

# **Concepciones alternativas electromagnéticas en estudiantes universitarios de física general y sus implicaciones en la enseñanza**

Aníbal Mendoza Pérez\*

## **Resumen**

*En este trabajo se identifican las concepciones alternativas electromagnéticas en estudiantes universitarios; se comparan los resultados con los obtenidos por otros investigadores y se presentan recomendaciones para la enseñanza de los conceptos básicos electromagnéticos. Cuatro preguntas guiaron la investigación: ¿Cuáles son los conceptos / concepciones alternativas sobre el electromagnetismo en estudiantes universitarios de física general?; ¿cuáles son las categorías conceptuales relevantes en las preconcepciones electromagnéticas de los estudiantes?; ¿cuáles estrategias de enseñanza - aprendizaje promueven un aprendizaje significativo de los conceptos electromagnéticos?, y ¿cuáles son formas alternativas para la valuación y el monitoreo del aprendizaje de conceptos electromagnéticos?*

*Se utilizaron tres instrumentos para recoger la información: La aplicación de una prueba que fue construida para identificar los preconceptos electromagnéticos de los estudiantes; el desarrollo de entrevistas profundas mediatizadas y la observación - participante del investigador en los dos grupos que se seleccionaron por conveniencia para llevar a cabo el estudio. Los temas sobre los cuales se auscultaron las concepciones alternativas de los estudiantes se clasificaron en las categorías de electrostática; fenómenos eléctricos en circuitos sencillos; definiciones y aplicaciones electromagnéticas y magnetismo.*

**Palabras claves:** Concepciones alternativas, electromagnetismo, aprendizaje significativo, entrevistas profundas mediatizadas, observación participante y técnicas de triangulación.

## **Abstract**

*In this work, electromagnetic alternate conceptions are identified; results are compared with another researchs, and recommendations for teaching basic electromagnetic concepts are presented. Four questions guided the research: what are the alternate concepts/conceptions about electromagnetism in General Physics university students?; what are the outstanding conceptual categories in students' electromagnetic preconcepts?; what do teaching learning strategies promote a significant learning of electromagnetic concepts? and which are the alternant formas for valuation and monitoring of learning electromagnetic concepts?*

*Three instruments to collectct information were used: a test application made to identify students' electromagnetic preconcepts, development of deep interviews and participating observation in two groups that were selected to carry out the research. Subjects for the alternant conceptions were: electrostatic, electric phenomena in single circuits; electromagnetic definitions and applications and magnetism.*

**Key words:** alternant conceptions, electromagnetsm, significant learning, deep interviews, participating observation and triangulation techniques.

*Three instruments to collect information were used: a test application made to identify students' electromagnetic precepts, development of deep interviews and participating observation in two groups that were selected to carry out the research. Subjects for the alternant conceptions were: electrostatic, electric phenomena in single circuits; electromagnetic definitions and applications and magnetism.*

**Key words:** alternant conceptions, electromagnetism, significant learning, deep interviews, participating observation and triangulation techniques.

---

## 1. INTRODUCCIÓN

Una de las tendencias en la enseñanza de las ciencias naturales que mayor acogida ha tenido en los últimos años por parte de los educadores está relacionada con las estrategias que se derivan de las teorías constructivistas. En el caso particular de la física, es vasta la investigación que se ha llevado a cabo para identificar los esquemas conceptuales que utilizan los estudiantes, en todos los niveles, para explicar los fenómenos naturales que acontecen a su alrededor.

El interés de los investigadores (Driver, 1986; Nussbaum y Novick, 1981; Osborne y Freyberg, 1985), entre muchos otros, se ha centrado más en conocer cuáles son las ideas previas de los alumnos, ya que, de acuerdo con las teorías constructivistas del aprendizaje, sólo se logra un aprendizaje significativo si el profesor(a) parte del conocimiento de los esquemas conceptuales que los estudiantes traen al comenzar el proceso de educación formal, para luego, con la implementación de estrategias pertinentes, modificarlos hasta que al-

cancen los niveles elaborados y aceptados por la comunidad científica.

La premisa anterior se apoya, entre otras, en la idea del aprendizaje significativo de Ausubel, quien afirma: «*De todos los factores que influyen en el aprendizaje, el más importante consiste en lo que el alumno ya sabe. Averíguate esto y enséñale en consecuencia*» (Ausubel, 1968). Otros autores (Driver *et al.*, 1992; Erickson, 1979; y Pope y Gilbert, 1983), siguiendo este mismo pensamiento, hacen notar que lo más importante en el proceso de enseñanza-aprendizaje es averiguar lo que el estudiante ya conoce para luego enseñarle.

Con sólo identificar las preconcepciones que los estudiantes poseen en cualquier rama de las ciencias naturales, el trabajo para diseñar un currículo que aporte beneficios significativos en la comprensión de las temáticas de las mismas quedaría a medias, si no se planifican, a partir de ese conocimiento de las preconcepciones, estrategias que conlleven a la modificación de los esquemas conceptuales de los estudiantes. Es fundamental conocer estas teorías alter-

nativas de los estudiantes si se pretende emprender un proceso de enseñanza significativo. Si estos constructos que elaboran los estudiantes no son detectados antes de comenzar a desarrollar un tema de ciencias, los mismos se constituyen en elementos conceptuales obstaculizadores para la comprensión de las ciencias naturales (Gómez Ramírez, 1992).

En este sentido, la enseñanza de las ciencias naturales, y en el específico caso de la física, puede constituirse en una alternativa al tipo de educación bancaria, según la planteó Paulo Freire (1970/1977), en la medida en que se indaga acerca de cómo los estudiantes conciben los fenómenos naturales. El propósito de inquirir sobre estas concepciones de los estudiantes es el de tener elementos de juicio que ayuden al diseño de las actividades que guiarán las acciones de la práctica de la enseñanza de la física como rama integrante de las ciencias naturales.

## 2. OBJETIVOS

### *Objetivo general*

Interpretar el estado inicial de las concepciones alternativas de dos grupos de estudiantes en la asignatura de electricidad y magnetismo, en el Departamento de Física de la Facultad de Ciencias Naturales del Recinto de Río Piedras de la Universidad de Puerto Rico, y desarrollar estrategias de enseñanza-aprendizaje constructivistas acorde con

esas concepciones en esta área de la Física General.

### *Objetivos específicos*

- Identificar y analizar los preconceptos electromagnéticos entre los estudiantes de física general.
- Identificar las categorías conceptuales relevantes en las preconcepciones electromagnéticas de los estudiantes.
- Elaborar, a partir de la identificación de los preconceptos, una estrategia de enseñanza-aprendizaje colaborativa y documentar su efectividad.
- Documentar el grado de efectividad en la comprensión de las formas alternativas de pensamiento de los estudiantes acerca del electromagnetismo, a través de la aplicación de una prueba de identificación de preconceptos y otras técnicas de la investigación cualitativa como la entrevista profunda y la observación participante del investigador.

## 3. PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

- *¿Cuáles son los preconceptos/concepciones alternativas sobre el electromagnetismo en estudiantes universitarios de física general?*
- *¿Cuáles son las categorías conceptuales que se destacan en las preconcepciones electromagnéticas de los estudiantes?*
- *¿Cuáles estrategias de enseñanza-*

*aprendizaje promueven un aprendizaje significativo de los conceptos electromagnéticos?*

- *¿Cuáles son formas alternativas para la valuación (assessment) y el monitoreo del aprendizaje de conceptos electromagnéticos?*

#### 4. EXAMEN DE LITERATURA

El examen de la literatura que se hizo para este estudio está relacionado con los postulados sobre los fundamentos de la teoría constructivista, desde las perspectivas del Constructivismo Radical (Von Glasersfeld, 1996) y el Construccionalismo Social (Gergen, 1996b); la relación que guardan, respectivamente, estas teorías con los aportes de Piaget (1978), con su Teoría de Equilibración, y Vygotski (1960/1979, p. 133), con su definición de Zona de Desarrollo Próximo, y las investigaciones que en el campo de la enseñanza-aprendizaje de la física y la identificación de preconceptos han realizado muchos investigadores. En cuanto a las investigaciones relacionadas con la enseñanza-aprendizaje y la identificación de preconceptos en física, nos hemos centrado en un examen de la literatura sobre los temas del electromagnetismo, debido a los propósitos que perseguimos en esta investigación.

Los resultados de las investigaciones analizadas en el examen de la literatura están relacionados con los obtenidos en este trabajo. A partir de ellos se generó un método de enseñanza-aprendizaje

del electromagnetismo basado en las interacciones y en los procesos colaborativos que se desarrollaron entre los estudiantes y entre éstos y el profesor.

#### 5. METODOLOGÍA

##### 5.1. Diseño

Esta investigación fue de naturaleza descriptiva, y se consideraron varios aspectos de la investigación-acción. Así mismo, se describieron y analizaron las preconcepciones alternativas de los estudiantes de dos grupos que cursaron la física general en los temas relacionados con los conceptos básicos electromagnéticos en el Departamento de Física de La Universidad de Puerto Rico, los cuales fueron seleccionados por conveniencia.

##### 5.2. Instrumentos

La recolección de la información se llevó a cabo a través de tres instrumentos: Aplicación de una *prueba de identificación de preconceptos electromagnéticos*, la cual fue construida para indagar las formas de pensamiento de los estudiantes sobre los conceptos electromagnéticos; una entrevista que denominamos «*entrevista profunda mediatizada*», y la *observación-participante del investigador*. Validamos esta información a través del método de triangulación, y con base en éste se hizo un análisis de los resultados obtenidos por cada instrumento. De acuerdo con la información obtenida sobre las preconcepciones de los estudiantes,

se implementó una estrategia de enseñanza-aprendizaje colaborativa en los dos grupos que fueron seleccionados para este estudio.

### 5.3. Procedimiento

La recolección de la información tuvo características propias para cada uno de los instrumentos descritos, los cuales, en conjunto, buscaron una comprensión profunda de las formas alternativas de pensamiento de los estudiantes en cuanto a sus concepciones electromagnéticas. Para recoger la información en el salón de clases se implementó una serie de actividades, preparadas de acuerdo con los temas del programa. Las actividades fueron preparadas en forma conjunta con el profesor encargado de la asignatura, y en ellas se plantearon preguntas que respondieron los estudiantes conformados en subgrupos.

### 5.4. Técnica de triangulación de la información

Para validar la información recogida a través de los instrumentos, el investigador realizó un análisis de la misma apoyado en la técnica de triangulación, la cual consistió en cotejar si las preconcepciones de los estudiantes que se encontraban en los resultados de la prueba se manifestaban también en las entrevistas profundas mediatizadas y en las actividades de enseñanza-aprendizaje que se programaron en el desarrollo de

los temas. Por ejemplo, si un estudiante contestó en la prueba que «el imán atrae a todos los metales», esta afirmación, que está considerada como una preconcepción, se tuvo en cuenta para ver si aparecía en las entrevistas profundas mediatizadas o en las respuestas que dieron sobre las situaciones que se les presentaron en las actividades desarrolladas en las clases colaborativas.

## 6. CONCLUSIONES

### 6.1. Introducción

A continuación se presentan las conclusiones en torno a las preconcepciones electromagnéticas de los estudiantes generales y las destacadas halladas en este estudio. Se analizan los hallazgos de acuerdo con las cuatro categorías en que se clasificaron los temas estudiados. Se destacan, en principio y en cada categoría, los resultados de las preconcepciones que se encontraron con mayor frecuencia, y se analizan estos hallazgos en relación con los obtenidos en otros estudios.

Se presentan algunas recomendaciones a los(as) profesores(as), relacionadas con estrategias de enseñanza-aprendizaje, que propiciarían una mejor comprensión, por parte de los estudiantes, de los conceptos básicos electromagnéticos y de las formas alternativas para la valuación y el monitoreo del aprendizaje de dichos conceptos.

## 6.2. Conclusiones de las preconcepciones generales y relevantes electromagnéticas

En cada categoría se destacan en primer lugar las preconcepciones que más se repitieron, y luego aquellas que tuvieron una manifestación significativa en los tres instrumentos que utilizamos para recoger la información. El tipo de **letra negrita** denota el concepto que se está estudiando, y las preconcepciones destacadas se resaltan con el tipo de *letra itálica subrayada*, y finalmente, las preconcepciones de menor arraigo en los estudiantes con el tipo de *letra itálica* sin subrayar.

### 6.3. Electrostática

En esta categoría se estudiaron las concepciones alternativas de los estudiantes sobre los conceptos de carga eléctrica, inducción electrostática y el proceso de cargar un cuerpo (ver figura 5 del Anexo).

La **carga eléctrica** es una *fuerza magnética generada por electrones y protones; una característica cuántica que mide el número de electrones de un átomo*. Los estudiantes asocian la carga con las *partículas elementales electrones y protones*. Fácilmente identifican que hay dos tipos de cargas, una positiva y una negativa; reconocen que las cargas de igual signo se repelen y las de signo contrario se atraen.

Un cuerpo se puede **cargar eléctricamente** *suministrándole cierta energía*.

También piensan que *se puede cargar aplicándole electricidad*.

Al poner en **contacto una esfera de metal A cargada positivamente con una esfera de metal B descargada**, los estudiantes *consideran que la esfera A pasa toda su carga a la esfera B, quedando esta última cargada positivamente y aquella descargada*.

Los estudiantes consideran a la **inducción electrostática** como el *movimiento de traslación continua de electrones provocado por un generador de corriente*.

Otras concepciones alternativas de la inducción electrostática que se encontraron son: *Hacer que un cuerpo cambie el signo de su carga eléctrica y la fuerza que actúa perpendicularmente al campo eléctrico*. En el examen de literatura para este estudio no se encontraron trabajos que hayan documentado lo que piensan los estudiantes sobre estos conceptos que se han agrupado en la categoría denominada Electrostática.

### 6.4. Fenómenos eléctricos en circuitos sencillos

En esta categoría se estudiaron las concepciones alternativas de los estudiantes, asociadas con las formas de conectar una bombilla en un circuito eléctrico sencillo para que ésta pudiese encenderse; la magnitud y dirección de la corriente en diferentes partes de un circuito eléctrico sencillo; la medida de la diferencia de potencial o voltaje y la relación entre este último concepto y la

intensidad de la corriente eléctrica en un circuito sencillo (ley de Ohm), al igual que la distribución de la corriente en un circuito formado por resistores conectados en serie y/o en paralelo.

En lo que respecta a la forma de **conectar una bombilla en un circuito sencillo formado por una batería y unos cables conectores para que alumbrara**, los estudiantes conectan la bombilla como se indica en la *forma B de la figura 10 del Apéndice*. A pesar de que hubo estudiantes que afirmaron correctamente que la bombilla no alumbrará en ninguna de las dos formas, A y B, que se presenta en la figura 10, la mayoría de ellos no respondieron correctamente acerca de cómo conectar una bombilla en un circuito eléctrico sencillo para que alumbrara. Los resultados obtenidos en este estudio, sobre esta situación, están de acuerdo con los obtenidos por Fredette y Lochhead (1980).

Para estudiar las **características de la magnitud y la dirección de la corriente en un circuito eléctrico sencillo**, a los estudiantes se les presentaron cinco diagramas A, B, C, D y E, que representan la circulación de la corriente en circuitos eléctricos sencillos, tal como se muestran en la figura 1 del Anexo, para que indicaran cuál de ellos describía mejor la corriente eléctrica en los cables.

El diagrama D es el que mejor describe la corriente en los cables. Según este diagrama, la dirección de la corriente sale del borne positivo de la

batería, pasa por la bombilla y regresa por un cable de retorno al borne negativo de la batería. Según este diagrama, la corriente tendrá igual magnitud en ambos cables.

La preconcepción, para este caso, corresponde a la del *diagrama C*. Según el modelo representado en este diagrama, *los estudiantes consideran que la corriente no es igual en ambos cables, siendo el menor valor en el cable de retorno*. Otra preconcepción encontrada corresponde al modelo representado en el *diagrama B*. Según este modelo, *los estudiantes consideran que la corriente eléctrica irá en dirección a la bombilla en ambos cables*.

A las anteriores preconcepciones de los estudiantes les siguen la representada en el *diagrama E*. Los estudiantes consideran que *la corriente es mayor en el cable de la izquierda*. Se puede notar que este modelo guarda una marcada relación con el modelo representado en el diagrama C, en el sentido de que los *estudiantes piensan que la corriente se «gasta o consume» al pasar por la bombilla*.

Los resultados encontrados en este estudio sobre los modelos conceptuales de los estudiantes sobre la corriente eléctrica en circuitos sencillos, guardan una alta relación con los resultados de los trabajos realizados por Shipstone (1992) y Osborne (1981).

Se estudió acerca de la medida de la **diferencia de potencial o voltaje** entre dos puntos de un circuito. Para ello se utilizaron los diagramas A, B y C de la

figura 2 del Anexo. La concepción destacada estuvo relacionada con la medida del voltaje en los extremos del interruptor FE del diagrama B de la figura 2. Según este diagrama, en el circuito de la izquierda se tiene el interruptor abierto, y en el de la derecha cerrado. Los estudiantes piensan equivocadamente que las diferencias de potencial a través del interruptor FE son 0V y 4.5V, respectivamente.

Los estudiantes tienen la preconcepción que no puede existir una diferencia de potencial o voltaje entre dos puntos desconectados de un circuito eléctrico. En relación con esta concepción, Maichle (1981) encontró resultados similares en un estudio con niños, los cuales piensan que para que haya una diferencia de potencial tiene que haber corriente en el circuito, y que aquella forma parte de la corriente. Estas concepciones fueron encontradas también por Cohen, Eylon y Ganiel (1983) en una investigación realizada en Israel. Según estos autores, la diferencia de potencial y la corriente son conceptos claves para comprender los circuitos eléctricos, y la diferencia de potencial es el concepto principal porque causa el flujo de corriente; sin embargo, este concepto se enseña tardíamente en la escuela o en el colegio, y los estudiantes no distinguen su función principal y consideran más importante la corriente eléctrica.

En este estudio, algunos estudiantes también **interpretaron incorrectamente la relación  $V = IR$  que expresa la ley de**

**Ohm**, en la cual V significa la diferencia de potencial o voltaje, I, la intensidad de la corriente eléctrica, y R es la resistencia del material. Estos estudiantes consideran que en un circuito eléctrico la corriente eléctrica no cambia cuando el circuito externo es modificado, y no comprenden que hay una relación directamente proporcional entre el voltaje y la intensidad de la corriente.

Se indagaron las formas de pensar de los estudiantes sobre la distribución de la corriente cuando se tienen resistores conectados en serie o en paralelo. Para ello se utilizaron las figuras 7 y 8 del Anexo. Los estudiantes piensan que la corriente que llega a un punto del circuito antes de la(s) bombillas es mayor que la que llega a un punto después de las bombillas. Justifican esta respuesta porque piensan que la corriente se gasta cuando pasa por la(s) bombilla(s). Se relaciona esta preconcepción encontrada con la del modelo de atenuación obtenida por Shipstone (1992).

### 6.5. Definiciones y aplicaciones electromagnéticas

A continuación se presentan las concepciones alternativas encontradas en los estudiantes sobre corriente eléctrica, voltaje, la relación entre corriente y la sección transversal de un conductor (ver figura 3 del Anexo) y las condiciones para que circule la corriente en un circuito eléctrico. También se estudiaron las formas de pensar de los estudiantes acerca de la iluminación relativa de las bombillas en función de sus resistencias

equivalentes cuando están conectadas en un circuito eléctrico. Finalmente, se determinó si los estudiantes identifican las unidades para medir potencia eléctrica, corriente eléctrica, resistencia y la magnitud de la rapidez del campo eléctrico.

Los estudiantes consideran **la corriente eléctrica** como un flujo de energía; el **voltaje** como una unidad de medida de la electricidad, y la **cantidad de corriente que pasa por un conductor** depende de la sección transversal de éste, siendo mayor donde lo sea el área transversal del conductor.

Para estudiar las condiciones para que circule la corriente en un circuito eléctrico sencillo, se presentó a los estudiantes una gráfica en la que se muestra una situación en la que se ha quitado una bombilla del casquillo del techo de una habitación, pero el interruptor de la pared está en la posición de encendido. Se les preguntó si había corriente en los cables terminales del casquillo del techo (ver figura 4 del Anexo).

Las siguientes preconcepciones encontradas en este caso también habían sido halladas por Freyberg y Osborne (1991). Los estudiantes consideran que sí había corriente en los cables terminales del casquillo del techo, porque al poner una bombilla en el casquillo, aquélla se encendería. Otro preconcepción encontrada se refiere a que los estudiantes consideran que sí hay corriente en los cables terminales del casquillo porque la corriente está saliendo por los cables. Con las

respuestas que dieron sobre esta situación, no parecen comprender que se requiere que el circuito eléctrico esté cerrado para que pueda circular la corriente por los cables.

Se estudió la iluminación relativa y la disipación de potencia de tres bombillas conectadas en circuitos eléctricos (tal como se muestran en los diagramas b y c de las figuras 6 y 9 del Anexo). Las tres bombillas, C, D y E, al igual que las dos baterías usadas en los circuitos de los diagramas b y c, tienen iguales características.

La mayor concepción alternativa que presentaron los estudiantes fue considerar a las tres bombillas con igual iluminación. También los resultados indican una concepción opuesta a la anterior, al considerar que las bombillas D, E y C tienen entre sí distinta iluminación. En estudios realizados por Criscuolo (1984) y Domínguez y Moreira (1987), éstos encontraron que cuando se tienen conectadas las bombillas en serie, los estudiantes consideran que iluminan igual. Si las bombillas están conectadas en paralelo, piensan que la cercanía de la bombilla a la fuente es un factor determinante en su iluminación. Una de las explicaciones que dan estos autores acerca de estas concepciones alternativas se refiere a que los estudiantes no discriminan entre los conceptos de energía, voltaje y corriente, lo cual se mantiene después de la enseñanza.

Los estudiantes consideran también que las bombillas D y E, conectadas en

serie, disipan igual potencia a la disipada por la bombilla C. Según esto, los estudiantes no parecen percatarse de que las bombillas D y E, conectadas en serie, presentan más resistencia al paso de la corriente que la que presenta la bombilla C, y por ende, por ellas circulará menos corriente y se disipará menos potencia de la que se disipa en la bombilla C. Otra idea encontrada consiste en que las bombillas conjuntas D y E disipan más potencia que la bombilla C.

Los conceptos que se han estudiado en esta categoría han sido investigados por Evans (1978). Este autor realizó un trabajo sobre la enseñanza de los conceptos eléctricos en forma fenomenológica usando pilas y bombillas. Los estudiantes experimentaron con estos objetos, trabajaron en grupos y se evitó, en lo posible, el uso de los términos técnicos, tales como voltaje, potencia, resistencia, etc. En este proyecto de enseñanza, los estudiantes investigaron circuitos con dos y tres bombillas y fueron ayudados a llegar a la noción de corriente, y a que comprendieran que la brillantez de una bombilla depende de la cantidad de corriente que pasa por ella. Al desarrollar este modelo de enseñanza se estudiaron las concepciones de los estudiantes, y los resultados concuerdan con las preconcepciones encontradas en esta investigación.

## 6.6. Magnetismo

Por último, se presentan los resultados de la categoría que se ha denominado Magnetismo. Se investigó lo que pien-

san los estudiantes acerca del porqué una brújula apunta siempre hacia el norte de la Tierra y el efecto que se produce al acercarse a una bola de madera cargada positivamente el polo norte de un imán (ver figura 11 del Anexo). Se trató sobre el concepto de un electroimán y su funcionamiento; el efecto que se produce al acercarse un imán a un conductor rectilíneo por el que circula una corriente; la dirección de las líneas del campo magnético producidas por un alambre recto por el que pasa una corriente y cómo se determina la dirección del campo magnético.

Al indagar sobre el **porqué una brújula apunta siempre hacia el norte de la Tierra**, encontramos que los estudiantes piensan que esto sucede porque en el norte de la Tierra hay más atracción magnética que en cualquier otro punto. Otros preconceptos encontrados indican que la brújula apunta siempre hacia el norte porque tiene un mecanismo interno que la hace orientarse siempre hacia esa posición; consideran que la brújula posee una carga positiva que es atraída por la carga negativa que hay en el polo norte de la Tierra, y en menor grado piensan que se debe a las ondas de los rayos solares.

Estos preconceptos concuerdan con los obtenidos por Meneses Villagrà y Caballero Sahelices (1995), quienes encontraron que para explicar que una aguja magnética se orienta hacia el norte geográfico de la Tierra, los estudiantes dan las siguientes razones: Existe un potente imán en el norte geográfico de la Tierra capaz de atraer la aguja magnética de

la brújula, aunque se encuentre muy lejos, y debajo de la aguja de la brújula existe un imán que es orientado por el imán de la Tierra.

Los estudiantes analizan estos fenómenos magnéticos de igual forma que lo hacen para la electrostática. Al polo norte de un imán le asocian una carga eléctrica positiva, y al polo sur una carga eléctrica negativa. Puede apreciarse que en este preconcepto, según los resultados que se obtuvieron al **acercar una bola de madera cargada positivamente al polo norte de un imán**, los estudiantes piensan que se produce una repulsión entre la bola y el imán. Así mismo, piensan que no va a suceder nada porque el imán sólo se pega a objetos metálicos.

Se encontraron afirmaciones en las que los estudiantes consideran que va a existir una atracción y una repulsión entre la carga positiva de la bola y la carga negativa y positiva del imán, respectivamente. Esta preconcepción se relaciona con la que afirma que una brújula apunta siempre hacia el norte de la Tierra porque posee una carga positiva que es atraída por la carga negativa que hay en el polo norte de la Tierra.

En relación con el concepto y funcionamiento de un electroimán, los estudiantes consideran al **electroimán** como un aparato eléctrico que cambia su polaridad de positiva a negativa; y también lo asocian como un aparato eléctrico cargado negativamente que atrae o repele a los metales.

Otra idea que se presentó sobre el electroimán se refiere a que lo asocian con un aparato eléctrico formado por un pedazo de metal, al cual se le hace pasar una corriente eléctrica.

**Sobre el funcionamiento de un electroimán al separar la chatarra para depositarla en un camión**, la respuesta más frecuente que dieron los estudiantes es que esto sucede porque se desconecta la corriente eléctrica y se produce una disminución de cargas en el electroimán. Otras ideas encontradas se refieren a que los estudiantes indican que la chatarra se separa del electroimán porque se aplica una fuerza eléctrica superior a la fuerza creada por la atracción entre el electroimán y la chatarra, y porque al desconectar la corriente eléctrica el electroimán queda cargado negativamente y así va a repeler a la chatarra que tiene la misma carga.

Estos resultados coinciden con los obtenidos por Meneses Villagrà y Caballero Sahelices (1995), quienes en un estudio que realizaron sobre cómo está constituido un electroimán encontraron que los estudiantes piensan que es un imán cargado al que se le ha enrollado un conductor por el que circula una corriente. Según estos autores, los estudiantes no parecen darse cuenta de que el núcleo del electroimán se imanta y desimanta con facilidad; creen que se trata de un imán permanente. Saben que la corriente eléctrica es fundamental para el funcionamiento, pero no comprenden fácilmente que su función es imantar el núcleo.

Los autores citados afirman que los estudiantes desconocen por completo el efecto que produce un imán sobre una corriente. Sin embargo, el efecto contrario es relativamente conocido. En este sentido, sugieren, para la enseñanza de estos conceptos, introducir primero el efecto que produce una corriente eléctrica sobre un imán, y posteriormente el efecto que produce un imán sobre una corriente o carga en movimiento.

**Los estudiantes piensan que al acercar un imán a un conductor eléctrico rectilíneo por el que circula una corriente,** el efecto producido es una variación en la dirección de la corriente eléctrica. También afirmaron que *se produce una atracción del conductor eléctrico hacia el imán*. Consideran que el efecto de acercar el imán al conductor *es una repulsión entre ellos y una variación en la magnitud de la corriente eléctrica que pasa por el conductor*.

En cuanto a la **dirección de las líneas del campo magnético producidas por un alambre recto por el que pasa una corriente**, se encontró que la dirección de las líneas del campo magnético tiene la misma dirección de la corriente, y en otra concepción, que son opuestas a la dirección de la corriente. Los estudiantes también piensan que *las líneas del campo magnético salen del alambre radialmente*.

Finalmente, se planteó la situación en la que para determinar la dirección del campo magnético en una cierta región del espacio, se lanza una carga de

prueba con cierta velocidad en varias direcciones. Se indagó qué pensaban los estudiantes respecto a cuál era la dirección del campo magnético. Al respecto, la mayor concepción alternativa que presentaron es que la dirección del campo es la dirección de la fuerza magnética. Otros manifestaron las siguientes concepciones alternativas: *Consideran que la dirección del campo magnético es la dirección de la perpendicular a la velocidad cuando la fuerza magnética es cero; que la dirección del campo magnético es igual a la dirección de la velocidad cuando la fuerza magnética es máxima*, y finalmente, que *la dirección del campo magnético es la dirección de la velocidad para cualquier valor de la fuerza magnética*.

## 7. RECOMENDACIONES

Los resultados de esta investigación permiten dar una serie de sugerencias y recomendaciones a los educadores(as) dedicados(as) a la enseñanza de la física, específicamente en los conceptos básicos electromagnéticos, y a los profesores(as) responsables del diseño, evaluación e implementación de los currículos de la física.

Las recomendaciones que se derivan de este estudio están centradas en las implicaciones educativas acerca de los procesos de enseñanza-aprendizaje de los conceptos electromagnéticos; la valuación y el monitoreo del aprendizaje por parte de los estudiantes de esos conceptos y las proyecciones a otros temas de la física, en cuanto a los procesos metodológicos para auscultar los

preconceptos/concepciones alternativas de los estudiantes.

Se recomienda a los profesores(as) que busquen promover en sus estudiantes un aprendizaje significativo de los conceptos electromagnéticos, una estrategia de enseñanza-aprendizaje que considere como aspecto fundamental identificar, categorizar y analizar los preconceptos/concepciones alternativas de sus estudiantes antes de entrar a desarrollar explicativamente los temas en la clase. Se sugiere que para identificar estos preconceptos se construyan pruebas para que sean aplicadas al comenzar el desarrollo de la asignatura. A partir del análisis de estas pruebas, el profesor puede empezar a diseñar estrategias para el desarrollo de cada tema, con la característica de que aquéllas generen conflictos en sus estudiantes. Luego, en la medida en que se estudie cada tema, antes de abordarlo, invitar a sus estudiantes a que expresen en una hoja de papel sus opiniones relacionadas con preguntas abiertas que el profesor(a) formulará. Esta actividad le permitirá al profesor ir construyendo su propio inventario de preconceptos de los estudiantes, los cuales utilizará en el desarrollo de cursos posteriores.

Para profundizar en la identificación y el análisis de los preconceptos, el profesor debe ir anotando sus observaciones acerca de las opiniones y expresiones que sus estudiantes van manifestando durante el desarrollo de las clases. Estas expresiones que manifiestan los estudiantes acerca de sus concepciones

alternativas, se sugiere que sean recogidas inicialmente en forma individual, para que luego sean discutidas en forma grupal.

Una vez que se obtenga el inventario de los preconceptos electromagnéticos de los estudiantes, se sugiere que se diseñen actividades de clases colaborativas, con objeto de desarrollar inicialmente los temas fenomenológicamente. Estas actividades se deben caracterizar por el hecho de que antes de profundizar en el desarrollo de los temas electromagnéticos, se identifiquen las ideas que tienen los estudiantes acerca del tema que se va a desarrollar en la clase, y luego presentarles una situación física que deben responder inicialmente en forma individual. Seguidamente, los estudiantes conformarán subgrupos y discutirán entre sí los aspectos físicos propuestos de forma fenomenológica, para más adelante llevar a cabo una puesta en común, en la que cada subgrupo expondrá a sus demás compañeros las conclusiones a que llegue. Para conformar estos subgrupos se sugiere conformar los estudiantes de acuerdo con el nivel de comprensión que hayan manifestado, en el sentido de ubicar a los más rezagados con los más adelantados, con el propósito de generar un proceso de aprendizaje de los conceptos en los estudiantes, basado en el principio de la «zona de desarrollo próximo» de Vygotski, en el cual los estudiantes atrasados recibirán el beneficio de los adelantados.

A cada subgrupo se le proveerá un

material acorde con las situaciones físicas que el profesor(a) proponga. El profesor(a) encargado de la asignatura, al final de las exposiciones de los subgrupos responderá a los interrogantes y dudas que se presenten. Seguidamente se profundizará en el desarrollo de estos temas con la participación de todos los estudiantes. No se podrá eliminar la clase explicativa, pero sí que se programen estas actividades de clases colaborativas al iniciar cada tema, dado que es la oportunidad para que los profesores(as) conozcan las formas de pensar de sus estudiantes sobre el tema que se esté tratando.

Con esta estrategia de enseñanza se busca la participación de los estudiantes al integrarse en subgrupos y puedan expresar sus opiniones y plantear sus dudas e interrogantes. En este estudio se observó que éstos no se manifiestan cuando la clase se desarrolla completamente en forma tradicional. Según esta estrategia de enseñanza-aprendizaje, los(as) profesores(as) diseñan el desarrollo de los temas de clase a partir de lo que piensan los estudiantes. Esto hace que conozcan más de cerca sus dudas y errores conceptuales y puedan, en consecuencia, propiciar un aprendizaje significativo de la enseñanza de la física.

En síntesis, basados en las evaluaciones que realizaron los estudiantes sobre estas actividades que se desarrollaron en clase y los resultados positivos que de ellos se obtuvieron sobre los temas, se permite recomendar que para

promover un aprendizaje significativo de los conceptos electromagnéticos, es fundamental partir de la identificación en los estudiantes de sus concepciones alternativas sobre esos conceptos, y luego generar acciones educativas en el aula donde se propicien las interacciones entre estudiantes y entre profesor y estudiantes a partir de clases colaborativas como las que desarrollamos en este estudio.

En relación con la valuación y el monitoreo del aprendizaje de conceptos electromagnéticos, se sugiere implementar, en el proceso de enseñanza - aprendizaje, formas alternativas para la valuación y monitoreo de conceptos electromagnéticos a las que se usan en forma tradicional, tales como las evaluaciones que sólo se basan en el desarrollo de ejercicios con lápiz y papel.

Se recomienda que el proceso de aprendizaje de conceptos electromagnéticos, por parte de los estudiantes, se comience a monitorear desde el mismo momento en que se inicia la identificación de las preconcepciones o errores conceptuales de los estudiantes. Este es un proceso que debe tener en cuenta las charlas y las entrevistas que los profesores(as) deben realizar a sus estudiantes y en las cuales, de acuerdo con los resultados de este estudio, se aprecia que éstos pueden cuestionarse sus formas de pensar sobre estos conceptos electromagnéticos con las acciones mediadas del entrevistador. Se recomienda como un modelo de enseñanza-aprendizaje apropiado para este fin, el modelo

de Problematicación y Concienciación en la Investigación Científica, PROCIC, (López-Tosado, 1996), dado que en este modelo se plantea que para que los estudiantes puedan comprender y recrear el conocimiento científico de manera significativa, se debe tener en cuenta, como aspecto básico, propiciar las interacciones entre estudiantes y entre éstos y profesor como una mediación social en la construcción del conocimiento científico.

A través de los resultados de las entrevistas puede valorarse el grado de aprendizaje que desarrollaron en ellas los estudiantes sin haberse enfrentado todavía formalmente al desarrollo de estos temas electromagnéticos en la clase. A partir de las entrevistas podemos desarrollar todo un proceso dialógico con los estudiantes y ayudarles a comprender los conceptos electromagnéticos y, al mismo tiempo, evaluar esa comprensión. Sugerimos que el desarrollo de las entrevistas debe tener como propósito no sólo identificar las preconcepciones de los estudiantes, sino también ayudarles a comprender los conceptos electromagnéticos.

Sugerimos que las experiencias adquiridas en las entrevistas para la valuación y el monitoreo del aprendizaje de conceptos electromagnéticos sean proyectadas a las actividades que se desarrollen en las clases colaborativas. Como ya se explicó, en estas actividades los estudiantes inicialmente presentan sus opiniones reunidos en grupos, luego realizan una puesta en co-

mún, en la que tanto ellos como los profesores participan aclarando las dudas y luego profundizan en los temas. Este proceso debe buscar la comprensión de los conceptos electromagnéticos en los estudiantes y valorar qué tanto han comprendido, cuáles son sus razonamientos y cuáles sus aportes.

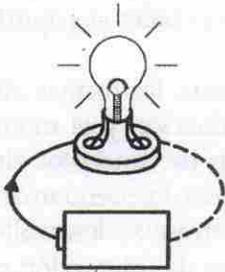
En síntesis, las formas alternativas para la valuación y el monitoreo del aprendizaje de conceptos electromagnéticos que se desprenden de este estudio, sugieren que se desarrollen a través de procesos de interacción comunicativos sobre la base de que el conocimiento es una construcción social, y por ende, se deben plantear acciones de enseñanza-aprendizaje que conduzcan a la realización de actividades de clases colaborativas. Cada actividad debe tener una guía, en la cual se especifique los pasos que deben desarrollar los estudiantes para resolver los interrogantes que se plantean en cada una de las situaciones físicas propuestas.

A los profesores(as) y autoridades educativas responsables del diseño, evaluación e implementación del currículo, se les recomienda abrir espacios para que los educadores(as) puedan investigar e implementar estas estrategias de enseñanza-aprendizaje, las cuales requieren de una concepción abierta del currículo, en la que la cantidad de contenido que se cubra en un curso no sea lo importante, sino los procesos cognoscitivos de cómo los estudiantes construyen y aprenden los conceptos físicos aceptados por la comunidad científica.

De acuerdo con lo expresado en el párrafo anterior, se sugiere que al elaborar el currículo de Física, éste debe contemplar las formas de pensamiento que traen los estudiantes al aula de

clase y ser flexible, para que los profesores(as) puedan identificarlas y analizarlas, si queremos promover un proceso de enseñanza-aprendizaje significativo de la Física.

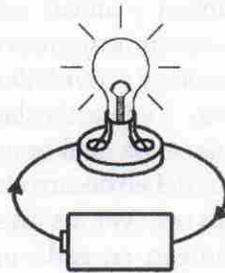
#### ANEXOS



A) No habrá corriente en el cable de retorno.



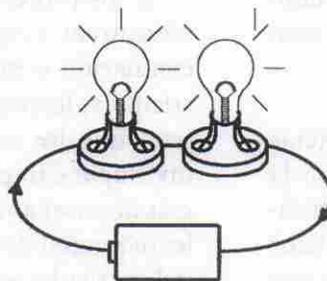
B) La corriente eléctrica irá en dirección a la bombilla en ambos cables.



C) La dirección de la corriente es como se muestra. La corriente será MENOR en el cable de retorno.



D) La dirección de la corriente es como se muestra. La corriente será igual en ambos cables.



E) La dirección de la corriente es como se muestra. Hay mas corriente en el cable de la izquierda y el brillo de las bombillas es igual.

**Figura 1**

Modelos que representan la circulación de la corriente en circuitos eléctricos sencillos

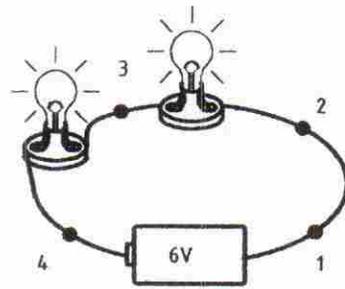
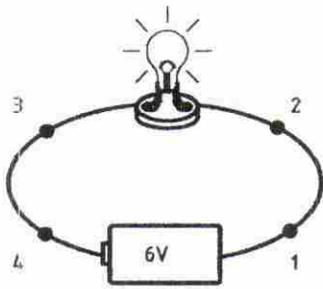


Diagrama A

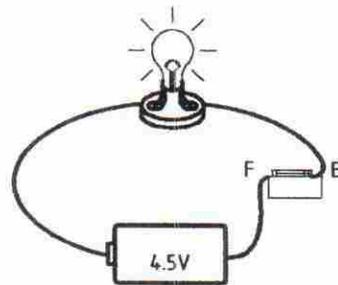
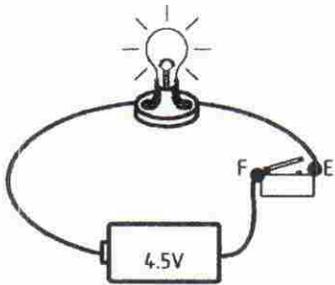


Diagrama B

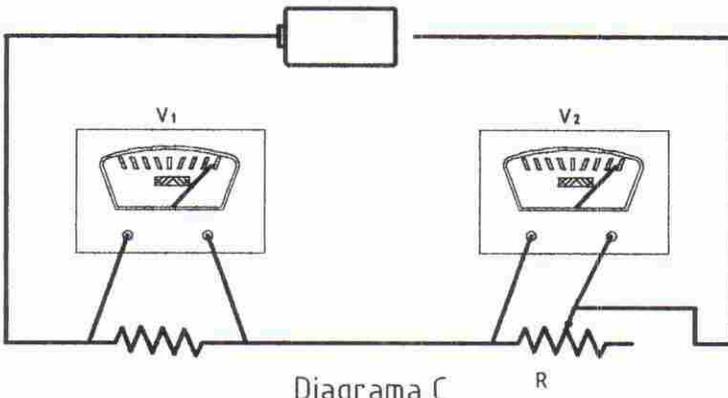
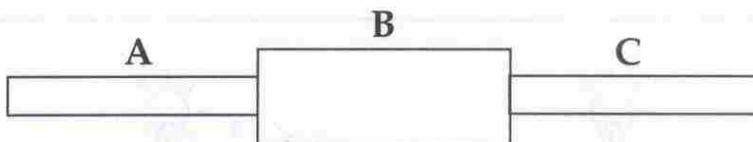


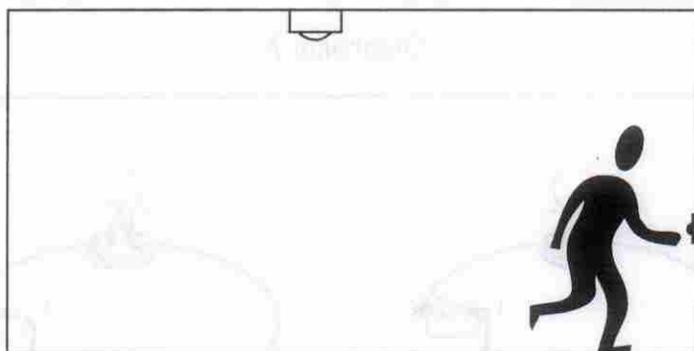
Diagrama C

**Figura 2**  
Medida de la diferencia de potencial en los diagramas A, B y C



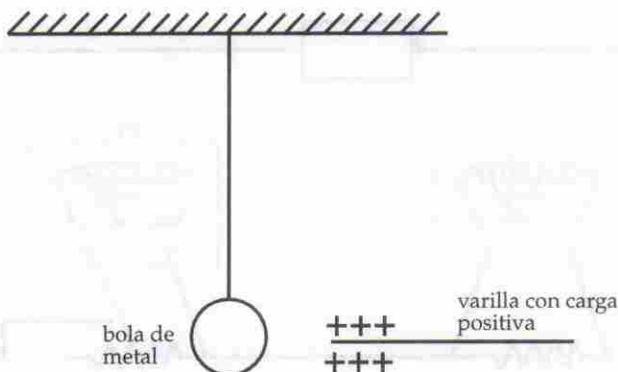
**Figura 3**

La figura 1 muestra un conductor formado por tres partes A, B y c de igual longitud y del mismo material. La sección transversal de A es la mitad de la sección transversal de B y la sección transversal de C es la mitad de A. ¿Quee se puede decir sobre la cantidad de corriente que pasa por el conductor?



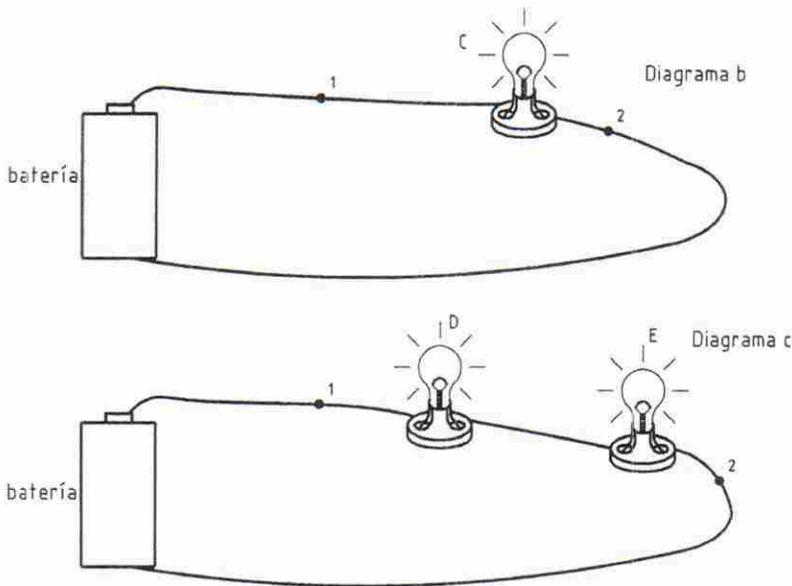
**Figura 4**

En la figura 4, se ha quitado la bombilla pero el interruptor de la pared estea en posición de encendido. ¿Hay corriente eléctrica en los cables terminales del casquillo del techo?



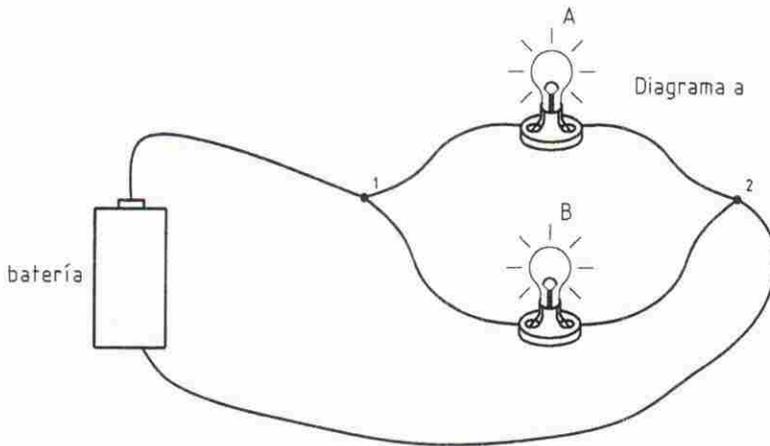
**Figura 5**

En la figura 5 se muestra una bola de metal neutra suspendida por una cuerda. Una varilla aislada cargada positivamente es ubicada cerca de la bola y ésta es atraída por la varilla. Esto sucede porque...



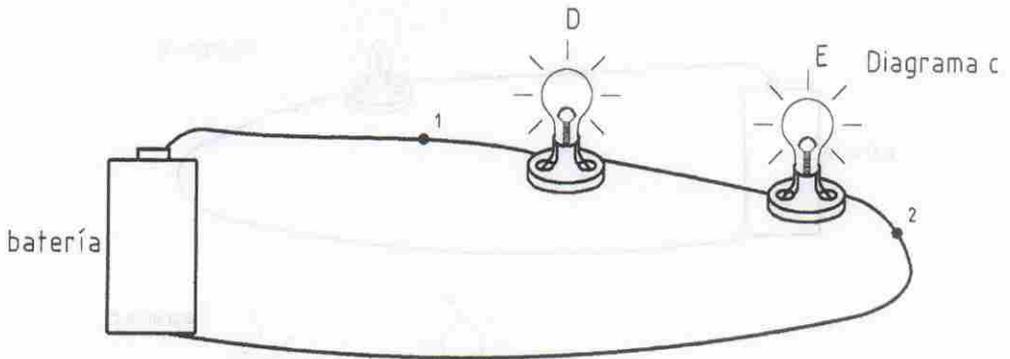
**Figura 6**

En la figura 6, el diagrama c muestra un circuito formado por una pila y dos bombillas de iguales características D y E conectadas como se muestra en el diagrama. El diagrama b muestra otro circuito formado por la misma batería pero con una sola bombilla C de iguales características a las de D y E. en cuanto a la iluminación relativa de las bombillas D, E y C es correcto afirmar que...



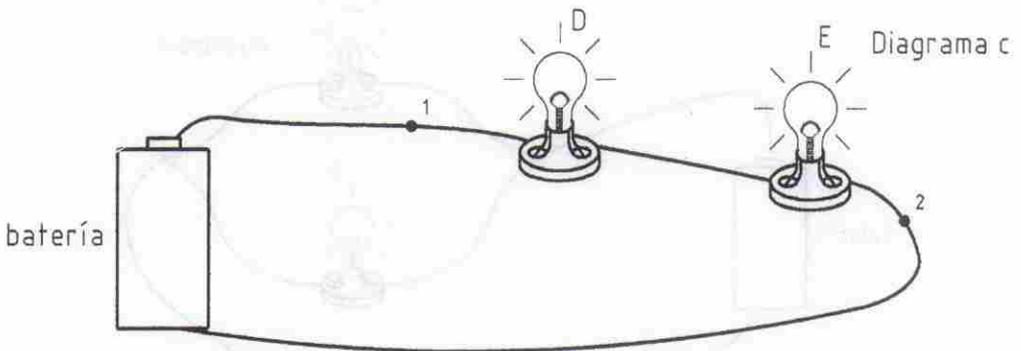
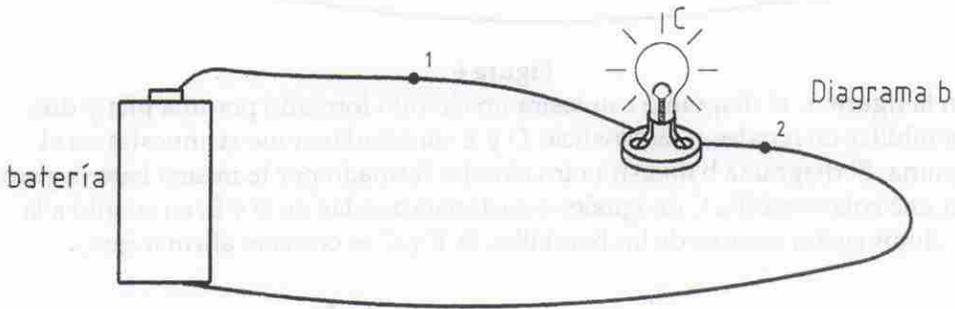
**Figura 7**

En cuanto al diagrama a de la figura 7, donde las bombillas A y B son de igual carecterística, es correcto decir que la corriente...



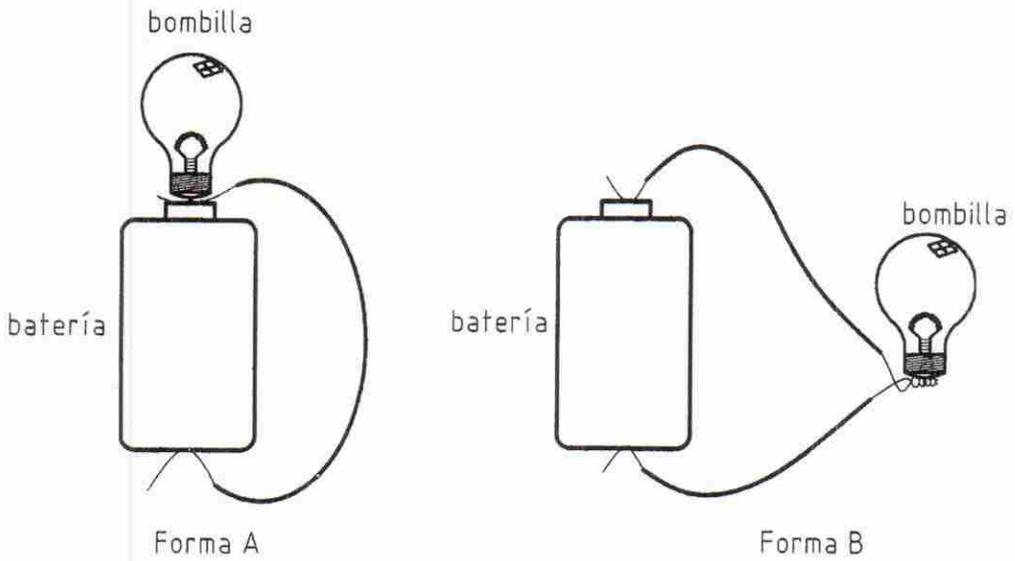
**Figura 8**

En cuanto al diagrama c de la figura 8, donde las bombillas D y E son de igual característica, es correcto decir que la corriente...



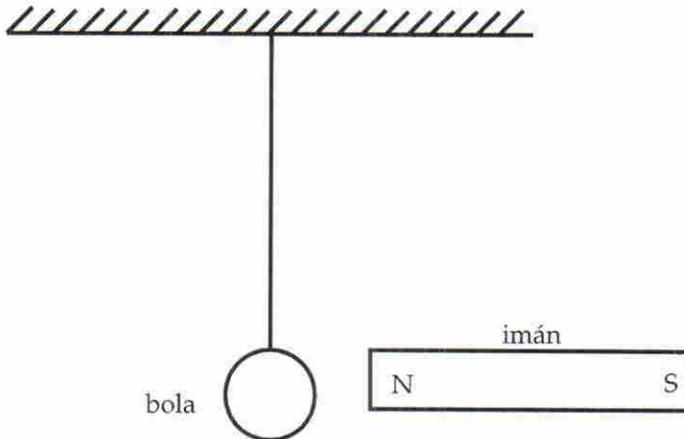
**Figura 9**

En los diagramas b y c de la figura 9, asumimos que las bombillas C, D y E tienen las mismas características y la batería es la misma. En cuanto a la potencia disipada en ellas es correcto afirmar que...



**Figura 10**

En la figura 10 se tienen dos posibles formas para conectar una bombilla a una batería. ¿Cuál cree usted que es la forma correcta? ¿Por qué?



**Figura 11**

En la figura 11 se representa un péndulo y un imán. Si la bola es de madre, entonces...

## Referencias

- AUSUBEL, D. (1968). *Educational Psychology: A cognitive View*. New York: Holt, Rinehart and Wiston.
- COHEN, R., EYLON, B. y GANIEL, U. (1983). «Potencial difference and current in simple electric circuits: A study of students' concepts». *American Journal of Physics*, 51 (5), 407- 412.
- CRISCUOLO, G. (1984). «Concepciones espontáneas sobre la circulación de corriente en circuitos de corriente continua». *II Jornada sobre enseñanza de la Física CENAMEC*. Caracas, Venezuela.
- DOMÍNGUEZ, E. y MOREIRA, M.A. (1987). «Stability of misconceptions on electric current among college students». *I Conferencia Internacional de enseñanza de la Física*. México.
- DRIVER, R. (1986). «Psicología cognoscitiva y esquemas conceptuales de los alumnos». *Enseñanza de las Ciencias*, 4 (1), 3-15.
- DRIVER, R., GUESNE, E., y TIBERGHEN, A. (1992). *Ideas científicas en la infancia y la adolescencia*. 2ª ed. (Traducido por Pablo Manzano). Madrid: Morata.
- ERICKSON, G.L. (1979). «Children's conceptions of heat and temperature». *Science Education*, 63, 221-230.
- EVANS, J. (1978). «Teaching electricity with batteries and bulbs». *The Physics Teacher*, 16 (1), 15-24.
- FREDETTE, N. y LOCHHEAD, J. (1980). «Students conceptions of simple circuits». *The Physics Teacher*, 18 (3), 194-198.
- FREIRE, P. (1970/1997). *Pedagogía del oprimido*. 49ª ed. México: Siglo 21.
- GERGEN, K. (1996b). «La construcción Social: Emergencia y potencial». En: M. PAKMAN, *Construcciones de la experiencia humana*. Barcelona: Gedisa.
- GÓMEZ RAMÍREZ, P.F. (1992). *Comprensión de los conceptos básicos de mecánica entre estudiantes universitarios de los cursos medulares de física: Relación con el nivel de desarrollo cognoscitivo y con la concepción de concepciones alternativas* (Disertación doctoral inédita). Universidad de Puerto Rico, Río Piedras.
- LÓPEZ - TOSADO, V. (1996). Problemática y Concienciación en la Investigación Científica (PROIC): Un modelo educativo para potenciar la mediación social en la construcción del conocimiento científico. *VIII Encuentro Nacional de Educación y Pensamiento: Homenaje a Piaget y Vygotski*. Ponce, Puerto Rico.
- MAICHLE, U. (1981). «Representation of knowledge in basic electricity and its use in problem solving». En: *Proceedings of the International Workshop on Problems Concerning Student's Representations of Physics and Chemistry Knowledge*. Ludwigsburg, Alemania Federal.
- MENESES VILLAGRÁ, J.A., y CABALLERO SAHELICES, M. C. (1995). «Secuencia de Enseñanza sobre el Electromagnetismo». *Enseñanza de las Ciencias*, 13 (1), 36 - 45.
- NUSSBAUM, J. y NOVICK, S. (1981). «Brain Storming in the classroom to invent a model: A case study». *School Science Review*, 62, 221, 771- 778.
- OSBORNE, R. (1981). «Children's ideas about electric current». *Science Teacher*, 29, 12-19.
- OSBORNE, R. y FREYBERG, P. (1985). *Learning in Science: The implications of children's science*. Auckland, New Zealand: Heinemann.
- (1991). *El aprendizaje de las Ciencias. Implicaciones de la ciencia de los alumnos*. (p. 47). Madrid: Narcea.
- PIAGET, J. (1978). *La equilibración de las estructuras cognitivas: Problema central del desarrollo*. 1ª ed. Madrid: Siglo veintiuno.
- POPE, M. y GILBERT, J. (1983). «Personal experience and the construction of knowledge in science». *Science Education*, 67, (2), 173-203.
- SHIPSTONE, D. (1992). «Electricidad en circuitos sencillos». En: R. Driver, E. Guesne, A. Tiberghien, *Ideas científicas en la infancia y la adolescencia*. Madrid: Morata.

VON GLASERSFELD, E. (1996). «Aspectos del constructivismo radical». En: M. Pakman (compilador), *Construcciones de la experiencia humana*. Barcelona: Gedisa.

VYGOTSKI, L. (1960 / 1979). *El Desarrollo de los Procesos Psicológicos Superiores*. (Traducción castellana de Silvia Furió). Barcelona: Crítica.