

e-Book

Actas

Actas II Jornadas Argentinas de Didáctica de la Programación

Editores:

Araceli Acosta
Belén Bonello
Cecilia Martínez
Sonia Permigiani
Nicolás Wolovick



UNC

FAMAF

ffyh
Facultad de Filosofía
y Humanidades - UNC



ACTAS

II JORNADAS ARGENTINAS DE DIDÁCTICA DE LA PROGRAMACIÓN



Universidad
Nacional
de Córdoba



Facultad
de Matemática,
Astronomía, Física
y Computación



Actas II Jornadas Argentinas de Didáctica de la Programación / Alejandro Iglesias... [et al.] ; editado por Araceli Acosta... [et al.].- 1a ed.- Córdoba : Universidad Nacional de Córdoba. Facultad de Filosofía y Humanidades, 2020.
Libro digital, PDF

Archivo Digital: descarga y online
ISBN 978-950-33-1600-9

1. Didáctica. 2. Lenguaje de Programación. 3. Formación Docente. I. Iglesias, Alejandro. II. Acosta, Araceli, ed.
CDD 004.071

COMITÉ ACADÉMICO

Araceli Acosta
Marcelo Arroyo
Francisco Bavera
Luciana Benotti
María Belén Bonello
Virginia Brassesco
Claudia Casariego
Marcela Daniele
Gladys Dapozo
Gustavo Del Dago
Maria Emilia Echeveste
Marcos Gomez
Carolina Gonzalez
Guillermo Grosso
Renata Guatelli
Marta Lasso
Maria Carmen Leonardi
Diego Letzen

Matías López Rosenfeld
Cecilia Martinez
Pablo E. Martínez López
Analía Mendez
Natalia Monjelat
Sonia Permigiani
María Valeria Poliche
Claudia Queiruga
Jorge Rodríguez
Alvaro Ruiz-de-Mendarozqueta
Claudia Cecilia Russo
Alfredo Héctor Sanzo
Fernando Schapachnik
Herman Schinca
Pablo Turjanski
Nicolás Wolovick
Dante Zanarini
Rafael Zurita

EDITORES

Araceli Acosta
Belén Bonello
Cecilia Martínez
Sonia Permigiani
Nicolás Wolovick

ILUSTRACIÓN DE TAPA

Manuel Coll – Área de Comunicación Institucional – FFyH – UNC



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

Potencialidad didáctica de las actividades experimentales abiertas para la enseñanza de disciplinas STEM

Víctor Furci, Oscar Trinidad, Fernando Bordignon, Luis Peretti¹

Resumen: En este trabajo se presenta, desde una perspectiva cualitativa de estudios de caso, una indagación sobre la potencialidad didáctica y formativa de secuencias didácticas para la enseñanza de disciplinas STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics), centradas en el diseño e implementación de actividades experimentales abiertas para enseñanza de las ciencias, que integren tecnologías digitales Arduino y su programación. Las secuencias, diseñadas por el grupo de investigación, se ofrecen a un conjunto de docentes en ejercicio, tanto en el nivel secundario, como en instituciones de formación docente. Se propone a estos docentes el análisis previo, adaptación, implementación y evaluación de las secuencias elaboradas, con la finalidad de producir elementos de análisis didáctico sobre las articulaciones de las disciplinas involucradas (Física, Biología, Electrónica, Programación, Matemática, entre otras). Las secuencias ofrecidas se elaboran teniendo en cuenta los resultados de estudios previos desarrollados por el grupo de investigación (Furci, Trinidad y Peretti, 2018), y se caracterizan por proponer el abordaje sistémico de situaciones problemáticas significativas desde una perspectiva CTSA (Pérez, 2013), promover el diseño e implementación de actividades experimentales, la integración de dispositivos basados en la tecnología Arduino y su programación, y presentar un amplio grado de apertura desde la perspectiva STEAM (Bybee, 2010). El trabajo surge, además, como continuidad del proyecto de innovación "Más Allá de las Pantallas", centrado en propuestas de diseño e implementación de objetos interactivos digitales como medio para el desarrollo de la fluidez digital (Bordignon e Iglesias, 2015). Se presentan resultados, obtenidos utilizando metodología de clínica didáctica (Rickenmann, 2007) y técnicas de análisis del discurso (De Longhi, 2012), relacionados a tres dimensiones principales: la potencialidad didáctica de las secuencias didácticas analizadas, los saberes profesionales puestos en juego por los docentes, y algunas reflexiones sobre el tipo de aprendizaje desarrollado por los estudiantes. También se incluyen algunos aportes destinados al desarrollo de propuestas de formación docente inicial y continua que articulen saberes propios de las distintas disciplinas del área.

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

¹ Universidad Pedagógica Nacional.

Problema de investigación y marco teórico

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; Fundación Sadosky, 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, relacionado 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 el desarrollo de la computación física con placas Arduino y su entorno de desarrollo) en las actividades experimentales de las aulas de formación docente inicial de los profesorados 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 lado, 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 en 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).

En el contexto de estos debates resulta de gran importancia la reflexión sobre la potencialidad didáctica del modelo STEM en este momento histórico, en el que numerosos programas de equipamiento tecnológico a nivel internacional suelen intentar ingresar al sistema educativo de forma indirecta, sin considerar la opinión de docentes, especialistas en didáctica o miembros de la comunidad educativa. Como ejemplo de estos procesos podemos analizar el creciente impacto de los programas STEM en América Latina (Peretti y otros, 2019). Si bien algunos de estos programas presentan ciertos puntos de interés, en

relación a la promoción de la innovación, la creatividad, la importancia del diseño, la apertura a diversas tecnologías (no limitadas a un determinado kit de robótica, como modelos predefinidos para armar), presentan numerosas limitaciones en relación a su fundamentación epistemológica, pedagógica y didáctica. En este sentido resultan de gran interés los aportes de una línea recientemente presentada como “*Nature of Science, Technology Engineering, Art and Mathematics*” NOSTEAM (Ortiz-Revilla, Adúriz-Bravo y Greca, 2020), que propone incluir en el desarrollo de proyectos STEM, aportes y reflexiones epistemológicas en relación a la naturaleza de la ciencia. En cuanto a la noción de arte, se apunta al sentido amplio de las “artes liberales” de la antigüedad clásica, para revitalizar una formación humanista e integral de los profesores de ciencias.

Se trata de abordar no solamente los aspectos formales y técnicos de estas disciplinas científicas, sino también su “naturaleza”, en el sentido de los contextos y procesos de producción y validación de los saberes producidos en cada una de ellas.

Otro aspecto central relacionado con la viabilidad de implementación de este tipo de propuestas consiste en la selección y diseño de problemas adecuados, coherentes con esta línea didáctica. Se trata de diseñar y plantear buenos problemas que resulten adecuados para los estudiantes, en términos de interés y motivación, relevancia social, alto grado de contextualización, nivel de complejidad adecuado, riqueza conceptual disciplinar, potencialidad para promover reflexión sobre la naturaleza de la ciencia y sus contextos de producción, grado de apertura, originalidad, posibilidad concreta de ser resueltos por los estudiantes en forma genuina y honesta, con los tiempos y recursos disponibles, entre otras características.

Particularmente en investigaciones previas desarrolladas por nuestro grupo (Gutiérrez y otros, 2017; Furci y otros, 2018, Trinidad y otros, 2019), observamos que las dificultades manifestadas por los docentes en relación a 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 diseño 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.

Por otra parte existen aspectos simbólicos subyacentes sobre lo tecnológico en docentes y estudiantes que de alguna manera condicionan las acciones concretas de implementación didáctica de tecnologías. En particular, las representaciones sociales (Moscovici, 1969 -citado en Piña Osorio y Cajiga 2004; Di Giacomo, 1987) de los actores involucrados en los procesos de enseñanza y de aprendizaje constituyen un sistema simbólico con fuerte incidencia en la implementación de estrategias de integración tecnológica.

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.

Una forma de acortar esta brecha, es establecer nexos o puentes entre aspectos centrales de las didácticas específicas más consolidadas (como la didáctica de las ciencias naturales y las matemáticas) con las propuestas didácticas propias de las ciencias de la computación, que se encuentran en una etapa inicial de su desarrollo. Nuestra propuesta selecciona y prioriza algunas líneas de investigación con tradición en la didáctica de las ciencias naturales, como son la enseñanza por medio de la modelización (elaboración de modelos), contextualización (enseñanza basada en contextos) y reflexiones sobre la naturaleza de las ciencias, vinculada a la integración de tecnología en la enseñanza de las ciencias.

En relación a la didáctica de la programación, se pretende centrar el análisis sobre el enfoque o paradigma de programación seleccionado por los docentes (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 a la configuración y adaptación de programas desarrollados por otros autores) (Fundación Sadosky, 2013).

La enseñanza basada en la modelización (Galagovsky y Adúriz-Bravo, 2001), propone adoptar un concepto de modelo científico que podemos denominar semántico (Adúriz-Bravo, 2010), en el que las diversas formas de representación (imagen analógica, análogo concreto, ecuaciones, texto, simulaciones digitales, etc.) sean igualmente válidas para la construcción de conocimiento científico escolar, en la medida que permitan describir, explicar, predecir e intervenir sobre el mundo natural (en sistemas o procesos).

Aunque “contexto” es un término polisémico (Zapata, 2016), a grandes rasgos podríamos resumir su importancia en el campo de la enseñanza de las ciencias considerando la Enseñanza Basada en Contexto (EBC) como una metodología consistente en construir y desarrollar conocimientos científicos a partir de situaciones “similares” a las del mundo real.

Estas situaciones se usan como estructura central para ir introduciendo los conceptos científicos a medida que son necesarios y desarrollar así una mejor comprensión de los problemas planteados (King y Richtie, 2012). Inicialmente, la EBC toma un contexto como punto de partida para introducir un tema y activar la curiosidad de los estudiantes, logrando mejorar el interés, la motivación y la actitud hacia la ciencia, promoviendo una mayor participación de los estudiantes al incrementar su satisfacción personal y aumentar la motivación. Pero además el trabajo en contexto, debiera concebirse como una práctica que otorga sentido al contenido, porque lo vuelca a la resolución de problemas específicos relacionados con la ciencia y la tecnología, y lo pone en situación de “modelo”, aplicando un procedimiento para la resolución del problema, que comporta aprender el conocimiento científico tecnológico, habilidades y actitudes necesarias para resolverlo (Kortland, 2007). Podríamos decir que el objetivo central de este enfoque es potenciar un aprendizaje más significativo de las ideas científicas, a partir de facilitar las conexiones teoría-realidad, y atenuar la separación entre ambas, propia de la enseñanza tradicional (Moraga Toledo y otros, 2019).

Desde una perspectiva pedagógica y didáctica adscribimos a un contexto de inclusión tecnológica que denominamos “Modelo de Integración Tecnológica” (MIT). Este modo de entender la inclusión tecnológica en educación a través de los diversos programas o iniciativas de alfabetización tecnológica y digital, supone una perspectiva emancipadora de la ciudadanía. En sus propósitos, se promueven una perspectiva de empoderamiento de las tecnologías para fortalecer la utilización crítica de estas, construir un enfoque ético acerca de su utilización, promover el diseño y la creatividad en el desarrollo de soluciones tecnológicas con compromiso social y ambiental. Apuntan al desarrollo, utilización y diseño de software de código abierto, comunidades colaborativas y aplicaciones que promuevan el abordaje de problemas sociocientíficos y la participación ciudadana.

Las dimensiones imbricadas en esta concepción -más allá de su perspectiva política que como finalidad persigue la distribución social del conocimiento para fortalecer el tejido comunitario, la organización democrática y la participación individual y colectiva soberana en la toma de decisiones-, también se apoyan en una manera de entender la ciencia, el quehacer científico y las claves para su enseñanza.

Desde una perspectiva didáctica, creemos que una propuesta MIT, debe desarrollarse en torno al trabajo con problemas abiertos y complejos, del ámbito sociocientífico, que requieren el diseño de dispositivos experimentales (Furci y otros, 2019; Trinidad y otros, 2019) y el diseño y construcción de objetos interactivos digitales (Bordignon e Iglesias, 2015). En este tipo de propuestas se promueve la construcción de conocimientos contextualizados, articulados en modelos explicativos significativos para los estudiantes y validados con criterios que se ajustan a una perspectiva epistemológica actualizada (Adúriz-Bravo, 2018), que permitan describir, explicar, predecir e intervenir sobre los fenómenos naturales en estudio.

Finalmente, y con respecto a las propuestas didácticas, nos interesa estudiar el concepto de potencialidad didáctica, el cual 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. Por último, 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.

Desde esta posición pedagógica y didáctica, 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? ¿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? ¿Cuál 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 base a lo desarrollado en el apartado anterior, definimos el siguiente objetivo general:

1. 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 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.
2. Caracterizar y analizar el dispositivo de formación propuesto en el presente trabajo.
3. 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 tres casos, constituidos por tres profesores de Física que se desempeñan en Institutos de Formación Docente que se desempeñan en la Provincia de Buenos Aires.

Se propone a estos docentes participar de un proceso que se inicia con la presentación y el análisis crítico 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. El proceso continúa con la adaptación, por parte de los docentes de la muestra de dicha secuencia a su contexto de desempeño, su implementación, finalizando con el análisis de su práctica y evaluación de los aprendizajes.

La secuencia compartida con los docentes inicia con un problema contextualizado en situaciones de la vida cotidiana, en particular, los problemas para transitar el invierno que sufren los habitantes de asentamientos de bajos recursos que construyen sus viviendas con materiales recolectados en la vía pública. El problema en que se basa la secuencia consiste en proponer a los estudiantes el diseño y puesta a prueba de pequeños prototipos de viviendas realizadas con materiales de descarte, con el fin de optimizar su rendimiento térmico. La evaluación experimental del rendimiento térmico de los prototipos se realiza a partir de la obtención de un gráfico de temperaturas en función de tiempo, al incorporar una

fuelle de calor en los prototipos. Se propone la utilización de tecnología Arduino para medición, registro y análisis de las temperaturas, en distintos puntos de los prototipos, en función del tiempo.

Las dimensiones de análisis utilizadas a lo largo del proceso (presentación - crítica de la secuencia - reformulación - implementación - análisis) tienden a caracterizar tres objetos principales, fuertemente relacionados entre si:

1. La secuencia didáctica propuesta por los docentes (luego de reformular la presentada por el grupo de investigación) en relación a su potencialidad didáctica, esto es, 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 de programación seleccionado por los docentes (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 a la configuración y adaptación de programas desarrollados por otros autores) (Fundación Sadosky, 2013).
2. 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.
3. 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).

Para el análisis de las secuencias didácticas reformuladas por los docentes definimos la dimensión, potencialidad didáctica de la secuencia, ya trabajada en el marco teórico. Entendemos que las propuestas didácticas que los docentes presentan a los estudiantes, 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, esto es, si el material posibilita que estas interacciones ocurran. Así entonces, sería necesario poder anticipar posibles interacciones para analizar si las secuencias propuestas las fomentan. Con este fin, se construye un instrumento (ver Anexo 1) adaptado de Raths (1971) con las siguientes variables:

V1: Expliciten su representación sobre la tarea: Sería deseable, desde aspectos metacognitivos, que en la secuencia de aprendizaje 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 variable 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, 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 contruidos 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. En particular en relación a las ciencias de la computación nos interesa analizar el enfoque didáctico seleccionado, los contenidos abordados, y el alcance de la propuesta.

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.

Las variables y categorías de la dimensión Potencialidad didáctica, constituyen el instrumento o base de orientación, para poder valorar desde una mirada didáctica, las secuencias didácticas. 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. Detalles de la aplicación de este instrumento pueden consultarse en el trabajo presentado en el congreso Lasserá 2019 (Trinidad y otros, 2019).

Con relación al Valor formativo para los docentes, la recolección, organización y análisis de los datos 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 elementos de la metodología de la clínica didáctica (Rickenmann, 2007). Esta metodología propone cuatro instancias principales:

1. Una entrevista previa realizada a los docentes en las instancias de presentación, crítica y reformulación de la secuencia original, anteriores a la implementación de sus clases y registro de los intercambios establecidos entre los docentes y el equipo de investigación.
2. La observación y registro de clases (realizadas a partir de video filmaciones de las clases dictadas por los docentes).
3. La entrevista de autoconfrontación (entrevistas finales, donde cada docente reflexiona sobre episodios seleccionados por el equipo de investigación de las filmaciones de sus clases), adaptado del modelo de análisis de las prácticas de Rickenmann (2007) y Nunziati (1990). Es importante aclarar que también se considerarán, en esta instancia, el registro de conversaciones e intercambios con los docentes que pongan de manifiesto su nivel de conceptualización y reflexividad, referidos a las producciones de los alumnos, el grado de apertura y potencialidad didáctica de la propuesta, los aprendizajes generados, entre otros, que van más allá del análisis de la videograbación.
4. El análisis de las producciones de los estudiantes y los resultados de los instrumentos de evaluación implementados en la secuencia.

En forma complementaria a la metodología de la clínica didáctica, y tomando como base los registros de audio obtenidos en el trabajo de campo, en uno de los docentes de la muestra, se implementaron técnicas del análisis del discurso en las clases de ciencias (De Longhi, 2012), para analizar, desde una perspectiva cualitativa, la dimensión del valor formativo para los docentes de la muestra. Estas técnicas permiten desarrollar un análisis estructural-textural (cohesión gramatical y lexical, estudio de los circuitos comunicativos de la clase, enfoques comunicativos sostenidos por docentes y estudiantes), semántico (identificando y caracterizando el patrón temático, la función de las preguntas y afirmaciones de docentes y estudiantes) y retórico (en términos de las formas de validación o autoridad puestas en juego en las interacciones discursivas). El patrón temático del discurso docente se formaliza en un esquema que se elabora analizando el tipo de conectores que utiliza el docente durante su clase y su función semántica, como por ejemplo relaciones nominales, taxonómicas, de transitividad, circunstanciales y lógicas. También se analizan las estrategias de diálogo y de monólogo que establece el profesor en el desarrollo de su clase.

Se realizó además una descripción contextual y del lenguaje no-verbal desarrollado en el caso. También se realizó un análisis de textos escritos, tanto por el docente como por los estudiantes durante el desarrollo de la secuencia. Detalles metodológicos del análisis desarrollado y resultados pormenorizados pueden consultarse en el trabajo publicado en el congreso LASERA 2019 (Furci y otros, 2019).

Finalmente en relación a los Aprendizajes de los estudiantes, se implementó un análisis detallado en el caso de uno de los cursos de la muestra. Se realizó un registro de audio de las interacciones discursivas durante la implementación de la secuencia didáctica que fue analizado por medio de las técnicas de análisis del discurso referidas en el apartado anterior (De Longhi, 2012). También se realizó el análisis de las producciones realizadas por los

grupos de estudiantes del curso a lo largo de la secuencia, adoptando técnicas de análisis del contenido (Bardín, 1991).

Resultados

Se presentan a continuación algunos de los principales resultados obtenidos, organizados de acuerdo a las dimensiones de análisis presentadas anteriormente: la secuencia didáctica, el valor formativo para los docentes y los aprendizajes de los estudiantes.

-Sobre las secuencias didácticas:

En la Figura 1 se muestran las apreciaciones correspondientes a las distintas variables que caracterizan la potencialidad didáctica de la secuencia desarrollada por el profesor A

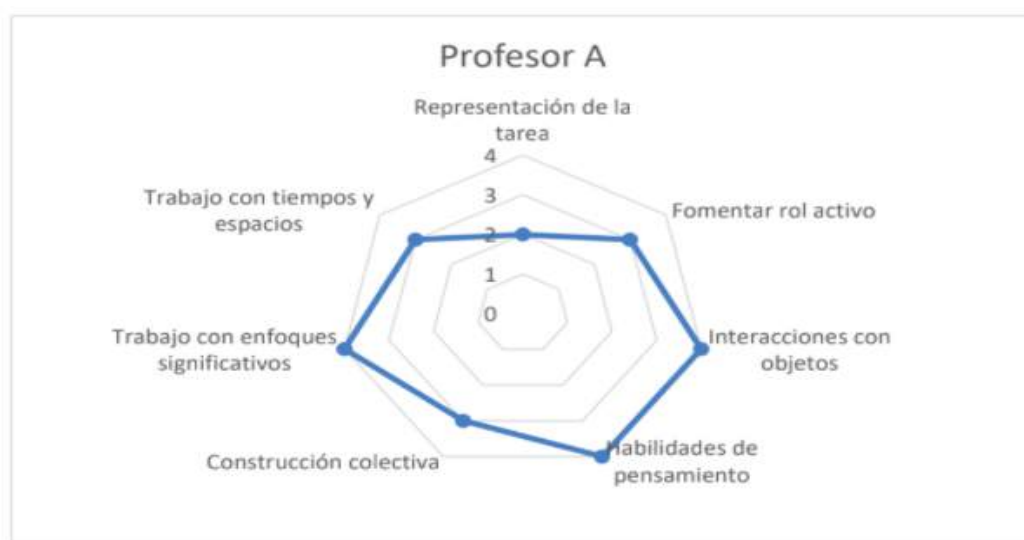


Figura 1. Fuente: elaboración propia

Los registros de la implementación de la secuencia de este profesor, nos muestran que en principio hay fuerte 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.

En el caso de este docente, la mayoría de las categorías poseen un desarrollo importante, posiblemente dado su alto grado de formación y experiencia. 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.

Por otra parte presentaron alta valoración las actividades relacionadas con la investigación escolar, las habilidades (LOCS), los enfoques didácticos y la utilización de tiempos y espacios, que 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.

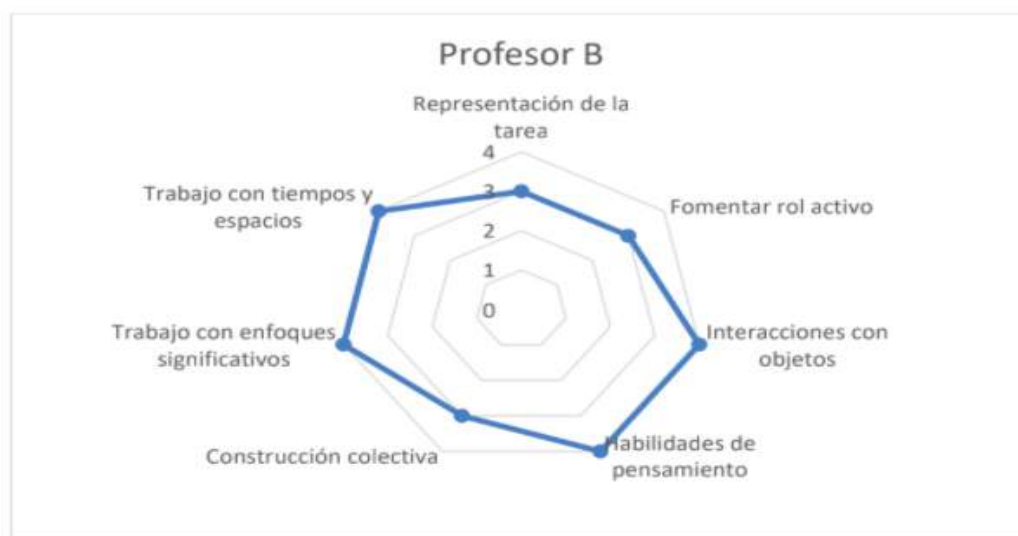


Figura 2. Fuente: elaboración propia

Por último, la figura 3 representa las observaciones en el último docente de la muestra (el docente C). Las observaciones realizadas sobre la implementación de su propuesta didáctica no muestra grandes variaciones con la de los otros docentes. Se observan 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.

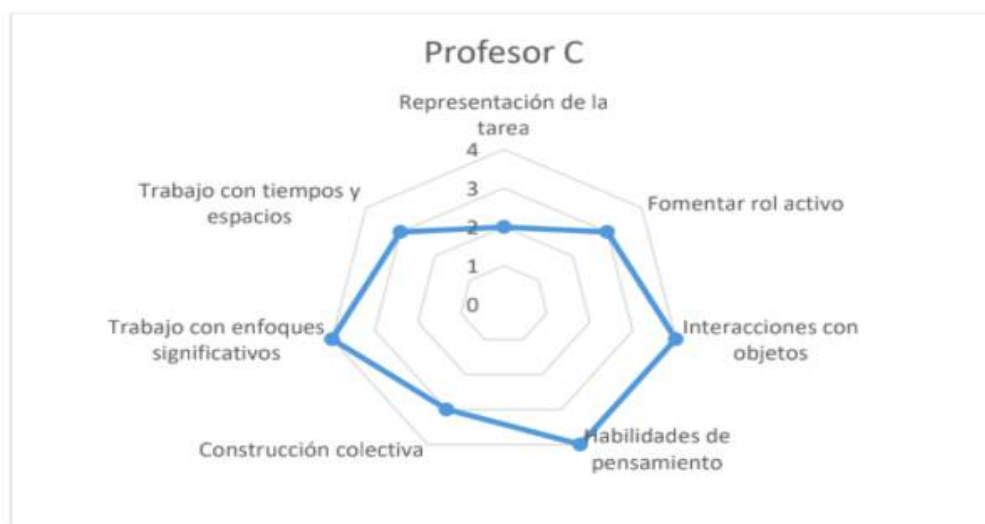


Figura 3. Fuente: elaboración propia

-Sobre el valor formativo para los docentes:

El análisis de las entrevistas iniciales y las de autoconfrontación realizadas a los docentes de la muestra, nos dicen en principio que éstos 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.

Un aspecto que resultó de gran interés para los participantes fue 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.

Otro resultado interesante, que aporta el análisis del discurso a la caracterización de la propuesta didáctica se relaciona con el estudio de los *circuitos dialógicos* (De Longhi, 2012). Consideramos que la interacción comunicativa reúne las características del tipo *Diálogo controlado con feedback*, con alguna tendencia hacia *Indagación dialógica orientada por el docente*, lo que pone de manifiesto un esquema de alta potencialidad comunicativa y didáctica.

El valor formativo de la propuesta analizada también puede verse reflejado en algunos de los resultados obtenidos por medio de las técnicas de análisis del discurso, como son los esquemas de patrón temático. Recordamos que estos esquemas se elaboran analizando el tipo de conectores que utiliza el docente en su discurso, y su función semántica, como por ejemplo relaciones nominales, taxonómicas, de transitividad, circunstanciales y lógicas. También se analizan las estrategias de diálogo y de monólogo que establece el profesor, para elaborar el patrón temático. En este caso separamos el patrón temático en “didáctico” y “disciplinar”, y lo presentamos a continuación:

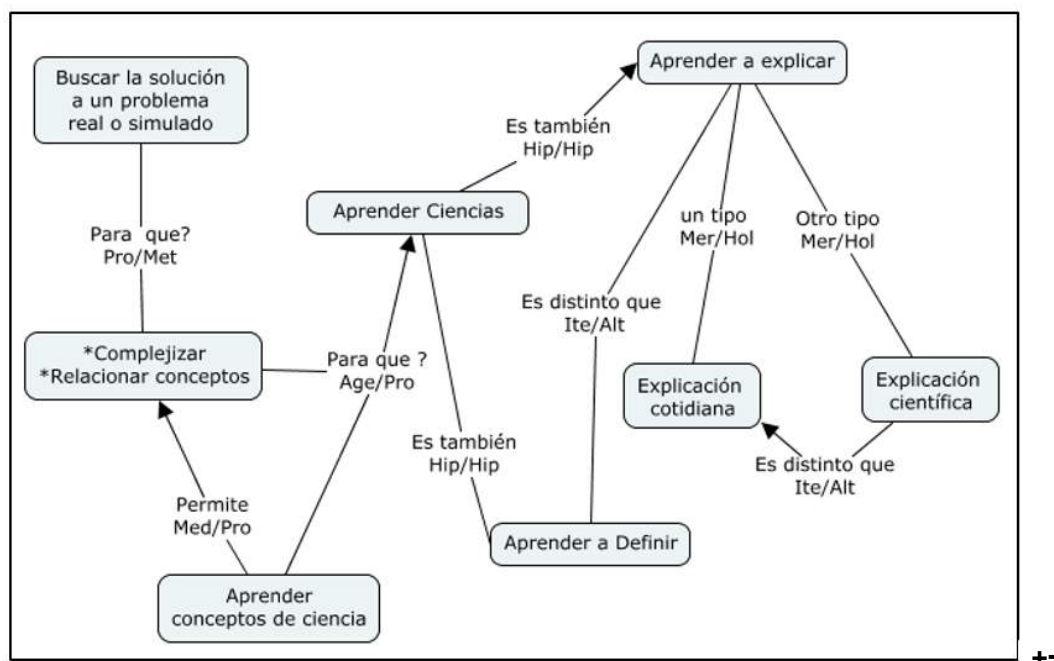


Figura 4. Patrón temático didáctico de la clase. Fuente: elaboración propia

La figura 4 muestra el patrón temático didáctico de la clase. Presenta una gran riqueza y diversidad, y se articula con el patrón temático disciplinar. Los temas centrales abordados por el profesor se vinculan con la valoración didáctica de la resolución de problemas como estrategia de enseñanza, y las diversas habilidades cognitivas que permite desarrollar (aprender conceptos, a explicar, a definir, a relacionar, etc.). Consideramos que la

integración entre lo didáctico y lo disciplinar, y la complejidad alcanzada son posibilidades por el tipo de secuencia didáctica planificada.

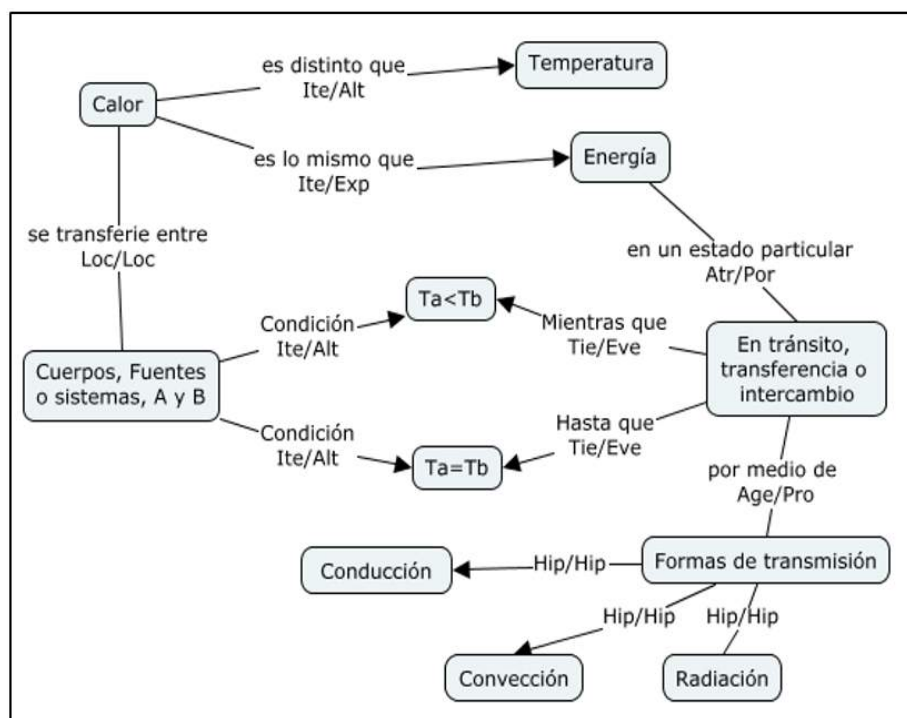


Figura 5. Patrón temático disciplinar de la clase. Fuente: elaboración propia

La figura 5 muestra el patrón temático disciplinar trabajado en la clase analizada, donde se advierten conceptos clásicos vinculados al estudio de la termodinámica (diferencia entre calor y temperatura, calor y energía térmica, formas de transmisión de energía térmica entre sistemas, etc.), organizados de una manera jerárquica y secuenciada según una lógica que pone de manifiesto los principales puntos de atención del profesor en la elaboración de su discurso.

El estudio de estos patrones temáticos se constituye como una herramienta formativa, permitiendo explicitar las estructuras semánticas que ponen en juego los docentes en los procesos de enseñanza, como por ejemplo con conceptos centrales, las relaciones jerárquicas, las lógicas subyacentes, etc., promoviendo un proceso reflexión sobre la práctica basado en elementos conceptuales sólidos, que van más allá de la simple opinión personal.

Un elemento emergente en este estudio, que señalamos como una dimensión digna de investigar, tiene que ver con las representaciones sociales de los docentes en relación a lo tecnológico en general y a las tecnologías digitales en particular. En el diagnóstico de nuestro trabajo señalábamos que las dificultades de integración curricular de tecnologías digitales estaban condicionadas en gran medida por factores externos al profesorado y, en menor medida, a cuestiones formativas. Sin embargo, valores simbólicos, representaciones sociales compartidas y creencias, verdaderamente podrían determinar el éxito o el fracaso de cualquier reforma curricular (Porlán y Rivero, 1998). La integración tecnológica digital, no

escapa de esta lógica y creemos que podría obstaculizarse o potenciarse por factores inconscientes y/o percepciones de sí mismo del profesorado.

En relación a la integración de saberes propios de las ciencias de la computación. La secuencia propuesta no estaba prevista inicialmente para la enseñanza de contenidos relacionados con la programación, sin embargo requirió de los docentes un trabajo previo para la implementación y calibración de un multitermómetro basado en Arduino.

En este sentido, los docentes de la muestra abordaron una concepción de programación secuencial (sin referencias explícitas a la programación orientada a objetos, los contenidos, muy restringidos, vinculados al uso de variables, uso de segmentos de código sin intervención, y un alcance de abordaje básico, implementado como parte de un proceso de alfabetización básica. Consideramos que, si bien se desarrolla un primer acercamiento al área de ciencias de la computación, se desaprovecharon posibilidades de avanzar, profundizar e interrelacionar saberes de interés y relevancia. Uno de los profesores (caso B) pudo avanzar en el análisis más detallado del código. Otros dos de los docentes del grupo se concentraron solamente en las ventajas técnicas y experimentales del instrumento, para medir temperaturas en varios puntos simultáneamente, en función del tiempo.

La propuesta resultó formativa en este sentido, para los tres docentes de la muestra.

-Sobre los aprendizajes de los estudiantes:

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.

En relación al análisis del discurso se indagaron los patrones temáticos de los estudiantes, al momento de presentar sus trabajos grupales, antes de la intervención discursiva del profesor. Resulta evidente una gran diferencia entre estos patrones temáticos iniciales de los estudiantes entre sí y con el profesor. Esta situación resulta adecuada considerando que el desarrollo de la clase (y las futuras clases dentro del curso) deberían promover un “acercamiento”, o construcción conjunta, entre el patrón temático presentado inicialmente por los grupos de estudiantes y el patrón temático presentado por el profesor.

Presentamos los conceptos o términos de interés de cada grupo, y sus vinculaciones semánticas principales:

Grupo 1. Enfoque “materiales, insolación y adaptación” para el diseño de la vivienda:

- La presentación se centra en las propiedades térmicas de los distintos materiales para la construcción, clasificados como buenos y malos conductores térmicos.

- Siguiendo esta línea argumental se considera la posibilidad de incluir el “vacío” como material, botellas o cubiertas con “vacío” o aire adentro.
- Orientación geográfica e insolación, y su impacto en el rendimiento térmico.
- Posibilidad de modificar el comportamiento térmico de la casa en distintas estaciones del año.
- Funciones a realizar dentro de la casa, necesidad de buena iluminación.

Grupo 2. Enfoque centrado en la “experiencia personal”:

- La presentación se centra en una serie de experiencias personales, en casas construidas de distinta forma y con distintos materiales, y los resultados obtenidos.
- Se argumenta en favor del ahorro de dinero, uso de materiales económicos, por ejemplo el adobe.
- Se concentra en el diseño de las aberturas y el sistema de calefacción.

Grupo 3. Enfoque “arquitectónico” del diseño de la vivienda (Int. 1,2,3,4,5,7):

- Materiales para la construcción (nombra varios: plástico, madera, barro, mármol, arena, residuos, adobe, pallets, agua, pintura, vidrio).
- Propiedades de los materiales (durabilidad, que no se pudran, precio, limpieza) (ninguno relacionado con el calor y la temperatura).
- Propiedades de la casa (duración, costo, comodidad, limpieza, privacidad) (relacionadas con la calidad de vida, como pautas de diseño arquitectónico, no tanto térmico).
- Elementos constructivos de una vivienda (piso, pared, techo, aberturas).
- Fuente de información : “Internet”.

Grupo 4. Enfoque “térmico” del diseño de la vivienda (Int. 13,15,16,18, 20):

- Procesos de intercambio de calor (radiación (del sol), convección (circulación de aire interior-exterior), conducción (materiales aislantes o conductores térmicos).
- Otros procesos complejos: Efecto invernadero, funcionamiento del muro Trombe.
- Influencia de la orientación geográfica en el funcionamiento térmico de la casa (estaciones del año, inclinación de la radiación solar) .

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.

En relación a los aprendizajes sobre cuestiones tecnológicas, se observó que en las etapas de diseño se incorporaron diversas estrategias constructivas o hipótesis de construcción para la resolver el problema base que implicaban la utilización de diversas tecnologías analógicas (por ejemplo: muro Trombe, ladrillos con aire estanco, ubicación y tipo de forestación, etc.). Algunas de estas, fueron incluidas en los proyectos a partir del

descubrimiento de estas posibilidades en tutoriales o fuentes de información en línea. Este hecho evidencia dos cuestiones de fondo, la primera es la percepción de sí mismo de los estudiantes como idóneos en la explicación, comprensión de los modelos que se imbrican y posible inclusión de estas soluciones tecnológicas en sus proyectos modélicos y aún en construcciones reales. La segunda cuestión es el hecho que ningún grupo hizo mención a la inclusión de tecnologías digitales en sus proyectos (por ejemplo, diseño CAD, controladores de parámetros que mejoren la habitabilidad, relevamiento automatizado de datos del modelo en tiempo real, etc.). La aplicación de tecnologías digitales están implícitas o naturalizadas en la utilización de motores de búsqueda a través de sus celulares, escritura de informes, etc. Esta relación o vínculo con las tecnologías digitales visibiliza una naturalización de estas estrategias de búsqueda de información, a la vez que deja en evidencia la precariedad de las enseñanzas y aprendizajes en tecnologías digitales que el sistema educativo ha provisto como alfabetización digital en los trayectos de formación de los distintos niveles de escolarización.

En relación a contenidos vinculados con la programación, el abordaje fue, en el caso de estudio, de tipo introductorio y general. Para la mayoría de los estudiantes se trató de un primer contacto, en su trayectoria formativa, con un entorno de programación (el IDE de Arduino). En este sentido señalamos algunos aspectos que abordados, como reconocer la existencia de un código que debe ser compilado e inyectado en el procesador, identificar las estructuras básicas del programa utilizado (tomado de tutoriales de difusión libre), realizar la identificación y control de variables de interés en el modelo (temperaturas y tiempos) y sus vínculos con el tipo de variable y su almacenamiento y con los dispositivos electrónicos que las generan, la identificación y modificación de parámetros de interés (para lectura, registro y presentación de los datos). No se realizó un análisis sobre el tipo de entorno o lenguaje de programación utilizado, ya que se trató de una primera aproximación a la programación, vinculada al análisis, configuración y adaptación de programas desarrollados por otros autores, en un contexto determinado por la resolución de un problema de interés para los estudiantes.

Conclusiones

Las secuencias de enseñanza analizadas se pueden caracterizar como de “alta potencialidad didáctica”, en relación al tipo de propuesta (problema abierto contextualizado, generación de emergentes, diversidad de respuestas de los distintos grupos, formas de agrupamiento, desarrollo en tiempos razonables, etc.) y también en relación a la riqueza de los patrones temáticos que posibilitan (tanto disciplinares como didácticos), y al tipo de circuito comunicacional que generan (indagación dialógica orientada por el docente).

Existen ciertos aspectos que se podrían mejorar o intensificar en el desarrollo de propuestas didácticas en el marco STEM, como las estudiadas en este caso, podemos señalar la posibilidad de un tratamiento más valorado de contenidos de disciplinas emergentes en el proceso de resolución por medio del trabajo articulado con profesores de cada disciplina, que podrían planificarse al diseñar las secuencias. En particular, la intervención de

profesores del área de las ciencias de la computación podría caracterizar y jerarquizar los aportes de estas disciplinas a la resolución del problema planteado en la secuencia, que resulten pertinentes.

En relación al enfoque metodológico adoptado en esta investigación, consideramos que tanto las técnicas del análisis de la práctica como las del análisis del discurso resultan pertinentes y productivas para el estudio de la potencialidad didáctica de propuestas STEM, y se presentan como instrumentos adecuados para la profundización y desarrollo del estudio didáctico, especialmente en relación a la participación de docentes del área de ciencias de la computación en este tipo de proyectos de integración disciplinar en el área STEM.

En particular el estudio realizado pone de manifiesto la necesidad de elaborar herramientas de investigación específicas para reconocer y caracterizar las representaciones de los docentes y estudiantes participantes sobre la tecnología, y su influencia en el diseño de propuestas didácticas de integración. En este sentido, el estudio de las representaciones sociales de los diferentes colectivos podría ayudarnos a conocer los aspectos simbólicos para evaluar la incidencia de estos sistemas simbólicos en la implementación de estrategias de integración tecnológica. Esta línea de trabajo se encuentra actualmente en desarrollo por los autores.

Otras conclusiones que surgen del presente estudio y de los intercambios mantenidos en las JADIPRO 2019, se relacionan con orientaciones a tener en cuenta en los procesos de diseño y planificación de dispositivos de formación docente inicial y continua, de materias vinculadas al área STE. En primer lugar, la importancia de sostener y poner en valor la jerarquía de las ciencias de la computación, evitando enfoques reduccionistas o triviales, bajo una supuesta multidisciplinariedad, difícilmente alcanzable en ámbitos profesionales o escolares. Una forma de viabilizar esta propuesta es trabajando en forma conjunta, desde la planificación didáctica, con profesores especialistas de cada una de las disciplinas involucradas, con un enfoque abierto y compartido, para abordar problemas adecuados y con suficiente grado de complejidad y significatividad.

Por otra parte, el abordaje de problemas complejos, de relevancia social, de forma abierta, pone de manifiesto la importancia del trabajo con el desarrollo de criterios para valorar la información circulante en los medios y redes (*fake news*, información sin validar, fuentes dudosas, manipulación en medios, etc.), y la reflexión sobre la imagen de ciencia y tecnología que se construye, desde la perspectiva de “naturaleza de las ciencias”. Esta perspectiva de abordaje de los problemas, que va más allá de una simple resolución técnica, habilita y demanda una visión en perspectiva histórica sobre las distintas tendencias en la historia de las ciencias de la computación, sus vínculos con los sistemas productivos, políticos y académicos, y su relación con su enseñanza escolar, complejizando ampliando los marcos de referencia.

También resultan aspectos de interés los aportes que podrían hacer las didácticas específicas más consolidadas (como las de la matemática o las ciencias naturales) al desarrollo de la didáctica específica de las ciencias de la computación, señalando y considerando algunas similitudes y diferencias epistemológicas específicas de cada campo disciplinar.

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 docente sobre la propia práctica, 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 en otras disciplinas del área STEM, en particular las vinculadas a las ciencias de la computación.

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 disciplinas del área STEM.

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.

A la comunidad educativa del ISFDN°99 “Unidad académica Almafuerte” por otorgarnos el espacio y el apoyo para realizar el trabajo de campo en esta institución.

Bibliografía

- 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. En *RIED, Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, 22(1), pp. 171-186. doi: <http://dx.doi.org/10.5944/ried.22.1.22303>
- Adúriz-Bravo, A. (2010). Hacia una didáctica de las ciencias experimentales basada en modelos. CiDd. II Congr s Internacional de Didactiques. 2010.
- Adúriz-Bravo, Agustín. (2018). Argumentación basada en modelos desde la perspectiva de la epistemología y la historia de la ciencia. En *Revista Tecn , Episteme y Didaxis*. Año 2018. Número Extraordinario.

- Araya, R. (2016). STEM y modelamiento matemático. *En Rev. Elec. Diál. Educativos*. ISSN: 0718-1310.
- Bardin, L. (1991). *Análisis de contenido*. Madrid: Ediciones Akal.
- Bordignon, F. e Iglesias, A. (2015) *Diseño y construcción de objetos interactivos digitales. Prácticas con Arduino*. CABA: UNIPE Editorial Universitaria.
- Brown, J. (2012). The current status of STEM education research. *En Journal of STEM Education: Innovations and Research*, 13(5), 7.
- Bybee, Rodger W. (2010). Advancing STEM Education: A 2020 Vision. *En Technology and Engineering Teacher*, 70 (1), pp. 30-35.
- CFE Consejo Federal de Educación, (2017). Marco de Organización de los Aprendizajes para la Educación Obligatoria Argentina (MOA). Resolución CFE 330/2017.
- CFE Consejo Federal de Educación (2018) Núcleos de Aprendizaje Prioritarios para educación Digital, Programación y Robótica. Resolución CFE 343/18.
- De Longhi, A. et al. (2012). La interacción discursiva en el aula de ciencias naturales. Un análisis didáctico a través de circuitos discursivos. *En Revista Eureka sobre la enseñanza y divulgación de las ciencias*. 9(2), pp. 198-195.
- Di Giácomo, J.P. (1987) Teoría y métodos de análisis de las representaciones sociales. *En Pensamiento, individuo y sociedad: cognición y representación social*.
- Furci, V., Trinidad O, y Peretti, L. (2018) Actividades experimentales abiertas mediadas por tecnología Arduino como propuesta de formación docente en Física. *En Revista de Enseñanza de la Física*. Vol. 30, No. Extra, Nov. 2018, pp. 83-89.
- Furci, V., Gonzalez A., Trinidad O., Peretti L. (2019). Análisis discursivo de la potencialidad didáctica de una propuesta STEM. Congreso LASERA 2019. Guanajuato. México. *En Revista Latinoamericana de enseñanza de las ciencias*. (en prensa).
- Galagovsky, L. y Adúriz-Bravo, A. (2001). Modelos y analogías en la enseñanza de las ciencias naturales. El concepto de modelo didáctico analógico. *En Enseñanza de las Ciencias*, 19(2), pp. 231-242.
- García, Y., González, D. S. R., y Oviedo, F. B. (2017). Actividades STEM en la formación inicial de profesores. *En Diálogos educativos*, (33), pp. 35-46.
- 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.
- King, D. (2012). New perspectives on context-based chemistry education: Using a dialectical sociocultural approach to view teaching and learning. *Studies in Science Education*, 48(1), pp. 51-87.
- Kortland, J. (2007). Context-based science curricula: Exploring the didactical friction between context and science content. *En ESERA 2007 Conference*. Malmo, Sweden.
- Litwin, E. (2008). *El oficio de enseñar*. Buenos Aires, Argentina: Paidós.
- Moraga Toledo, S; Espinet Blanch, M. y Merino Rubilar, C. (2019) El contexto en la enseñanza de la Química: Análisis de secuencias de enseñanza y aprendizaje diseñadas por profesores de ciencias de secundaria en formación inicial. *En Revista Eureka sobre la Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*. (16) 1- 14.

- Ortiz-Revilla, J., Adúriz-Bravo, A. y Greca, I.M. A Framework for Epistemological Discussion on Integrated STEM Education. En *Sci&Educ* (2020). <https://doi.org/10.1007/s11191-020-00131-9>
- Park, S. y Oliver, S. (2007). Revisiting the conceptualisation of pedagogical content Knowledge: PCK as a conceptual tool to understand teachers as professionals. Res. En *Sci. Educ*, 38 (3), pp. 261-284.
- Peretti, L., Furci, V., y Trinidad, O. (2019). Algunas reflexiones filosóficas y didácticas en torno a propuestas STEM como contexto de enseñanza de las ciencias naturales: Potencialidades y riesgos de un movimiento hegemónico. En *1º Congreso Internacional de Ciencias Humanas-Humanidades entre pasado y futuro*. Escuela de Humanidades, Universidad Nacional de San Martín.
- Peretti, L.; Furci, V. y Trinidad, O. (2019). Algunas reflexiones filosófico-didácticas en torno a propuestas STEM como contexto de enseñanza de las ciencias naturales y su inclusión en los currículos. Presentado en el congreso LASERA 2019. Guanajuato. México. En *Revista Latinoamericana de enseñanza de las ciencias*. (en prensa).
- Piña Osorio, J; y Cuevas Cajiga, Yazmin (2004) La teoría de las representaciones sociales. Su uso en la investigación educativa en México. En *Perfiles educativos* vol. 26. N° 105 México.
- Porlán, R., Rivero, A. y Martín del Pozo, R. (1998) Conocimiento profesional y epistemología de los profesores II: Estudios empíricos y conclusiones, En *Enseñanza de las Ciencias*, 16:2, pp. 271-288.
- 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.
- Fundación Sadosky (2013). CC-2016 Una propuesta para refundar la enseñanza de la computación en las escuelas Argentinas. Disponible en <https://cutt.ly/xp4Mlud>
- Szpiniak, A. F., y Rojo, G. A. (2006). Enseñanza de la programación. En *Revista Iberoamericana de Tecnología en Educación y Educación en Tecnología*, (1), 8-p.
- Trinidad O., Furci V., Bonet A., Peretti L., y Dicosmo. C. (2019). Formación docente en contexto STEM: Potencialidad didáctica de actividades experimentales abiertas mediadas por tecnología en la enseñanza de la Física. Presentado en el congreso LASERA 2019. Guanajuato. México. En *Revista Latinoamericana de enseñanza de las ciencias*. (en prensa).
- Trinidad, O., Furci, V., y Peretti, L. (2019) Formación docente en contexto STEM: actividades experimentales abiertas mediadas por tecnología Arduino en la enseñanza de la Física. En *Revista de Enseñanza de la Física*, 31, 707-714.
- Zapata, J. (2016). Contexto en la enseñanza de las ciencias: análisis al contexto en la enseñanza de la Física. En *Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias*. 11(2), 193-211.
- Zoller, U., Blonder, R., Finlayson, o. E., Bogner, F., y 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.

Anexo 1

Tabla con variables y categorías de análisis de la dimensión “potencialidad didáctica”

TABLA I. Variables y categorías de análisis de la dimensión “Potencialidad Didáctica”.

Variables	Categorías de Análisis
V1 Representación de la tarea	-4 Espacio explícito: Momentos explícitos en donde docente y alumnos expresan representaciones de la tarea en función de la evaluación. -3 Espacio parcial explícito: Momento de representación de una faceta particular de la tarea en función de la resolución de alguna actividad. -2 Espacio emergente: Espacio que se crea por problemas emergentes ocasionales. -1 No existe ese espacio: Los criterios de resolución de la tarea son implícitos y son potestad del profesor
V2 Fomentan rol activo	-4 Formular problemas: La actividad planteada, se encuentra en función de problemas de interés, planteados por los alumnos. -3 Tomar problemas emergentes: La actividad planteada por el profesor, puede variar en función de problemas emergentes planteado por los alumnos. -2 Resolver problemas: La actividad principal consiste en resolver problemas planteados por el profesor con métodos propios -1 Resolver: La actividad se centra en seguir protocolos planteados por el profesor siguiendo pasos establecidos
V3 Interacciones con objetos	-4 Investigar: Construir un problema y resolverlo, diseñando procedimiento, dispositivos y validando las respuestas encontradas. Ej1: diseñar un dispositivo para medir la contaminación en el aire. Ej2: crear un programa que haga sonar notas según como muevo mi mano) -3 Hackear un objeto o dispositivo. A partir de un dispositivo conocido, modificarlo para nuevo uso o utilización en otro contexto 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 -2 Experimentar: Diseñar un procedimiento, controlando variables, para comprobar propiedades conocidas de un fenómeno u objeto. Ej1: Diseñar un procedimiento para comprobar la ley de Ohm. E2: Diseñar un procedimiento para evaluar el rango de trabajo de un dispositivo. -1 Seguir protocolos: Realizar una cierta actividad experimentar encomendada a partir de un protocolo y materiales u objetos dados. 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.
V4 Habilidades de pensamiento	-4 Mayormente HOCS: En la resolución de actividades se fomenta mayormente habilidades como: argumentar, decidir, diseñar, relacionar, evaluar, etc. -3 Habilidades HOCS y LOCS: En la resolución de actividades se observan habilidades de pensamiento de orden superior e inferior integradas. -2 Mayormente LOCS: La resolución de las actividades, demandan mayormente habilidades de pensamiento de orden inferior: observar, describir, identificar, aplicar, etc. -1 Habilidades técnicas: La actividades están centradas en “el hacer” no necesariamente reflexivo: copiar, manipular, medir, utilizar artefactos o dispositivos de acuerdo a pautas establecidas siguiendo un protocolo.
V5 Construcción colectiva	-4 Formato de comunicación pública: 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 -3 Formato de comunicación interna: 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 -2 Sin formato establecido: La actividad contempla informes final sobre las tareas realizadas, aunque no establece formatos para la misma -1 Sin comunicación: La actividad realizada no requiere informes
V6 Trabajo con enfoques significativo	-4 STEAM: Las actividades realizadas contemplan relaciones entre contenidos STEAM -3 Enfoques CTSA: Las actividades realizadas contemplan claras relaciones entre contenidos CTSA -2 Relaciones ocasionales: Las actividades realizadas contemplan relaciones ocasionales entre contenidos de otras disciplinas o problemas cotidianos -1 Campo de la Física: Las actividades realizadas solo presentan trabajos con contenidos de la disciplina
V7 Trabajo en tiempos y espacios adecuados	-4 Ambiente escolar, materiales, tiempos y espacios se corresponden con la propuesta didáctica -3 El ambiente es adecuado, pero tiempos y espacios son responsabilidad compartida de alumnos y docente -2 Tiempos y espacios son mayormente aportados por los alumnos -1 Tiempos y espacios son una dificultad para la producción de los alumnos