

# Valoración del profesorado de física hacia las Clases Interactivas Demostrativas

Assessment of physics teachers towards Interactive Lecture Demonstrations

REVISTA  
DE  
ENSEÑANZA  
DE LA  
FÍSICA

Silvia Tecpan<sup>1</sup> y Carla Hernández<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ciencia, Departamento de Física, Universidad de Santiago, Av. Ecuador 3493. Estación Central, CP 9170124, Santiago, Chile.

E-mail: silvia.tecpan@usach.cl

## Resumen

Las actividades experimentales son esenciales en la enseñanza de la física para lograr un aprendizaje conceptual profundo, sin embargo, en el contexto latinoamericano existen carencias de equipamiento y formación para realizar actividades experimentales en las salas de clase, por lo que se requiere de estrategias de enseñanza que permitan enfrentar esta situación. Una de ellas son las denominadas Clases Interactivas Demostrativas. En este artículo se presentan los resultados de la valoración de esta estrategia realizada por 134 docentes de física y ciencias de educación secundaria, en servicio, que asistieron a un taller tecnológico de ciencias experimentales con el objetivo de incorporar nuevas actividades experimentales en la enseñanza de la física utilizando dispositivos móviles y herramientas TIC. Al situarse desde el rol del estudiante el profesorado pudo valorar la utilidad de las Clases Interactivas Demostrativas, en las que la predicción tiene un rol central para el aprendizaje de la física, así como las posibilidades de implementación en su contexto. Se discuten alcances y limitaciones de los hallazgos.

**Palabras clave:** Clases interactivas demostrativas; Experimentación; Predicción; Aprendizaje activo; Formación de profesores de física en servicio.

## Abstract

Experimental activities are essential in the teaching of physics to achieve deeper conceptual learning, however, in the Latin American context there is a lack of equipment and training to conduct experimental activities in the classroom, so teaching strategies are required that allow facing this situation. One of them is the so-called Interactive Lecture Demonstration. This article presents the results of the valuation of this strategy carried out by 134 high school physics and science teachers in service who attended a technological workshop of experimental sciences intending to incorporate new experimental activities in the teaching physics using mobile devices and ICT tools. Placed in the student's role, teachers could assess the usefulness of the interactive lecture demonstrations, in which the prediction plays a central role, in the learning of physics, as well as the possibilities of implementation in context. We discuss the scope and limitations of the findings.

**Keywords:** Interactive lecture demonstrations; Experimentation; Prediction; Active learning; In-service physics teacher training.

## I. INTRODUCCIÓN

Existe consenso en que la actividad experimental es central en los procesos de enseñanza y de aprendizaje de la física (Idoyaga y Maeyoshimoto, 2018), sin embargo, en contextos latinoamericanos, existen factores externos, como la carencia de laboratorios y la escasa formación docente en el diseño y ejecución de métodos de enseñanza centrados en la actividad experimental (Allende, 2014) que dificultan la incorporación de actividades experimentales en la sala de clases. En este contexto y, como resultado de la investigación educativa en física, han surgido distintas propuestas para convertir el ambiente generalmente pasivo de una clase teórica expositiva en uno donde el estudiantado participa activamente (Benegas y otros, 2013).

Una propuesta para incorporar actividades experimentales en las clases de ciencia, particularmente en física, es recurrir a las metodologías de aprendizaje activo, específicamente, a las Clases Interactivas Demostrativas (CID). Esta estrategia incorpora el uso de predicciones para contrastar las creencias con que llega el estudiantado al curso y lo que efectivamente ocurre en la naturaleza (Sokoloff y Thornton,

2004). Para utilizar esta estrategia, que es apta para grupos de gran tamaño, se requiere un docente capacitado en la estrategia (Benegas y otros, 2013). En el contexto de un proyecto de I+D con una empresa de tecnología educativa se diseñó el taller tecnológico de ciencias experimentales dirigido al profesorado de física y de ciencias naturales de educación secundaria en servicio con el propósito de incorporar nuevas actividades experimentales en la enseñanza de la física utilizando dispositivos móviles y herramientas TIC enmarcadas en un modelo de aprendizaje activo.

En este trabajo se describen las características del taller implementado, su fundamentación teórica y se presentan los resultados de la valoración del profesorado respecto a la estrategia didáctica utilizada, a saber, Clases Interactivas Demostrativas.

## II. CONTEXTO DE LA EXPERIENCIA

En los últimos años la formación científica en Chile no ha logrado repuntar en los resultados de pruebas internacionales como PISA, lo que podría explicarse por el tipo de estrategias didácticas empleadas en su enseñanza. Por otra parte, existe un acceso limitado a recursos experimentales por falta de laboratorios en las escuelas, y de profesores capacitados en el uso de nuevas tecnologías que permiten hacer experimentación, incluso en la sala de clase (Allende, 2014). Para abordar dicha necesidad, una empresa que comercializa equipos PASCO en Chile ha introducido al mercado una nueva línea de productos integrada por sensores inalámbricos que son más amigables en su uso, pues se pueden utilizar con dispositivos móviles como tabletas o celulares y el software de adquisición de datos en tiempo real *SPARKvue*. Sin embargo, para que su uso tenga un real impacto en la educación científica es necesario que el profesorado sepa cómo integrarlos y utilizarlos en sus clases. En este sentido la empresa detectó la necesidad de realizar un proyecto de I+D en el que, con el apoyo de un proveedor de conocimiento, lograra generar una propuesta didáctica contextualizada a la realidad nacional, capaz de abordar diversos temas del currículum nacional de ciencias de educación secundaria vigente en Chile y que además contara con el soporte y respaldo de la investigación educativa en enseñanza de la ciencia.

El proyecto I+D tuvo como propósito el diseño adaptación, validación y testeo del manual de orientaciones didácticas para mejorar la competitividad en el uso de sensores inalámbricos para la enseñanza de las ciencias. Para validar y testear dicho manual se organizó el taller tecnológico de ciencias experimentales dirigido al profesorado de física y de ciencias naturales de educación secundaria en servicio en el cual utilizaron los sensores inalámbricos para realizar experimentación utilizando el modelo de Clases Interactivas Demostrativas. El taller consistió en una sesión única de tres horas que se repitió en seis fechas distintas.

Se convocó al profesorado de educación secundaria, principalmente de física, pero la invitación estuvo abierta al profesorado de otras asignaturas científicas. Como requisito de admisión se solicitó que se registraran por medio de un formulario electrónico y que acreditaran estar ejerciendo docencia frente a grupo. Se realizaron seis sesiones de tres horas cada una dentro de las instalaciones de una universidad pública en las cuales se abordaron los temas del currículum nacional de ciencias de educación secundaria vigente en Chile. En cada sesión se utilizaron distintos sensores inalámbricos, guías de actividades de aprendizaje para el estudiante y manual de orientaciones para el docente.

En la tabla I se incluyen los temas desarrollados y los sensores utilizados. El propósito de cada sesión fue validar y testear las guías de actividades de aprendizaje para el estudiante y el manual de orientaciones para el docente en un ambiente de aprendizaje activo.

La estructura de cada sesión incluyó:

- a) encuesta inicial sobre la utilidad de las predicciones en el aprendizaje de la física,
- b) presentación de la estrategia didáctica “Clases Interactivas Demostrativas”,
- c) características de los sensores inalámbricos PASCO y software de adquisición de datos *SPARKvue*,
- d) dos actividades experimentales empleando Clases Interactivas Demostrativas,
- e) plenario sobre la experiencia,
- f) encuesta final sobre la utilidad de las predicciones en el aprendizaje de la física y encuesta de satisfacción.

En general, cada guía requería un solo sensor inalámbrico o máximo dos. Se utilizaron sensores de: voltaje y corriente eléctrica, presión, temperatura, luz, aceleración, fuerza, colorímetro y carritos inteligentes. **TABLA I.** Temas del currículum de ciencias y guías generadas en el proyecto I+D.

Temas	Guías	Temas	Guías
Fuerza	Primera ley de Newton Tercera ley de Newton Péndulo Ley de Hooke Energía cinética y potencial gravitatoria Impulso y cambio de <i>momentum</i> lineal Conservación del <i>momentum</i> y energía cinética	Electricidad	Resistencia y ley de Ohm Resistencia en circuito serie y paralelo Ley de inducción de Faraday Voltaje en una batería de fruta
Termodinámica	Cero absoluto Calor de fusión Calor de vaporización Temperatura versus calor Cambio de fase Ley de Boyle Calor específico de un metal	Luz y color	Ley del inverso al cuadrado Midiendo la intensidad de la luz Noche y día
Cinemática	Aceleración en subida y caída en plano inclinado	Hidrostática	La presión hidrostática La fuerza de flotación El principio de Arquímedes

### III. REFERENTES TEÓRICOS

Desde hace más de 30 años han surgido propuestas para enseñar ciencias naturales en distintos niveles educativos desde una perspectiva centrada en el estudiante (Michael, 2006). Actualmente, se tiene amplia evidencia de la efectividad de las metodologías de aprendizaje activo en cursos de pregrado en las disciplinas de ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas –STEM, por sus siglas en inglés- (Freemany otros, 2014), que ha sido generada por una creciente comunidad de investigación en enseñanza de la ciencia que propone, analiza y valida los nuevos enfoques de enseñanza.

Las metodologías de aprendizaje activo involucran al estudiantado en su propio aprendizaje más profunda e intensamente que la instrucción tradicional, particularmente durante el tiempo de clase (Meltzer y Thornton, 2012). Una característica de estas metodologías es que el conocimiento se construye a través de la observación directa del mundo real. Se requiere que cada estudiante tome conciencia de sus propios pensamientos respecto de cómo funciona el mundo físico y lo confronte con los resultados de la experimentación, tanto como sea posible, para distinguir las diferencias entre sus creencias iniciales al llegar a la clase de ciencias y lo que dictan las leyes de la naturaleza que rigen el mundo real (Benegas y otros, 2013).

Se entiende por Aprendizaje Activo el proceso en el que el estudiantado realiza actividades (lectura, resolución de problema, debate, discusión, práctica de laboratorio, experimentación, etc.) que promuevan el análisis, la síntesis y evaluación de acuerdo con la definición propuesta por el *Center for Research on Learning and Teaching* de la Universidad de Michigan (citado en Hernández y otros, 2018).

A través del aprendizaje activo se busca que cada estudiante construya una sólida base conceptual que le permita desarrollar habilidades de razonamiento científico para desempeñarse exitosamente en las tareas de resolución de problemas. Es necesario que se propicie una profunda implicación cognitiva en la actividad de aprendizaje para que sea considerada de aprendizaje activo. Se requiere involucrar al estudiantado en la búsqueda directa de respuestas a través de actividades de aprendizaje específicas en las que logre generar, por medio de interacciones con sus pares y docentes, entendimientos que eventualmente coincidan con los de la comunidad científica (Meltzer y Thornton, 2012).

Las intervenciones de aprendizaje activo pueden variar ampliamente en intensidad e implementación, e incluyen enfoques tan diversos como la resolución de problemas en grupos colaborativos, tutoriales completados durante la clase, uso de sistemas de respuesta personal con o sin instrucción de pares, talleres, entre otros (Freemany otros, 2014). Algunas metodologías de aprendizaje activo aplicables al aprendizaje de la física en el nivel universitario son Tutoriales en Física Introductoria (McDermott y Shaffer, 2001), Instrucción por pares (Mazur, 1997), Solución de Problemas Ricos en Contexto (Heller y Hollabaugh, 1992; Heller y otros, 1992) y Clases Interactivas Demostrativas (Sokoloff y Thornton, 2004). Cabe mencionar que existe evidencia de que las metodologías de aprendizaje activo contribuyen a la disminución de brechas de género en el aprendizaje de la ciencia (Madseny otros, 2013).

Respecto al uso de tecnología en el aprendizaje de la ciencia desde la década de los 80 ha habido un creciente interés. Un modelo típico consiste en utilizar una computadora de escritorio, software para adquisición de datos y sensores para realizar mediciones en tiempo real (Quezada-Espinoza y Zavala, 2014). Actualmente, se están incorporando los sensores inalámbricos y el uso de dispositivos portátiles como tabletas y teléfonos inteligentes, que permiten mayor flexibilidad para poder realizar actividades experimentales, incluso, fuera de la sala de clases. Existe evidencia de la efectividad de este tipo de recursos tecnológicos en el aprendizaje de la física (Thornton, 2008).

El aprendizaje de la ciencia con TICS está en constante desarrollo (Hernández y Tecpan, 2018), sin embargo, a nivel nacional existen pocas propuestas para capacitar y formar docentes para realizar más experimentación en la sala de clases utilizando TIC. Con el proyecto I+D que desarrollamos en colaboración con la empresa que comercializa los sensores inalámbricos buscamos aportar en este campo.

#### IV. PROPUESTA DE ENSEÑANZA

Con el objetivo de mejorar el aprendizaje conceptual en las clases teóricas de física se desarrollaron las denominadas Clases Interactivas Demostrativas (CID). Esta metodología es apta para cursos numerosos de física básica a nivel universitario, requiere, esencialmente, de una persona capacitada en la metodología con acceso a una computadora y equipo de proyección, tal como se observa en la Figura 1, opcionalmente, se puede incluir equipo de adquisición de datos on-line (interfase, sensores electrónicos de diversas magnitudes físicas, según el tema de la clase).



**FIGURA 1.** Docente conduciendo una CID empleando un colorímetro. Se observa una sola computadora portátil, proyector, sensor inalámbrico (lo sostiene con una mano) y el software de adquisición de datos que se proyecta al fondo.

Esta metodología requiere pocos recursos para implementarse, se han documentado las altas ganancias de aprendizaje al utilizarlas (Sharmay otros, 2010) y es una de las metodologías de aprendizaje activo que más formadores de formadores consideran posible de incorporar en sus aulas (Tecpan y otros, 2013). Si bien las Clases Interactivas Demostrativas se desarrollaron y han sido probadas en contextos universitarios es posible adaptarlas para utilizarse en los últimos años de educación secundaria. Actualmente en el contexto del Proyecto FONDECYT 11170580 se está implementando esta metodología en cursos de física de educación secundaria.

El proceso que se utiliza en la CID tiene por objetivo convertir el ambiente generalmente pasivo de una clase teórica en uno donde el estudiantado participa activamente (Benegas y otros, 2013). En estas clases se utilizan hojas de trabajo con indicaciones específicas para observar las demostraciones previamente seleccionadas por el equipo docente. Se utiliza el ciclo de aprendizaje que se identifica como PODS (Predicción-Observación-Discusión-Síntesis). 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 (Hernández y otros, 2018). Esta metodología se ha implementado exitosamente en contextos latinoamericanos (Hernández y otros, 2018; Ramírez, 2017; Tecpan y otros, 2015).

Las CID permiten incluir experimentos en las clases teóricas de física, sin embargo, es necesario que los experimentos se integren con el ciclo PODS ya definido. El procedimiento para realizar las CID que proponen Sokoloff y Thornton (2004) detalla el rol del docente y del estudiante en cada momento. Algunos de los elementos clave de la estrategia son: a) describir la actividad experimental a realizar, sin realizarla, b) solicitar predicciones individuales al estudiantado, c) discutir en grupos pequeños las predicciones, d) sistematizar las predicciones más comunes y socializarlas con todo el grupo antes de realizar la demostración en la que se muestran claramente los resultados, e) contrastar las predicciones estudiantiles y finalmente, f) discutir situaciones análogas. Este procedimiento se aplicó en las dos actividades experimentales de cada sesión del taller tecnológico de ciencias experimentales.

## V. RESULTADOS

A continuación, se presentan las características del profesorado de educación secundaria que asistió a las distintas sesiones del taller. Asistieron 134 docentes, de los cuales el 46% imparte física, 26% ciencias naturales y el resto se distribuye en otras asignaturas científicas y tecnológicas. El 66% del total de asistentes corresponde a docentes que se desempeñan en la región metropolitana y el resto procedió de otras regiones del país. Esta misma distribución se encontró al analizar por sexo, un 66% corresponde a profesoras y 34% a profesores.

Se les preguntó si actualmente realizan actividades experimentales en sus clases, 82 % sí realiza actividades experimentales en sus clases de ciencias, aunque algunos indicaron que lo hacen con muy poca frecuencia. El resto no realiza actividades experimentales actualmente. En cuanto al uso de TIC, 75% sí las utiliza, aunque no se preguntó si las utilizan para realizar actividades experimentales, del 25 % restantes que no utiliza TIC indican que es, principalmente, porque el internet del colegio es deficiente.

Al inicio del taller el profesorado respondió un breve cuestionario en el que se les solicitó utilizar un pseudónimo para resguardar su identidad, el cuestionario incluyó las tres preguntas que se muestran a continuación:

- 1) ¿Considera que es importante conocer las ideas (alternativas o previas) que sus estudiantes tienen sobre el contenido a trabajar en la clase?
- 2) ¿Qué mecanismos utiliza para conocer las ideas (alternativas o previas) de sus estudiantes?
- 3) ¿Con qué frecuencia o en qué momentos de su clase incorpora los mecanismos que indicó en la pregunta anterior?

Al término del taller el profesorado respondió, del mismo modo que al inicio del taller, las tres preguntas, similares a las primeras:

- 1) ¿Considera que es importante conocer las ideas (alternativas o previas) que sus estudiantes tienen sobre el contenido a trabajar en la clase?
- 2) ¿Considera que el uso de predicciones es un buen mecanismo para conocer las ideas (alternativas o previas) de sus estudiantes?
- 3) ¿Con qué frecuencia o en qué momentos de su clase incorporaría el uso de predicciones en sus clases?

A continuación, se presentan algunas frases extraídas de manera literal de los cuestionarios. Fue posible apreciar que, en general, el profesorado sí considera necesario conocer las ideas (alternativas o previas) de sus estudiantes. Tal como se refleja en el siguiente comentario:

*Sí, ya que nos permiten redirigir nuestra práctica pedagógica optimizando nuestros tiempos y generando un aprendizaje desde la propia experiencia de los estudiantes. (Profesora 25)*

Al contrastar la segunda pregunta en versión pre/post taller fue posible apreciar que el profesorado encontró, al término del taller, que la predicción es un mecanismo útil para conocer las ideas (alternativas o previas) de sus estudiantes. Al inicio indicaron como principales mecanismos para conocer las ideas (alternativas o previas) de sus estudiantes la lluvia de ideas, preguntas abiertas, preguntar directamente si han observado un fenómeno, entre otros. Los siguientes comentarios reflejan el entusiasmo que generó la predicción como mecanismo alternativo a lo que ya utilizan:

*Sí, es buenísimo ya que se ve elementalmente si el alumno cambia de conceptos, con el experimento le permite realizar predicciones y corregirlas. (Profesora 7)*

*Sí, la predicción les permite poner a prueba sus conocimientos previos y retroalimentarlos con la experimentación empírica, lo que les va a ayudar a despertar el interés en la ciencia. (Profesor 48)*

Finalmente, respecto a la frecuencia para indagar sobre las ideas (alternativas o previas) del estudiante, en un inicio la mayor parte del profesorado indicó que sólo lo realiza al inicio de la clase cuando comienza un tema nuevo. Al término del taller el profesorado expresó comentarios como los siguientes respecto a la frecuencia para incorporar predicciones en sus clases:

*En todo momento ya que al inicio se favorece el piso con el que llegaron los estudiantes. A mitad de la clase ayuda a el quiebre y aplicar lo desarrollado. Al cierre evidencia si el aprendizaje se logró o no. (Profesora 22)*

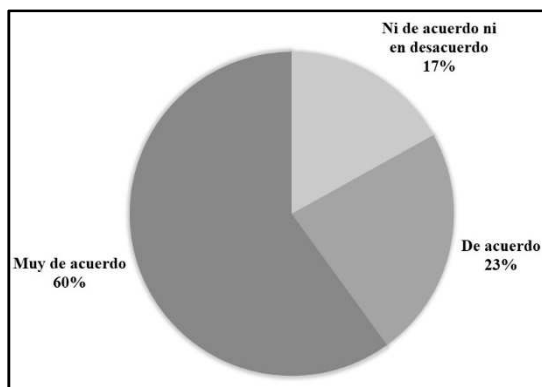
*Durante los tres momentos de la clase. (Profesor 130)*

Al término de la sesión el profesorado asistente valoró la estrategia didáctica utilizando una escala Likert de cinco puntos en la que 1 = Muy en desacuerdo, mientras que 5 = Muy de acuerdo. A continuación, en la tabla II se presentan afirmaciones que se incluyeron en la encuesta de valoración y en las que la distribución de la respuesta se distribuyó únicamente entre las opciones “Muy de acuerdo” y “De acuerdo”

**TABLA II.** Afirmaciones de la encuesta con distribución de respuesta “Muy de acuerdo” y “De acuerdo”.

Afirmaciones	Distribución de respuesta
La estrategia didáctica es coherente para aplicarse con el currículum actual.	88% Muy de acuerdo, 12% de acuerdo
Conocer las predicciones individuales de los estudiantes es útil para el docente	93% Muy de acuerdo, 7% de acuerdo
La metodología CID promueve la participación de los estudiantes al implicarlos cognitivamente en la actividad	98% Muy de acuerdo, 2% de acuerdo
La metodología CID permite hacer actividad experimental directamente en la sala de clase.	76% Muy de acuerdo, 14% de acuerdo

Ante la afirmación “Es posible que incorpore desde ahora la hoja de predicciones en mi clase”. En la figura 2 se observa que 83 % expresa acuerdo, y esto se condice con lo que declararon en el cuestionario enfocado en conocer cómo exploran las ideas (alternativas o previas) de sus estudiantes, pues al término del taller indicaron que utilizarán las predicciones con dicho propósito.



**FIGURA 2.** Distribución de respuesta de la afirmación “Es posible que incorpore desde ahora la hoja de predicciones en mi clase”.

## VI. CONSIDERACIONES FINALES

La tecnología por sí sola no resuelve la necesidad de contar con mejores estrategias de aprendizaje de la ciencia en la escuela, pero su uso es una herramienta potente para fomentar un aprendizaje activo en el estudiantado. Para explotar el potencial que ofrecen los sensores inalámbricos disponibles actualmente en el mercado es necesario que se acompañen de propuestas didácticas específicas, en donde se determine cómo y en qué momento incorporar la tecnología, además de provocar la curiosidad del estudiantado que redunde en mayor compromiso cognitivo (Quezada-Espinoza y Zavala, 2014). No basta con tener disponibles los equipos tecnológicos, es necesario darles sentido y utilidad por medio de orientaciones metodológicas concretas y, para ello, es fundamental el dominio y aplicación de la teoría educativa proveniente desde la didáctica de la ciencia como área de conocimiento.

El proyecto I+D permitió vincular a un proveedor de conocimiento con una empresa de tecnología educativa con una necesidad específica a resolver. Al término del proyecto se entregaron los resultados comprometidos a la empresa y fue posible apreciar que el profesorado de educación secundaria sí está interesado en incorporar mayor experimentación en sus clases. La propuesta presentada vinculando los sensores inalámbricos, el software de adquisición de datos y la metodología CID fue valorada como atractiva, aunque difícil de adoptar por el costo de los sensores. Sin embargo, la metodología CID, que puede implementarse sin los sensores inalámbricos, que alienta la predicción y discusión entre pares fue valorada positivamente en términos de implicación del estudiantado, consistencia con el currículum, tiempo necesario para realizarla y posibilidad de incorporar experimentación en la misma sala de clase tal como

se mostró en la tabla II.

Dado que la inscripción del profesorado fue voluntaria los resultados respecto a la disponibilidad de laboratorios y uso de TIC no reflejan la realidad del país (Allende, 2014). El profesorado, principalmente de física, valoró positivamente la invitación al taller dado que reconocen que la formación inicial enfocada en métodos de enseñanza centrados en la actividad experimental es escasa, lo que coincide con lo que se reporta en la literatura (Idoyaga y Maeyoshimoto, 2018).

Las CID contribuyen de forma positiva al aprendizaje conceptual a través de la observación directa de actividades experimentales que pueden realizarse directamente en la sala de clases. La valoración positiva de esta estrategia por parte del profesorado de ciencias de educación secundaria coincide con lo declarado por profesores universitarios (Tecpan y otros, 2012), ya lleva al desarrollo de más proyectos de I+D que acerquen al profesorado de educación secundaria en servicio a nuevas metodologías de enseñanza centradas en el estudiante.

## AGRADECIMIENTOS

Las autoras agradecen a la Corporación de Fomento de la Producción (Corfo) por el apoyo otorgado para la realización de este trabajo mediante el proyecto 17VIP-88239, y a la empresa Celestron Representaciones Comerciales Internacionales Limitada por facilitar los sensores inalámbricos PASCO para la realización de los talleres.

## REFERENCIAS

Allende, J. (2014). Educación en ciencias. La ciencia se aprende haciendo ciencias. *Anales de la Universidad de Chile*, 7, 71-92.

Benegas, J., Pérez de Landazábal, M. C., y Otero, J. (Eds.). (2013). *El aprendizaje activo de la Física básica universitaria*. España: Andavira.

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.

Heller, P., y 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., y Anderson, S. (1992). Teaching problem solving through cooperative grouping. Part 1: Group versus individual problem solving. *American Journal of Physics*, 60(7), 627-636.

Hernández, C., López, L., Tecpan, S., y González, A. (2018). Impacto de estrategias de aprendizaje activo sobre el conocimiento disciplinar de futuros profesores de física en un curso de didáctica. *Pensamiento Educativo. Revista de Investigación Educativa Latinoamericana*, 55(1), 1-12.

Hernández, C. y Tecpan, S. (2018). Usando una plataforma virtual para girar la clase: Propuesta de aula invertida para formar profesores de ciencia. En M. Occelli, L. García Romano, N. Valeiras y M. Quintanilla (Comp) *Las tecnologías de la información y la comunicación como herramientas mediadoras de los procesos educativos. Volumen II: Recursos y Experiencia*. Santiago de Chile: Editorial Bellaterra.

Idoyaga, I. y Maeyoshimoto, J. (2018). Las actividades experimentales simples: una alternativa para la enseñanza de la física. En G. Lorenzo, H. Odetti, y A. Ortolani (Eds), *Comunicando la Ciencia. Avances en investigación en Didáctica de la Ciencia*, Argentina: Ediciones UNL.

Madsen, A., McKagan, S. B., y Sayre, E. C. (2013). Gender gap on concept inventories in physics: What is consistent, what is inconsistent, and what factors influence the gap? *Physical Review Special Topics-Physics Education Research*, 9(2), 020121.

Mazur, E. (1997). *Peer Instruction: A User's Manual*. Upper Saddle River. Nueva Jersey: Prentice-Hall.

McDermott, L., y Shaffer, P. (2001). *Tutoriales para física introductoria*. Buenos Aires, Argentina:

Prentice Hall.

Meltzer, D. E., y Thornton, R. K. (2012). Resource Letter ALIP-1: Active-Learning Instruction in Physics. *American Journal of Physics*, 80(6),478-496.

Michael, J. (2006). Where's the evidence that active learning works. *Advances in Physiology Education*, 30,159-167.

Quezada-Espinoza M., y Zavala, G. (2014). El uso de calculadoras con sensores en el aprendizaje de circuitos eléctricos. *Latin-American Journal of Physics Education*, 8(4), 4507.

Ramírez, M. H. (2017). Clases demostrativas interactivas para la formación de profesores en línea. *Revista de Educación a Distancia*, (55).

Sharma, M. D., Johnston, I. D., Johnston, H., Varvell, K., Robertson, G., Hopkins, A. y Thornton, R. (2010). Use of interactive lecture demonstrations: A ten year study. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research*, 6(2), 1-9. <https://doi.org/10.1103/PhysRevSTPER.6.020119>

Sokoloff, D. S. y Thornton, R. K. (2004). *Interactive lecture demonstrations*. New York: Wiley.

Tecpan, S., Benegas, J. y Zavala, G. (2015). Entendimiento conceptual y dificultades de aprendizaje de Electricidad y Magnetismo identificadas por profesores. *Latin-American Journal of Physics Education*,9(S1).

Tecpan, S., Zavala, G., y Benegas, J. (2012). Actitudes de profesores de Física hacia estrategias de aprendizaje activo: un caso de estudio en un taller de formación de formadores. Presentado en *Decimoprimer Simposio de Investigación en Educación en Física*, 24-26 de octubre, Esquel, Chubut.

Thornton, R. K. (2008). Effective learning environments for computer supported instruction in the physics classroom and laboratory. *Connecting Research in Physics Education with Teacher Education*.<https://bit.ly/2yuj1Cw>. Sitio consultado en mayo 2018.