teacher*, 33(8), 502-502.
- Hestenes, D., Wells, M., & Swackhamer, G. (1992). Force concept inventory. *The Physics Teacher*, 30(3), 141-158.
- Jackson, J., Dukerich, L., & Hestenes, D. (2008). Modeling instruction: An effective model for science education. *Science Educator*, 17(1), 10-17.
- Karamustafaoglu, O. (2009). Active learning strategies in physics teaching. *Energy Education Science and Technology Part B: Social and Educational Studies*, 1(1), 27-50.
- Laws, P., Rosborough, P., & Poodry, R. (1999). Women's responses to an activity-based introductory physics program. *American Journal of Physics*, 67(7, Suppl. 1), S32-S37.
- Lederman, N., Gess-Newsome, J., & Latz, M. (1994). The nature and development of preservice science teachers' conceptions of subject matter and pedagogy. *Journal of Research in Science Teaching*, 31(2), 129-146.
- Lorenzo, M., Crouch, C., & Mazur, E. (2006). Reducing the gender gap in the physics classroom. *American Journal of Physics*, 74(2), 118-122.
- Macia-Barber, E., Hernández, M. V., y Menéndez, J. (1995). Cuestionario sobre el concepto de fuerza. Password protected at <http://modeling.asu.edu/R&E/Research.html>
- Madsen, A., McKagan, S. B., & Sayre, E. C. (2013). Gender gap on concept inventories in physics: What is consistent, what is inconsistent, and what factors influence the gap? *Phys. Rev. ST Phys. Educ. Res*, 9(2), 020121.
- Mazur, E. (1997). *Peer Instruction: A User's Manual*. Upper Saddle River. Nueva Jersey: Prentice-Hall.
- McDermott, L. (1990). A Perspective on teacher preparation in physics-other sciences: The need for special courses for teachers' America. *Journal of Physics*, 58(8), 734-742.
- McDermott, L., y Shaffer, P. (2001). *Tutoriales para física introductoria*. Buenos Aires, Argentina: Prentice Hall.
- Meltzer, D., & Shaffer, P. (Eds.) (2011). *Teacher Education in Physics Research, Curriculum, and Practice*. College Park, MD: American Physical Society.
- Meltzer, D., & Thornton, R. (2012). Resource Letter ALIP-1: Active-Learning Instruction in Physics. *American Journal of Physics*, 80(6), 478-496.
- MINEDUC (2005). Informe Comisión sobre Formación Inicial Docente. Recuperado de http://www.oei.es/pdfs/info_formacion_inicial_docente_chile.pdf, última consulta: 20 de julio de 2017.
- Organización de Estados Iberoamericanos [OEI] (2008). Metas educativas 2021. La educación que queremos para la generación de los Bicentenarios. Recuperado de <http://www.oei.es/historico/metas2021/librosintesis.htm>, última consulta: 20 de julio de 2017.
- Ortega, F. (2007) Modelos didácticos para la enseñanza de las ciencias naturales. *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos (Colombia)*, 3(2), 41-60.
- Pedraja, L., Araneda, C., Rodríguez, E., y Rodríguez, J. (2012). Calidad en la formación inicial docente: Evidencia empírica en las universidades chilenas. *Formación universitaria*, 5(4), 15-26.
- Redish, E. F. (2003). *Teaching physics with the physics suite*. Somerset, NJ: John Wiley & Sons, Inc.
- Rosser, S. V. (1995). *Teaching the Majority: Breaking the Gender Barrier in Science, Mathematics, and Engineering*. New York, NY: Teachers College Press, Columbia University.
- Schneider, M. B. (2001). Encouragement of women physics majors at Grinnell college: A case study. *The Physics Teacher*, 39(5), 280-282.
- Sheskin, D. (2007). *Handbook of parametric and nonparametric statistical procedures*. New York, NY: Chapman & Hall.
- Sisto, V. (2011). Nuevo profesionalismo y profesores: una reflexión a partir del análisis de las actuales políticas de 'profesionalización' para la educación en Chile. *Signo y Pensamiento*, 30(59), 178-192.

-
- Sokoloff, D.S., & Thornton, R.K. (2004). *Interactive Lecture Demonstrations*. New York, NY: Wiley.
- Zavala, G., Alarcón, H., & Benegas, J. (2007). Innovative training of in-service teachers for active learning: A short teacher development course based on physics education research. *Journal of Science Teacher Education, 18*(4), 559-572.
- Zhu, Z., & Geelan, D. (2013). Chinese secondary Physics teachers' beliefs and instructional decisions in relation to inquiry-based teaching. *Electronic Journal of Science Education, 17*(2), 1-24.