

Conceptos básicos de electricidad y magnetismo en una escuela primaria y aprendizaje por proyectos

Basic concepts about electricity and magnetism in an elementary school and project-based learning

María de los Ángeles Fanaro^{1,2}, Mariana Elgue² y Juan Suasnábar²

¹Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET).

²Universidad Nacional de Centro de la Provincia de Buenos Aires.

E-mail: mfanaro@exa.unicen.edu.ar

Resumen

Se presenta el análisis de un trabajo por proyectos realizado en un curso de cuarto año de una escuela primaria, generado a partir de un apagón eléctrico masivo y extendido en el tiempo, ocurrido a mediados de junio de 2019 en Argentina. Se busca explorar y comprender qué conceptos y actitudes científicas se lograron construir durante el desarrollo del proyecto, y qué papel tuvieron en este proceso los estudiantes. En particular, se analiza la forma en que concurren la intencionalidad del aprendizaje, la conexión con el entorno real y la vivencia de los estudiantes. Se realizó una inmersión en el campo con observaciones no participantes en clases dentro y fuera del aula y en reuniones del equipo docente. El trabajo destaca el resultado de la co-construcción de un interés común, que fue un hecho del entorno real de los estudiantes, que dio lugar a la entrada al aula de conceptos complejos como corriente eléctrica e inducción electromagnética, incidiendo así en la intencionalidad del aprendizaje y en las vivencias de las situaciones dentro y fuera del aula, por los estudiantes junto a sus docentes.

Palabras clave: Electricidad y magnetismo; Escuela primaria; Apagón eléctrico; Trabajo por proyectos.

Abstract

The analysis of a project work carried out in a fourth-year course of an elementary school, generated from a massive and extended electrical blackout, occurred in mid-June 2019 in Argentina is presented. The aim is to explore and understand the scientific concepts that were achieved during the development of the project, and the role the students had in this process. In particular, the way in which the intentionality of learning, the connection with the real environment and the experience of the students concur are analyzed. A set of non-participant observations in classes and in the meetings of the teaching team were done. The work highlights the result of the co-construction of a common interest, which was a fact of the real environment of the students, which led to the entry into the classroom of complex concepts such as electric current and electromagnetic induction, thus influencing the intentionality of the learning and in the experiences of the situations inside and outside the classroom, by the students together with their teachers.

Keywords: Electricity and magnetism; School; Power cut; Projects.

I. INTRODUCCIÓN

La enseñanza de conceptos relativos a electricidad y magnetismo está propuesto para el segundo ciclo en los documentos curriculares de la Provincia de Buenos Aires, donde se propone en el bloque de Materiales “*acercar a los alumnos a un saber sistemático sobre (...) el magnetismo y la electricidad, organizando la información de sucesivas actividades experimentales y debates, haciendo nuevas generalizaciones sobre sus propiedades*” (Dirección General de Cultura y Educación para la Educación Primaria, 2018, pág. 257). Equipos de trabajo con extensa trayectoria en el tema, afirman que las investigaciones que se ocupan del aprendizaje logrado por los estudiantes con relación a la inducción electromagnética son incipientes y escasos (Zuza, Almudí y Jenaro; 2012). Por su parte, aquellos que lo hacen encuentran que los alumnos presentan serias dificultades para aprender los conceptos y leyes del electromagnetismo (Almudí, Zuza, y Guisasaola; 2016). Coincidiendo con estos autores, se está frente a “*un problema didáctico no muy investigado y que necesita de mayor investigación tanto en dificultades de aprendizaje como sobre diseño de secuencias de enseñanza que mejoren el aprendizaje del alumnado*” (Zuza, Almudí y Jenaro; 2012). A esto podemos agregar la necesidad de contextualizar dichas investigaciones en el nivel primario, dado que los trabajos que estudian las ideas, dificultades y aprendizaje de los alumnos, o las propuestas de enseñanza se abocan principalmente al nivel universitario (por ejemplo Meneses Villagrà, y Caballero Sahelices (1995) hasta más actuales como Braunmüller, Bravo y Juárez (2019)) También son escasos los que estudian cómo piensan alumnos de nivel secundario (como los de Loftus, 1996; Saglam y Millas, 2006) y, más aún aquellos que indagan cómo aprenden y qué dificultades tienen al aprender los conceptos y leyes asociados a la inducción electromagnética, estudiantes de este nivel educativo. Algunas propuestas de enseñanza son las de Inorreta, Montero, Braunmüller, Bravo, Bouciguez y Sequeira (2017) y Bravo, Boucíguez y Braunmüller (2019).

Son más que conocidas las consecuencias de una enseñanza tradicional basada en el esquema de exposición, es-cucha, memorización y repetición, donde el centro es el contenido y no quien aprende, dado que dificulta el desarrollo del pensamiento crítico y reflexivo; no responde a las necesidades de cada estudiante, ni tiene en cuenta sus ritmos de aprendizaje; impide que los estudiantes sean autónomos y creativos impartiendo una única visión, que además no se adapta a los distintos contextos; y los saberes se ofrecen de manera cada vez más fragmentada sin conexión con otros conocimientos que permitan comprender la realidad (Carbonell Sebarroja, 2014). Una posible alternativa a esta forma de concebir la enseñanza y el aprendizaje es el trabajo por proyectos (Hernández, 2000; Hernández y Ventura, 1998) o aprendizaje basado en proyectos (ABP)¹, una de las perspectivas dentro de las llamadas «pedagogías activas». El ABP tiene actualmente larga trayectoria en el ámbito educativo (De la Fuente, 2012; Hernández, 2002; Knoll, 1997; Lacueva, 2006; Masferrer y Baqueró, 2014; Perrenaud, 2004, Trujillo, 2012; Pozuelos Estrada y Rodríguez Miranda, 2008, entre muchos otros) aunque es una temática de debate actual.

Actualmente el panorama es amplio, ya que varios autores se ocuparon de definir qué es (y que no es) el ABP, coincidiendo en entenderlo como una estrategia metodológica de enseñanza aplicable a todos los niveles educativos, estableciendo así sus claves, sus fases, los roles del profesor y del estudiante (Anijovich y Mora, 2009; Giroux, 1990), definiendo en ocasiones los tipos de proyecto y sus fases de desarrollo (Lacueva, 2006). Sin embargo, Hernández (2002) y Vergara (2016) buscando superar este reduccionismo, insisten en que el enfoque por proyectos es mucho más que una metodología, una pedagogía o una fórmula didáctica basada en una serie de pasos. Reconocer que el aprendizaje es una práctica emocional, además de cognitiva y comportamental requiere una nueva mirada a la escuela en su totalidad, considerando primordialmente que la educación en general es un problema político (Terigi 2006, 2008; Carbonell Sebarroja, 2015; Masferrer y Baqueró, 2014). Además de conllevar incidencia en la visión política, educativa, curricular, el ABP implica profundos cambios en la mirada del mismo conocimiento: se requiere construir una nueva noción de vínculo con los estudiantes, enfatizando en otras posibilidades de vivenciar situaciones de enseñanza y aprendizaje y naturalizando el proceso de enseñanza como un espacio de incerteza, donde no todo está previsto, y que esto, lejos de ser un obstáculo, sea el motor de la búsqueda de conocimientos (Larrosa, 2006)

Los autores Carbonell Sebarroja (2015) y Vergara (2016) esclarecen el panorama dando una idea de lo que no implica el ABP: no necesariamente implica una actividad interdisciplinar, ni el uso de tecnologías, ni es un modelo único de enseñanza (en el sentido de tener que trabajar todo el tiempo por proyectos) ni es algo que los docentes diseñen y los estudiantes realicen. Lo esencial es trabajar desde, con y para la realidad: no se hacen supuestos sobre una hipotética realidad –lejana y totalmente desconocida para los estudiantes- de la que se supone un problema a resolver: se trabaja directamente con una situación concreta, con cifras reales y, a ser posible, en la que habitan los estudiantes (Carbonell Sebarroja, 2015). La perspectiva epistemológica acerca de la construcción del conocimiento por parte de los estudiantes requiere deconstruir la idea de generar situaciones artificiales para conseguir que los estudiantes aprendan. Lo esencial es que los conocimientos disciplinares, resulten útiles para resolver inquietudes de

¹El acrónimo ABP también es utilizado para designar el *aprendizaje basado en problemas*, diferente del *aprendizaje basado en proyectos* que se refiere aquí.

los estudiantes: que permita responder a sus dudas en torno a un tema o amplíe el marco de análisis sobre un eje temático que se plantee.

Son numerosas las publicaciones que reportan la puesta en práctica del ABP en variadas circunstancias y niveles educativos (Rodríguez Sandoval y Cortés-Rodríguez 2010; Mioduser y Betzer 2007), algunos abocados a la enseñanza de las ciencias naturales (Gómez y Quintanilla, 2015) coincidiendo ellas en el factor motivacional que implica para los estudiantes. Por otro lado, en menor medida se encuentra investigaciones con el propósito de analizar la relación de los profesores y el ABP (Monel y Carbajo, 2011; Caballero, Briones y Flores, 2014). En un trabajo previo (Fanaro, Suasnábar y Elgue, 2020) nos ocupamos de describir y comprender el posicionamiento de los docentes respecto al saber y al estudiante para co-construir un proyecto con sus estudiantes y llevarlo a cabo, analizando las acciones concretas deseables y necesarias para que el proceso de enseñar y aprender por proyectos pueda llevarse a cabo. En este trabajo, queremos analizar qué acciones, producciones y actitudes de los estudiantes, permitieron la construcción de saberes relativos a la electricidad y magnetismo cuando vivenciaron un trabajo por proyectos. Se trata en realidad de una co-construcción, puesto que estas se realizaron en un ambiente escolar junto con otros actores que colaboraron en este proceso: docentes, instituciones, etc., es decir no concebimos analizar las acciones, producciones y actitudes de los estudiantes de forma independiente de las acciones y actitudes del resto. En este contexto nos proponemos abordar las siguientes preguntas: ¿cuáles fueron las acciones, producciones y actitudes de los estudiantes durante el trabajo por proyectos que permitieron que el proceso de enseñanza y aprendizaje de conceptos relativos a electricidad y magnetismo tenga lugar? Y, ¿qué conceptos e ideas acerca de electricidad y magnetismo se lograron poner en juego en el proyecto?

II. MARCO CONCEPTUAL DE REFERENCIA

Construir un marco de enseñanza que se adapte a los estudiantes de las escuelas actuales requiere algunas rupturas hasta ahora inamovibles como la separación entre lo que se aprende dentro y fuera de las aulas; la separación de los contenidos en materias inconexas; el valor de la acumulación de contenidos y no de su uso práctico en situaciones concretas; el alejamiento de la realidad en el proceso de aprendizaje y el papel que debe desempeñar el docente en todo este proceso. Un posible marco de referencia para la enseñanza y el aprendizaje basado en proyectos se basa en los siguientes ejes, que serán utilizados como nuestras categorías de análisis para describir el desarrollo del proyecto:

A. El aprendizaje: acto intencional y en conexión con la realidad

Aprendemos cuando hay algo que se sitúa en una necesidad de conocer. Según Vergara (2016: 32) nuestros estudiantes –y nosotros mismos– aprendemos porque queremos, y para que esto suceda debe conectar con nuestra vida, con nuestros intereses. Sin embargo, como educadores, esto enseguida plantea una gran pregunta y es cómo establecer un interés «común», compartido: se trata de establecer entre ambas partes, un interés que no es personal y privado, sino que sea un asunto de todos, por ejemplo, del barrio, la comunidad, la ciudad. En este sentido, Larrosa (2018) alerta de que “no es posible que la escuela parta del interés de los estudiantes, a no ser que haya un desplazamiento que convierta ese interés en un asunto común” (Ibíd., p.100). Se trata de construir un interés de todos, que concierne a todos. El autor sostiene que se trata de construir un asunto «colocado entre todos», haciendo referencia al origen etimológico de la palabra interés, ya que lo que tiene interés es lo que es o está entre, en medio, lo que ya es de todos en general y, por tanto, de nadie en particular. El docente tiene un rol fundamental en este momento, pues es el encargado de tomar las palabras de sus estudiantes, y convertirlas en un “asunto para hablar”, para pensar, donde todos dirijan la mirada y la atención, es decir para enseñar. En este sentido, es preciso ser cuidadosos con la idea de que una pedagogía activa o innovadora parta de los intereses de los estudiantes. El interés no es un elemento dado a priori, ni potestad de uno o varios sujetos; es la resultante -siempre provisoria- de una construcción colectiva y dialógica. Por ello mismo, tampoco es una cuestión aritmética, en el sentido de “el interés de la mayoría”. El interés común supone una larga conversación, propuestas, idas y vueltas, durante las cuales el rol de coordinador del docente es fundamental.

B. La importancia de la vivencia en el aprendizaje

En el ámbito de las ciencias que no son exactas, a las vivencias se las refiere con el término “experiencia” y entonces se propone pensar la educación “a partir de la experiencia”.

Proponerse la experiencia educativa como aquello a investigar es proponerse, en primer lugar, estudiar lo educativo en tanto que vivido, en tanto lo que se vive. Pero sobre todo es acercarse a lo que alguien vive [...] significa centrarse en las

cualidades de lo que se vive: acontecimientos que están situados en el tiempo, que se viven temporalmente, que están localizados en momentos, lugares, relaciones. (Contreras y Pérez de Lara, 2013, p.23)

Así, Larrosa (2006) reivindica este concepto como un modo de habitar el mundo, como sujetos abiertos, vulnerables, sensibles, temblorosos, de carne y hueso. Es en cierta forma, una idea contrapuesta a la del experimento físico, donde hay un control de las variables, y una intención de objetivación, de universalización y, por el contrario, la vivencia es siempre de alguien, subjetiva, es siempre de aquí y de ahora, contextual, finita, provisional, sensible. Por el contrario, al vivenciar una situación, a veces sucede lo imprevisto, a veces vacilan nuestras palabras, nuestros saberes, nuestras técnicas, nuestros poderes, nuestras ideas, nuestras intenciones, como en la vida misma. Por lo tanto, adoptaremos en este contexto el término de "vivencia" para evitar la confusión de términos. Esta vivencia debe incorporar a la persona en su totalidad –en todas sus dimensiones: racional, relacional, emocional y física y social (Vergara, 2016), y se construye en contexto: la realidad contextual de la comunidad que aprende, y es subjetiva: es una situación que vive el estudiante y que incorpora a su forma de entender la realidad y su posición en ella. Esta vivencia lo dota de herramientas, procesos, rutinas de pensamiento, etc.; es una vivencia que enfrenta a la persona a una idea previa y la cuestiona en términos vivenciales, con vistas a reforzarla, modificarla o mejorarla. Reconocemos que, en este sentido la vivencia tiene un componente cognitivo, pero no se limita a meros aspectos racionales; nos alejamos también de las nociones de sentido común de la experiencia que aluden a la acumulación, como la "experiencia laboral" o como cuando se dice "es alguien con experiencia".

III. METODOLOGÍA

Se realizó una inmersión en el campo de un tiempo de ocho semanas, cubriendo desde la gestación del proyecto, hasta la presentación del producto final por parte de los estudiantes.

Se realizaron las observaciones no participantes en las cinco reuniones de dos horas de duración semanal con el equipo de docentes, y en los diez momentos del desarrollo del proyecto (esto incluye las clases del docente de año y de clases de áreas de música y ciencias de la computación y en dos salidas educativas fuera de la escuela) realizando toma de notas y audios.

Finalmente, se realizó una entrevista grupal semiestructurada a los docentes que participaron en el proyecto, para conocer desde su punto de vista las dificultades o aspectos positivos de este proyecto.

La selección del colegio y del curso fue intencional, ya que se trata de un colegio público de gestión privada de formación reciente de la ciudad de Tandil, Buenos Aires que realiza innovación educativa ya que los cambios que se generan no son sólo algunas actividades aisladas y ocasionales, sino que forman parte de la cotidianeidad de las prácticas y el contexto escolar, donde explícitamente las bases pedagógicas del colegio se dirigen al ABP. La escuela se estructura por años escolares, con un docente de aula (con quienes están la mayor parte del tiempo) y profesores de materias especiales (música, inglés y ciencias de la computación). El armado y la planificación de los proyectos en esta institución se realiza en forma colaborativa por todo el personal de la institución (maestras de grado, profesores de áreas especiales) en reuniones semanales de dos horas de duración donde se tratan cuestiones de índole institucional en general, y luego los docentes, por curso, dedican un tiempo al tratado de la construcción y reflexión de los proyectos que se están trabajando, y a la viabilidad de nuevos proyectos. Por su parte, se seleccionó el cuarto grado porque este era el primer curso del colegio que desde el principio trabaja por proyectos, es decir para estos estudiantes lo natural en la escuela era trabajar por proyectos.

Para responder las preguntas planteadas en este trabajo, describimos los distintos momentos del desarrollo del proyecto con base en las dos categorías del marco de referencia que describimos: el aprendizaje como acto intencional y las vivencias educativas. Identificamos así, las acciones, producciones y actitudes de los estudiantes durante el trabajo por proyectos que permitieron que el proceso de enseñanza y aprendizaje de conceptos relativos a electricidad y magnetismo tenga lugar.

IV. ANÁLISIS Y RESULTADOS

A. El aprendizaje como acto intencional: ¿Por qué se produjo el apagón y que puedo hacer si pasa otra vez?

Una de las actividades que conforman las características del colegio es la realización de una conversación cotidiana entre cada docente y su grupo de estudiantes, donde se tiene la oportunidad de contar vivencias, ideas o situaciones vividas, que consideren interesante comunicar a sus pares. En este tiempo, que se da como inicio de la jornada escolar (duración aproximada de 15 minutos), se escuchan a los estudiantes y se perciben sus intereses y necesidades. Aquí

se destaca que no se trata de cualquier escucha, sino en el mismo sentido que el concepto que sostienen Sierra y Blanco (2017) de la escucha como investigación de la vivencia educativa. Esta escucha requiere un ejercicio difícil, que supone un desplazamiento de la atención: del docente y lo que está buscando y de lo que piensa (y siente) sobre eso, a lo que puede que no conozca, a lo que es nuevo, a lo que no había pensado previamente, a lo que puede descolocarlo o conmovirlo. Así, esto no es algo que simplemente sucede, sino que requiere de un ejercicio consciente y sostenido para reconocer que la escucha es una oportunidad de transformación, de oportunidad para aprender. En el caso del proyecto en análisis, una de las cuestiones que tuvo más resonancia dentro de las conversaciones en diferentes rondas fue la hipotética posibilidad de que el apagón se prolongara en el tiempo, lo que motivó a pensar sobre la necesidad de considerar formas alternativas de obtener energía para superar las dificultades vividas. De ahí que, la motivación para aprender es el desafío de diseñar un prototipo de artefacto que satisfaga una necesidad utilizando energías renovables. El propósito del proyecto es abordar los conceptos de electricidad y magnetismo trabajados, desarrollando la imaginación y la creatividad de los estudiantes para el diseño en sus carpetas, más allá de la construcción del prototipo y su funcionamiento en sí mismo. Los estudiantes realizaron una presentación de sus esquemas de prototipos, ayudados por diapositivas diseñadas por ellos mismos, indicando las partes componentes de sus prototipos inventados, y el funcionamiento de los mismos, en todos los casos haciendo referencia al movimiento de imanes para producir corriente eléctrica. Presentaron sus diseños de prototipos ante pares, padres y directivos del colegio, y personas calificadas (las mismas que habían disipado las dudas de los docentes al comenzar el proyecto) quienes realizaron las devoluciones pertinentes.

Algunas imágenes de los doce diseños de prototipos inventados por los estudiantes se presentan en la figura 1, en los cuales se puede apreciar que los estudiantes señalan (tanto en su esquema como en la exposición) las partes fundamentales del motor: bobina, imán, cables.

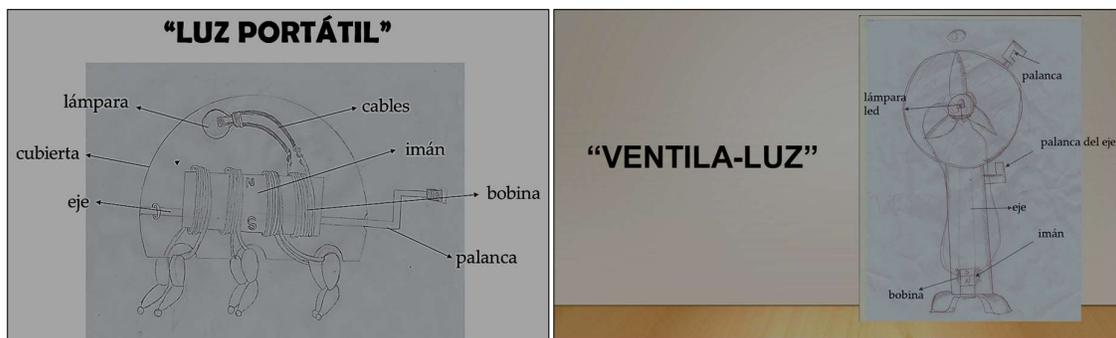


FIGURA 1. Algunos de los bosquejos o prototipos de los inventos realizados algunos grupos de estudiantes.

Además, algunos estudiantes se sintieron tan motivados que, si bien no era lo esperado, además inventaron algunos pequeños y sencillos artefactos en los cuales se transforma la energía mecánica en eléctrica, como se muestra en la figura 2.



FIGURA 2. Algunos de los inventos realizados por los estudiantes.

Con el propósito de comprender un fenómeno que afectó a todos los estudiantes (y a la población en general) se generó la intención de aprender los conceptos e ideas que permitirían generar el producto final y mostrarlo ante los demás miembros de la comunidad escolar. Es decir, todo lo que había que aprender para la construcción del prototipo,

generaba en los estudiantes, la intención de aprenderlo. Cabe destacar así la importancia de “ensayar” una solución al malestar y la falta de recursos ante el apagón eléctrico, en lugar de resolver en sí el problema real.

La conexión de los conceptos e ideas que se estaban estudiando surgió cuando el proyecto ya había comenzado a andar, y se planificaron dos salidas: a la usina de energía eléctrica de la ciudad y a una casa totalmente autosustentable de la ciudad, denominada «La osera». En ambas visitas los docentes acompañaron a sus estudiantes, y mantuvieron la actitud de curiosidad y apertura, promoviendo así en los estudiantes estas actitudes también, puesto que se trata de dos lugares de visita poco común. En la visita a la Usina, todos recibieron una breve charla informativa acerca de la generación eléctrica en Argentina, y su distribución hasta los hogares, y una historia de su creación. También tuvo lugar la seguridad en el hogar, el cuidado del medio ambiente, el uso responsable de la energía y el riesgo eléctrico. Luego los estudiantes cuestionaron acerca de la generación de la electricidad en nuestro país, su distribución, el trabajo de los operarios de la Usina, los costos de producción y distribución, la seguridad en el uso de la electricidad en sus hogares, sobre los cableados subterráneos, sobre las unidades de la corriente eléctrica, etc. El recorrido finalizó con la visita a la sala de máquinas original de la Usina que actualmente no está funcionando, donde los estudiantes y docentes también, hicieron preguntas que fueron también respondidas por el personal.

Luego se realizó la visita a «La Osera de la Sierra» dentro de un espacio sustentable, diseñado y construido con materiales naturales, donde pudieron conocer acerca de la obtención de energía a través del sol y el aprovechamiento eficiente del agua. En ese contexto los estudiantes realizaron numerosas e interesantes preguntas relativas a la generación de electricidad sin depender de la Usina, que fueron respondidas por su diseñador y constructor. La figura 3 muestra fotografías capturaron dos instantes de ambas salidas:



FIGURA 3. Izquierda: Fotografía de los estudiantes y docentes en la usina de electricidad de la ciudad de Tandil. Derecha: los estudiantes conversando con el diseñador y constructor de la casa autosustentable.

El aprender fuera del aula es un aspecto destacado en el ABP. Permite trascender el enseñar como una tarea individual, sectorizada, donde el conocimiento tiene que ser primero apropiado y luego impartido por un docente que lleva a cabo la clase de manera individual. Realizar una ‘salida’ o una ‘visita’ convierte el aprender en un acto colectivo donde docentes (en plural) y estudiantes comparten una vivencia de descubrimiento y aprendizaje (para todos era una experiencia de primera vez en relación con el lugar y sus características). Profesores y alumnos se asombran juntos, escuchan juntos, prestan su atención algo que les es nuevo (y en ese ir juntos, los profesores también enseñan con su hacer, con el testimonio genuino de enfrentarse a algo sobre lo que no son especialistas, que no dominan, que no saben, pero quieren saber). En ese ir a algún lugar, necesariamente se suman otros sectores de la sociedad los que también tienen que trabajar sobre decisiones didácticas que le competen al conjunto (Birgin y Terigi, 1998). En el marco de la propuesta del colegio, buscar lugares donde ir, personas que invitar o visitas a realizar no es una opción, está planteado como imperativo. Lo que se busca es hacer una ida y vuelta entre el adentro y el afuera de lo escolar. Hay un momento que es de ingreso de algo que sucede en ‘la realidad’ (eso que llamamos la construcción del interés común) en que algo que sucede fuera de la escuela ingresa, y es tomado y construido como objeto de enseñanza y de aprendizaje. Pero hay un momento de retorno, de volver a conectar eso que se planificó con el afuera, con el entorno cercano. Algo que destacan los miembros del equipo docente es que este imperativo los obliga a una actitud constante de apertura y búsqueda en la que ante cada proyecto van descubriendo nuevas instituciones, lugares y personalidades de su entorno cercano, de la ciudad.

B. Las vivencias en el proyecto “La fábrica de inventos”

Considerando la importancia de las vivencias de los estudiantes para su propio aprendizaje, en todo el desarrollo del proyecto, los docentes propusieron distintas situaciones conducentes al aprendizaje de conceptos físicos de electricidad y magnetismo junto con las actitudes y saberes deseables de la educación. Recordemos que se trata en este caso

de no reducir la vivencia a los acontecimientos, sino a lo que éstos significan e importan para los estudiantes. El abandono de la clase tradicional, donde prevalece el dictado, o la presentación de información por parte del docente y su posterior copia en las carpetas de los estudiantes fue muy notorio. Así, inicialmente el docente de aula propuso reconocer las implicancias sociales del apagón, más allá de las repercusiones personales. Para ello, se propusieron lecturas de diferentes artículos periodísticos donde se hizo referencia a la causa (fallo en el sistema de interconexión eléctrica) y sus consecuencias (en el tránsito y el transporte, la seguridad, el comercio, en pacientes electrodependientes, etc.). En aula analizaron el recorrido de la energía eléctrica desde donde se genera (centrales eólicas, nucleares, hidroeléctricas, solares) hasta llegar a los usuarios finales, en primer lugar, mediante un mapa que muestra la red SADI (Sistema Argentino de Interconexión Eléctrica), para luego entrar en más detalle y estudiar las diferentes instancias de reducción de voltaje. Como parte de la creación de los prototipos comprendía utilizar recursos naturales renovables para la generación de energía, el docente les propuso a los estudiantes indagar sobre algunos inventos antiguos que conocieran, para comprender los recursos empleados para su funcionamiento, teniendo en cuenta sus mecanismos. Utilizando referencias históricas, se fueron adentrando en los principios fundamentales de los generadores de energía eléctrica, para luego abordar los conceptos de electricidad estática, corriente eléctrica y magnetismo, mediante realización de sencillos experimentos en clase (frotación con globos para notar la electroestática, trabajo con limaduras de hierro e imanes, etc.), y también ejecutando simulaciones (en general obtenidas del conocido sitio web *Phet Colorado*²) que ofrecieron la posibilidad de interpretar aspectos no visibles de estos fenómenos (como la interacción entre cargas eléctricas o las líneas de fuerza en los campos magnéticos), ayudados también con representaciones gráficas.

El momento clave del aprendizaje del concepto de inducción electromagnética se produjo cuando los estudiantes construyeron un dínamo en el aula, a partir del movimiento de una rueda de bicicleta, como se muestra en la fotografía de la figura 4. En este momento fue notorio el entusiasmo de los estudiantes para la construcción y los intentos de explicar su funcionamiento.



FIGURA 4. Los estudiantes generando corriente eléctrica a partir de un dínamo construido con una rueda de bicicleta, en una clase compartida del docente de aula y la profesora de Ciencias de la Computación.

En las últimas semanas del proyecto, el docente retomó algunos aspectos de la representación y su relación con la realidad, dando así la oportunidad de proponer a sus estudiantes nociones relativas a la construcción y propiedades de la circunferencia y del triángulo, siempre en el contexto del problema. También en el momento de formular el texto que acompañaría a las presentaciones de los prototipos inventados, el docente trabajó contenidos relativos a prácticas del lenguaje.

En cuanto al área de Ciencias de la Computación, la profesora propuso trabajar sobre el bloque de los Inventos y la tecnología, diferenciando elementos naturales de artificiales, orientados a componentes electrónicos y eléctricos. En sus clases, realizaron un recorrido por la evolución de la luz, desde la lámpara de tungsteno, hasta los diodos led utilizados en la actualidad. Para abordar algunas nociones básicas de energía eléctrica, la profesora permitió experimentar con circuitos con corriente continua y algunos componentes electrónicos básicos, ofreció un voltímetro para realizar mediciones de diferencia de potencial de baterías. Si bien no es posible registrar la curiosidad y el entusiasmo que se nota en los estudiantes ante el desafío de realizar las conexiones y corroborar sus hipótesis, este no es un aspecto menor del desarrollo del proyecto. Esto permitió a los estudiantes hipotetizar resultados, realizar cálculos aproximados con la unidad de medida de la diferencia de potencial, y comprobarlos experimentalmente. En diálogo con el docente de clases, y en conocimiento de la presentación de la producción final que harían los estudiantes, la profesora ofreció el uso de software para la creación de presentaciones, que les permitió elaborar las diapositivas utilizadas en la presentación final del proyecto ante el auditorio. La figura 5 captura momentos del trabajo de los estudiantes.

²<https://phet.colorado.edu/es/simulation/balloons> y <https://phet.colorado.edu/es/simulation/faradays-law>



FIGURA 5. Fotografías de los estudiantes manipulando fuentes de corriente continua, lámparas led y sus respectivas representaciones en sus cuadernos.

Sintetizamos los conceptos abordados en las distintas situaciones en la tabla I.

Tabla I: Situaciones vivenciadas por los estudiantes y conceptos físicos involucrados.

Situación y vivencia de aprendizaje	Conceptos físicos trabajados
Rodar la rueda de bicicleta y encender la luz	Dínamo
Encender luz led con circuitos	Corriente, diferencia de potencial, fuentes de corriente continua, materiales conductores (cables) conexiones en serie y en paralelo.
Salida a “La Usina”	Transformaciones de energía eléctrica: de energía mecánica a energía eléctrica
Salida a “La Osera”	Transformaciones de energía: de energía solar a energía eléctrica, materiales conductores y aislantes.
Diseño y construcción de los prototipos	Representación en un esquema, bobina eléctrica, imanes, corriente continua, energía mecánica, energía lumínica, transformaciones de energía

Finalmente queremos hacer notar cómo el concepto de vivencia, en tanto que permite a los estudiantes hacer la situación como suya, lleva a que los estudiantes dejen de actuar como meros receptores de los conceptos físicos de electricidad y magnetismo para ser constructores de esos saberes en su aspecto más noble: asignando un sentido a lo aprendido. Es decir que los estudiantes puedan construir esos conceptos y el convencimiento de su sentido, de su utilidad, por supuesto un sentido acorde a su edad y que naturalmente con el tiempo irá modificándose.

V. CONCLUSIONES

Este trabajo indagó acerca de las acciones, producciones y conceptos básicos de electricidad y magnetismo que tuvieron lugar en el trabajo por proyectos. A partir de las preguntas que realizaron los estudiantes tanto dentro y fuera del aula, como por la co-construcción de ese interés común, es posible la entrada al aula de conceptos complejos como corriente eléctrica e inducción electromagnética, en chicas y chicos de 9 años, direccionados por la búsqueda generación de electricidad por medios no convencionales. Es destacable que aparejado al aprendizaje de conceptos estuvo la puesta en escena de las actitudes de los estudiantes y docentes, que permitieron el ambiente de trabajo por proyectos: el aprendizaje de la escucha, de la espera, y la autoconfianza de los estudiantes, tanto dentro como fuera del aula. Esto es muy valorable, ya que consideramos que estas actitudes de intencionalidad del aprendizaje y de predisposición para las vivencias de las situaciones presentadas, que las sientan como propias, constituyen la base para la construcción de los conceptos físicos que se quiere que los estudiantes aprendan. Una construcción con sentido, es decir con razón de ser, con un sentido que es distinto al sentido de origen, la Física en este caso.

A partir de la inmersión en el campo realizada es posible concluir que el protagonismo de los estudiantes tuvo lugar en la mayoría de los momentos, puesto que ellos plantearon las preguntas, las temáticas, la escucha. Sin embargo, queremos destacar que este protagonismo es co-dependiente del accionar de los docentes, quienes, sostuvieron actitudes de apertura al diálogo y a la mirada de sus pares, de sus estudiantes y de otros actores de la enseñanza, que no siempre se encuentran dentro de la escuela.

El hecho que los docentes formen un equipo de trabajo, y que cuenten tanto con el espacio como con el tiempo para plantear ideas, dudas, y recibir el apoyo de la institución fue lo que permitió que el proyecto se logre llevar

adelante. Los docentes como equipo y apoyados en (y en conjunto con) la institución donde trabajan son quienes tienen entre sus manos la posibilidad de realizar la innovación en su cotidiano, la que no es ocasional, ni para unos pocos estudiantes. El gran desafío es encontrar la forma de fomentar esta comunicación y acentuar el mecanismo de trabajo docente en equipo. A partir del conocimiento generado en este trabajo, la investigación planea continuar proponiendo a los docentes en formación, vivenciar situaciones de ABP (de construcción de intereses comunes, de planificación colectiva, de exploración del entorno, de trabajo interdisciplinar) desde la propia formación, y a partir de la reflexión y reformulación de estas vivencias, que puedan en forma paulatina, incorporar las innovaciones tan necesarias en la escuela de hoy.

AGRADECIMIENTOS

Proyecto 03- PIO-25C - SECAT-UNCPBA en el marco del *Programa de Fortalecimiento de la Ciencia y Tecnología en Universidades Nacionales* de la Secretaría de Políticas Universitarias, y al (CONICET) Argentina.

REFERENCIAS

Almudí, J. M., Zuza, K. y Guisasola, J. (2016). Aprendizaje de la teoría de inducción electromagnética en cursos universitarios de física general. Una enseñanza por resolución guiada de problemas. *Enseñanza de las Ciencias*, 34(2), 7-24.

Anijovich, R. y Mora, S. (2009). *Estrategias de enseñanza. Otra mirada del quehacer en el aula*. Buenos Aires: Aique.

Birgin, A. y Terigi, F. (1998). Proyectos escolares y formación docente: Una nueva oportunidad para pensar viejos problemas. *Pensamiento Educativo*, 23, 165-188

Carbonell J. (2014). *La aventura de innovar, El cambio en la escuela*. Madrid: Morata.

Carbonell J. (2015). *Pedagogías del siglo XXI, alternativas para la innovación educativa*. Barcelona: Octaedro.

Contreras Domingo, J. y Pérez de Lara, N. (Comps.) (2013). *Investigar la experiencia educativa*. Madrid: Morata

De la Fuente, M. (2012). Aprendizaje por proyectos en Educación Infantil. *Revista digital para profesionales de la enseñanza*, 19, 1-6.

Dirección General de Cultura y Educación para la Educación Primaria (2018). *Diseño Curricular para la Provincia de Buenos Aires*.

Fanaro, M., Suasnábarr, J. y Elgue, M. (2020). Apagón eléctrico y aprendizaje por proyectos en una escuela primaria Argentina. *Revista Alteridad* (en evaluación).

Giroux, H. (1990). *Los profesores como intelectuales*. Barcelona: Paidós y MEC.

Gómez Galindo, A. y Quintanilla Gatica, M. (2015). *La enseñanza de las ciencias naturales basada en proyectos*. Chile: CONICYT-CONACYT. Recuperado de <https://laboratoriogrecia.cl/wp-content/uploads/2015/12/CS-Nats-y-Trabajo-por-Proyectos-Version-digital.pdf>

Hernández, F. (2002). Los proyectos de trabajo. Mapa para navegantes en mares de incertidumbre. *Cuadernos de Pedagogía*, 310.

Inorreta, Y, Montero, M, Braunmüller M, Bravo, B, Bouciguez, M. J., Sequeira, A. (2017). Los circuitos eléctricos. Una propuesta de enseñanza mediada por TIC. *II Congreso Regional en Enseñanza de las Ciencias de la Naturaleza I Congreso Nacional en Enseñanza de las Ciencias de la Naturaleza y la Matemática*. "Las Ciencias de la Naturaleza y la Matemática en el aula, nuevos desafíos y paradigmas".

Larrosa J. (2006). Sobre la Experiencia. *Aloma: revista de psicología, ciències de l'educació i de l'esport Blanquerna*, 19, 87-112.

- Larrosa J. (2018). *P de profesor*. Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Centro de publicaciones Educativas y material didáctico.
- Masferrer, F. y Baqueró, M. (2014). *8 ideas Clave. Los proyectos interdisciplinarios*. Barcelona: GRAÓ
- Meneses Villagrà, J. y Caballero Sahelices, C. (1995). Secuencia de enseñanza sobre el electricidad y magnetismo *Enseñanza de las ciencias*. 13(1), 36-45.
- Mioduser, D., Betzer, N. (2007). The contribution of project-based learning to high achievers' acquisition of technological knowledge. *International Journal of Technology and Design Education*, 18, 59-77.
- Perrenoud, P. (2004). Aprender en la escuela a través de proyectos: ¿por qué?, ¿cómo? *Revista de Tecnología Educativa*, 14(3), 311-32.
- Rodríguez Sandoval, E., Cortés-Rodríguez, M. (2010). Evaluación de la estrategia pedagógica "aprendizaje basado en proyectos": percepción de los estudiantes. *Avaliação*, 15(1), 143-158.
- Sierra Nieto, J. E., & Blanco García, N. (2017). El aprendizaje de la escucha en la investigación educativa. *Qualitative Research in Education*, 6(3), 303-326. <http://dx.doi.org/10.17583/qre.2017.2783>
- Terigi, F. (2006). La enseñanza como práctica política. *Diálogos Pedagógicos*, IV(7).
- Vergara, J. (2016). *Aprendo porque quiero. El aprendizaje basado en proyectos paso a paso*. Madrid: SM.
- Zuza, K., Almodí, J. M. y Guisasola, J. (2012). Revisión de la investigación acerca de las ideas de los estudiantes sobre la interpretación de los fenómenos de inducción electromagnética. *Enseñanza de las Ciencias*, 30(2), 175-196.