

Formación docente en contexto STEM: actividades experimentales abiertas mediadas por tecnología *Arduino* en la enseñanza de la física

REVISTA
DE
ENSEÑANZA
DE LA
FÍSICA

Teacher training in STEM context: Open experimental activities mediated by *Arduino* technology in the teaching of Physics

Oscar Trinidad¹, Víctor Furci¹ y Luis Peretti²

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

²Dirección General de Cultura y Educación, Calle 12 e/50 y 51, B1900ATI La Plata, Buenos Aires. Argentina.

E-mail: oscar.trinidad@unipe.edu.ar

Resumen

Este trabajo presenta los primeros resultados de una propuesta de formación docente basada en el análisis, reformulación, implementación y reflexión (entre docentes y grupo de investigación) de secuencias didácticas centradas en actividades experimentales abiertas mediadas por tecnología *Arduino* atendiendo a un enfoque de educación STEM, en un proceso de análisis de las prácticas, en la formación docente continua en Física. Se pretende dar respuesta a ciertos problemas vigentes de la formación docente inicial y continua en Física, especialmente puestos de manifiesto en los procesos de integración curricular de tecnologías digitales en la enseñanza.

Palabras clave: Formación docente continua; Tecnología *Arduino*; Secuencias didácticas de Física; Actividades experimentales abiertas.

Abstract

This paper presents the first results of a proposal for teacher training based on the analysis, reformulation, implementation and reflection (between teachers and research group) of teaching sequences focused on open experimental activities mediated by *Arduino* technology attending to a STEM education approach, in a process of analysis of practices, in continuous teacher training in Physics. In this way, it is expected to respond 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.

Keywords: Continuing teacher training; *Arduino* technology; Didactic sequences of Physics; Open experimental activities.

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 *Science, Technology, Engineering and Mathematics* (STEM).

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 y didácticos) que los docentes deben construir en tiempos escolares que lo 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) 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 en 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 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 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 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 solo 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

A. Objetivos generales y específicos

Teniendo en cuenta los problemas didácticos y el marco conceptual descripto 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.

Con relación a ese objetivo general, planteamos los siguientes objetivos específicos:

- Analizar y caracterizar la potencialidad didáctica de propuestas de enseñanza de Física, que incluyen actividades experimentales abiertas con tecnología *Arduino*, desde un enfoque STEM.
- 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.

B. 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 con 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, con relación a su potencialidad didáctica, su grado de apertura, el grado 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, con 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)

C. Dimensiones y categorías de análisis

Luego de haber transcurrido los distintos momentos en la toma de datos con tres de los docentes de la muestra del trabajo, esto es, las entrevistas iniciales, la implementación de la secuencia y la entrevista de autoconfrontación, se analizaron los registros de las observaciones buscando aquellas que, de alguna manera, emergen como representativas y relevantes, en función de los marcos teóricos propuestos y los objetivos del trabajo. Presentamos una síntesis, a continuación.

Características del docente: se establecieron características iniciales de cada docente de muestra, en cuanto a su trayectoria formativa, nivel educativo de desempeño, intereses didácticos personales, años de experiencia, y otros elementos cualitativos que nos permitieron caracterizar, de algún modo, la *zona de desarrollo próximo* del docente. La propuesta metodológica implementada en esta investigación, intenta ser evaluada como posible dispositivo de formación docente, y en este sentido resulta relevante observar y analizar posibles planteamientos, reflexiones, avances y cambios en la práctica de los profesores de la muestra a lo largo del proceso, diferenciando aquellos que el docente gestiona en forma autónoma, de aquellos que realiza en el marco de la colaboración con el equipo de investigación.

Reformulaciones y supuestos: En este ítem, se analizó la recepción y crítica de la muestra, sobre la secuencia didáctica diseñada por el equipo de investigación. Nos interesaron las adecuaciones que éstos pudieron realizar de la misma, en función del contexto de desempeño, y las anticipaciones que pudieron realizar desde sus saberes profesionales. Estas reflexiones e intervenciones docentes fueron analizadas desde la perspectiva del conocimiento didáctico del contenido (CDC) (Park y Oliver, 2007). En forma particular, se estudió el grado de cercanía o relación de la nueva secuencia reformulada por los docentes, a elementos del modelo STEM, como por ejemplo la importancia otorgada a las actividades de diseño, los tipos de problemas trabajados, el lugar dado a los formatos de comunicación y al trabajo interdisciplinario, entre otros.

Contexto: Entendemos que los alcances de una propuesta didáctica, no dependen solo del tipo y formato de las actividades propuestas, sino también de los espacios y tiempos escolares, la percepción del docente sobre los estudiantes, la dinámica institucional, la tradición en la implementación de prácticas innovadoras, etc. Por todo esto, nos pareció relevante caracterizar algunos de estos parámetros que, entendemos, constituyen un “ambiente” escolar. Siguiendo una analogía biológica, este ambiente condiciona fuertemente las interrelaciones posibles y deseables entre los agentes y objetos presentes en las prácticas educativas.

Potencialidad didáctica: En este trabajo, hemos centrado la mirada sobre los materiales que componen la secuencia didáctica, construida en interacción entre los docentes y el grupo de investigación, mayormente con el objetivo de establecer su potencialidad didáctica. Como ya se planteó anteriormente, concebimos el aula como un sistema en donde fluye información a partir de la interacción de los participantes y materiales presentes en dicho sistema en situación de clase. El tipo de información compartida, sus reproducciones, reestructuraciones, o cambios del mensaje por parte de los alumnos o del docente, nos *habla* de alguna manera de las interacciones (y sus tipos) que se producen y desarrollan en la clase.

Así entonces, en esta categoría se centran las observaciones que describen cuestiones relacionadas a elementos que facilitan o fomentan los distintos tipos de interacciones observadas en la implementación de las secuencias. Entre ellas las más relevantes son:

El *grado de apertura* de las propuestas presentadas a los alumnos, esto es, las posibilidades de decisión que tienen los alumnos en la resolución de la actividad encomendada (diseños que proponen los diferentes grupos, distintas representaciones del problema, distintos procedimientos observados, formatos utilizados para colaboración intergrupal, etc.)

Los *tipos de interacciones* observadas en las clases, que se encuentran relacionadas fuertemente con el tipo de actividad planteada.

Los *tipos de pensamiento o habilidades cognitivas* que se ponen en juego en la realización de la tarea, intentando identificar habilidades cognitivas de orden superior e inferior (HOCS - LOCS) involucrados en las tareas encomendadas a los alumnos.

Por último, el *nivel de involucramiento* de los alumnos con la tarea, a partir del análisis de *cuestiones emergentes*. Se trata de analizar los *problemas* que expresan los alumnos en la realización de la actividad encomendada y sus propuestas para la resolución de los mismos.

Autorregulación docente: Como docentes sabemos claramente que, a pesar de una planificación exhaustiva de la actividad que deseamos implementar en el aula, será natural la aparición de situaciones que no previstas. En esos momentos, por lo general, se pondrán en juego saberes profesionales docentes que permiten llevar adelante estrategias de autorregulación de la práctica. Hacer visibles estas estrategias o saberes, a partir de la reflexión y el intercambio entre colegas, y en referencia a marcos teóricos pertinentes (Rickenmann, 2007) es de vital importancia en el análisis y mejora de las prácticas de enseñanza.

Nuevos problemas: Haciendo una analogía con lo que anteriormente dimos en llamar como *cuestiones emergentes*, construidas por los alumnos con respecto a la propuesta del docente, los cuales postulamos como indicadores de un cierto nivel de involucramiento y participación, estudiamos, luego de las implementaciones de las secuencias didácticas, por parte de los profesores de la muestra, las reflexiones de los profesores sobre lo trabajado y las experiencias vivenciadas. Relevamos en forma particular, en las entrevistas con docentes participantes, iniciativas o problemas propios, como resultados de los aprendizajes construidos. Estos nuevos *problemas docentes emergentes*, los entendemos como indicadores valiosos de la potencialidad didáctica de la propuesta de formación que estudiamos en este trabajo.

IV. ALGUNOS RESULTADOS PRELIMINARES

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 con 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).

Con 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. 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 con 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 adecuadamente cumplidos 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

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.

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. *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 ArduinoTM. *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. *Revista de Enseñanza de la Física*, 30(Extra), 83-89.

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.

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*, 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.

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

Rodríguez Salazar, L. M. (2011). Epistemología de la imaginación. repositoriodigital.ipn.mx

Santillán Tovar, M.C. y Campos Delgado, D.U. (2014). *Prácticas de laboratorio con ArduinoTM*. 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.