



# Formación docente en contexto STEM: Potencialidad didáctica de actividades experimentales abiertas mediadas por tecnología en la enseñanza de la Física

Furci Víctor<sup>1</sup>, Trinidad Oscar<sup>1</sup>, Bonnet Andrea<sup>1</sup>, Peretti Luis<sup>2</sup>, Di Cosmo Carlos Luis<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Ciencia y Tecnología. Universidad Pedagógica Nacional (UNIPE). Piedras 1080, CP 5000, C1057AAS. CABA.

<sup>2</sup>Dirección General de Cultura y Educación, Calle 12 e/50 y 51, B1900ATI La Plata, Buenos Aires 2

## ARTICLE INFO

**Received:** 18 octubre 2019

**Accepted:** 25 enero 2020

**Available on-line:** 30 mayo 2020

**Keywords:** Formación docente –  
Potencialidad didáctica - STEM

**E-mail addresses:**  
victor.furci@unipe.edu.ar  
oscar.trinidad@unipe.edu.ar

ISSN 2007-9842

© 2020 Institute of Science Education.  
All rights reserved

## ABSTRACT

In this paper, the first results of a teacher training proposal based on the analysis, reformulation, implementation (between teachers and research group) of teaching sequences focused on open experimental activities mediated by Arduino technology are presented. The sequences designed by the research team, are intended to be educational scaffolds for teachers interested in integrating various technological elements into their practices. Therefore, the activities designed are based on a STEM education approach, seeking to maximize the educational potential of these types of proposals. Finally, the observations of this training process are analyzed, based on a process of analysis of the practices, based on elements of the Didactic Clinic. In this way, it is intended to contribute to certain problems of initial and continuous teacher training in Physics, currently in force, especially highlighted in the processes of curricular integration of digital technologies in the teaching of Physics.

En el presente trabajo, se presentan los primeros resultados de una propuesta de formación docente basada en el análisis, reformulación, implementación (entre docentes y grupo de investigación) de secuencias didácticas centradas en actividades experimentales abiertas mediadas por tecnología *Arduino*. Las secuencias diseñadas por el equipo de investigación, pretenden constituirse en andamios didácticos de docentes interesados en integrar a sus prácticas, diversos elementos tecnológicos. Por lo anterior, las actividades diseñadas se basan en un enfoque de educación STEM, buscando maximizar la potencialidad didáctica de este tipo de propuestas. Finalmente se analizan las observaciones de dicho proceso de formación, a partir en un proceso de análisis de las prácticas, basado en elementos de la Clínica Didáctica. De este modo se pretende aportar a ciertos problemas de la formación docente inicial y continua en Física, vigentes en la actualidad, especialmente puestos de manifiesto en los procesos de integración curricular de tecnologías digitales en la enseñanza de la Física.

## I. INTRODUCCIÓN

Durante los últimos 6 años, el grupo de investigación de didáctica de las Ciencias Naturales de la UNIPE, viene desarrollando diversos proyectos vinculados a la formación inicial y continua de docentes. Particularmente en los últimos años, el objeto de estudio se centró en la integración curricular de tecnologías (especialmente placas Arduino) en las actividades experimentales de las aulas de formación docente inicial de los profesorado de Ciencias Naturales, particularmente en Física. Esta temática toma especial relevancia en la actualidad, considerando las características de

numerosas transformaciones educativas implementadas a nivel internacional en los últimos años, fuertemente vinculadas a la incorporación de tecnologías digitales en la enseñanza.

En las últimas décadas, se puede comprobar una marcada tendencia desde las prescripciones curriculares, en la promoción de la integración curricular de las diversas disciplinas científicas junto con la tecnología, la ingeniería y la matemática, materializado en el modelo conocido como STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics).

Aunque existe un cierto acuerdo en el mundo académico en aceptar la potencialidad didáctica del modelo STEM, también numerosas investigaciones alertan sobre el poco desarrollo en propuestas concretas y logros específicos de estas propuestas (Bybee, 2010).

Particularmente en la investigación desarrollada por nuestro equipo (Furci y otros, 2018) observamos que los problemas para la integración curricular de la tecnología son numerosos y variados: equipamientos necesarios y costos de los mismos, escasa tradición en implementación de proyectos de investigación escolar, problemas técnicos relacionados al funcionamiento de la placa, diseños de dispositivos, etc. Resumiendo, podemos decir que la implementación concreta de proyectos STEM en aulas de Física, se encuentra dificultada por conocimientos (tecnológicos – didácticos) que los docentes deben construir en tiempos escolares que los condicionan.

Otra cuestión no menor, son las escasas publicaciones de materiales (propuestas de aula) que pudieran servir como orientación para la formación docente. Entendemos que para un avance en las posibilidades de implementación real de proyectos STEM en las aulas, no solo hace falta avanzar en el desarrollo de propuestas potencialmente didácticas, sino que estas propuestas deben ser analizadas desde su implementación en contextos reales de desempeño, caracterizando así su potencialidad didáctica para la enseñanza de la Física desde la investigación, analizando en qué medida promueven el desarrollo de habilidades cognitivas de orden superior en los estudiantes. Todas estas dificultades, conforman una brecha entre las prácticas deseables y pensadas desde marcos teóricos como el STEM y las posibles para un gran número de docentes que tienen que salvar estos obstáculos generalmente por cuenta propia. Entendemos que un problema a resolver para la integración de la tecnología en las clases de Física, consiste en intentar estrechar la brecha anteriormente descrita, diseñando y poniendo a prueba, una propuesta de formación docente que involucre no solo fundamentos de la Didáctica de la Física, materiales concretos de aula y reflexión sobre la práctica, sino (y sobre todo) tenga en cuenta problemáticas docentes concretas, aquellas que pudimos relevar en la investigación anteriormente citada que sirve como contexto y antecedente de la presente investigación.

## II. MARCO CONCEPTUAL

En este apartado desarrollaremos brevemente elementos conceptuales utilizados en la formulación de nuestra hipótesis de trabajo.

El concepto de potencialidad didáctica, es tomado del modelo didáctico de investigación escolar, presentado por el grupo IRES (Porlán Ariza y García Pérez, 2000) en donde la clase es considerada como un sistema, en el que los flujos de información son permanentes, como consecuencia de la diversidad de interacciones simultáneas, de distinta intensidad que se dan entre alumnos, profesores, materiales didácticos, contexto físico, etc. y aportan al sistema aula una determinada organización, de la que emergen unas cualidades y potencialidades propias de cada situación en contexto. Así descrita, el aula constituye, sobre todo, un sistema de comunicación. Finalmente, una secuencia será potencialmente didáctica si de alguna manera presenta posibilidades para generar estos diversos tipos de interacciones dentro de la clase de Física.

Otros elementos que aportan al concepto de potencialidad didáctica, provienen de didáctica específica (Zoller y Scholz, 2004) y se centran en relevar los tipos de habilidades cognitivas puestas en juego en la resolución de distintos

tipos de actividades. Así entonces se diferencian los pensamientos de orden superior (HOCS) en relación con las más tradicionales de orden inferior (LOCS). Teniendo en cuenta esta perspectiva las propuestas de formación docente, deben considerar y poner en juego, de forma equilibrada, los conceptos físicos específicos, sus aplicaciones y relaciones, los procesos de medición, registro y cálculo como así también las cuestiones relacionadas con los impactos sociales, ambientales y económicos de las cuestiones tratadas.

Dentro del conjunto de actividades que entendemos con alto grado de potencialidad didáctica, destacamos las actividades experimentales abiertas, las cuales se enmarcan en el debate sobre el sentido de incorporación de trabajos experimentales en la enseñanza de la Física. Queda fuera de toda discusión que las actividades experimentales resultan un componente fundamental en el desarrollo de un conocimiento profesional docente (Hofstein y Lunetta, 2004; Leite y Figueroa, 2004) En particular, en el marco de la formación docente, el trabajo en torno a actividades con amplio grado de apertura, resulta central dado el alto grado de potencialidades para la enseñanza, en especial, en el desarrollo de competencias argumentativas que posibiliten el pensamiento crítico y reflexivo, y no tanto en la simple comprobación de modelos teóricos asumidos en forma acrítica (Hodson, 1994). En ese sentido se toman como referencia los trabajos de Caamaño (2004), Leite y Figueroa (2004).

En síntesis, consideramos que las interacciones deseables dentro del aula de Física, se ven potenciadas en un marco diversificado de trabajo en el laboratorio, que permita un recorrido desde propuestas cerradas, para el desarrollo de habilidades de bajo nivel (LOCS), hacia propuestas abiertas para el desarrollo de habilidades de alto nivel (HOCS), brindando oportunidades para desarrollar competencias científicas tales como la formulación de preguntas científicamente investigables, elaboración de hipótesis, puesta a prueba de conjeturas por medio del diseño e implementación de dispositivos experimentales, consideración de explicaciones alternativas y comunicación de resultados.

Los elementos tecnológicos impactan en la educación en general y en las prácticas de laboratorio en particular, en cuanto a la posibilidad de la obtención de gran cantidad de datos experimentales, la modernización de fenómenos, el control de periféricos, etc. En particular tecnología Arduino, una plataforma compuesta por hardware y software abierto, económica y accesible, facilita el desarrollo de aplicaciones en distintas áreas de la electrónica, permitiendo al usuario con conocimientos básicos en electrónica e informática la adquisición y procesamiento de señales y el control de dispositivos. Esta plataforma ha tomado relevancia a nivel mundial (Santillán Tovar y Campos Delgado, 2014) no solo por ser una plataforma abierta, sino porque existe una gran comunidad de usuarios que comparten diseños electrónicos y código de programación para la resolución de problemas tecnocientíficos típicos. En el caso particular de la enseñanza de la Física, es cada vez más habitual encontrar en los congresos y publicaciones de didáctica de la Física, propuestas didácticas de actividades experimentales que incorporan esta tecnología para la medición o simulación de fenómenos físicos (Cremades y Castro 2017; Christiansen y otros, 2016).

Otro elemento conceptual que consideramos de importancia en la actualidad es el de la educación STEM, como marco para el diseño y análisis de propuestas didácticas. Si bien existen controversias sobre el origen, alcance y profundidad de este enfoque (Bybee, 2010) como para ser considerado un “modelo didáctico de enseñanza de las ciencias”, resulta interesante como una fuente de categorías de análisis de las propuestas didácticas a desarrollar e implementar, dado que en la actualidad son numerosos los trabajos de investigación que se desarrollan en esta línea. Este enfoque, que surgió inicialmente en EE. UU. como una preocupación en términos de política educativa y desarrollo productivo (Bosch y otros, 2011) fue derivando en los últimos años en una preocupación didáctica para promover la mejora en la enseñanza de las ciencias, por medio de la enseñanza integrada de disciplinas STEM, intentado superar los problemas generados por la tradicional compartimentación de su abordaje. Básicamente propone el diseño de recursos didácticos basados en: exploración y resolución de problemas, diseño y desarrollo de dispositivos experimentales para adquisición de datos y control (este aspecto fuertemente asociado a los saberes de la ingeniería), trabajo en equipo, expresión de conceptos y comunicación de resultados y dificultades. En otras palabras, se trata de una perspectiva

didáctica de “aprendizaje activo”, que asociada convenientemente a modelos más tradicionales de la enseñanza de las ciencias, podría promover el desarrollo de competencias y habilidades de orden superior (HOCS), para el abordaje creativo e innovador de situaciones problemáticas complejas y no solamente reproduciendo conceptos y procesos propios de cada disciplina (Bybee, 2010). El énfasis en el desarrollo de los aspectos creativos y de una “epistemología de la imaginación” (Rodríguez Salazar, 2011), llevó a propuestas de reformulación de la sigla STEM a STEAM (Cilleruelo y Zubiaga, 2014), incluyendo el Arte entre las disciplinas a integrar en el proceso de aprendizaje.

Un último concepto que adoptamos como organizador del análisis de las prácticas es el denominado Conocimiento Didáctico del Contenido. El estudio de los saberes que se ponen en juego en la práctica de los profesores data de los comienzos de la década del noventa del siglo pasado. Esos trabajos describen la naturaleza interconectada de todos los conocimientos que posee un profesor, superando ampliamente el conocimiento de la disciplina científica de su especialidad. Los trabajos de Shulman (1987) resultaron decisivos para comenzar a estructurar el pensamiento de los profesores en un conocimiento profesional específico. De acuerdo con esta teoría, los docentes manejan y ponen en juego cinco tipos distintos de saberes en forma integrada en la planificación e implementación de sus prácticas: orientaciones para la enseñanza de la ciencia, conocimientos y creencias sobre el currículo de la ciencia, sobre el aprendizaje de los alumnos de temas específicos de ciencia, sobre evaluación en ciencia y sobre estrategias didácticas en la enseñanza de la ciencia. Según este modelo los profesores no sólo somos receptores pasivos de información, sino que creamos conocimiento a partir de esta información y de nuestras experiencias y esta es una característica fundamental que tenemos y que nos hace profesionales y no meros ejecutores de recetas diseñadas por investigadores. Resulta de gran importancia, en este sentido, promover en los procesos de formación docente, el desarrollo de competencias reflexivas (Levy y Puig, 2001).

Considerando los conceptos desarrollados, cobra nuevo valor la implementación de actividades experimentales abiertas mediadas por tecnología Arduino, en un contexto STEM (principalmente en la formación docente) si estas propuestas se implementan en un proceso de análisis de las prácticas desde la perspectiva de la didáctica profesional. Proponemos que espacios de formación basados en los anteriores elementos, pueden transformarse en un andamio didáctico para docentes que intenten llevar adelante innovaciones que involucren tecnología en sus aulas de Física.

### III. EL PROCESO DE INVESTIGACIÓN

#### Objetivos generales y específicos:

Teniendo en cuenta los problemas didácticos y el marco conceptual descrito en los apartados anteriores, relacionados con el proceso de integración de tecnologías digitales (en especial la plataforma Arduino), desde una perspectiva STEM, en la enseñanza de la Física, definiremos el siguiente objetivo general:

-Diseñar y poner a prueba un dispositivo de formación docente en Física, centrado en el proceso de elaboración, implementación en el aula y evaluación de secuencias didácticas que incluyan actividades experimentales abiertas con tecnología Arduino, desde un enfoque STEM, en instituciones de formación docente.

En relación al objetivo general, planteamos los siguientes objetivos específicos:

-Analizar y caracterizar la potencialidad didáctica de propuestas de enseñanza de Física, diseñadas por el equipo de investigación.

-Describir y analizar las fortalezas y debilidades de las propuestas STEM encontradas por los docentes de la muestra en su implementación en las aulas.

-Caracterizar y analizar el dispositivo de formación propuesto en el presente trabajo.

### Metodología y diseño de la investigación

Se adoptó un diseño cualitativo de estudio de casos, sobre tres profesores que se desempeñan en Institutos de Formación Docente de la Provincia de Buenos Aires.

Se propuso a estos docentes participar de un proceso que se inicia en la presentación y el análisis crítico previo de una secuencia de enseñanza de Física que incluya actividades experimentales abiertas, que integren tecnología Arduino, desde una perspectiva STEM, para luego continuar con la adaptación de dicha secuencia a su contexto de desempeño, su implementación, finalizando con el análisis de su práctica y evaluación de los aprendizajes.

El recorrido completo desarrollado por el grupo de investigación en el proyecto se organizó en tres etapas principales:

Primera etapa: destinada al desarrollo, diseño y puesta a prueba interna de la secuencia de enseñanza de la Física con alta potencialidad didáctica, en base a la (re)construcción de conocimientos y fundamentos teóricos sobre el trabajo de laboratorio en la enseñanza de la Física, el enfoque STEM, la tecnología Arduino y la didáctica específica.

Segunda etapa: desarrollada durante dos semestres, destinada al trabajo de campo para registrar el recorrido de los docentes de la muestra, a través de las siguientes actividades:

Lectura, puesta a prueba interna y análisis crítico de la secuencia didáctica propuesta a los docentes de la muestra. Para el desarrollo de esta etapa se entregó a los docentes participantes material didáctico y un kit Arduino.

Desarrollo de adaptaciones de la secuencia a los contextos de desempeño de cada docente de la muestra.

Implementación de la secuencia adaptada por parte de los docentes de la muestra, y registro de la misma.

Análisis reflexivo de la práctica profesional por medio de entrevistas de autoconfrontación

Relevamiento de las producciones de los estudiantes como insumo para el análisis de los aprendizajes realizados.

Tercera etapa: destinada al procesamiento y análisis de la información relevada en el trabajo de campo (actualmente en desarrollo).

La secuencia compartida con los docentes consistió, básicamente, en *proponer* a los estudiantes *el* diseño y puesta a prueba de pequeños prototipos de viviendas con el fin de optimizar su rendimiento térmico. Se inicia con el planteo de un problema real, observado en asentamientos temporarios de bajos recursos, en los que se utilizan materiales recolectados en la vía pública, para la construcción de viviendas precarias. La evaluación experimental del rendimiento térmico de los prototipos diseñados y construidos por los estudiantes se realizó utilizando tecnología Arduino para medición, registro y análisis de las temperaturas.

La selección de los docentes para la muestra ha sido intencional, y responde a una caracterización profesional de cierta disponibilidad para incorporar tecnologías digitales en la enseñanza de la Física, particularmente en actividades experimentales abiertas que incluyan tecnología Arduino. También se consideraron para la selección de la muestra, los saberes profesionales en relación a la didáctica específica y a los saberes digitales que posibiliten un análisis crítico y un proceso de adaptación de la secuencia propuesta a sus contextos de desempeño.

El dispositivo de investigación implementado respeta una lógica ensayada por los autores en trabajos anteriores (Furci y otros 2018), en los que se procede al análisis de las prácticas en el marco teórico de la metodología de la clínica didáctica (Rickenmann, 2007).

La presente investigación tiende a caracterizar, en cada uno de los casos de estudio, tres objetos *principales*, que se encuentran fuertemente relacionados entre sí:

La secuencia didáctica propuesta, en relación a su potencialidad didáctica, su grado de apertura y de integración curricular de tecnologías digitales, su caracterización desde la perspectiva STEM y desde las pautas de análisis de la didáctica específica de la Física.

El valor formativo para los docentes, en relación a los aprendizajes y saberes profesionales puestos en juego y desarrollados a lo largo del proceso analizado, sus reflexiones, conceptualizaciones y acciones didácticas consideradas desde el modelo de Conocimiento Didáctico del Contenido (Park y Oliver, 2007).

Los aprendizajes de los estudiantes, vinculados a los contenidos conceptuales de Física, pero también desde la perspectiva del desarrollo de habilidades cognitivas de orden superior (HOCS), vinculados a los ambientes de aprendizaje generados en la propuesta didáctica (Zoller y Scholz, 2004)

#### IV. RESULTADOS PRELIMINARES

A la fecha de entrega del presente trabajo, solo se han realizado la mayoría de las observaciones y toma de datos, pudiendo solo hasta el momento, compartir el análisis de la dimensión Potencialidad didáctica de las propuestas implementadas por los profesores. De todos modos, el desarrollo de un instrumento para caracterizar esta dimensión, que permitiría una representación didáctica de una secuencia de actividades, caracterizada como STEM, nos parece valiosa, dada la variedad de propuestas de actividades escolares, que se inscriben bajo esta modalidad.

Claramente no pretendemos con este trabajo, definir qué propuestas son o no, STEM, aunque si nos interesa pensar de manera crítica, la posibilidad de compatibilizar los aportes de la Didáctica de las Ciencias, con este modelo que avanza rápidamente en los últimos años, por los sistemas educativos de Latinoamérica.

#### Dimensiones de análisis

**Potencialidad didáctica de la secuencia:** Como ya fue descripto en el marco teórico, entendemos que las propuestas didácticas, que los docentes presentamos a los alumnos, pueden poner en marcha (o no) diversas interacciones entre todos los participantes y elementos que componen el sistema clase (alumnos, profesor, materiales didácticos, espacio físico, materiales, etc.). En cada una de estas interacciones, existe información que se aporta, se obtiene, se reconfigura, se utiliza, etc. Proponemos que un análisis de la cantidad y calidad de estas interacciones, nos brinda información sobre la potencialidad de la secuencia.

Así, entonces sería necesario poder identificar estas interacciones, para poder analizarlas. Con el fin entonces de poder estudiar las secuencias didácticas en función de las acciones observadas en el aula, proponemos algunas posibles, adaptadas de Raths (1971).

Entendemos la potencialidad didáctica de la propuesta didáctica, en la medida que permite generar situaciones que posibilitan o habilitan una serie de acciones de los estudiantes, pero que necesariamente debe ser moldeada y adaptada por el profesor. En forma metafórica podemos decir que el profesor, como un artesano con su herramienta, de acuerdo a sus habilidades puede utilizar con destreza herramientas adecuadas, adaptar y mejorar los resultados con respecto a otra persona sin su habilidad. La herramienta por sí misma no puede producir una obra, así como una secuencia didáctica, no produce por sí, aprendizajes, en todos los casos media la acción del artesano - profesor

Las actividades de la secuencia didáctica (bajo la conducción adecuada del docente) permite y fomenta que en sus resoluciones, los alumnos:

**V1 Expliciten su representación sobre la tarea:** Sería deseable, desde aspectos metacognitivos, que la secuencia de aprendizaje que el docente contemple algún momento o espacio, en donde acordar (en el grupo clase) los objetivos y logros esperados al plantear una actividad, esto es, lograr una representación personal y grupal de la tarea consensuada. Esta dimensión también refiere a las formas y acuerdos que respaldan los procesos de evaluación.

**V2 Desempeñen un rol activo:** El tipo de actividades presentes en las secuencias didácticas, pueden poseer diversos grados de apertura, en forma resumida, demandar al alumno, desde el simple seguimiento de un protocolo para su resolución, hasta requerir que éste tome decisiones que condicionan la validez de la respuesta presentada por el estudiante. Estos últimos tipos de actividades (con mayor grado de apertura) suponen un alumno, con un rol activo en la construcción de sus aprendizajes, mientras que en la otra punta del espectro, se encuentran alumnos capaces de reproducir la palabra del profesor, o del seguimiento de pasos establecidos en la resolución de una actividad. En estos últimos casos, la tarea demanda un rol del alumno que podemos denominar pasivo.

**V3 Interaccionen con objetos:** En la enseñanza de las ciencias, las actividades experimentales toman un papel especial, dado que se constituyen en la posibilidad concreta de estudiar ciertos fenómenos, desde la interacción más o menos directa. Ahora las actividades experimentales, nuevamente pueden demandar un bajo grado de participación del alumno (la comprobación de leyes, observar un fenómeno) o estar más cerca del formato de investigación escolar, en donde existen múltiples cuestiones a resolver: la determinación de variables, diseño de experimentos y dispositivos, validación de supuestos modelos, etc. Este tipo de actividades pueden potenciarse a partir de la inclusión de tecnología que posibilite mejorar la obtención de datos experimentales, la construcción de modelos, o el análisis de los mismos.

**V4 Utilicen diversas habilidades de pensamientos:** En la resolución de tareas, los alumnos deben poner en juego diversas habilidades de pensamiento, desde aquellas denominadas LOCS, de bajo orden cognitivo (recordar, identificar, nombrar, etc.) a procesos intelectuales de mayor orden, HOCS (argumentar, decidir, diseñar) o aplicar los conocimientos construidos en nuevas situaciones, contextos o materias.

**V5 Construyan conocimiento colectivamente y lo comuniquen:** La construcción conjunta de conocimiento en ciencias, implica el trabajo grupal, la coordinación de esfuerzos, el debate en el diseño de experiencias, dominando el miedo al fracaso o crítica y valorando la originalidad. En todos los casos, la construcción conjunta supone encontrar una forma efectiva de comunicación, tanto hacia el interior del grupo de trabajo, como hacia la comunidad, por lo tanto, la producción y utilización de textos, tanto escritos como orales, que demanden diseño, debate, lectura, escritura y reescritura para asegurar su pertinencia.

**V6 Trabajen en temáticas significativas con enfoques pertinentes:** Los criterios de selección de conceptos a ser trabajados en las secuencias, pueden ser diversos. Proponemos que aquellas que involucren, no solo conceptos centrales de la Física, sino que expresan relaciones de los mismos con otras áreas del conocimiento, como problemáticas socioambientales, enfoque CTSA, de contexto filosófico o histórico, relaciones con aplicaciones tecnológicas, u otros

elementos cercanos a las realidades de los estudiantes, permitirán más sencillamente a los alumnos, establecer relaciones transformándolos en aprendizajes significativos.

**V7 Desarrollen sus propuestas en tiempos, espacios y con los recursos disponibles:** El conjunto de actividades previstas se desarrolla en el contexto escolar real, en tiempos y espacios disponibles, con los recursos accesibles. También se hace referencia al clima o ambiente del aula que potencia u obstaculiza la construcción de conocimiento.

**TABLA I.** Categorías De análisis de la dimensión “Potencialidad Didáctica”.

Variables	Categorías de Análisis
V1 Representación de la tarea	<p><b>-4 Espacio explícito:</b> Momentos explícitos en donde docente y alumnos expresan representaciones de la tarea en función de la evaluación.</p> <p><b>-3 Espacio parcial explícito:</b> Momento de representación de una faceta particular de la tarea en función de la resolución de alguna actividad.</p> <p><b>-2 Espacio emergente:</b> Espacio que se crea por problemas emergentes ocasionales.</p> <p><b>-1 No existe ese espacio:</b> Los criterios de resolución de la tarea son implícitos y son potestad del profesor</p>
V2 Fomentan rol activo	<p><b>-4 Formular problemas:</b> La actividad planteada, se encuentra en función de problemas de interés, planteados por los alumnos.</p> <p><b>-3 Tomar problemas emergentes:</b> La actividad planteada por el profesor, puede variar en función de problemas emergentes planteado por los alumnos.</p> <p><b>-2 Resolver problemas:</b> La actividad principal consiste en resolver problemas planteados por el profesor con métodos propios</p> <p><b>-1 Resolver:</b> La actividad se centra en seguir protocolos planteados por el profesor siguiendo pasos establecidos</p>
V3 Interacciones con objetos	<p><b>-4 Investigar:</b> Construir un problema y resolverlo, diseñando procedimiento, dispositivos y validando las respuestas encontradas.</p> <p>Ej1: diseñar un dispositivo para medir la contaminación en el aire. Ej2: crear un programa que haga sonar notas según como muevo mi mano)</p> <p><b>-3 Hackear un objeto o dispositivo.</b> A partir de un dispositivo conocido, modificarlo para nuevo uso o utilización en otro contexto</p> <p>Ej1: Utilizar el láser de un lector de CD y usarlo para experiencias de óptica Ej2: Utilizar un multímetro para el diseño y construcción de un dispositivo que estime humedad de suelos</p> <p><b>-2 Experimentar:</b> Diseñar un procedimiento, controlando variables, para comprobar propiedades conocidas de un fenómeno u objeto.</p> <p>Ej1: Diseñar un procedimiento para comprobar la ley de Ohm. E2: Diseñar un procedimiento para evaluar el rango de trabajo de un dispositivo.</p> <p><b>-1 Seguir protocolos:</b> Realizar una cierta actividad experimentar encomendada a partir de un protocolo y materiales u objetos dados.</p> <p>Ej1: Comprobar experimentalmente las temperaturas de cambio de estado del agua, utilizando materiales y procedimientos dados por el docente. Ej2: Construir un cierto dispositivo siguiendo un tutorial.</p>

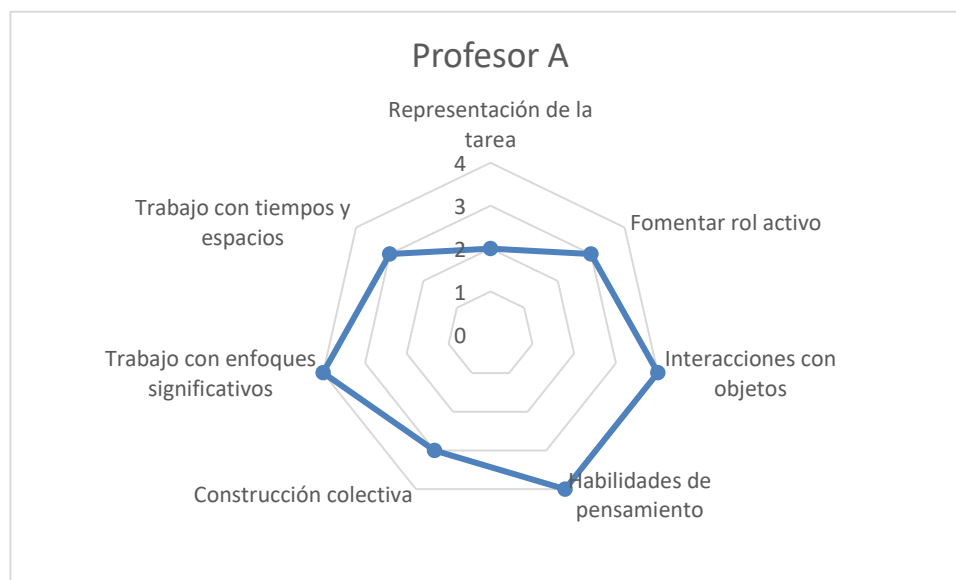


V4 Habilidades de pensamiento	<p><b>-4 Mayormente HOCS:</b> En la resolución de actividades se fomenta mayormente habilidades como: argumentar, decidir, diseñar, relacionar, evaluar, etc.</p> <p><b>-3 Habilidades HOCS y LOCS:</b> En la resolución de actividades se observan habilidades de pensamiento de orden superior e inferior integradas.</p> <p><b>-2 Mayormente LOCS:</b> La resolución de las actividades, demandan mayormente habilidades de pensamiento de orden inferior: observar, describir, identificar, aplicar, etc.</p> <p><b>-1 Habilidades técnicas:</b> Las actividades están centradas en “el hacer” no necesariamente reflexivo: copiar, manipular, medir, utilizar artefactos o dispositivos de acuerdo a pautas establecidas siguiendo un protocolo.</p>
V5 Construcción colectiva	<p><b>-4 Formato de comunicación pública:</b> En la actividad presentada, se requiere en forma explícita, formatos de comunicación oral y escrita con términos técnicos y citas bibliográficas adecuadas, producto de trabajos previos de producción compartida</p> <p><b>-3 Formato de comunicación interna:</b> En la actividad se fomentan formatos de comunicación fluida, en donde se expresan los aprendizajes logrados, aunque también los errores y dudas valorando éstos, como avances en la producción y el aprendizaje</p> <p><b>-2 Sin formato establecido:</b> La actividad contempla informes finales sobre las tareas realizadas, aunque no establece formatos para la misma</p> <p><b>-1 Sin comunicación:</b> La actividad realizada no requiere informes</p>
V6 Trabajo con enfoques significativo	<p><b>-4 STEAM:</b> Las actividades realizadas contemplan <i>relaciones</i> entre contenidos STEAM</p> <p><b>-3 Enfoques CTSA:</b> Las actividades realizadas contemplan claras relaciones entre contenidos CTSA</p> <p><b>-2 Relaciones ocasionales:</b> Las actividades realizadas contemplan relaciones ocasionales entre contenidos de otras disciplinas o problemas cotidianos</p> <p><b>-1 Campo de la Física:</b> Las actividades realizadas solo presentan trabajos con contenidos de la disciplina</p>
V7 Trabajo en tiempos y espacios adecuados	<p>-4 Ambiente escolar, materiales, tiempos y espacios se corresponden con la propuesta didáctica</p> <p>-3 El ambiente es adecuado, pero tiempos y espacios son responsabilidad compartida de alumnos y docente</p> <p>-2 Tiempos y espacios son mayormente aportados por los alumnos</p> <p>- 1 Tiempos y espacios son una dificultad para la producción de los alumnos</p>

A partir de las definiciones de las variables y categorías de la dimensión Potencialidad didáctica, intentamos presentar un instrumento que sirva como base de orientación, para poder valorar desde una mirada didáctica, las secuencias didácticas STEM, presentadas en nuestras clases. No solo desde la enunciación de lo que esperamos como profesores, sino desde las observaciones de “lo que pasa” en el aula cuando estas propuestas se llevan a cabo.

No se constituye en un instrumento para “decir lo que está mal”, sino para que cada docente pueda tener una mirada de lo que pasa en su clase, y si él lo requiere, repensar reformulaciones de sus mismas secuencias, teniendo en cuenta los distintos componentes que se describen en el instrumento.

A continuación, se presentan algunas de las observaciones (utilizando el instrumento diseñado) sobre las secuencias implementadas por los docentes de la muestra del presente trabajo.



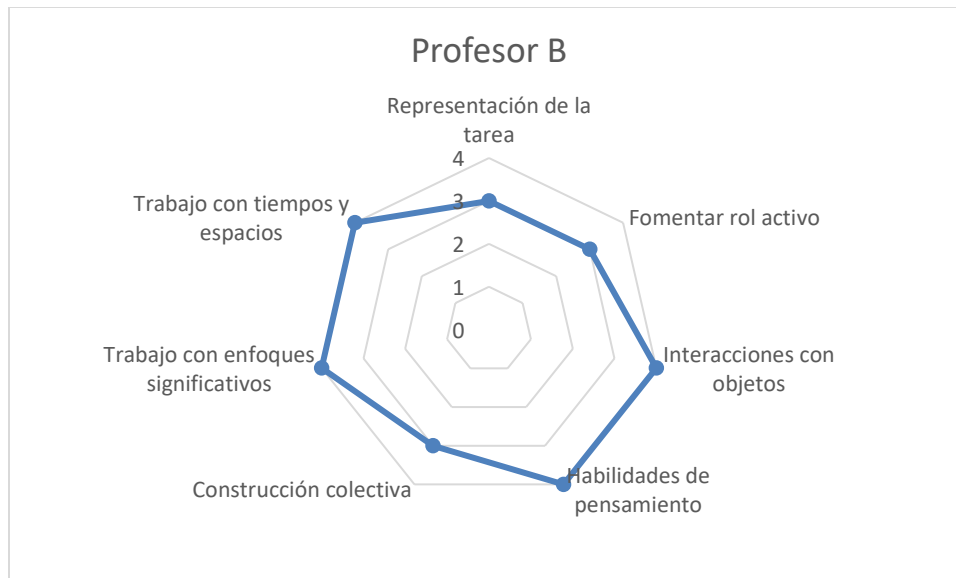
**FIGURA 1.** Se muestra las apreciaciones correspondientes a las distintas categorías que caracterizan la potencialidad didáctica de la secuencia desarrollada por el profesor A.

Los registros de la implementación de la secuencia de este profesor A, representados en la FIGURA 1, nos muestra que en principio hay fuertes impacto de la componente que refiere al trabajo de los alumnos con objetos (en este caso el diseño, construcción y medición de propiedades térmicas de prototipos de casas) en conjunto con la utilización de tecnología en las mediciones. También se observa que las actividades propuestas, requieren en general, habilidades de pensamiento de orden superior. Otro aspecto importante a referir en este caso, es observar que con el importante trabajo realizado por el grupo (tres clases) el componente referido a la representación de la tarea (en relación con su evaluación), es relativamente bajo, en este caso, el docente refiere a que la formalización de lo trabajado, se realizará en una prueba escrita futura, en donde se integrarán las cuestiones trabajadas con otras que aún no fueron evaluadas.

Las observaciones tomadas, sobre la implementación de la secuencia didáctica del profesor B, son representadas en la FIGURA 2.

Para en caso de este docente, la mayoría de las categorías poseen un desarrollo importante, posiblemente dado el alto grado de formación y experiencia que éste posee. Es importante destacar que el docente se especializa en Didáctica de las ciencias experimentales y tiene larga trayectoria en la formación docente continua e inicial.

En cualquiera de los casos, se observa que las actividades relacionadas con la investigación escolar, las habilidades (LOCS), los enfoques didácticos y la utilización de tiempos y espacios, han sido trabajados dejando rastro en las actividades de sus alumnos. También es importante destacar, que de todos los docentes de la muestra, es el que más tiempo destinó a la realización de la secuencia

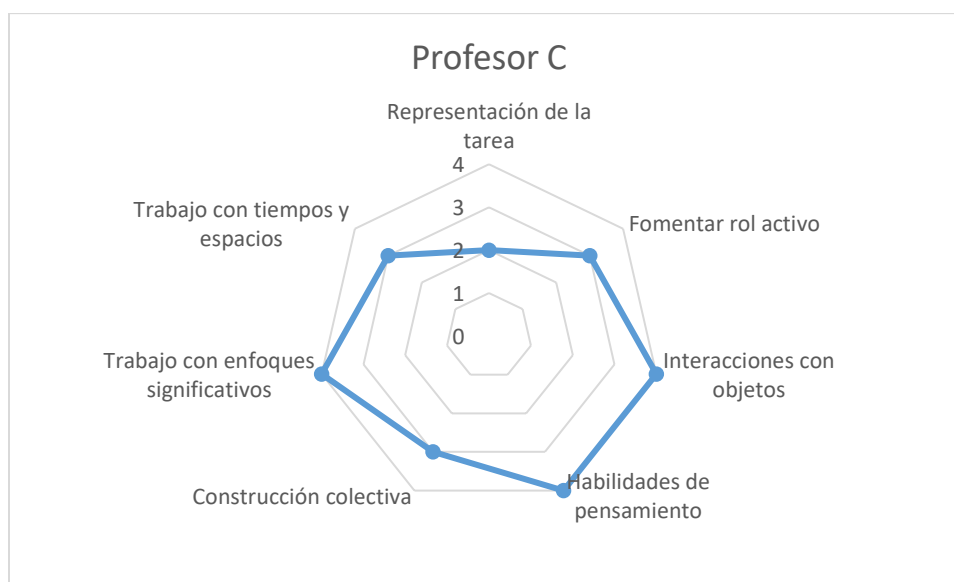


**FIGURA 2.** Se muestra las apreciaciones correspondientes a las distintas categorías que caracterizan la potencialidad didáctica de la secuencia desarrollada por el profesor B.

Por último, la FIGURA 3, representa las observaciones en el último docente de la muestra.

Aunque en general, las observaciones realizadas sobre la implementación de su propuesta didáctica, no muestra grandes variaciones con la de los otros docentes. Se observa algunas cuestiones referidas en general, al tiempo dedicado a llevar adelante las actividades. El docente refiere, que solo pudo dedicarle tiempos parciales al trabajo destinado a la investigación y desarrollo de las actividades, debiendo por calendario escolar, alternar con otros tratamientos de contenidos en forma paralela con el grupo. Este problema bastante común en la docencia, posiblemente se refleje en los menores valores en las actividades destinadas a la evaluación y representación de la tarea.

De todos modos, la potencialidad de lo actuado se observa en otros valores restantes de las categorías.



**FIGURA 3.** Se muestra las apreciaciones correspondientes a las distintas categorías que caracterizan la potencialidad didáctica de la secuencia desarrollada por el profesor C.

Como ya se mencionó, las otras dimensiones del trabajo, aún no han sido analizadas convenientemente, aunque de todas maneras, compartimos algunas percepciones iniciales, que adelantan este análisis

Los docentes de la muestra valoraron la propuesta en forma muy positiva, en términos generales. Se presenta a continuación un breve resumen de los aspectos más relevantes en relación a cada uno de los principales objetos de estudio de esta investigación:

Con relación a la secuencia didáctica propuesta, las reformulaciones que propusieron los docentes, conservaron en gran medida el grado de apertura de la secuencia original, aun cuando se desempeñan en distintas materias, carreras y orientaciones. Los docentes implementaron las secuencias realizando algunas variaciones tanto en el objetivo específico (algunos centrados en contenidos disciplinares, y otros en habilidades cognitivas determinadas) como en el formato de trabajo (modificaciones a la secuenciación temporal, incorporación, eliminación o modificación de actividades previstas inicialmente, especialmente relacionadas con la integración de tecnología digital).

Se destaca la cantidad de cuestiones (no incluidas en principio por los docentes en la consigna de la actividad) que emergieron en la implementación. Esta situación podría ser considerada como muestra del importante grado de apropiación de los alumnos con respecto a la tarea encomendada. Estas cuestiones consideradas como emergentes de la propuesta original, dan la posibilidad al docente de multiplicar y articular las temáticas a trabajar, observándose que las mismas responden a muy distintos tipos de saberes de diversos campos disciplinares (matemáticos, de diseño, sociales, tecnológicos, didácticos, etc.). Consideramos que la cantidad y variedad de estos emergentes, habla de numerosas interacciones posibles, y por consiguiente de la potencialidad didáctica de la propuesta.

Con respecto al valor formativo para los docentes, resultó de gran interés para los participantes la posibilidad de trabajar “en” y “sobre” la práctica, numerosos aspectos didácticos, pedagógicos y disciplinares específicos. Compartir experiencias y reflexiones en las entrevistas de auto confrontación (análisis de las prácticas) les permitió comprobar que muchas de las cuestiones y decisiones didácticas que tuvieron que tomar en la implementación de la secuencia, fueron muchas veces comunes a otros docentes de la muestra, y vinculadas a saberes profesionales que merecen ser explicitados y puestos en valor.

Las estrategias de autorregulación implementadas por los docentes, respondieron a diversas problemáticas de la práctica, entre ellas podemos mencionar: el tiempo destinado al trabajo de diseño, construcción y validación de los prototipos, diversas estrategias que cada uno siguió para la realización de las anteriores actividades en función de la cantidad de alumnos y espacios escolares con los que contaba, la habilitación de espacios virtuales para la comunicación de avances e interacción entre alumnos, la elección y nivel de tratamiento de los emergentes anteriormente mencionados, el manejo de problemas tecnológicos derivados del trabajo con la placa Arduino, nuevos problemas que los docentes construyeron a partir de la experiencia, la valoración del tiempo domiciliario que los alumnos invirtieron en las actividades, los formatos de evaluación de los aprendizajes logrados por los alumnos, el fomento (o no) al trabajo interdisciplinar, entre las más destacadas. Todos estos aspectos pudieron encuadrarse adecuadamente en el marco del modelo de Conocimiento Didáctico del Contenido (CDC).

En relación a los aprendizajes de los estudiantes, se pudieron abordar especialmente contenidos disciplinares vinculados a la generación, transmisión y disipación de energía térmica, mecanismos de conducción, convección y radiación, propiedades térmicas de diversos materiales (calor específico, coeficiente de conductividad, emisividad, etc.), magnitudes térmicas y su medición, como Temperatura, Calor, Flujo térmico, entre otros. Particularmente, en uno de los grupos, las actividades pasaron fuertemente por la producción de modelos matemáticos que describieran los datos obtenidos. También fue necesario abordar conceptos relacionados con el funcionamiento de la placa Arduino y los sensores de temperatura (multitermómetro), implementados a partir de diodos, la programación de la placa, el análisis de los datos obtenidos, etc.

Aspectos vinculados al diseño y construcción de los prototipos, permitieron abordar cuestiones relacionadas con las diversas propiedades de los materiales a utilizar y seleccionar (mecánicas, acústicas, higroscópicas, económicas, de durabilidad, etc.) formas de representación y comunicación de los diseños, argumentación y justificación de las decisiones tomadas, búsqueda de información relevante, etc.

Si bien se analizaron, junto a los docentes de la muestra, las producciones de los estudiantes tanto en la etapa de diseño de los prototipos, como en los informes finales de los trabajos desarrollados por cada grupo, obteniendo evaluaciones favorables sobre los aprendizajes desarrollados, y el alcance de los objetivos propuestos por cada docente, resta profundizar el estudio vinculado a instrumentos y criterios de evaluación adecuados para este tipo de propuestas, en las que se busca desarrollar habilidades cognitivas de orden superior, y en las que los contenidos emergentes no siempre son evaluados significativamente.

## V. CONCLUSIONES

Al momento de la presentación de este trabajo, el grupo de investigación se encuentra en la etapa de cierre del análisis de las observaciones realizadas sobre la muestra. De todos modos, creemos valioso compartir parte de las conclusiones construidas hasta el momento.

La potencialidad didáctica de la propuesta se pone de manifiesto en relación al número y diversidad de cuestiones emergentes, que fueron surgiendo en el proceso, tanto para los estudiantes como para los profesores involucrados. Estas situaciones didácticas habilitaron intervenciones docentes diversas, relacionadas con el conocimiento didáctico del contenido y con otras competencias y habilidades profesionales en cada caso.

El enfoque STEM funcionó como un marco de referencia integrador, válido para el intercambio y reflexión sobre cuestiones pertinentes como por ejemplo: el alcance y profundidad de la integración de diversas disciplinas que van siendo convocadas en el desarrollo de la propuesta, la medida y significado didáctico de la incorporación de cuestiones tecnológicas, el desarrollo de habilidades cognitivas vinculadas al diseño y la innovación, la importancia de los procesos de comunicación dentro del aula, entre otros.

Un aspecto importante, desde nuestra perspectiva, es que, en el marco del proceso de clínica didáctica, *los* comentarios o planteamientos analizados,  *fueron* expresadas por los docentes, no en formato de justificación de lo que pudieron (o no) realizar, sino como reflexiones críticas sobre sus prácticas, identificando aspectos  *que* consideran relevantes para el diseño de futuras propuestas didácticas, y enriqueciendo el proceso de formación.

En síntesis, creemos que un proceso compartido en el que, partiendo de propuestas didácticas previamente diseñadas, que involucran tecnología accesible y con un grado de apertura importante, que permite su análisis y adaptación en función de los problemas y estilos del propio docente que debe implementarla, y que finalmente incluye una reflexión andamiada por una metodología que involucra una mirada conjunta de lo realizado en el aula, constituye un espacio de aprendizaje que al mismo tiempo, genera insumos para el diseño y mejora de propuestas de alta potencialidad didáctica para la enseñanza de la Física, y puede ser recomendada como una estrategia de enseñanza disciplinar y de formación docente.

De esta manera, consideramos que realizamos importantes avances en el cumplimiento de los objetivos de esta investigación, caracterizando y analizando el dispositivo didáctico propuesto, que se muestra como una herramienta útil para la formación docente, inicial y continua en Física.

## AGRADECIMIENTOS

Se agradece a la Universidad Pedagógica Nacional por el apoyo otorgado para la realización de la investigación de la que este trabajo forma parte, mediante el subsidio correspondiente a la resolución CS7/2018.

## VI. REFERENCIAS

Bosch, H. E., Di Blasi, M. A., Pelem, M. E., Bergero, M. S., Carvajal, L. y Geromini, N. S. (2011). Nuevo paradigma pedagógico para enseñanza de ciencias y matemática. *Avances en Ciencias e Ingeniería*, 2(3), 131-140.

Bybee, Rodger W. (2010). Advancing STEM Education: A 2020 Vision. *Technology and Engineering Teacher*, 70(1), 30-35.

Caamaño, A. (2004). Experiencias, experimentos ilustrativos, ejercicios prácticos e investigaciones: una clasificación útil de los trabajos prácticos. *Alambique*, 39(8), 19.

Cilleruelo, L. y Zubiaga, A. (2014). Una aproximación a la Educación STEAM. Prácticas educativas en la encrucijada arte, ciencia y tecnología. Disponible en <http://www.augustozubiaga.com/web/>

Cremades, P. y Castro, F. (2017). Tecnología Libre y la enseñanza de física. En I Workshop de Ciencia Abierta y Ciudadana. 3 de noviembre de 2017. La Plata, Argentina.

Christiansen, R. O., Hanna, F. E. M., Agüero, E. y Pereyra, N. E. (2016). Experimentos de física utilizando Arduino™. *Revista de Enseñanza de la Física*, 28(Extra), 23-28.

Furci, V; Trinidad, O; Peretti, L (2018) Actividades experimentales abiertas mediadas por tecnología Arduino como propuesta de formación docente en Física de Enseñanza de la Física. Vol. 30, No. Extra, Nov. 2018, 83-89 85 [www.revistas.unc.edu.ar/index.php/revistaEF/](http://www.revistas.unc.edu.ar/index.php/revistaEF/)

Hodson, D. (1994). Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio. *Enseñanza de las Ciencias*, 12(3), 299-313.

Hofstein, A. y Lunetta, V. N. (2004). The laboratory in science education: Foundations for the twenty-first century. *Science Education*, 88(1), 28–54. <http://www.nottingham.ac.uk/education/documents/research> Acceso: 10 de octubre de 2015.

Leite, L. y Figueiroa, A. (2004). Las actividades de laboratorio y la explicación científica en los manuales escolares de ciencias. *Alambique Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 39, 20-30.

Park, S. y Oliver, S. (2007). Revisiting the conceptualization of pedagogical content Knowledge: PCK as a conceptual tool to understand teachers as professionals. *Research in Science Education*, 38(3), 261-284.

Levy, M. I. C. y Puig, N. S. (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: revista de investigación y experiencias didácticas*, 19(2), 269-283.

Porlán Ariza, R. y García Pérez, F. F. (2000). El Proyecto IRES (Investigación y Renovación Escolar). *Biblio 3w: revista bibliográfica de geografía y ciencias sociales*, 64, 1-16.

Raths, J. D. (1971): «Teaching without specific objectives», *Educational Leadership*, abril.

Rickenmann, R. (2007). Metodologías clínicas de investigación en didácticas y formación del profesorado: un estudio de los dispositivos de formación en alternancia en: *Revista Científica Sao Pablo*, 9(2), 435 - 463.

Rodríguez Salazar, L. M. (2011). Epistemología de la imaginación. [repositoriodigital.ipn.mx](http://repositoriodigital.ipn.mx)

Santillán Tovar, M.C., Campos Delgado, D.U. (2014). *Prácticas de laboratorio con Arduino™*. México: UASLP.

Shulman, L. (1987). Pedagogical content knowledge in social studies. *Scandinavian Journal of Educational Research*, 31(2), 59-70.

Zoller, U. y Scholz, R. W. (2004). The HOCS paradigm shift from disciplinary knowledge (LOCS) to interdisciplinary evaluative, system thinking (HOCS): What should it take in science-technology- environment-society oriented courses, curricula and assessment? *Water Science and Technology*, 49(8), 27-36.