

# Aprendizaje por indagación para la construcción de arquetipos en física; el caso de un curso para formación de profesores en Chile



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

<sup>1</sup>Departamento de Física, Universidad de Santiago de Chile, Avenida Ecuador 3493, Estación Central, C.P. 9170124, Chile, Santiago

E-mail: silvia.tecpan@usach.cl

(Recibido el 3 de febrero de 2017, aceptado el 10 de marzo de 2017)

## Resumen

Diversos países han modificado sus currículos de ciencias orientándolos hacia el aprendizaje por indagación a través de distintas estrategias didácticas. Se tiene como objetivo que los futuros profesores de física conozcan, a través de la práctica, las características y beneficios de este enfoque de aprendizaje centrado en el estudiante. Se ha diseñado una propuesta didáctica, que está actualmente en implementación, para la formación inicial docente de profesores de educación media de física y matemáticas, en una universidad estatal en Chile. El resultado de aprendizaje del curso es la construcción de un arquetipo, propuesto por los mismos alumnos, que permita explicar un fenómeno físico. A través de la indagación se pretende fortalecer las habilidades de razonamiento científico y argumentación. Se enfatiza la identificación de variables y el diseño de experimentos que les permitan generar explicaciones integrales de los fenómenos físicos involucrados en el funcionamiento del arquetipo. Se discuten los riesgos en la implementación de la propuesta y las estrategias para minimizarlos.

**Palabras clave:** formación inicial docente, indagación, razonamiento científico, argumentación

## Abstract

Several countries have modified their science curricula, orienting them to learning by inquiry through different didactic strategies. It is intended that future physics teachers know, through practice, the characteristics and benefits of this student-centered approach to learning. A didactic proposal, which is currently under implementation, has been designed for initial teacher education of high school teachers of physics and mathematics at a state university in Chile. The learning result of the course is the construction of an archetype, proposed by the same students, that allows to explain a physical phenomenon. Through the investigation is intended to strengthen the skills of scientific reasoning and argumentation. The identification of variables and the design of experiments that allow them to generate integral explanations of the physical phenomena involved in the operation of the archetype are emphasized. The risks in the implementation of the proposal and the strategies to minimize them are discussed.

**Keywords:** pre-service teacher training, inquiry, scientific reasoning, argumentation

PACS: 01.40.jc, 01.40.Di, 01.40.gb

ISSN 1870-9095

## I. INTRODUCCIÓN

Desde la segunda mitad del siglo XX se han considerado las ventajas que ofrece el enfoque de enseñanza y aprendizaje de la ciencia a nivel escolar a través de la indagación. Países como Estados Unidos, Israel, Líbano, Venezuela y Australia, entre otros, han centrado sus currículos de ciencias en este enfoque. Cada país tiene concepciones distintas del término indagación y esto repercute en la manera de implementarlo, pues afecta las decisiones referentes a los materiales curriculares, estrategias didácticas y prácticas de evaluación [1]. En Chile, a inicios de la década pasada, se implementó el Programa de Educación en Ciencias basado en la Indagación (ECBI) para niños y niñas de educación primaria. Si bien el programa ya no está vigente, sentó el

precedente para incorporar esta metodología en la formación inicial docente en ciencias [2].

## II. ¿QUÉ SE ENTIENDE POR INDAGACIÓN?

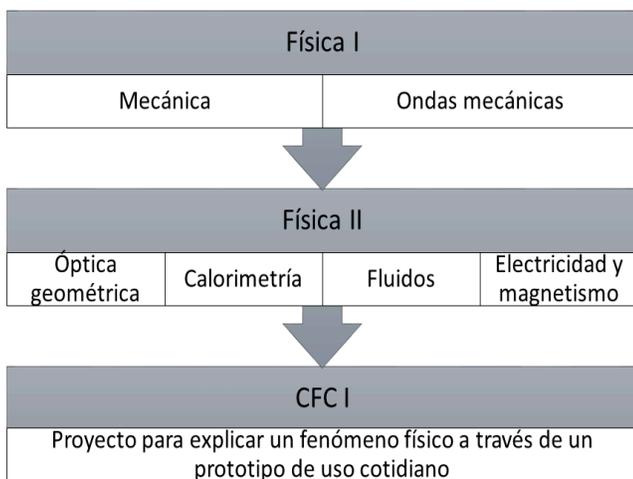
Existe consenso en que el término indagación es ambiguo [1,3–5]. La indagación puede verse como un enfoque instruccional o como un fin, es decir, como un resultado de aprendizaje [1]. Decidir con cuál de las dos miradas se adhiere es crucial, pues determina la manera de implementar la indagación. En este trabajo se considera la indagación como un fin, pues se espera que los futuros profesores aprendan a indagar en el contexto de un contenido científico específico y que esto contribuya a desarrollar su comprensión de la naturaleza de la ciencia y del desarrollo del conocimiento científico [6]. Con esta

propuesta didáctica se busca que los futuros profesores sean capaces de: plantear problemas, generar preguntas de investigación, diseñar y conducir investigaciones, formular, comunicar y defender hipótesis, modelos y explicaciones [4].

El aprendizaje de la ciencia basado en indagación es un enfoque didáctico centrado en el estudiante en el cual se combinan tanto actividades prácticas como discusiones. El objetivo es que, además de lograr conocimiento disciplinar, desarrollen habilidades de razonamiento, argumentación y escritura científica que redunden en la comprensión funcional de la física y otras disciplinas [7–9]. Este enfoque de aprendizaje es compatible con metodologías como el Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) o el Aprendizaje por Proyectos (ABPRO) [4].

### III. CONTEXTO DE LA PROPUESTA

La asignatura llamada “Cómo funcionan las cosas I”, (CFC I) se imparte en el tercer semestre de la carrera en Pedagogía en Física y Matemática en una universidad estatal chilena. Está ubicada en la línea disciplinar de física y le anteceden Física I y Física II con los contenidos por asignatura que se muestran en la Figura 1.



**FIGURA 1.** Asignaturas y contenidos por asignatura antecedentes a CFC I en la línea disciplinar de Física.

De acuerdo con el programa de estudios vigente, la asignatura tiene como propósito “*Que los estudiantes diseñen un arquetipo de bajo costo que permita identificar un fenómeno físico en cuestión*”. Para dar cuenta y comunicar los resultados del proyecto de investigación que significó la construcción de un arquetipo se utilizan herramientas multimedia provenientes principalmente de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC)”. La asignatura tiene una carga horaria de 180 minutos de trabajo presencial por cada sesión semanal y 90 minutos de trabajo autónomo. Se imparte durante 17 semanas en un laboratorio con equipamiento básico y

computadoras. Cada sección (grupo) tiene un máximo 16 estudiantes que son distribuidos en equipos de cuatro integrantes. Si bien es un curso en la línea disciplinar de la carrera, no se enseñan contenidos, como sería en una clase de física tradicional, sino que todo el curso se desarrolla a través del proyecto científico necesario para construir un arquetipo que permita explicar un fenómeno físico relacionado con alguno de los contenidos mostrados en la Figura 1.

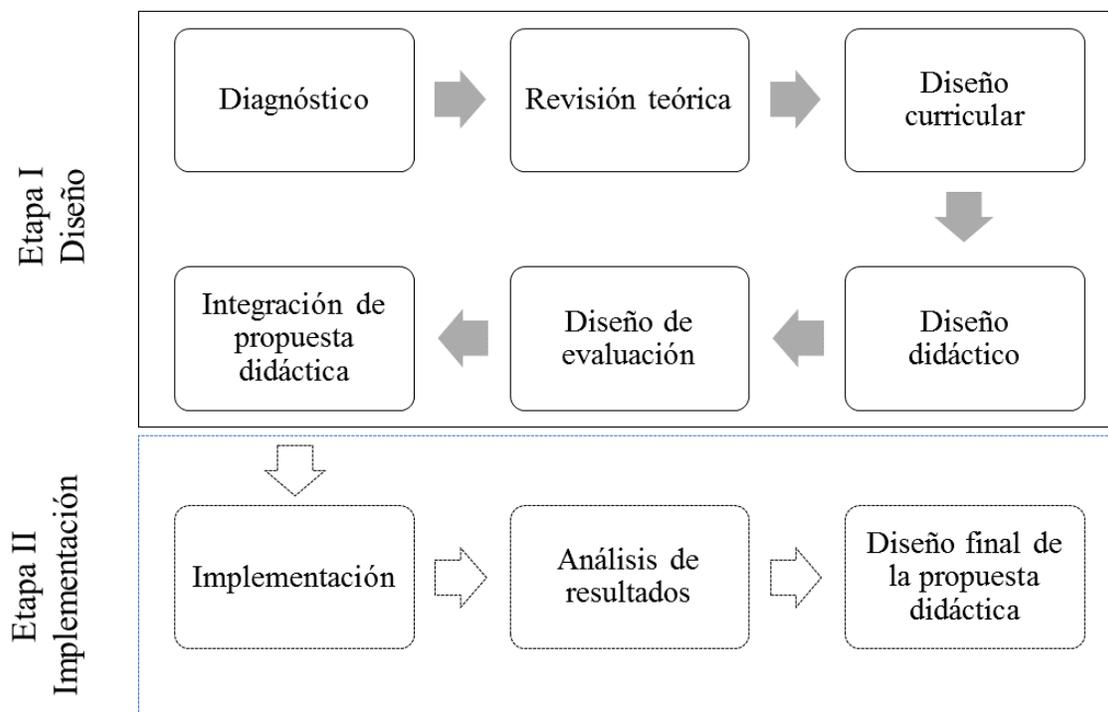
Entre las competencias establecidas en el perfil de egreso se distinguen: a) organizar y planificar actividades propias de un proyecto de investigación, b) describir y explicar fenómenos naturales y procesos tecnológicos en términos de conceptos, teorías y principios físicos, c) generar modelos, arquetipos y experiencias para explicar y/o aplicar las ideas fundamentales de la física a sus estudiantes. El curso busca contribuir al logro de estas competencias, sin embargo, se ha detectado que al término del curso los estudiantes se enfocan en la descripción del proceso de construcción, en detrimento de la explicación de los fenómenos físicos involucrados en el funcionamiento.

Algunos de los arquetipos que han desarrollado en versiones anteriores del curso son: mecanismo de Jansen, lámpara de lava, generador de Van der Graff, guitarra acústica, semáforo, cerradura magnética, pistón, puente hidráulico, generador eléctrico, entre otros. Se solicita que los arquetipos sean posibles de realizar con herramientas básicas, ya que, por un lado, el laboratorio no cuenta con equipamiento especial como cortadoras, caladoras o herramientas de taller similares y por otro, en el perfil de egreso no se establece que los futuros profesores desarrollen la capacidad para operar este tipo de herramientas.

### IV. PROCESO DE DISEÑO DE LA PROPUESTA

Como paso inicial del desarrollo de esta propuesta se realizó un diagnóstico del diseño y funcionamiento histórico del curso, a partir del cual se identificó lo siguiente: a) falta de alineamiento constructivo entre aspectos curriculares, didácticos y de evaluación [10], b) énfasis en la construcción y el funcionamiento del prototipo por parte de los estudiantes, más que en la comprensión y explicación del fenómeno físico, c) debilidad en la identificación del modelo teórico que permite explicar el funcionamiento del prototipo, d) dificultad para distinguir las variables involucradas y su rol dentro del funcionamiento del prototipo, e) deficiencias en el uso de vocabulario científico y construcción de argumentos.

Para guiar el diseño, se planteó como pregunta orientadora: ¿Cómo lograr a través de la enseñanza, aprendizaje y evaluación que el énfasis del curso sea la explicación de fenómenos físicos? El siguiente paso en la etapa de diseño fue la revisión teórica de otras propuestas didácticas que permitiera avanzar en el alineamiento constructivo del curso (ver Figura 2).



**FIGURA 2.** Etapas y pasos en el diseño de la propuesta didáctica empleando indagación. En este artículo se reporta la etapa I. La etapa II se encuentra en desarrollo.

A continuación, se procedió a desarrollar el diseño curricular en el que destaca el uso de Resultados de Aprendizaje (RdA) que se definen y describen en la sección V. Posteriormente, se desarrolló el diseño didáctico en el cual se utiliza Aprendizaje Basado en Proyectos que es consistente con la indagación. De acuerdo con lo hallado en el diagnóstico, es necesario potenciar la construcción de explicaciones científicas, por lo que se propone incorporar distintos elementos heurísticos para facilitar el análisis de los fenómenos físicos, aspecto que se describe en la sección VI. En cuanto al diseño del plan de evaluación el énfasis se encuentra en la explicación de los fenómenos, más que en el funcionamiento o la construcción del prototipo. Además, se recurre a distintas modalidades de evaluación y agentes evaluadores, lo cual se describe en la sección VII. Con el diseño de todos los elementos presentes en el proceso de enseñanza aprendizaje se verificó que la propuesta contribuya al alineamiento constructivo, entre los resultados de aprendizaje, la metodología que permita lograr dichos resultados y el sistema de evaluación [10].

## V. PROPUESTA DE DISEÑO CURRICULAR

Con la intención de lograr alineamiento constructivo entre los aspectos curriculares, didácticos y de evaluación [10], se propusieron Resultados de Aprendizaje (RdA) que permiten una descripción más precisa de lo que se espera que logre el estudiante, tanto a nivel general en el curso, como para cada una de las unidades en que está

dividido. Los resultados de aprendizaje se entienden como la declaración de lo que se espera que el estudiante conozca, comprenda y sea capaz de demostrar al finalizar un período de aprendizaje en un área de conocimiento con un determinado nivel de logro [11].

Se estableció un RdA general, para todo el curso, y un RdA para cada unidad de aprendizaje que se presentan a continuación:

RdA general: Elabora un prototipo de bajo costo para explicar su funcionamiento a través de los fenómenos físicos presentes, empleando indagación para determinar causas y efectos que expone con rigor científico apoyándose en TIC.

RdA 1. De manera colaborativa, diseña y construye un prototipo de uso cotidiano a través de un proyecto científico que le permita explicar su funcionamiento en términos de fenómenos físicos.

RdA 2. De manera colaborativa elabora la explicación científica del principal fenómeno físico presente en su arquetipo emplea lenguaje científico.

RdA 3. Mejora el arquetipo desarrollado previamente a través de experimentos que le permitan medir y analizar de manera rigurosa las variables involucradas en el fenómeno físico.

RdA 4. Diseña e implementa la presentación del prototipo y los resultados del proyecto científico que implicó su construcción, para ello se apoyan en el uso de TIC.

Los RdA propuestos enfatizan la importancia de la explicación científica para comprender el funcionamiento del prototipo. Es decir, no basta con que el prototipo

funcione, es necesario que los futuros profesores demuestren la capacidad de explicar los fenómenos físicos presentes empleando para ello lenguaje científico y TIC.

## VI. PROPUESTA DE DISEÑO DIDÁCTICO

Se eligió como estrategia didáctica el Aprendizaje Basado en Proyectos [12] que es consistente con el enfoque de indagación y promueve el trabajo colaborativo [4]. Las clases se complementan con el uso de la plataforma Google Classroom® en la que se alojan recursos de aprendizaje y ejemplos de lo que se espera que los estudiantes desarrollen en cada sesión [13].

En la unidad uno, los futuros profesores seleccionan, diseñan y construyen una versión inicial del arquetipo. Para ello, determinan todos los fenómenos físicos involucrados y la relación entre ellos, posteriormente, aíslan una parte del sistema y analizan las variables presentes clasificándolas en variables dependientes e independientes. Utilizan como apoyo didáctico la Uve de Gowin para vincular continuamente teoría y evidencia de modo que las decisiones constructivas estén basadas en la teoría y verificadas de manera empírica [14]. Otro apoyo didáctico es la elaboración de una bitácora en donde registran las dificultades que van enfrentando en el proyecto y la manera de solucionarlas. La bitácora funciona como un diario de investigación que les permite revisar las hipótesis y predicciones planteadas y los resultados al poner a prueba sus hipótesis. Al término de cada sesión comparten con todo el grupo sus avances en la comprensión del fenómeno físico.

En la segunda unidad, ya con el arquetipo en versión inicial, se enfocan en formalizar la explicación científica del funcionamiento, para ello, por un lado, discuten e identifican los elementos de una explicación científica los cuales son: *explanandum*, aquello que requiere una explicación, *explanans*, aquello que proporciona la explicación del *explanandum* y la relación explicativa que media entre ellos [15]. Por otra parte, analizan y emplean los elementos básicos de un argumento: datos, conclusiones, justificaciones y conocimiento básico; y los elementos secundarios, calificadores modales y refutación [16]. Como apoyo didáctico se desarrollan ejemplos de explicaciones y argumentos de manera grupal. A través de las discusiones al interior de cada equipo la explicación científica del funcionamiento del arquetipo se refina ya que la argumentación es un proceso dialógico [17].

Para la tercera unidad mejoran el funcionamiento y diseño del arquetipo fundamentando las decisiones de cambio en la realización de un experimento científico que les permita verificar la teoría que proponen como explicación del funcionamiento. Como apoyo didáctico se comparten y analizan, de manera grupal, ejemplos de experimentos científicos.

Finalmente, en la cuarta unidad, después de recurrir a distintos apoyos didácticos en las unidades previas, deben presentar su prototipo y explicar su funcionamiento ante sus compañeros de sección y frente a un tribunal evaluador. Se

establece como requisito que los estudiantes sean capaces de mostrar las hipótesis que sometieron a prueba, describir los experimentos realizados y proponer una teoría de funcionamiento. La argumentación y la explicación deben seguir los modelos desarrollados en la segunda unidad, además, deben emplear vocabulario científico.

En esta unidad los futuros profesores utilizan TIC como soporte para realizar la exposición oral donde detallan la teoría y evidencia implicadas en el funcionamiento del arquetipo, así como el proceso de construcción realizado.

Al término de este ciclo de aprendizaje y apoyado por el plan de evaluación, la expectativa es que los estudiantes sean capaces de comprender no solo el funcionamiento del arquetipo desarrollado, sino también que sean capaces de reflexionar en la importancia de la indagación como estrategia de enseñanza aprendizaje de la ciencia que permite llevar la práctica científica al aula a través de actividades motivantes [4].

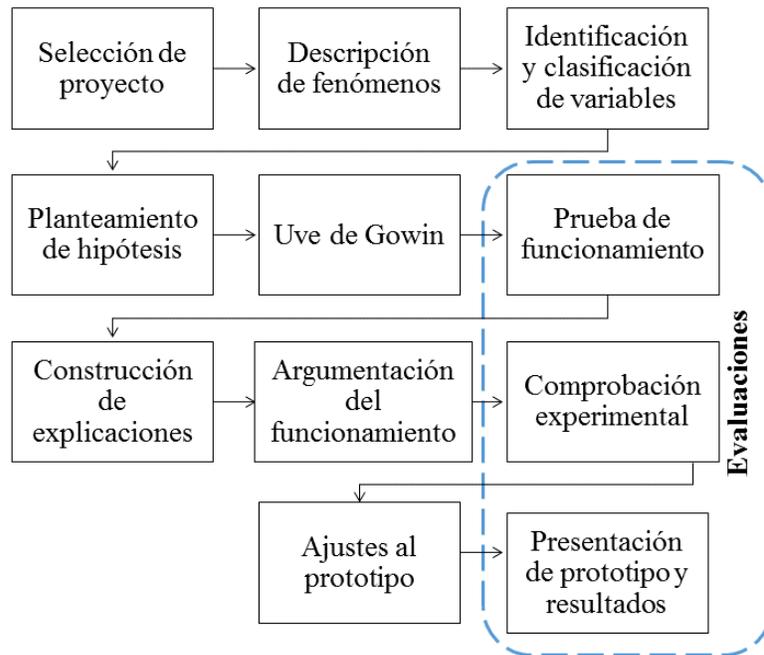
## VII. PROPUESTA DE PLAN DE EVALUACIÓN

Para promover aprendizaje profundo, la evaluación debe alinearse con los aspectos curriculares y didácticos [10]. En esta propuesta se considera la evaluación como una oportunidad de aprendizaje [18] y se promueve el traspaso progresivo del control [10], no solo en las actividades didácticas, sino también en la evaluación, otorgando a los estudiantes un rol más activo en ambas.

Los instrumentos de evaluación formativa y sumativa para cada unidad se encuentran disponibles en la plataforma del curso de Google Classroom®. Entre ellos, listas de cotejo y rúbricas que les permiten conocer los principales aspectos a ser evaluados y su ponderación. Se propone un rol protagónico de los estudiantes en este proceso, lo que se promueve utilizando evaluación por pares (evalúan a otros equipos), coevaluación (evalúan el trabajo al interior de su equipo) y autoevaluación, todas con intencionalidad formativa y en función de una serie de criterios propuestos por el docente [19].

La evaluación sumativa en las cuatro unidades se realiza con rúbricas. En la primera unidad del curso el producto a evaluar es el prototipo en una versión inicial. En la rúbrica los criterios relacionados con la Uve de Gowin y el planteamiento de hipótesis tienen mayor ponderación, respecto a otros criterios relacionados con la construcción del prototipo. En la segunda unidad, el producto a evaluar es un documento en el que los futuros profesores plasman las explicaciones y argumentos relacionados con el funcionamiento del arquetipo. En la unidad tres, el producto a evaluar es el diseño y ejecución de un experimento científico para poner a prueba las hipótesis del funcionamiento y relación de variables presentes en el prototipo. Se espera que con los resultados del experimento los estudiantes realicen mejoras al diseño. Las unidades dos y tres se evalúan en la etapa de comprobación experimental (ver Figura 3). Finalmente, el producto a evaluar en la última unidad es el prototipo y la explicación del funcionamiento con apoyo de TIC, nuevamente, los

critérios relacionados con la explicación del funcionamiento tienen mayor ponderación en la rúbrica correspondiente.



**FIGURA 3.** Secuencia de actividades de aprendizaje y momentos de evaluación. El proceso inicia con la selección del proyecto o arquetipo a construir. A través de distintas herramientas de análisis y con los instrumentos de evaluación formativa los futuros profesores ejercitan la indagación y realizan ajustes hasta desarrollar una explicación lógica y coherente del funcionamiento del prototipo que se presenta en la última etapa del proceso.

## VIII. RESULTADOS

Al término de la etapa de diseño se cuenta con la propuesta didáctica basada en indagación que contempla la integración de actividades de aprendizaje e instrumentos de evaluación vinculados con los aspectos curriculares que favorecen el aprendizaje disciplinar y el desarrollo de habilidades de pensamiento científico de los estudiantes.

Con esta propuesta se fortalecen las competencias establecidas en el perfil de egreso de los futuros profesores. La competencia relacionada con: *organizar y planificar actividades propias de un proyecto de investigación*, se ejercita al utilizar indagación a través del Aprendizaje Basado en Proyectos como estrategia didáctica [12], lo que se incorpora en los resultados de aprendizaje y se mantiene a lo largo del curso.

En cuanto a la competencia: *describir y explicar fenómenos naturales y procesos tecnológicos en términos de conceptos, teorías y principios físicos*, que era una de las más débiles en el curso de acuerdo con los resultados obtenidos en el diagnóstico, se fortalece al incorporar tres apoyos didácticos en la segunda unidad del curso: a) el Uso de la Uve de Gowin para vincular teoría y evidencia [14] b) el desarrollo de explicaciones estableciendo los distintos elementos que las integran [15], y c) el uso de argumentos siguiendo el modelo de Toulmin [16,17].

La competencia: *generar modelos, arquetipos y experiencias para explicar y/o aplicar las ideas fundamentales de la física a sus estudiantes*, se ejercita a lo largo del curso con el desarrollo del arquetipo que construyen. Sin embargo, de acuerdo con el diagnóstico, los estudiantes se enfocaban en describir el proceso constructivo del arquetipo, más que en profundizar en la comprensión de los fenómenos físicos involucrados en su funcionamiento, por lo que fue necesario incorporar el planteamiento de hipótesis en la primera unidad y el diseño de experimentos en la tercera, para que los futuros profesores fundamenten, desde la teoría, las relaciones presentes entre las variables incorporadas en sus arquetipos y posteriormente las verifiquen con la actividad experimental. Ambas actividades contribuyen a una mayor comprensión del fenómeno que analizan, lo que será útil al momento de elaborar la explicación del funcionamiento en la presentación final del prototipo que se realiza con el apoyo de TIC.

En la Tabla I se resumen los cambios a realizar en el curso con la propuesta didáctica.

**TABLA I.** Adecuaciones al curso CFC I con la propuesta didáctica basada en indagación.

Resultados del diagnóstico. Situación antes de la propuesta didáctica	Resultados esperados al implementar la propuesta didáctica
Falta de alineamiento constructivo entre aspectos curriculares, didácticos y de evaluación.	La estrategia didáctica y los instrumentos de evaluación contribuyen al logro de los resultados de aprendizaje.
Énfasis en la construcción y el funcionamiento del prototipo por parte de los estudiantes.	Énfasis en la comprensión y explicación del fenómeno físico, lo que se pondera con mayor valor en la rúbrica.
Debilidad en la identificación del modelo teórico que permite explicar el funcionamiento del prototipo.	A través del uso de Uve de Gowin contrastan teoría y evidencia. Tiene ponderación en la rúbrica.
Dificultad para distinguir las variables involucradas y su rol dentro del funcionamiento del prototipo.	Deben establecerlas al inicio del proceso, se incluye en la rúbrica y se retoman constantemente analizándolas con distintas herramientas didácticas.
Deficiencias en el uso de vocabulario científico.	Más instancias de comunicación de avances para depurar el vocabulario científico.
Deficiencias en la construcción de argumentos.	Uso del modelo de Toulmin para construir argumentos. Se incluye en la rúbrica.
Falta de elementos para construir explicaciones científicas.	Uso del modelo básico de explicación científica. Se incluye en la rúbrica.
Actividad experimental incipiente.	Prueba experimental forzosa con mayor ponderación en la rúbrica
Se emplea evaluación sumativa.	Se incluye evaluación formativa y sumativa

## IX. IMPLICANCIAS Y CONCLUSIONES

Las estrategias de Aprendizaje Activo, como el Aprendizaje Basado en Proyectos, están enfocadas en desarrollar habilidades cognitivas de orden superior [20]. El proceso de indagación que supone cada etapa del proyecto a desarrollar permite que los futuros profesores construyan el conocimiento disciplinar asociado al fenómeno físico implicado. El uso que se da a la evaluación a lo largo del curso busca ayudar a lograr una mayor comprensión del proceso de aprendizaje [18].

Desde la primera clase los estudiantes saben que deben desarrollar un arquetipo que permita explicar un fenómeno físico y que las decisiones que tomen deben reflejar su conocimiento de dichos fenómenos. Se inicia con evaluaciones sencillas con listas de cotejo y poco a poco se va refinando tanto la evaluación como los aprendizajes esperados pues se incorporan más conocimientos como indagación y argumentación. De la misma manera, la construcción del arquetipo cada vez es más sofisticada de modo que el estudiante se percató de que la revisión de avances es acumulativa y que se espera que su aprendizaje

sea permanente, pues los conceptos utilizados desde la primera clase son vigentes hasta el término del curso.

En la medida en que se alinean evaluación, didáctica y currículum, es más probable obtener aprendizaje profundo pues los estudiantes se preparan para satisfacer las exigencias de la evaluación, de modo que es importante que sepan cómo serán evaluados y lo que se espera que logren [10]. En cuanto a la evaluación sumativa se eligió la que está referida a criterios ya que esta evaluación es holística y es adecuada para esta propuesta pues se evalúa no solo que el arquetipo funcione, sino también que sea explicado de manera científica con base en el conocimiento profundo de los fenómenos involucrados.

Al ser un curso en el que se espera que los estudiantes apliquen sus conocimientos de física y los consoliden, la estrategia seleccionada los obliga a desarrollar habilidades de pensamiento científico pues deben aplicar conocimiento disciplinar para superar las dificultades que enfrentan en las distintas etapas de fabricación.

Entre los posibles riesgos para la implementación de la propuesta se encuentra la falta de capacitación en el uso de las herramientas didácticas propuestas, desde el ABPro hasta el uso de las bitácoras. Lo mismo aplica para el uso de los instrumentos de evaluación. Se sugiere incorporar instancias de capacitación y coordinación previas a la implementación de la propuesta en las que se ejerciten y desarrollen ejemplos de cada estrategia e instrumento.

Se espera que las distintas modalidades de evaluación y los constantes espacios de reflexión grupal contribuyan al aprendizaje profundo desde la disciplina. Como toda propuesta didáctica, esta irá mejorando a través de sucesivos ajustes basados en el análisis de la propia práctica educativa y cuyos resultados serán publicados en un futuro trabajo, como prospectiva.

## AGRADECIMIENTOS

Las autoras agradecen el apoyo recibido de los proyectos PID 066-2015 y BASAL USA 1555.

## REFERENCIAS

- [1] Abd-El-Khalick, F., Boujaoude, S., Duschl, R., Lederman, N. G., Mamlok-Naaman, R., Hofstein, A., Niaz, M., Treagust, D., Tuan, H. L., *Inquiry in science education: International perspectives*, Sci Educ **88**, 397-419 (2004).
- [2] Uzcátegui, Y. and Betancourt, C., *La metodología indagatoria en la enseñanza de las ciencias: una revisión de su creciente implementación a nivel de Educación Básica y Media*, Rev Invest (Guadalajara) **37**, 109-127 (2013).
- [3] Anderson, R., Inquiry as an organizing theme for science curricula in *Handb Res Sci Educ*, S. K. Abell and N. Lederman (Eds.), pp. 807-830 (Lawrence Erlbaum Associates, Mahwah, New Jersey, 2007).
- [4] Couso, D., *De la moda de "aprender indagando" a la indagación para modelizar: una reflexión crítica*, 26EDCE.

- Investigación y transferencia para una educación en ciencias: Un reto emocionante, 1-28 (2014).
- [5] Espinosa Bueno, J. Labastida Piña, D., Padilla, K. and Garritz, A., *Pedagogical Content Knowledge of Inquiry : An Instrument to Assess It and Its Application to High School In-Service Science Teachers*, US-China Educ Rev **8**, 599-614 (2011).
- [6] Vázquez, A., Manassero, M. A. and Talavera, M., *Actitudes y creencias sobre naturaleza de la ciencia y la tecnología en una muestra representativa de jóvenes estudiantes*, Rev Electrónica Enseñanza las Ciencias **9**, 333-352 (2010).
- [7] Lawson, A. E., *Teaching Inquiry Science in Middle and Secondary Schools* (Sage, Washington, DC, 2009).
- [8] McDermott, L., *Physics by Inquiry* (Wiley, Washington, DC, 1995).
- [9] McDermott, L., Shaffer, P. & Constantinou, C., *Preparing teachers to teach physics and physical science by inquiry*, Phys Educ **35**, 411-416 (2000).
- [10] Biggs, J., *Calidad del Aprendizaje Universitario* (Narcea, Madrid, España, 2008).
- [11] Kennedy, D., *Writing and Using Learning Outcomes* (UCC, Irlanda, 2007).
- [12] Kolmos, A., *Estrategias para desarrollar currículos basados en la formulación de problemas y organizados en base a proyectos*, Educar **33**, 77-96 (2004).
- [13] Hernández C. y Tecpan, S., Usando una plataforma virtual para girar la clase: Propuesta de aula invertida para formar profesores de ciencia, in *Enseñanza las Ciencias Exp Con TIC*, M. Ocelli, L. García-Romano, y N. Valeiras (Eds.) (Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de la Universidad de Córdoba, Córdoba, Argentina, en prensa).
- [14] Moreira, M. A., *Diagramas V y aprendizaje significativo*, Rev Chil Educ Científica **6**, 1-13 (2012).
- [15] Díez, J. A. y Moulines, C. U., *Fundamentos de Filosofía de la Ciencia*, 2a Ed. (Ariel, Barcelona, España, 1999).
- [16] Driver, R. Newton, P. and Osborne, J., *Establishing the norms of scientific argumentation in classrooms*, Sci Educ **84**, 287-312 (2000).
- [17] Ruiz, F. Tamayo, O. y Márquez, C., *La argumentación en clase de ciencias, un modelo para su enseñanza*, Educ E Pesqui **4**, 629-645 (2015).
- [18] Bain, K., *Lo que hacen los mejores profesores universitarios* (PUV, Valencia, 2007).
- [19] Díaz-Barriga A. F. and Hernández, R., *Estrategias docentes para un aprendizaje significativo: una interpretación constructivista*, 2a ed. (McGraw Hill, México, 2002).
- [20] Freeman, S., Eddy, S.L., McDonough, M., Smith, M. K., Okoroafor, N., Jordt, H., Wenderoth, M. P., *Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics*, Proc Natl Acad Sci **111**, 8410-8415 (2014).