



Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de
las Ciencias
ISSN: 1697-011X
revista.eureka@uca.es
Universidad de Cádiz
España

Implicación productiva en la disciplina sobre circuitos eléctricos utilizando Investigación Basada en el Diseño

Velasco, Nicolás; Buteler, Laura

Implicación productiva en la disciplina sobre circuitos eléctricos utilizando Investigación Basada en el Diseño
Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias, vol. 20, núm. 2, 2023
Universidad de Cádiz, España
Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=92073956014>
DOI: https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2023.v20.i2.2802

Implicación productiva en la disciplina sobre circuitos eléctricos utilizando Investigación Basada en el Diseño

Productive Disciplinary Engagement about electric circuits using Design-Based Research

Nicolás Velasco

*Facultad de Matemática, Astronomía, Física y
Computación, Universidad Nacional de Córdoba,
Argentina*

nicolas.velasco@unc.edu.ar

 <https://orcid.org/0000-0002-2364-9764>

DOI: https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2023.v20.i2.2802

Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2023.v20.i2.2802

Redalyc: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=92073956014>

Laura Buteler

*Facultad de Matemática, Astronomía, Física y
Computación, Universidad Nacional de Córdoba. Instituto
de Física Enrique Gaviola, FAMAF - CONICET,
Córdoba, Argentina*

laura.buteler@unc.edu.ar

 <https://orcid.org/0000-0001-8597-045X>

Recepción: 19 Julio 2022

Revisado: 12 Diciembre 2022

Aprobación: 12 Febrero 2023

RESUMEN:

Investigadores y profesionales de la educación coinciden en que la investigación educativa a menudo está desvinculada de los problemas y cuestiones de la práctica diaria: lo que crea la necesidad de nuevos enfoques de investigación que hablen directamente de los problemas de la práctica y que conduzcan al desarrollo de "conocimientos utilizables". Como consecuencia de este desvinculamiento entre la práctica y los resultados de investigación, las clases de Física de Argentina raramente presentan oportunidades para que los estudiantes logren implicarse productivamente en la disciplina. En el presente trabajo se han recuperado resultados de investigación en Didáctica de las Ciencias para diseñar una clase introductoria a circuitos eléctricos para nivel secundario. La metodología utilizada es la Investigación Basada en el Diseño. La clase diseñada es implementada en 2 grupos de 15 estudiantes de 14 años. El referente teórico para valorar el aprendizaje durante la intervención es el planteado por Engle y Conant en 2002, denominado Implicación Productiva Disciplinaria (IPD). Los resultados muestran que, 1) los estudiantes se implican productivamente en la disciplina cuando trabajan con actividades diseñadas en base a los lineamientos dados por Eagle y Conant en 2002 y que 2) la presencia en la clase de un estudiante poseedor del conocimiento correcto sobre el tópico abordado, puede interferir en la distribución de la autoridad entre los participantes de la clase y por ende en el grado de IPD alcanzado por todos los estudiantes.

PALABRAS CLAVE: Investigación basada en el diseño, Implicación productiva disciplinaria, Enseñanza de circuitos eléctricos.

ABSTRACT:

Researchers and education professionals agree that educational research is often disconnected from the problems and issues of everyday practice: a division that creates the need for new research approaches that speak directly to the problems of practice and that lead to the development of "usable knowledge". As a consequence of this disconnection between practice and research results, physics classes in Argentina rarely present opportunities for students to get productively engagement in the discipline. In this paper, some results of previous research have been selected for designing an introductory class to electrical circuits for high school. The methodology used is Design-Based Research. The designed class is implemented in 2 groups of 15 students aged 14. In class, the effectiveness of learning is analyzed from the considerations raised by Engle and Conant in 2002, to account for Productive Disciplinary Engagement (PDE). The results show that 1) students engage productively in a disciplinary manner when working with activities designed based on Engle and Conant's 2002 guidelines and, 2) the presence in the class of a student possessing

the correct knowledge on the subject addressed, can interfere in the distribution of authority among the class participants and therefore in the degree of PDE reached by all students.

KEYWORDS: Design-based research, Productive disciplinary engagement, Teaching electrical circuits.

INTRODUCCIÓN

La investigación ha señalado indiscutiblemente una crisis mundial en la educación científica: los estudiantes escolares perciben la ciencia como “irrelevante” o no la consideran de interés (Osborne y Dillon, 2008; Polino, 2012). Una de las consecuencias no deseadas de esto es la disminución del interés de los estudiantes por seguir carreras relacionadas con la ciencia y la tecnología (Azar y Salvetti, 2018; Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico [OCDE], 2019). La falta de interés, e incluso rechazo hacia el estudio de las ciencias, asociado al fracaso escolar de un elevado porcentaje de estudiantes, constituye un problema que no es nuevo, pero aún persiste, y que reviste una especial gravedad, tanto en Latinoamérica como en el resto del mundo (Aráoz y Sztrajman, 2014; Fensham, 2004; Sbarbati Nudelman, 2017; Sefton-Green, 2013; Solbes, 2011). Esto es un problema que sigue mereciendo una atención prioritaria y sobre el que es absolutamente preciso actuar para superar dicho rechazo tal como se ha señalado en la Conferencia Mundial sobre la Ciencia para el siglo XXI, auspiciada por la UNESCO y el Consejo Internacional para la Ciencia: “para que un país esté en condiciones de atender a las necesidades fundamentales de su población, la enseñanza de las ciencias y la tecnología es un imperativo estratégico” (Declaración de Budapest, 1999).

Una dimensión de este problema está vinculada a que las clases de ciencia raramente presentan oportunidades para que los estudiantes logren implicarse en el aprendizaje de la disciplina. Recurrentes investigaciones en Argentina y en el resto del mundo, muestran que la enseñanza habitual de la ciencia en general y de la Física en particular, es superficial y basada en la resolución algorítmica de problemas (Benegas *et al.*, 2009; Guisasola *et al.*, 2011; Leonard *et al.*, 2002). Además, los estudiantes de secundaria en Argentina perciben que la dificultad en el aprendizaje de la Física se agrava con el tiempo, a la vez que disminuye el interés por ella y su implicación en las actividades necesarias para su adecuado aprendizaje (González y Paoloni, 2015; Morales *et al.*, 2015).

En las últimas décadas, la calidad de la educación secundaria en Argentina ha disminuido notablemente. Los resultados obtenidos en las pruebas PISA revelaron que un 56% de los alumnos argentinos de 15 años no poseen una comprensión lectora competente ni las habilidades mínimas en temas de matemática y de ciencias. Desde la prueba PISA 2000 no hemos avanzado en matemática, ciencias y lectura (Guadagni y Boero, 2015; Sbarbati Nudelman, 2017). Los resultados de las pruebas estandarizadas nacionales de los últimos años, no muestran que la problemática se esté resolviendo, sino que evidencia una profundización de los bajos desempeños de los estudiantes en ciencias (Ministerio de Educación de la Nación, 2019).

Entendemos que una arista de esta problemática es la escasa implementación de los resultados de las investigaciones en Didáctica de la Física en las aulas argentinas y del mundo. Numerosas investigaciones muestran que la investigación didáctica tiene poco impacto sobre la práctica educativa dado que sus resultados no se incorporan a esta (Solbes *et al.*, 2018). Es posible afirmar que existe una brecha entre las aportaciones que realiza la investigación en Didáctica de las Ciencias y la enseñanza que realiza el profesorado. Esta distancia entre los resultados de investigación y la práctica crea la necesidad de implementar enfoques de investigación que hablen directamente de los problemas de la práctica y que conduzcan al desarrollo de conocimientos utilizables (Lagemann y Shulman, 1999). La Investigación Basada en el Diseño (IBD) es un paradigma para el estudio del aprendizaje en contexto a través del diseño y estudio sistemático de estrategias de instrucción (Collins, 1992). Los objetivos centrales de la IBD son crear entornos productivos de aprendizaje y desarrollar teorías entrelazadas con el contexto. Para ello el desarrollo de la investigación tiene lugar en entornos auténticos de enseñanza a través de ciclos continuos de diseño, implementación, análisis, y rediseño (Cobb *et al.*, 2003; Collins, 1992).

OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

A partir de la problemática descrita, surge este trabajo que tiene como objetivo diseñar, en base a resultados de investigación, una propuesta de intervención para un curso de 15 estudiantes del tercer año de la escuela secundaria argentina, que permita 1) generar un entorno de enseñanza-aprendizaje en el que los estudiantes logren implicarse productivamente en el aprendizaje de la disciplina; y 2) generar oportunidades de análisis, en contexto de aula, que permitan retroalimentar la teoría base utilizada para el diseño de instrucción. La clase diseñada en la propuesta es introductoria al tema circuitos eléctricos y se desarrolla en el mes de marzo de 2021 en el contexto de la pandemia provocada por el SARS-CoV-2.

PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

Las preguntas que guían la presente investigación, contextualizada en el diseño basado en resultados de investigación, son:

1. ¿Qué consideraciones de diseño surgen del análisis de la implementación en el aula?
2. ¿Cómo es la implicación de los estudiantes en el aprendizaje sobre circuitos eléctricos?
3. ¿Qué refinamientos teóricos surgen del análisis de la implementación en el aula?

MARCO TEÓRICO

El constructivismo social como modelo pedagógico, según Vygotsky y Cole (1978), considera que el desarrollo humano es un proceso de crecimiento cultural, siendo la actividad del hombre el motor de dicho proceso. Para ellos, el proceso de formación de las funciones psicológicas superiores, se dará a través de la actividad práctica e instrumental, pero no a nivel individual, sino en la interacción o cooperación social.

Los beneficios de la interacción dialógica entre estudiantes están bien documentados. Estas interacciones permiten a los estudiantes apropiarse de las estrategias discursivas y puntos de vista de sus pares (Reznitskaya y Gregory, 2013). Los estudiantes a medida que se basan en las ideas de los demás, construyen nuevos entendimientos más complejos que los que tenían al principio (Herrenkohl *et al.*, 1999). Sin embargo, muchos profesores no fomentan el diálogo entre los estudiantes (Howe y Abedin, 2013). Esto atenta contra los objetivos educativos actuales que fomentan entornos de aprendizaje en los que los estudiantes estén genuinamente comprometidos en un trabajo disciplinario productivo.

Si bien crear entornos de Implicación Productiva en la Disciplina (IPD) puede ser una tarea ardua, Engle y Conant (2002) ofrecen, desde una visión socio-constructivista del aprendizaje, una definición de implicación productiva en la disciplina y delinean en su trabajo algunas sugerencias para fomentarlo, que son expuestas en la sección aspectos metodológico. Según estos autores, para aprender simultáneamente de Física y sobre la Física simultáneamente es necesario que:

- a) Los estudiantes estén *implicados*. Esto se observa cuando: una gran mayoría participa en la clase para hacer contribuciones sustantivas al tópico bajo discusión, cuando esas contribuciones se realizan coordinadamente entre ellos, cuando están atentos unos a otros haciendo contacto visual y preparados para participar, cuando los estudiantes se apasionan mostrando sus emociones, y cuando los estudiantes espontáneamente vuelven a implicarse en el tópico y continúan implicados por un largo período de tiempo.
- b) Los estudiantes estén *implicados disciplinariamente*. Esto ocurre cuando a lo anterior se suma que lo que ellos hacen y dicen es consistente con el tema disciplinar que se está trabajando.
- c) Los estudiantes estén *implicados disciplinariamente* de manera *productiva*, denotando, además, progreso intelectual. Esto se cristaliza cuando los argumentos son cada vez más sofisticados, cuando de las discusiones

surgen nuevas e importantes preguntas, cuando reconocen una confusión, cuando hacen nuevas conexiones entre ideas ya existentes, o cuando logran una estructura que los lleva a la meta.

ASPECTOS METODOLÓGICOS Y TIPO DE INVESTIGACIÓN

A continuación, se presenta el encuadre metodológico de la investigación desarrollada. En primera instancia se exponen el contexto en el cual se desarrolla la investigación y la manera en la cual se recolectaron los datos. Posteriormente se describe brevemente la metodología de la IBD y cómo se concreta en el caso particular de esta investigación.

Participantes y contexto de toma de datos

La investigación se llevó adelante en una escuela secundaria, ubicada en la ciudad de Carlos Paz, Córdoba (Argentina). Se trabajó en dos grupos de 15 estudiantes de 14 años de edad. El diseño se orienta a una clase de 80 minutos introductoria al tópico circuitos eléctricos en el espacio curricular de Física. La propuesta se implementó en primera instancia con un grupo (grupo A), se valoró, se realizaron ajustes y se implementó nuevamente en el segundo grupo (grupo B) con una distancia de tres semanas entre cada implementación.

Recolección de datos

Los datos se obtuvieron a partir de filmaciones de las discusiones en las clases y de las respuestas escritas de los estudiantes a las tareas propuestas por el docente. La decisión de videografiar las clases se basó en la consideración de que las acciones que suceden al interior del aula son complejas y cambiantes, por lo que la extracción de información se hace compleja y desde el análisis del investigador se puede entender con detalle lo que allí sucedía (Halldén *et al.*, 2007).

Investigación Basada en el Diseño

La IBD es una metodología de investigación de carácter intervencionista, que implica el diseño, implementación y evaluación de Secuencias de Enseñanza-Aprendizaje (SEA) (Kortland y Klaassen 2010). En este artículo, al igual que en el trabajo de Guisasola *et al.* (2021), tomamos la definición de SEA de Meheut y Psillos (2004). En su trabajo los autores consideran que: “Una SEA es tanto una actividad de investigación intervencionista como un producto, un paquete de unidad curricular tradicional, que incluye actividades de enseñanza-aprendizaje bien investigadas adaptado empíricamente al razonamiento de los estudiantes.” (p. 516). Los aspectos más relevantes de la IBD que la distingue de otras metodologías de investigación son:

a) La IBD, en su aplicación a la investigación educativa, busca generar conocimiento sobre la naturaleza y las condiciones de aprendizaje mediante el diseño y desarrollo de propuestas educativas en el entorno del aula. Implica la caracterización de situaciones y el desarrollo de teorías de intervención en el aula que caracterizan el diseño en la práctica (Bell, 2004; Barab y Squire 2004).

b) La IBD incluye necesariamente el diseño, la implementación y la evaluación de una SEA. Se trata pues de investigaciones de carácter intervencionista que generan nuevo conocimiento didáctico (McKenney y Reeves, 2018).

c) La IBD no sólo busca mejorar aquello que “funciona” en la implementación de una secuencia, sino también desarrollar teorías de intervención en el aula y sugerencias sobre cómo adaptarse a nuevas circunstancias.

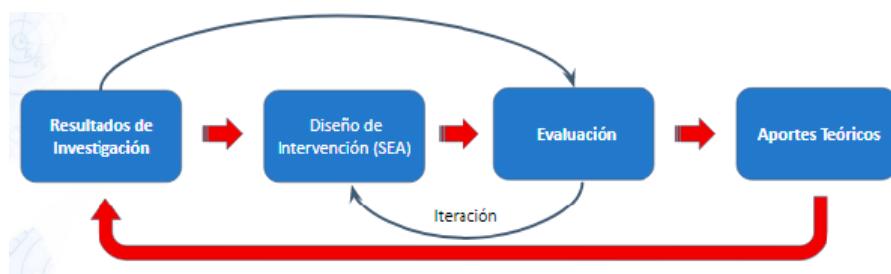


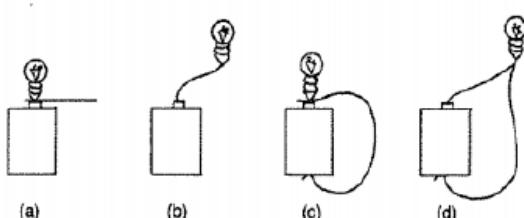
FIGURA 1
Diagrama de la metodología de la Investigación Basada en el Diseño

En este trabajo se plantean dos etapas de acción, una previa a la primera implementación que consiste en: a) Recabar resultados de investigación que sustentan el diseño (sobre cuáles son las ideas previas de los estudiantes y las estrategias de enseñanza para abordar el contenido); y b1) Diseñar e implementar la propuesta. b2) En una fase posterior a la primera implementación las actividades son: evaluar la propuesta, rediseñar e iterar la implementación con su respectiva evaluación. Las consideraciones emergentes de la evaluación de la propuesta son expuestas en la sección Resultados

Resultados de investigación que sustentan el diseño

a) Sobre las ideas previas en circuitos simples

La electricidad constituye un tema difícil para que los estudiantes aprendan (Guisasola *et al.*, 2008). Para comenzar a trabajar sobre circuitos eléctricos es necesario disponer de un circuito cerrado. Es por ello que en la primera clase de la unidad se aborda las preconcepciones de los estudiantes alrededor de los distintos modelos de circuitos eléctricos. Algunos modelos están documentados por Driver *et al.* (1985) y otras investigaciones reportan haber encontrado modelos alternativos similares en los estudiantes (Periago y Bohigas Janoher, 2005; Webb, 1992). Se presentan a continuación los modelos documentados por Driver *et al.* (1985):



FIGURAS 2A, 2B, 2C, 2D
Modelos alternativos sobre circuitos eléctricos reportados por R. Driver *et al.* (1985)

Las investigaciones han puesto de manifiesto que muchos estudiantes de los últimos cursos de secundaria al tratar de construir un circuito eléctrico de manera semejante a las mostradas en la figura 2, asumen como si la lámpara fuese un terminal del circuito (Driver *et al.*, 1985).

En el modelo unipolar (figura 2a y 2b) no hay corriente en el cable de retorno. Sólo se considera activo un terminal de la pila. Algunos alumnos piensan que solo sería suficiente un cable, mientras otros consideran necesario el cable de retorno, aunque se trataría de un enlace pasivo.

En el modelo de choque de corrientes (figura 2c y 2d), la misma fluye desde ambos polos de la batería hacia la lámpara, produciendo una colisión de las corrientes. Esta colisión sería la causa del encendido de la

bombilla. Se desconocen la existencia de dos terminales en la lámpara y tampoco se considera el retorno de la corriente por alguno de los cables.

b) Sobre las estrategias de enseñanza

Como mencionamos al principio de este trabajo, para lograr que los estudiantes se impliquen productivamente en la disciplina (IPD) Engle y Conant (2002) delinean algunas estrategias para fomentarlo. Ellas son:

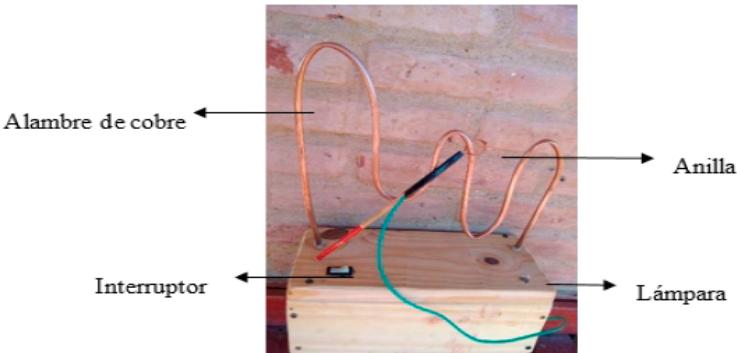
- Problematización de los contenidos.
- Que la autoridad esté distribuida en los estudiantes, esto consiste en que los estudiantes tienen un papel activo en la definición, el tratamiento y la resolución de problemas.
- Mantener a los estudiantes atentos unos a otros respetando las normas de la clase y de la física.
- Proveer recursos relevantes.

Fase de diseño

La fase de diseño conecta explícitamente los resultados de investigación elegidos en consonancia con el marco teórico, con el diseño de la intervención educativa en relación a los objetivos de enseñanza.

El diseño curricular prevé que los estudiantes a lo largo de su formación puedan interpretar circuitos eléctricos sencillos de corriente alterna y continua. Para lograr ese objetivo es necesario que los estudiantes conciban los elementos básicos que componen un circuito eléctrico. En esta propuesta se pretende lograr que los estudiantes reconozcan que un circuito eléctrico debe ser cerrado, uniendo ambos polos de la batería. En la Tabla 1 se expone el diseño de la SEA mostrando los objetivos de enseñanza, los resultados de investigaciones que sustentan la propuesta y cómo éstos se materializan en la misma.

TABLA 1
Diseño de la SEA en base a los resultados de investigación elegidos el contexto educativo y el objetivo de aprendizaje

Contexto educativo y objetivo de aprendizaje	Resultados de Investigaciones	
	Ideas previas	Estrategias de enseñanza
* 15 estudiantes de 14 años. * Que los estudiantes puedan reconocer los elementos intervinientes en un circuito eléctrico, que debe ser cerrado y uniendo ambos polos de la batería	*Modelo Unipolar *Modelo Choques de Corriente	*Problematizar el contenido *Distribuir la autoridad en los estudiantes *Mantener a los estudiantes atentos unos a otros respetando las normas disciplinares y de la física *Proveer recursos relevantes
Actividades e indicaciones para el docente		
<p>La primera actividad tiene como intención <i>explicar las ideas previas</i> en torno a los componentes de un circuito eléctrico. Para ello se les entrega a los estudiantes una copia con la siguiente actividad.</p> <p>Actividad 1: Selecciona el o los circuitos en donde se encienda la lámpara. Argumenta tu elección</p>		
<p>a b c d e</p> 		
Figura 3: Imagen de la primera actividad		
<p>Una vez recabada esta información, y sin compartir la respuesta, se propone la siguiente actividad a fin de <i>problematizar el contenido</i> a trabajar partiendo desde una actividad lúdica, poner en tensión las hipótesis descritas en la actividad número uno, y fomentar el debate hacia el conocimiento científico. Se divide a la clase en pequeños grupos, utilizando un dispositivo como el de la figura 4 como <i>recurso relevante</i>, un estudiante representante del grupo debe lograr trasladar la anilla del mismo de un extremo al otro sin que toque el alambre central. En caso de haber contacto, se encenderá una luz en el dispositivo indicando que ha fallado.</p>		
		
Figura 4: Dispositivo utilizado en la actividad		
<p>Después de que los distintos grupos intenten completar el desafío, se les entrega a los estudiantes las preguntas expuestas a continuación:</p>		
<p>Actividad 2:</p> <ol style="list-style-type: none"> Por qué se enciende la luz al tocar la anilla con el alambre? Existe una fuente de energía? Dónde se encuentra? Realice un esquema de las conexiones y/o lo que ocurre cuando se enciende la lámpara 		
<p>Una vez que cada estudiante resuelve la actividad 2 de forma individual, se procede a debatir a partir de las respuestas a las preguntas de la actividad, primero en pequeños grupos de dos o tres estudiantes y luego con toda la clase. En este momento se tiende a <i>distribuir la autoridad a los estudiantes</i> al propiciar la participación de todos, orquestando el discurso utilizando el <i>revoicing</i> (O'Connor y Michaels, 1996), que consiste en repreguntar a la clase la pregunta de un estudiante en particular. Esto busca que los estudiantes estén <i>atentos unos a otros respetando las normas de la clase y de la disciplina</i>.</p>		

RESULTADOS: ANÁLISIS DE LAS IMPLEMENTACIONES DE LA SEA

La IBD subraya la necesidad de que se incluyan instancias de evaluación que hagan explícitos los diferentes aspectos de la evaluación de la SEA (Nieveen, 2009). Tomando como referencia a Guisasola *et al.* (2021), proponemos un análisis retrospectivo de la implementación de la SEA considerando dos dimensiones: el análisis de la calidad de la secuencia y el análisis de los resultados del aprendizaje.

Análisis de la calidad de la SEA, ideas previas relevadas e implicaciones para la siguiente implementación

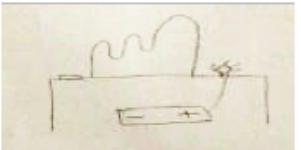
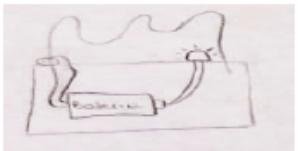
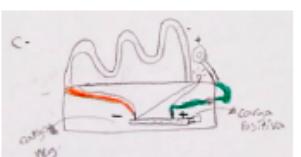
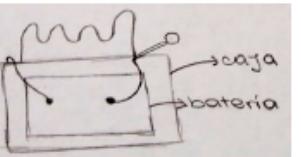
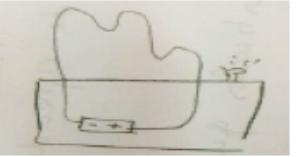
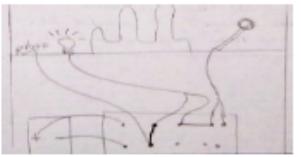
Para el análisis de la calidad de la secuencia se consideraron: 1) los problemas relacionados con la claridad de las actividades que deben realizar los estudiantes; 2) los problemas relacionados con el tiempo necesario para completar la secuencia; y 3) los problemas imprevistos inherentes al escribir una nueva secuencia con contenido innovador.

(1) No se evidenciaron en la primera implementación inconvenientes con la claridad de las consignas para su resolución. (2) Si bien no hubo grandes dificultades en relación al tiempo destinado para desarrollar las actividades, se considera conveniente destinar más tiempo para el debate del punto c) de la actividad 2 dado lo productivo del intercambio entre los estudiantes. Por último, (3) surgieron inconvenientes imprevistos con la actividad 1, que pretendía recabar las preconcepciones de los estudiantes sobre modelos de configuración de circuitos eléctricos.

La actividad 1 no presentó un verdadero problema para los estudiantes y no ayudó a que emerjan las preconcepciones en este curso. Todos los estudiantes que participaron de la primera implementación seleccionaron la opción correcta. Sin embargo, la actividad 2c) arrojó diferentes modelos presentes en los estudiantes (tabla 2 y figura 5).

TABLA 2

Modelos sobre el circuito eléctrico del dispositivo propuestos por los estudiantes en la actividad 2c)

Modelo Unipolar 1	En este modelo sólo un cable parte de un polo de la batería y se conecta a la lámpara.	
Modelo Unipolar 2	En este modelo, si bien tiene dos cables que arriban a la lámpara, estos cables están conectados al mismo polo de la batería.	
Modelo de dos polos incorrecto	En este modelo llegan dos cables a la bombilla; pero el encendido de la lámpara es independiente de la interacción entre la anilla y el alambre de cobre.	
Modelo de dos polos correcto	En este caso a la lámpara le llegan 2 cables de distinto potencial eléctrico y considera la intervención del alambre de cobre, aunque no resuelve el problema de fondo.	
Modelo Sin Conexión	En este modelo, aunque se conectan cables a la batería, no hay conexiones entre la lámpara y la batería.	
Modelo Placa Arduino	En este modelo interviene una placa electrónica que procesa la información por medio de sensores y resuelve el problema de las conexiones del circuito.	

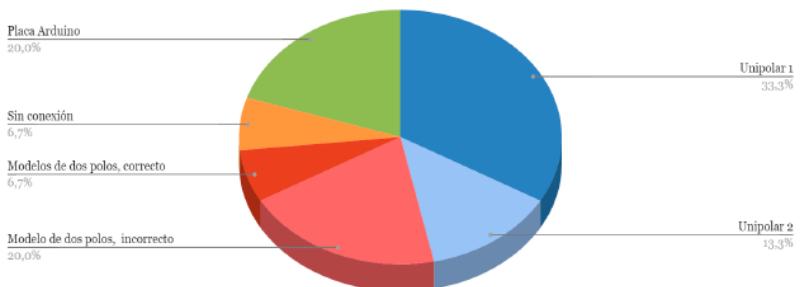


FIGURA 5

Frecuencia de los modelos propuestos por los estudiantes del grupo A en la actividad 2c)

Es por ello que en el rediseño y la segunda implementación de la SEA se quita la actividad 1, ya que la actividad 2c) permite explicitar las ideas previas de los estudiantes.

Análisis de la calidad de la SEA e ideas previas relevadas de la segunda implementación

Para el análisis de la calidad de la segunda implementación se consideraron los mismos ítems que el punto anterior. En relación a ello:

(1) No se evidenciaron en la primera implementación inconvenientes con la claridad de las consignas para su resolución. (2) no hubo grandes dificultades en relación al tiempo destinado para desarrollar las actividades, a pesar de contar con menos minutos en la clase debido a cuestiones de organización escolar. Ya que al sacar la actividad 1 permitió destinar una mayor proporción del tiempo de clase al intercambio entre los estudiantes sobre la actividad 2c)

Como se mencionó en el apartado anterior, la segunda implementación desarrollada con el grupo B, consiste en la misma propuesta pero sin considerar la Actividad 1. Los resultados en relación a las ideas previas recabadas en el segundo grupo coinciden en los modelos expuestos en la Tabla 2. Además, es posible observar que la distribución de la frecuencia de estos modelos es similar a la del grupo A (figura 6). Sólo se observa una mayor prevalencia del modelo que incluye una placa Arduino.

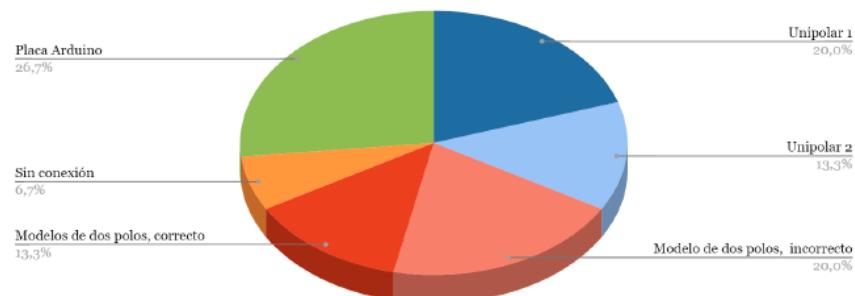


FIGURA 6
Frecuencia de los modelos propuestos por los estudiantes del grupo B en la actividad 2c)

Análisis de los resultados del aprendizaje.

En este trabajo el aprendizaje se interpreta a partir de la propuesta de IPD de Engle y Conant (2002). Este enfoque socio constructivista no permite valorar el aprendizaje que cada estudiante ha logrado individualmente, pero permite analizar en detalle la manera en la cual se produce la construcción colectiva del conocimiento en ambas implementaciones.

Implicación de los estudiantes en las clases 1 y 2

La implicación o involucramiento (este término es la traducción literal de la palabra “engagement”) se puede caracterizar como la participación en tareas académicas y de aprendizaje (Sinatra *et al.*, 2015). Por tanto, una manera de visualizar la implicación de los estudiantes en el proceso de aprendizaje es observar la cantidad de intervenciones que ellos realizan a lo largo del debate sobre el punto c) de la actividad 2. En este trabajo se registran la cantidad de intervenciones realizadas en la clase por parte de los estudiantes. Para ello, se distinguen dos categorías en los tipos de intervenciones de los estudiantes: 1) Propuesta por el docente: aquí el estudiante interviene porque el docente se lo solicita, 2) Espontánea: aquí los estudiantes intervienen espontáneamente pidiendo la palabra o directamente expresando sus ideas sin que el docente le otorgue la palabra. A continuación, se muestran los resultados obtenidos en cada clase (figuras 7 y 8). Se denomina clase 1 a la primera implementación correspondiente al grupo A y clase 2 a la segunda implementación correspondiente al grupo B.

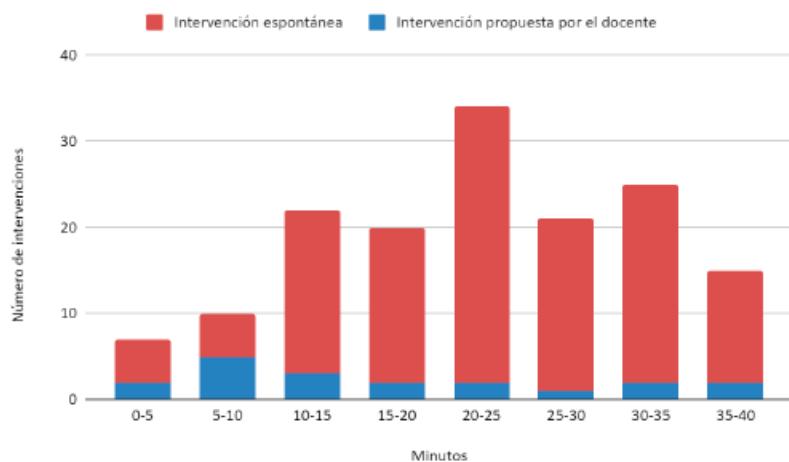


FIGURA 7
Intervenciones de los estudiantes a lo largo del debate de la clase 1

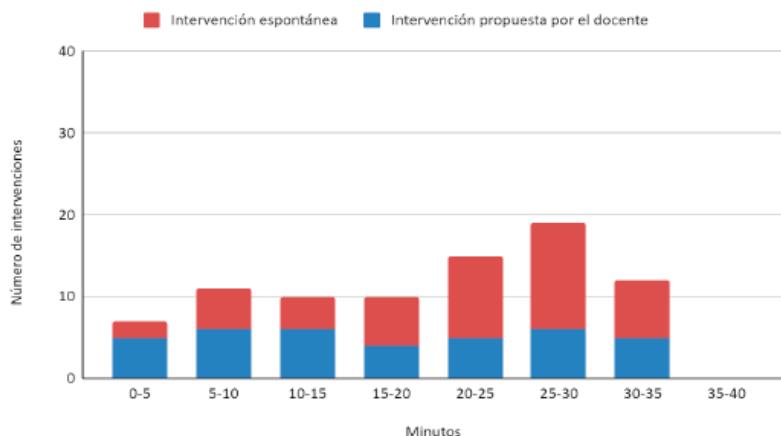


FIGURA 8
Intervenciones de los estudiantes a lo largo del debate de la clase 2

Los gráficos de las figuras 7 y 8, ayudan a comprender cómo se desarrolla el discurso a lo largo de la clase. En la clase 1 se observa un momento inicial (minuto 0 al 10) en el que el docente, para comenzar el debate, interpela a distintos estudiantes para que realicen sus primeros aportes y luego la discusión avanza sin que el docente intervenga intensamente. En la clase 2 las interacciones generadas por el profesor se sostienen a lo largo de la clase, ya que el docente debe invitar constantemente a la participación de los estudiantes porque la discusión no se produce por sí sola. Las clases tuvieron características distintas en relación al tipo de interacción entre los estudiantes. En la clase 1 ninguno de los estudiantes que participó en el debate conocía el modelo correcto y todos propusieron modelos alternativos para el punto 2c), esto provocó que muchos se sintieran habilitados para intervenir, cuestionar y validar los aportes del resto de la clase. En la clase 2, un estudiante conocía el modelo correcto sobre circuito eléctrico, y confronta su modelo con los propuestos por otros estudiantes. Este estudiante goza de un reconocido prestigio académico por lo que el resto de la clase no suele interesarlo. El docente no validó a dicho estudiante y animó a otros participantes de la clase a exponer sus modelos y debatir sobre ellos. Esto último intentó evitar el colapso de las discusiones y promover la implicación de los estudiantes en el debate.

Más allá de las distintas dinámicas, en ambas clases se observa cómo aumenta la cantidad de intervenciones espontáneas de los estudiantes a medida que el debate avanza. Esto último puede ser tomado como un

indicador de implicación. También se puede observar que si bien en ambas clases los estudiantes se implican en el aprendizaje, en la clase 1 se logra una implicación mayor que en la clase 2. Esto podría deberse a que la autoridad en la clase 2, en comparación con la clase 1, se distribuye en menor medida entre los estudiantes por las intervenciones de un estudiante que conoce el tópico, a pesar de los esfuerzos del docente por fomentar la participación colectiva.

Implicación disciplinar

La implicación disciplinar se produce cuando los estudiantes realizan aportes desde lo que saben disciplinariamente. En este caso las aseveraciones de los estudiantes están relacionadas con las ideas previas que tienen sobre el funcionamiento de los circuitos eléctricos. Estas ideas pueden estar más próximas o más alejadas al conocimiento científico, pero forma parte del corpus de conocimiento disciplinar que ellos tienen. A continuación, se muestran algunos extractos del diálogo para dar cuenta que las aportaciones de los estudiantes son disciplinares.

a) Clase 1

Los estudiantes, en una parte del debate, discuten sobre el rol de la anilla de alambre en el circuito. En ese contexto una estudiante dice:

Estudiante A1: “...*esto sería como un control remoto que le falta una pila, y esa pila que le falta es el contacto de la anilla con el cable...*”

Aquí la estudiante hace referencia a una situación cotidiana en la cual es evidente un circuito abierto y cómo un elemento cierra ese circuito. Esta intervención es disciplinar, pues remite a lo que la estudiante conoce sobre circuitos eléctricos, aunque este conocimiento sea de índole doméstico o cotidiano.

En otro pasaje de la discusión, algunos estudiantes argumentaban a favor de un modelo de choques de corrientes

Estudiante A1: “...*viste los controles que son doble pila así, bueno es, la primera batería es positivo negativo y la segunda batería tiene que ser al revés, para que negativo positivo se unan y se transmitan energía para ...*”

Estudiante C1: “...*Para mí en realidad lo que yo tendría que hacer si o si es cambiar los cables de la luz que no sean 2 del mismo lado de la pila, sino que sea 1 que sólo vaya a la pila que sólo le de energía. Para mí lo positivo tendría que ser la anilla y lo negativo tendría que ser del alambre y entonces cuando esos dos se chocan ahí le dan la energía a la luz para que se prenda...*”

Estudiante B1: “...*pero si eso fuese así, te debería dar una patada cuando tocas el alambre de cobre y eso no pasa...*”

Aquí puede interpretarse que los estudiantes recuperan algunas nociones disciplinares como que: 1) existen dos polaridades en los circuitos eléctricos (Estudiantes A1 y C1); 2) en un circuito eléctrico fluye energía por el conductor (Estudiantes A1, B1 y C1);

b) Clase 2

En esta clase en un momento se debate sobre el rol de la anilla en el circuito. En ese contexto dos estudiantes intercambian sus ideas sobre la necesidad de conectar la lámpara al alambre de cobre si uno de los contactos de la lámpara está conectado a la batería, y uno de ellos dice

Estudiante A2: “...*si el alambre de cobre está conectado a la pila y a la lámpara, se cierra el circuito y la lámpara está encendida todo el tiempo. En cambio, si la lámpara está conectada a la anilla, cuando toque el alambre cierra el circuito y de esa forma le llega la energía negativa y positiva...*”

Aquí se observa que el estudiante realiza aportaciones aplicando lo que conoce sobre la disciplina ya que 1) reconoce la necesidad de la existencia de un circuito cerrado, 2) advierte la existencia de una polaridad en la batería y 3) que es necesario conectar ambos bornes a la lámpara. También en otro pasaje de la discusión otro estudiante evidencia esto último al intentar refutar un modelo propuesto por una compañera

Estudiante B2: “...para mi este modelo no encenderá la lámpara, porque le falta conectar el polo negativo...”

En otro momento de la discusión se debate sobre el rol del interruptor en el circuito eléctrico. En ese momento un estudiante aporta:

Estudiante C2 “...el interruptor es el que corta la energía o hace que siga pasando...”

Aquí se tiene otro ejemplo en el cual el aporte es disciplinar, al reconocer el flujo de energía en un circuito.

Se ha mostrado en este apartado ejemplos en dónde las aportaciones de los estudiantes son en base a los que los estudiantes conocen sobre circuitos eléctricos hasta el momento. Como es la primera vez que los estudiantes se enfrentan con este contenido disciplinar, su conocimiento previo está fuertemente vinculado a las aproximaciones cotidianas, pero por ello sus aseveraciones no dejan de ser disciplinares.

Implicación disciplinaria productiva

La productividad de la implicación disciplinaria ocurre cuando las ideas de los estudiantes progresan en dirección al conocimiento científico. La actividad que da pie al debate y evolución de las ideas previas de los estudiantes es la misma en ambas clases. Aunque la forma en la que evolucionaron las ideas de los estudiantes fueron distintas, en ambos casos se llegó al modelo canónico, cumpliendo con el objetivo propuesto en la SEA. En lo que sigue se muestra la manera en la que las ideas de los modelos propuestos por los estudiantes progresaron.

A) Clase 1

El debate comienza cuando el docente solicita a tres estudiantes que esquematicen en la pizarra su modelo para el circuito eléctrico del dispositivo. Los estudiantes proponen tres modelos para el circuito del dispositivo, todos tienen una placa Arduino que resuelve la conectividad ya que la misma “lee la señal que le envía la anilla”. Dos de los modelos tienen una batería como fuente de energía (figura 9b y 9c) mientras que en otro modelo la placa carece de fuente de energía (figura 9a).

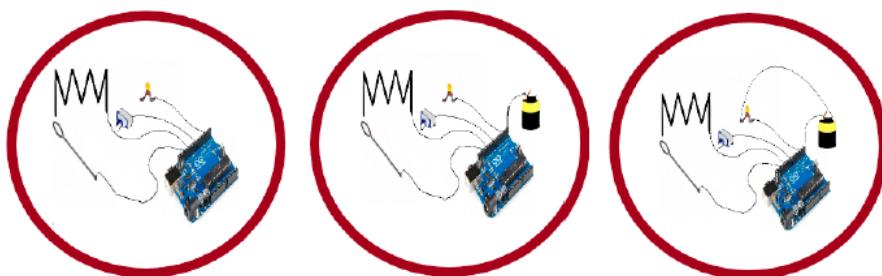


FIGURA 9A, 9B Y 9C
Modelos iniciales propuestos por los estudiantes clase 1

Una vez presentados los modelos, el docente pregunta ¿Cómo la placa sabe que debe encenderse cuando la anilla toca el alambre de cobre? Algunos estudiantes dicen que debe existir un sensor, pero una de las estudiantes propone un nuevo modelo sin la placa existente, y argumenta que funciona de manera análoga a la de un control remoto con y sin pila. Con el correr del debate la idea de que es necesario una placa Arduino para encender la lámpara pierde fuerza.

Los estudiantes deciden avanzar analizando un modelo que prescinda de la placa Arduino. El modelo propuesto se presenta en la figura 10a, es un modelo unipolar que no resuelve cómo incorporar el interruptor en el circuito. Una estudiante advierte este problema y surge el interrogante acerca de la función del interruptor. Como solución a esta pregunta se propone en primera instancia que el interruptor encienda o apague la pila, pero muchos estudiantes no concuerdan con esta idea y proponen que el interruptor permite o interrumpe el paso de energía en el cable. Rápidamente muchos estudiantes se alinean con esta idea. Se logra avanzar colocando el interruptor en un nuevo cable que conecta la lámpara con la batería (figura 10b). En este momento algunos estudiantes encuentran una incoherencia entre la respuesta seleccionada en la primera actividad y el modelo propuesto por cada uno y advierten que a la lámpara deben llegar dos cables provenientes de distintos polos de la batería. El docente vuelve a preguntar sobre la relación entre la anilla de cobre y el encendido de la lámpara. En este momento la discusión se torna más intensa, surge un modelo de “choques de corrientes” por lo que se agrega una conexión al alambre de cobre que se conecta al otro polo de la batería (figura 10c). Este modelo es cuestionado por una estudiante argumentando que si se crea energía en el alambre de cobre uno debería electrocutarse. El curso le solicita al docente que explique cómo funciona. El docente interviene borrando el cable que conecta la batería con el alambre de cobre y una de las estudiantes explica el modelo que ha quedado (figura 10d).

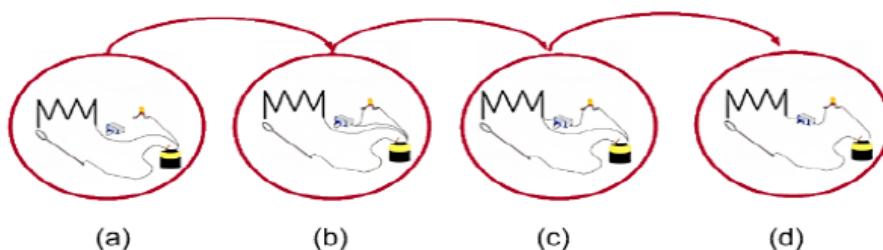


FIGURA 10A, 10B, 10C Y 10D
Evolución colectiva de la modelo desarrollada por los estudiantes Clase 1

B) Clase 2

La discusión comienza presentando ante toda la clase algunos de los modelos propuestos por los estudiantes para la configuración del circuito eléctrico del dispositivo. El primer estudiante que pasa al pizarrón esquematiza un modelo bipolar cerrado en consonancia con el modelo correcto (figura 11d). Aunque expone su modelo, que es correcto, la docente no valida su propuesta e invita a otros estudiantes a exponer sus modelos. Se logran recuperar un total de 4 modelos, entre los cuales se observan un modelo unipolar (figura 11a), uno de dos polos (figura 11d), y dos modelos de choques de corrientes (figura 11b y 11c).

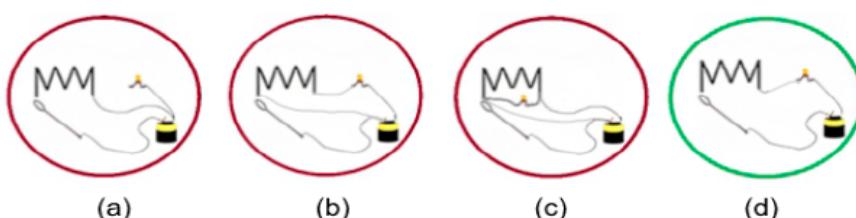


FIGURA 11A, 11B, 11C Y 11D
Modelos iniciales propuestos por los estudiantes clase 2

Una vez expuestos los distintos modelos, el docente solicita a un estudiante de la clase, que no ha intervenido hasta el momento, que se alinee con algunos de los modelos. El estudiante no sabe cuál elegir,

pero reconoce que el modelo *a* (figura 11a) no sería una opción correcta para él porque “la lámpara tiene conectado un sólo polo”. Con este cuestionamiento la estudiante que había propuesto ese modelo advierte que su modelo no funciona y decide acoplarse al modelo *d* (figura 11d).

En otro momento del intercambio, el estudiante que propuso el modelo *d* cuestionó a los modelos *b* y *c* (figura 11b y 11c), aludiendo que en esos casos la lámpara siempre estará encendida. Ante esta interpelación los estudiantes que han propuesto estos modelos no pueden argumentar y uno de ellos dice que escuchando el planteamiento de su compañero se da cuenta que su modelo no funciona y que estaría de acuerdo con el modelo *d*.

El modelo *d* en un primer momento no tiene interruptor. Es por ello que uno de los estudiantes interviene cuestionando el modelo *d* diciendo que no tiene uno de los elementos del circuito. El estudiante que propuso el modelo *d* no puede dar respuesta en un primer momento. Es allí cuando otro estudiante dibuja un modelo similar al modelo *d* pero logrando ubicar el interruptor (figura 12). El docente coopera para evidenciar que el modelo nuevo y el modelo *d* son similares e interpela a otros estudiantes para conocer sus modelos. Dos de los estudiantes manifestaron que habían esquematizado algo distinto, pero que se dieron cuenta que estaba mal y ahora coinciden con el modelo *d*.

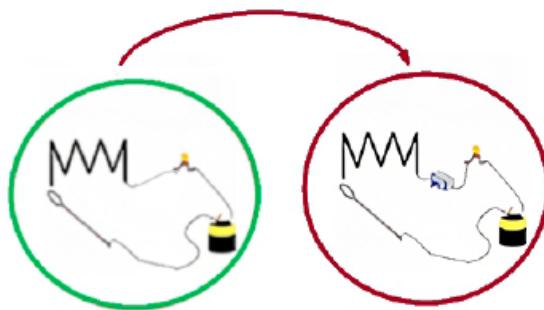


FIGURA 12
Evolución colectiva del modelo *d* al canónico desarrollada por los estudiantes clase 2

Es posible ver cómo en ambas clases se logra que los estudiantes progresen hacia el modelo científico. Es por ello que es posible decir que la implicación disciplinar en la actividad ha sido productiva, aunque en distinta medida. Reconocemos que hubo dos dinámicas diferentes del progreso de los modelos propuestos por los estudiantes. En la clase 1, ninguno de los modelos estaba próximo al correcto por lo que la construcción del modelo final fue un verdadero producto de consensos y reflexiones colectivas. En la clase 2, el modelo *d* (figura 12b) estaba muy próximo al correcto, por lo que no hubo una verdadera construcción colectiva sino más bien contrastaciones de ese modelo con los modelos alternativos. En este caso la actividad colectiva se centra sólo en validar el modelo y realizar algunos aportes para refinarlo.

DISCUSIÓN

Hemos analizado dos intervenciones en las cuales se logra que los estudiantes se impliquen productivamente en el aprendizaje de la disciplina. Esto se ha logrado siguiendo los cuatro principios sugeridos por Engle y Conant (2002) aportando evidencia empírica de los beneficios de sus afirmaciones. No obstante, el grado de implicación no ha sido el mismo en ambos casos. En la clase 2 el número de intervenciones de los estudiantes a lo largo de la discusión fue menor a los correspondientes de la clase 1. Además, en la clase 2 el docente tuvo la necesidad de solicitar la participación de los estudiantes a lo largo de toda la discusión, mientras que en la clase 1 el intercambio entre los estudiantes se produjo sin la necesidad de la intervención del docente más allá de la orquestación del debate. Entendemos que esta diferencia no está asociada al diseño de la SEA, ya que en

ambos casos el modo de iniciar de la discusión fue el mismo. Pensamos que la presencia de un estudiante que porta el modelo correcto y que goza de autoridad frente a sus pares interfiere en la distribución de la autoridad entre los estudiantes, tal como lo sugirieron Engle y Conant (2002). En este sentido coincidimos con Meyer (2014) que advierte que la distribución de la autoridad es un elemento clave para lograr un mayor grado de IPD. También en el trabajo de Sandoval *et al.* (2018), en el cual analizan patrones de conversación en el aula a través de la participación en el discurso en clases de ciencia, también detectan dificultades para lograr discusiones entre los estudiantes que los implique productiva y disciplinariamente debido a que el docente no distribuye la autoridad de la clase entre los mismos.

El escenario en el cual aparece un estudiante autorizado en el debate ocurre con cierta frecuencia en propuestas que apuntan a lograr IPD. Nuestro trabajo en consonancia con otros estudios, muestra que esto puede interferir para lograr la distribución de la autoridad entre los estudiantes y por lo tanto en el grado de IPD alcanzado.

CONCLUSIONES

Se ha mostrado que la investigación basada en el diseño aporta una metodología de trabajo que intenta aproximar la investigación a la enseñanza en contextos reales. Retomando la primera pregunta de esta investigación en relación a ¿Qué consideraciones de diseño surgen del análisis de la implementación en el aula?, podemos decir que las ideas previas recabadas tienen una estrecha relación con las características de la situación problematizadora utilizada para ese fin. En ese sentido, la actividad del dispositivo resultó productiva porque interpeló a los estudiantes, siendo suficientemente problematizadora, concreta y de interés para ellos. Algo que no ocurrió con la actividad 1 de la primera SEA. También se observa que los resultados de investigación seleccionados son recursos potentes para el diseño de la clase y logran producir que los estudiantes se impliquen en el aprendizaje de la disciplina.

Sobre la segunda pregunta de investigación ¿Cómo es la implicación de los estudiantes en el aprendizaje sobre circuitos eléctricos?, es posible decir que, en esta propuesta, los estudiantes participan activamente en la construcción colectiva del conocimiento, es decir, se *implican*. Los estudiantes realizan aportes desde lo que saben de Física en el momento, y por ello la *implicación es disciplinar*. Y las discusiones les permiten que sus modelos progresen y se aproximen al modelo correcto, es decir que la implicación no sólo es *disciplinar* sino también *productiva*.

Como hemos mencionado la IBD ofrece un marco no sólo para validar SEA sino también para aportar a la teoría. En este sentido y respondiendo a la tercera pregunta planteada inicialmente acerca de ¿Qué refinamientos teóricos surgen del análisis de la implementación en el aula?, podemos concluir que, 1) la propuesta diseñada muestra indicadores sobre IPD en los estudiantes, 2) el grado de IPD alcanzado puede variar de una clase a otra debido a características del contexto y/o participantes. Este resultado aporta al campo del IPD y particularmente a cómo lograrlo y, por tanto, escapa al diseño mismo de la SEA. Coincidimos con Meyer (2014), en que la distribución de la autoridad es un elemento clave para lograr un mayor IPD y, por lo tanto, la presencia de un estudiante poseedor del conocimiento sobre el tópico, puede interferir en la distribución de la autoridad entre los participantes de la clase y por ende en el grado IPD alcanzado en ella.

Consideramos necesario refinar las indicaciones de Engle y Conant (2002), en relación a cómo fomentar la participación de todos los estudiantes y así, lograr distribuir mejor la autoridad en distintos escenarios, en particular cuando en la clase existe un estudiante poseedor del conocimiento sobre el tópico. A modo tentativo, y considerando las dinámicas de involucramiento reportadas en este estudio, pensamos que la no validación por parte del docente de las aseveraciones de este estudiante podría ser una posible consideración para resolver este problema.

AGRADECIMIENTOS

Al director Prof. Carlos Viotti del IRESM por abrirnos las puertas de la institución para la implementación de la propuesta. A los revisores de la Revista por los valiosos aportes realizados

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aráoz, M. y Sztrajman, J. (2014). *Enseñanza de la física mediante el uso de experiencias lúdicas*. Memorias del I Congreso Regional de enseñanza de las Ciencias Naturales. Tandil. Argentina
- Azar M. L. y Salvetti S. C. (2018). *La escasa matrícula de alumnos en carreras de química y afines. Caso local, factores y alternativa de solución*. Reunión de educadores en la Química, Río Cuarto, Argentina.
- Barab, S. y Squire, K. (2004). Design-based research: Putting a stake in the ground. *The journal of the learning sciences*, 13(1), 1-14.
- Benegas, J. C., Villegas, M. P., Pérez de Landazábal, M. D. C., y Otero, J. (2009). Conocimiento conceptual de física básica en ingresantes a carreras de ciencias e ingeniería en cinco universidades de España, Argentina y Chile. *Revista Iberoamericana de Física*, 5 (1), 35–43
- Bell, P. (2004). On the theoretical breadth of design-based research in education. *Educational psychologist*, 39(4), 243-253.
- Cobb, P., Confrey, J., diSessa, A., Lehrer, R. y Schauble, L. (2003). Design experiments in educational research. *Educational Researcher*, 32(1), 9–13.
- Collins, A. (1992) *Toward a design science of education*. In E. Scanlon, & T. O'Shea (Eds.), New directions in educational technology , 15-22.
- Declaración de Budapest. (1999). Declaración sobre la Ciencia y el uso del saber científico. In *Conferencia Mundial sobre la Ciencia para el Siglo XXI: un nuevo compromiso*.
- Driver, R., Guesne E. y Tiberghien A. (1985). *Children's Ideas in Science*. Philadelphia, USA: Milton Keynes.
- Engle, R. y Conant, F. (2002): Guiding Principles for Fostering Productive Disciplinary Engagement: Explaining Emergent Argument in a Community of Learners Classroom. *Cognition and Instruction*, 20(4), 399-483.
- Fensham, P.J. (2004). Beyond Knowledge: Other Scientific Qualities as Outcomes for School Science Education. En R.M. Janiuk y E. Samonek-Miciuk (Ed.), *Science and Technology Education for a Diverse World – dilemmas, needs and partnerships*. International Organization for Science and Technology Education (IOSTE) XIth Symposium Proceedings, pp. 23-25. Lublin, Poland: Maria Curie Skłodowska University Press.
- González, A. y Paoloni, P. V. (2015). Implicación y rendimiento en Física: el papel de las estrategias docentes en el aula, y el interés personal y situacional del alumnado. *Revista de Psicodidáctica*, 20(1), 25-45.
- Guadagni, A. A. y Boero, F. (2015). La educación argentina en el siglo XXI. *Buenos Aires: El Ateneo Grupo Impresor SA*.
- Guisasola J., Ametller J. y Zuza K. (2021) Investigación basada en el diseño de Secuencias de Enseñanza-Aprendizaje: una línea de investigación emergente en Enseñanza de las Ciencias. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 18(1), 1801.
- Guisasola, J., Ceberio, M., Almudí García, J. y Zubimendi, J. (2011) Problem solving by developing guided research in introductory university physics courses. *Enseñanza de las Ciencias*, 29(3), 439-452.
- Guisasola, J., Zubimendi, J. L., García, J. M. A. y Ceberio, M. (2008). Dificultades persistentes en el aprendizaje de la electricidad; Estrategias de razonamiento de los estudiantes al explicar fenómenos de carga eléctrica. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 177-192.
- Halldén, O., Haglund, L y Strömdahl, H. (2007) Conceptions and Contexts: On the Interpretation of Interview and Observational Data, *Educational Psychologist*, 42:1, 25-40.
- Herrenkohl, L. R., Palincsar, A. S., DeWater, L. S. y Kawasaki, K. (1999). Developing scientific communities in classrooms: A sociocognitive approach. *Journal of the Learning Sciences*, 8(3-4), 451-493.

- Howe, C. y Abedin, M. (2013). Diálogo en el aula: una revisión sistemática durante cuatro décadas de investigación. *Cambridge Journal of Education*, 43(3), 325-356.
- Kortland, J. y Klaassen, C. J. W. M. (2010). Designing theory-based teaching-learning sequences for science. In *Proceedings of the symposium in honour of Piet Lijnse at the time of his retirement as professor of Physics Didactics at Utrecht University*.
- Lagemann, E. C. y Shulman, L.S. (1999). *Issues in education research: Problems and possibilities*. San Francisco Jossey-Bass.
- Leonard, W., Gerace, W. y Dufresne, R. (2002). Resolución de problemas basada en el análisis: Hacer del análisis y del razonamiento el foco de la enseñanza de la Física. *Enseñanza de las Ciencias*, 20(3), 387-400.
- Méheut, M. y Psillos, D. (2004). Teaching–learning sequences: aims and tools for science education research. *International Journal of Science Education*, 26(5), 515-535.
- Meyer, X. (2014). Productive disciplinary engagement as a recursive process: Initial engagement in a scientific investigation as a resource for deeper engagement in the scientific discipline. *International Journal of Educational Research*, 64, 184-198..
- Ministerio de Educación de la Nación, (2019) *Evaluación de la educación secundaria en Argentina 2019 / 1a ed*. Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina.
- McKenney, S. y Reeves, T., (2018). *Conducting Educational Design Research*. Routledge.
- Morales, L. M., Mazzitelli, C. A. y Olivera, A. D. C. (2015). La enseñanza y el aprendizaje de la Física y de la Química en el nivel secundario desde la opinión de estudiantes. *Revista electrónica de investigación en educación en ciencias*, 10(2), 11-19.
- Nieveen N. (2009), Formative evaluation in educational design research, T. Plomp and N. Nieveen (Eds.) *An introduction to educational design research* (Enschede: SLO) pp. 89-101.
- O'Connor, M. C. y Michaels, S. (1996). Shifting participant frameworks: Orchestrating thinking practices in group discussion. *Discourse, learning, and schooling*, 63, 103.
- Osborne, J. y Dillon, J. (2008). *Science education in Europe: Critical reflections* (Vol. 13). London: The Nuffield Foundation.
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico, I. Library.(2019). *Education at a Glance 2019. OECD Indicators*.
- Periago Oliver, M. C. y Bohigas Janoher, X. (2005). The Prevalence of Prior Knowledge about Electric Potential, Current Intensity and Ohm's Law in Second-Year Students of Engineering. *REDIE [online]*. vol.7, n.2, 1-23.
- Polino, C. (2012). Las ciencias en el aula y el interés por las carreras científico-tecnológicas: un análisis de las expectativas de los alumnos de nivel secundario en Iberoamérica. *Revista Iberoamericana de educación*.
- Sandoval, W. A., Kwako, A. J., Modrek, A. S. y Kawasaki, J. (2018). Patterns of classroom talk through participation in discourse-focused teacher professional development. International Society of the Learning Sciences, Inc.[ISLS].
- Sbarbati Nudelman, N. (2017). Urgencia de transformar la educación en ciencias en Argentina. *Revista iberoamericana de ciencia tecnología y sociedad*, 12(34), 161-178.
- Sefton-Green, J. (2013). Learning at Not-School: A Review of Study, Theory, and Advocacy for Education in Non-Formal Settings. The John D. and Catherine T. MacArthur Foundation Reports on Digital Media and Learning, *MIT Press (BK)*.
- Sinatra, G. M., Heddy, B. C., y Lombardi, D. (2015). The challenges of defining and measuring student engagement in science. *Educational psychologist*, 50(1), 1-13.
- Solbes, J. (2011). ¿Por qué disminuye el alumnado de ciencias? *Alambique: Didáctica de las ciencias experimentales*, (67), 53-61.
- Solbes, J., Fernández-Sánchez, J., Domínguez-Sales, M. C., Doménech, J. C. y Aranzábal, J. G. (2018). Influencia de la Formación y la Investigación Didáctica del Profesorado de Ciencias sobre su Práctica Docente. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 36(1), 25-44.

- Reznitskaya, A. y Gregory, M. (2013). Student thought and classroom language: Examining the mechanisms of change in dialogic teaching. *Educational Psychologist*, 48(2), 114-133.
- Vygotsky, L. S. y Cole, M. (1978). *Mind in society: Development of higher psychological processes*. Harvard university press.
- Webb, P. (1992). Primary science teachers' understanding of electric current. *International journal of science education*, 14(4), 423-429.

INFORMACIÓN ADICIONAL

Para citar este artículo: Velasco, N. y Buteler, L. (2023) Implicación productiva en la disciplina sobre circuitos eléctricos utilizando Investigación Basada en el Diseño. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 20(2), 2802. doi: 10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2023.v20.i2.2802