

POTENCIALIDAD DIDÁCTICA DE LAS ACTIVIDADES EXPERIMENTALES ABIERTAS PARA LA ENSEÑANZA DE DISCIPLINAS STEM

Victor Manuel Furci, Oscar Trinidad y Fernando Bordignon
Universidad Pedagógica nacional - UNIPE

Palabras clave: Enfoque STEM – Interdisciplina - Didáctica de las ciencias naturales

Problema de investigación

Algunas de las dificultades para la enseñanza de elementos básicos de programación que son habitualmente informadas en trabajos de investigación en el área (Szpiniak, 2006; Sadosky F., 2013) consisten en su presentación desarticulada, compartimentalizada y descontextualizada a los estudiantes, cierta tendencia excesiva hacia la conceptualización y generalización algorítmica por sobre la práctica concreta de resolución de problemas y la falta de articulación con otras disciplinas abordadas en los distintos diseños curriculares.

En este sentido consideramos que el trabajo que nuestro grupo de investigación viene desarrollando durante los últimos 6 años, relacionados a la formación inicial y continua de docentes de ciencias experimentales, puede realizar aportes de interés. Durante el bienio 2016-2017, nuestra investigación se centró en el proceso de integración curricular de tecnologías digitales (particularmente las placas ARDUINO y su entorno de desarrollo) en las actividades experimentales de las aulas de formación docente inicial de los profesorado de Ciencias Naturales. Aunque en forma estricta, esta temática no es considerada parte de la didáctica de la programación, constituye un escenario potencialmente didáctico para su análisis y desarrollo. Por otra parte reviste actualidad e interés, en el marco de las transformaciones educativas relacionadas a la enseñanza de la programación en todos los niveles educativos, expresadas en las resoluciones del consejo federal de Educación vinculadas a los Núcleos de Aprendizaje Prioritarios (CFE, 2018) y al Marco de Organización de los Aprendizajes (CFE, 2017).

Por otra parte, la temática se inscribe en el desarrollo de tendencias internacionales vinculadas a la enseñanza de las ciencias experimentales en general y de la Física en particular, que se vienen implementando numerosos países, y que en muchos de los casos, toman como cuestión nodal, la integración curricular de las diversas disciplinas científicas junto con la tecnología, la ingeniería y la matemática en el modelo didáctico iniciado en Estados Unidos en la década del 90', y luego extendido a otros países, bajo la denominación general de STEM (*Science, Technology, Engineering and Mathematics*).

Si bien algunos autores enfatizan sobre la potencialidad didáctica del modelo STEM (Araya, 2016; García, 2017), otros alertan sobre el poco desarrollo y logros de estas propuestas (Bybee, 2010; Brown, 2012), y sobre cierta tendencia, algo ingenua, relacionada con el “solucionismo tecnológico” atribuido al pensamiento computacional (Adell, 2019).

Particularmente en la investigación desarrollada por nuestro equipo (Gutiérrez et al, 2017) observamos que los problemas para la integración curricular de la tecnología en la enseñanza de las ciencias experimentales son de diversa índole: especificidad y costo de los equipamientos necesarios, escasa tradición didáctica en la implementación de proyectos de investigación escolar, problemas técnicos relacionados con el diseños y programación de dispositivos, falta de conocimientos didácticos específicos para la enseñanza de las disciplinas involucradas, etc. Resumiendo, podemos decir que la implementación concreta de proyectos STEM en aulas de Física, se encuentra dificultada por la debilidad de los conocimientos tecnológicos, curriculares y didácticos del contenido a enseñar (Park, 2007) que los docentes deben construir, generalmente en forma solitaria, en tiempos escolares que lo condicionan.

Otra cuestión no menor, son las escasas publicaciones de materiales y propuestas de aula, que incluyan un análisis didáctico y que, desde esa perspectiva, 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 integradoras que den respuesta a los problemas señalados, 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 disciplinas involucradas, analizando en qué medida promueven el aprendizaje de los contenidos seleccionados y 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.

Así entonces algunas de las preguntas que intentamos responder en el presente trabajo, y caracterizan el problema de investigación son las siguientes:

1. ¿Qué características deben tener los materiales didácticos que andamien efectivamente la implementación concreta de proyectos STEM en aulas de las disciplinas involucradas y promuevan habilidades cognitivas de orden superior?
2. ¿Cuáles son las valoraciones y adaptaciones que los docentes participantes pueden hacer sobre propuestas de aula diseñadas por el equipo de investigación en función de las características de los grupos y establecimientos en donde trabajan?

3. ¿Cuáles son los conocimientos que los docentes estudiados construyen en la interacción grupo investigador - muestra a lo largo del recorrido de formación propuesto?
4. ¿Qué grado de aplicación o validez tiene el modelo STEM en nuestro contexto de formación docente?
5. ¿Cuál es la potencialidad didáctica de las secuencias propuestas a la muestra? , esto es, ¿en qué sentido promueven la interacción de distinto tipo de conocimientos, actores, y disciplinas? (Furci y otros, 2018). ¿En qué medida promueven el desarrollo de habilidades cognitivas de orden superior? ¿Cuál sería el papel de la programación en proyectos de enseñanza con formato STEM?¿cual es el aporte que realiza esta experiencia a la formación en ciencias de la computación?
6. ¿Hasta qué punto las características de la secuencia propuesta por el equipo de investigación (objetivos, contenidos, actividades, etc.) permiten la discusión y el aporte de los docentes, desde sus disciplinas específicas?

Objetivos de la investigación

En baso a lo desarrollador en el apartado anterior, definimos el siguiente objetivo general:

Diseñar y poner a prueba un dispositivo de formación docente en Ciencias Experimentales (focalizando en Física en particular), 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 nivel secundario y formación docente

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

1. Analizar y caracterizar la potencialidad didáctica de propuestas de enseñanza de Ciencias Experimentales y programación, que incluyen actividades experimentales abiertas con tecnología ARDUINO, desde un enfoque STEM
3. Caracterizar y analizar el dispositivo de formación propuesto en el presente trabajo
4. Rescatar, caracterizar y sistematizar los saberes profesionales puestos en juego por los docentes en las distintas instancias del proceso de formación propuestos

Metodología

Se adopta un diseño cualitativo de estudio longitudinal de seis casos, constituidos por tres profesores de Física que se desempeñan en Institutos de Formación Docente y tres profesores de Física que se desempeñan en Escuelas de Nivel Secundario, de la Provincia de Buenos Aires.

Se propone 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 incluye actividades

experimentales abiertas, que integren tecnología Arduino (diseño y programación de dispositivos) desde una perspectiva STEM, y continúa luego 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. La secuencia propone el diseño y puesta a prueba de modelos físicos de refugios térmicos elaborados con materiales de descarte, y el análisis de sus propiedades térmicas, por medio del uso de termómetros digitales controlados por una placa Arduino.

El dispositivo de investigación implementado respeta una lógica ensayada por los autores en trabajos anteriores (Gutierrez, 2018), en los que se procede al análisis de las prácticas docentes en general y a las prácticas de enseñanza en particular, adoptando para ello el marco teórico de análisis de la acción didáctica y la metodología de la clínica didáctica (Rickenmann, 2007).

Las dimensiones de análisis de la información recolectada en el trabajo de campo, tomadas de los distintos marcos teóricos seleccionados, tienden a caracterizar tres objetos de estudio principales en cada caso, fuertemente relacionados entre si:

La secuencia didáctica propuesta, en 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 y de la programación. En relación a la didáctica de la programación, se pretende centrar el análisis sobre el enfoque o paradigma didáctico seleccionado (modelos procedimentales, orientado a objetos, o funcionales) los contenidos abordados (elementos de programación básica como por ejemplo: tipos de datos, definición de variables, secuencias lineales, condicionales, ciclos, funciones y almacenamiento de datos) y el alcance en este tipo de propuestas (considerada inicialmente como una alfabetización básica en programación, vinculada al seteo y adaptación de programas desarrollados por otros autores). (Sadosky F, 2013)

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, 2007). En particular, a las concepciones docentes sobre las Ciencias de la Computación y su didáctica, el modo en que los docentes gestionan las articulaciones de disciplinas concurrentes, revalorizando el rol del profesor de programación en el trabajo colaborativo para el desarrollo de este tipo de proyectos.

Los aprendizajes de los estudiantes, vinculados a los contenidos conceptuales de Física y poniendo en valor los aportes de las ciencias de la computación, a la resolución de este tipo de problemas. También se aborda el análisis desde la perspectiva del desarrollo de habilidades cognitivas de orden superior (HOCS) vinculados a los ambientes de aprendizaje generados en la propuesta didáctica (Zoller, 2013)

Avances de la investigación

Presentamos una síntesis de algunos resultados preliminares, tomando como base las observaciones realizadas en el trabajo de campo hasta el momento:

En relación a la **secuencia didáctica propuesta**, se realizaron adaptaciones para la selección, jerarquización y secuenciación de contenidos específicos de las distintas asignaturas involucradas, como por ejemplo el trabajo con el concepto de “máquinas de estado”, para la enseñanza de estructuras básicas de programación. También se ampliaron las relaciones de tipo CTSA en el proceso de diseño involucrado, fuertemente vinculado a las trayectorias formativas de los participantes. En general la propuesta fue valorada positivamente en relación a su potencialidad didáctica, al permitir poner en diálogo saberes de distinta naturaleza, ofreciendo a los estudiantes ambientes más ricos para el trabajo en el aula y oportunidades fecundas para la construcción dialógica de sentido. También se rescató la importancia y la influencia del marco institucional necesario para el desarrollo de este tipo de propuestas.

En relación al **valor formativo para los docentes**, en varios casos se hizo evidente la necesidad de un trabajo articulado entre docentes de distintas disciplinas para el abordaje de problemas abiertos, el reconocimiento del alcance limitado de los saberes específicos que, en este tipo de propuestas, no funciona como obturador sino como un estímulo para el trabajo colaborativo entre colegas, y la necesidad de reflexionar y profundizar en aspectos clave como la multi – inter y transdisciplina. Por otra parte resulta de valor metodológico el modelo de Conocimiento Didáctico del Contenido (Park, 2007) para la consideración de saberes puestos en juego por los docentes en relación a las distintas disciplinas, el diseño curricular, las didácticas específicas, las formas de evaluación, entre otras.

En relación a los **aprendizajes de los estudiantes**, se valoran las vinculaciones de los contenidos disciplinares con problemáticas significativas, aunque resta profundizar el desarrollo de instrumentos de evaluación más adecuados al tipo de propuesta, que pudieran superar las formas y limitaciones de los dispositivos tradicionales de evaluación. Fueron valorados especialmente los espacios de diálogo en forma de coloquio, de lo que surgió, en algunos casos, la necesidad de abordar y profundizar el estudio de las formas y dinámicas de comunicación en el aula, el análisis de los discursos desde perspectivas formales, semánticas y retóricas, para propiciar y promover mejores aprendizajes.

Otro aspecto relacionado al aprendizaje de los estudiantes se vincula a la conceptualización sobre el desarrollo científico, desde una perspectiva falsacionista, en la que la forma de

estructurar la solución a un problema concreto, puede servir de base para su adaptación a otro problema de naturaleza similar. En este sentido, la contextualización de la enseñanza en relación a problemas complejos, permite el trabajo sobre la polisemia de significados, que suele aparecer habitualmente como problema en la enseñanza de las ciencias, permitiendo avanzar hacia el desarrollo de habilidades cognitivas de orden superior.

Referencias:

- Adell, J. S., Llopis, M. A. N., Esteve, M. F. M., y Valdeolivas, N. M. G. (2019). El debate sobre el pensamiento computacional en educación. RIED. Revista Iberoamericana de Educación a Distancia, 22(1), pp. 171-186. doi: <http://dx.doi.org/10.5944/ried.22.1.22303>
- Araya, R. (2016). STEM y modelamiento matemático. Rev.Elec. Diál.Educativos ISSN: 0718-1310
- Brown, J. (2012). The current status of STEM education research. *Journal of STEM Education: Innovations and Research*, 13(5), 7.
- Bybee, Rodger W. (2010). Advancing STEM Education: A 2020 Vision. *Technology and Engineering Teacher*, 70 (1), 30-35
- CFE Consejo Federal de Educación,(2018). Resolución CFE 343/18: “Núcleos de Aprendizaje Prioritarios para educación Digital, Programación y Robótica”.
- CFE Consejo Federal de Educación, (2017). Marco de Organización de los Aprendizajes para la Educación Obligatoria Argentina (MOA)-Resolución CFE 330/2017.
- García, Y., González, D. S. R., & Oviedo, F. B. (2017). Actividades STEM en la formación inicial de profesores. *Diálogos educativos*, (33), 35-46.
- Furci, v., Trinidad O , y otros. (2018). Actividades experimentales abiertas mediadas por tecnología Arduino™ como propuesta de formación docente en Física. *Revista de Enseñanza de la Física*. Vol. 30, No. Extra, Nov. 2018, 83-8
- Gutiérrez,A.; Furci, V. ; Trinidad, O.; Pedrol,H. (2018). STEM en la formación docente inicial: el laboratorio de ciencias como espacio de innovación. Vol 4, pag 25. Libro : Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias en Debate. CIEDUC, 2018. Montevideo. Uruguay.
- Park, S. y Oliver, S. (2007). Revisiting the conceptualisation of pedagogical content Knowledge: PCK as a conceptual tool to understand teachers as professionals. *Res. in Sci. Educ*, 38 (3), 261-284.
- 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*, vol 9, nº 2 jul/dic 2007, pp. 435-463.
- Sadosky, F. (2013). CC–2016 Una propuesta para refundar la enseñanza de la computación en las escuelas Argentinas. *Recuperado de: <https://sites.google.com/a/fundacionsadosky.org.ar/portal-computar/-quienes-somos/ReporteEducacionPrimariaSecundaria.pdf>*.
- Szpiniak, A. F., & Rojo, G. A. (2006). Enseñanza de la programación. *Revista Iberoamericana de Tecnología en Educación y Educación en Tecnología*, (1), 8-p.

- Zoller, U., Blonder, R., Finlayson, o. E., Bogner, F., & Anne, I. (2013). Research-based coherent science teaching-assessment-learning to think for global sustainability. Strand 2 learning science: cognitive, affective, and social aspects, 170.