

# EXPERIMENTAÇÃO E ENSINO DAS CIÊNCIAS: UM CASO HISTORICO EM ELETRICIDADE ESTATICA

## EXPERIMENTACION Y ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS NATURALES

**Edwin German Garcia**  
Universidad del valle  
Edwingermangarcia@hotmail.com

### Resumo

O ensino das ciências costuma estar preocupada pelo trabalho dos docentes e a aprendizagem dos estudantes e pouco assumiu-se o conteúdo mesmo dos temas que se ensinam. A história das ciências converteu-se em um espaço fundamental para repensar os conteúdos que se dão. o presente trabalho recolhe como problemática fundamental o uso história das ciências desde uma perspectiva sociocultural do conhecimento (García 2011), parte-se de análise de textos originais sobre eletricidade estática e confronta-se com a apresentação que usualmente fazem os textos, particularmente o sentido da no sala. a análise histórica-critico que se faz dos processos de construção, organização e validação do eletromagnetismo se contextualizam agora para a formulação de propostas alternadas de ensino

**Palavras-chave:** História das ciências, ensino das ciências, eletricidade estática, experimentação, recontextualización, estudos histórico-críticos

### Resumen

La enseñanza de las ciencias suele estar preocupada por el trabajo de los docentes y el aprendizaje de los estudiantes y poco se ha asumido el contenido mismo de los temas que se enseñan. La historia de las ciencias se ha convertido en un espacio fundamental para replantear los contenidos que se imparten. el presente trabajo recoge como problemática fundamental el uso de la historia de las ciencias desde una perspectiva sociocultural del conocimiento (García 2011), se parte de análisis de textos originales sobre electricidad estática y se confronta con la presentación que usualmente hacen los textos, particularmente el sentido de la experimentación en el aula. el análisis histórico-critico que se hace de los procesos de construcción, organización y validación del electromagnetismo se recontextualizan ahora para la formulación de propuestas alternas de enseñanza

**Palabras clave:** Historia de las ciencias, enseñanza de las ciencias, electricidad estática, experimentación, recontextualización, estudios histórico-críticos

## EXPERIMENTACION Y ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS NATURALES

### Planteamiento del problema

Publicaciones cada vez crecientes, ponen en evidencia las dificultades que presentan los estudiantes en formación docente (y los que no también) para comprender y apropiarse los conceptos científicos que les enseñan. Los argumentos ubican como problema una preparación inadecuada en los cursos básicos (Ridgen 1986), en tanto que no hay apropiación significativa de los conceptos ni siquiera después de haber pasado por los cursos de fundamentación. En programas como las licenciaturas en ciencias naturales, existentes en Colombia, se espera que el estudiante tenga un manejo de la disciplina, esto es, el manejo conceptual de leyes y teorías en la resolución de problemas, y el ejercicio de prácticas de laboratorios y además, que tenga un conocimiento pedagógico y didáctico de los métodos y técnicas de enseñanza, ya que su campo profesional tiene que ver con enseñar a niños y jóvenes que requieren aprender ciencias. Sin embargo los resultados de investigaciones establecen que los estudiantes presentan dificultades conceptuales sobre el campo disciplinar y con problemas de apropiación de una didáctica de enseñanza (Duit 2006). Aspectos que crean problemas incluso de identidad profesional (García 2011).

Se encuentra además que la capacidad experimental del estudiante es reducida, los pocos laboratorios realizados se basan en aspectos meramente demostrativos y a veces sin intervención directa sobre los instrumentos y aparatos (tal vez por falta de material) por lo que al llegar al ejercicio de su profesión no poseen elementos para llevar al aula como propuestas innovadoras (Artigas 1989), sino más bien reproducidas mecánicamente y sin apropiación de conocimiento. El carácter lineal en la presentación de los contenidos por parte de los libros de texto pareciera estar establecida históricamente, sin posibilidades de cambio o modificación, incluso para los investigadores en didáctica de las ciencias, hasta muy recientes trabajos, consideraban que lo importante era investigar lo que sucede con los estudiantes o los profesores, pero no con el contenido de la enseñanza, este mantenía su estatus y era inmodificable. Los contenidos de la enseñanza, que es el mismo conocimiento científico es ahora objeto de reflexión y análisis (García 2011).

A partir de lo anterior se hace necesaria una revisión de la forma como se enseñan los conceptos de la ciencia, la forma como se presenta la experimentación y la manera como se apropia por parte de quienes los reciben. Es importante generar elementos que contribuyan a una enseñanza de las ciencias que sea más flexible y permita que los educandos no se esquematicen en una imagen de ciencia donde solamente los contenidos sean el eje de la enseñanza. En este sentido es clave pensar en un replanteamiento de los cursos introductorios que es donde los estudiantes se enfrentan por primera vez con los conceptos fundamentales de la disciplina. Pues la forma como usualmente se abordan se pretende cubrir un amplio campo de la disciplina sacrificando una correcta conceptualización y un

manejo de los problemas. A partir de lo anterior consideramos importante la siguiente pregunta:

¿Qué aspectos de la filosofía historicista (HFC) resultan pertinentes para avanzar en propuestas alternas de enseñanza de las ciencias (EC) a través de las prácticas experimentales?

Para darle sentido a esta pregunta es necesario acompañarla de otras dos preguntas que aportan a la pertinencia del mismo, esto es:

¿Qué aporta la HFC a la comprensión y apropiación de fenómenos como la electricidad estática?

¿Que aspectos de la HFC permiten identificar problemáticas relevantes para hacer propuestas alternas en la enseñanza de las ciencias a nivel de biología, química y física?

## **Objetivos**

A partir de considerar los aportes de la filosofía historicista, hacer análisis en torno a la forma como se presentan usualmente las practicas experimentales de la ciencia en los textos de física en los cursos introductorios. Determinar las dificultades implícitas en los procesos de su enseñanza y generar propuestas alternas que aporten a una construcción significativa del conocimiento, apoyados en un uso particular la filosofía de las prácticas experimentales.

## **Objetivos específicos**

1. Generar espacios que posibiliten la construcción, organización y ampliación de la experiencia en la caracterización de los fenómenos eléctrico.
2. Analizar las implicaciones retóricas de los libros de texto en el capítulo de electricidad
3. Analizar las problemáticas de las prácticas experimentales históricamente en la ciencia
4. Hacer el diseño de estrategias alternas de intervención didáctica.

## **Procesos metodológicos**

El presente proyecto de investigación se inscribe en el marco general de la problemática relacionada con la enseñanza de las ciencias, y hace parte de un proyecto general sobre el uso de las prácticas experimentales en la enseñanza de las ciencias, biología (herencia), química (combustión) y física (electricidad estática), auspiciado por el fondo de investigaciones de la Universidad del Valle. En este avance se muestran los aportes que de la historia y filosofía de la ciencia, permiten la reflexión y análisis de textos, originales y de enseñanza de la física a nivel introductorio.

El proyecto se encuentra dividido en tres fases que son: a) análisis de documentos y textos históricos sobre la electricidad estática, b) análisis de contenido de textos de enseñanza sobre la electricidad estática y c) diseño de estrategias alternas de enseñanza teniendo en cuenta el recurso de la historia.

En estos momentos el proyecto se encuentra en la fase de análisis de textos universitarios y aportes de la historia de las ciencias. En el primer aspecto se analizaron de una selección de 20 libros, 4 de los usados en la universidad objeto de estudio. Se aclara que lo que interesa de este estudio, diferente a otros proyectos, es la búsqueda concreta en los textos, de las prácticas experimentales derivadas de la historia de las ciencias.

Se hace análisis de textos históricos, pero solamente se seleccionaron aquellos cuyo aporte fue fundamental para el desarrollo de la electricidad. Son en total 6 libros y 4 escritos de autores originales.

Se espera posteriormente avanzar en las propuestas alternativas de enseñanza de acuerdo con la información obtenida y procesada de los documentos sugeridos, así como el pensamiento de profesores y estudiantes en formación docente.

## **Marco teórico**

### **El Papel de la Experimentación**

Con las investigaciones de estudios de caso, los filósofos de la ciencia quieren poner de manifiesto la carga experimental y avanzar hacia una nueva imagen de ciencia, llegando a considerar que la miseria del teoreticismo está en reducir la riqueza y la complejidad del proceder científico a un asunto de mera elaboración conceptual, dejando de lado la riqueza de conocimiento que se esconde detrás de las prácticas experimentales (Ordóñez y Ferreiros 2002).

Reconocer la importancia y la validez de las prácticas experimentales en la constitución de la ciencia, su función independiente de la carga teórica o en equilibrio con ella, y no subordinado a ella solamente en el papel verificacionista o falsacionista que usualmente se le ha otorgado, es el fundamento de este campo de investigación de la filosofía (Echeverría 2003). En este sentido, dilucidar si la práctica científica es real o no, utilizando como criterio de realidad la capacidad de modificar y transformar los objetos, los fenómenos, los instrumentos, las comunidades y las sociedades

Para Pickering (1995) en la producción de cualquier resultado experimental entran en juego tres elementos: un procedimiento material, un modelo instrumental y un modelo fenoménico: El procedimiento material. Disponer de los aparatos e instrumentos necesarios, verificar que funcionen y controlar su funcionamiento encierra un conocimiento práctico. El modelo instrumental. En el diseño, realización e interpretación del experimento, es fundamental la comprensión conceptual del funcionamiento de aparatos e instrumentos. El experimentador tiene un modelo conceptual que le permite identificar, aplicar y usar los aparatos. El modelo fenoménico. Está en la comprensión conceptual de los aspectos del mundo fenomenológico estudiado por parte del experimentador. Sin él, los resultados carecerían de sentido y significación, y no podrían ser interpretados. Pickering también sugiere que en la propia experimentación podemos distinguir entre experimentos cualitativos y cuantitativos o experimentación exploratoria y experimentación guiada. Para filósofos e historiadores de la ciencia en la escuela del positivismo, era común describir los

procesos de elaboración de teorías científicas a partir de mediciones y datos cuantitativos precisos, los experimentos cuantitativos eran el referente de las investigaciones, esta versión simplificada del método científico llevó a borrar del mapa la experimentación cualitativa (Franklin 2002).

Por ejemplo, los experimentos cualitativos en electromagnetismo desempeñaron desde el primer resultado de Oersted en 1820 un papel fundamental en la elaboración de nociones como líneas de fuerza y campo (Cantor 1989). Oersted y el propio Faraday trabajaron de manera más intuitiva y directa, modelando sus concepciones según algunos rasgos fenomenológicos (o fenomenotécnicos) que surgían directamente de los experimentos que realizaron y como resultado del experimento, el modelo fenoménico es refinado, acomodado y especificado con mayor precisión” (Ordóñez y Ferreiros 2002)

### **Análisis de textos**

Las investigaciones actuales en didáctica de las ciencias naturales han orientado esfuerzos hacia el estudio de los libros de texto, llegando a la búsqueda de las intenciones que hay detrás por parte de los autores o de las editoriales (incluso de los ministerios de educación) y el mensaje que quieren transmitir a través del texto, esto es la retórica. Es claro que en los libros de texto hay estructuras retóricas cuya intención es la de persuadir al lector, influir en su forma de pensar la ciencia y en transformar su mundo, esto es, como lo manifiesta Izquierdo (2005) utilizan un lenguaje y unas estrategias para persuadir de maneras diferentes. Cual es la retórica que hay en los libros de introducción a la universidad? Cuando se enseña física, química o biología el libro de texto lo hace de una forma tal que busca convencer al lector de que piense la ciencia y la actividad científica de una cierta manera, la que el autor cree más pertinente. Identificar la retórica de los libros de texto es una necesidad en el ámbito de la investigación actual.

El estudio de la estructura de LT de hecho tiene también varias ramificaciones por las cuales los investigadores se han orientado, por ejemplo estudio de la estructura semántica; sus formas de argumentar y presentar los contenidos, analogías, narrativas, retóricas... estructura sintáctica; la presentación de los conceptos y la secuencia utilizada, estructura simbólica; el tipo de ilustraciones, tablas y gráficos presentes, estructura curricular; el tipo de actividades propuestas y su organización y estructura evolutiva; el grado de dificultad con el que son presentados los contenidos.

El presente proyecto se ubica en las estructuras de los libros de texto, particularmente en los estudios realizados por Izquierdo y el grupo de LIEC (2004) y la retórica de los libros de texto. Aunque ellos se centraron en el estudio de libros de secundaria, los referentes teóricos sobre estructura retórica se aplican perfectamente a textos universitarios. En la estructura semántica, y dentro de ella la estructura retórica como mecanismo de comunicación de la ciencia y de la actividad científica tiene que ver con dos aspectos que se conectan, la intención comunicativa del autor y la forma como lo hace, promoviendo con ello imágenes de ciencia y concepciones sobre el conocimiento científico en el lector. Pretende identificar las características de los LT universitarios de introducción a las ciencias y los aspectos que las mismas promueven en las dificultades de los estudiantes para la comprensión y explicación de los fenómenos naturales o hechos.

## Resultados obtenidos

Los libros de texto analizados hasta el momento, se caracterizan por presentar una física de corte expositivo y dogmático, presentar las leyes y teorías relacionadas con la electrostática como definiciones y afirmaciones, con un discurso transmisivo de conocimiento formal con marcado énfasis en lo matemático. No se reconoce de forma explícita y diferenciada la teoría de campos de la teoría de acción a distancia en estos libros, incluso se yuxtaponen en algunos pasajes como si no se reconociera que son históricamente diferentes e incluso opuestas.

El papel del experimento es esencialmente demostrativo y subsidiario de los modelos explicativos presentes. Se destaca, en este sentido, la influencia de la visión positivista del conocimiento.

El uso de la historia para mostrar el desarrollo de la electricidad es escaso. Algunos comentarios aislados sobre aportes históricos, haciendo énfasis en descripciones y narraciones históricas. No se encuentra en ellos, un uso de la historia en la construcción de la teoría de campos.

Con relación a la presentación de la electrostática, como aspecto fundamental de introducción al electromagnetismo, no es considerada en la magnitud que corresponde. Solamente un libro hace alusión a la triboelectricidad, sin entrar en detalles y consideraciones, los otros libros hacen más énfasis en las formulaciones matemáticas de la fuerza eléctrica y la ley de Coulomb. Conservan una secuencia similar en la presentación de los contenidos, a saber: parten de efectos de frotación de los cuerpos para definir carga, ley de Coulomb, conservación de carga, fuerza eléctrica, campo eléctrico, cuantización y potencial eléctrico.

Existe una yuxtaposición en las formas de explicar ya que se hace alusión a la mecánica en torno a fuerzas de acción a distancia y la ley coulombiana y luego se hace referencia a campo eléctrico y líneas de fuerza, así como elementos de física atómica y mecánica cuántica, sin informar o aclarar que son visiones de mundo epistemológicamente contrarias. Sin embargo se espera que los estudiantes avancen en la resolución matemática de problemas más que en su comprensión conceptual. Hay que destacar que la intención de los autores es clara y precisa, están dirigidos a estudiantes de ciencias e ingeniería en aprendizaje de la física a partir del desarrollo de habilidades en la resolución de problemas.

Existen evidentes problemas conceptuales al caracterizar el campo eléctrico, por ejemplo al considerar las líneas de campo como líneas imaginarias, desconociendo que para Faraday el campo tiene existencia ontológica y las líneas de campo son reales. Cuando se hace referencia al campo como la acción de una carga eléctrica sobre el medio que la rodea, cuando en el modelo de Faraday y Maxwell el campo es una acción del espacio mismo y no reside en los cuerpos. Al considerar la transferencia de electrones como fluido al pasar del vidrio a la seda, o como dos fluidos cuando argumentan que los protones portan carga positiva y eventualmente también se pueden mover, cuando se asume la ley del inverso

cuadrado de la distancia como ley general sin considerar que la ley no se cumple para distancias muy grandes. En afirmaciones como “*la interacción electrostática entre dos partículas cargadas es proporcional a sus cargas e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia entre ellas y su dirección es según la recta que las une*” donde no hay más opción que pensar mecánicamente el problema, pero con la dificultad para dar cuenta de fenómenos inductivos en línea curva.

Existe una clara relación entre las explicaciones de los estudiantes y la presentación de los libros de texto con los que estudian. Recordemos que los textos seleccionados corresponden a aquellos con los que el grupo de estudiantes elegido estudian y hacen sus actividades. Ambos recurren a explicaciones utilizando modelos históricamente superados como las teorías de fluidos y el modelo mecanicista de acción a distancia. Tanto en los estudiantes como en los textos se nota enfoques correspondientes al modelo estándar de partículas, donde las partículas poseen carga eléctrica y está concentrada en cargas puntuales. Existe en los estudiantes un desconocimiento de la teoría de campos y en los libros una ausencia de la perspectiva de Faraday en torno a la visión epistemológica del campo, haciendo énfasis fundamentalmente en el aspecto del campo como representación matemática del medio. A pesar de que los libros analizados hacen referencia a la cuantización, ésta es asumida como un aspecto de la discretización de la carga desde la física atómica o la mecánica cuántica y consideran someramente los experimentos de Millikan, En los estudiantes la cuantificación no alcanza ni siquiera a ser un problema percibido experimentalmente.

Es posible entonces reorientar el papel que se le están dando a la experimentación y considerar la riqueza conceptual que allí se esconde. Saber física no es solamente saber de leyes y teorías, es también el saber experimental, es darle importancia al diseño y construcción de experimentos cualitativos y cuantitativos cuya riqueza está en llenar de sentido un conocimiento, también el diseño y elaboración de aparatos e instrumentos. Al final, todo esto revierte en los libros de texto que constituyen una forma de anclar materialmente los conocimientos. Por tanto, es importante que éstos reflejen la importancia de los experimentos, su relación no subsidiaria de la teoría y, en último término, contribuyan al equilibrio y complementariedad entre teoría y práctica (García y Estany 2010).

### **Consideraciones finales**

El proyecto de investigación se encuentra en proceso de desarrollo, y de las tres fases sugeridas se avanza en la primera y segunda, aunque las tres fases se cruzan simultáneamente en su desarrollo. Es de reconocer, hasta el momento, que los textos fundamentales de introducción a la física en la universidad no reconocen el uso de la historia de las ciencias y menos desde los nuevos planteamientos de las prácticas experimentales. Se requiere avanzar en propuestas de intervención didáctica que le den al texto una nueva retórica que le permitan reconocer que la historia de las ciencias es más que anécdotas y descripciones y se convierta en un poderoso instrumento para validar el conocimiento científico establecido y además para identificar la importancia de las prácticas experimentales y su pertinencia en la enseñanza de las ciencias.

## **Bibliografía**

ARTIGAS, M. Filosofía de la ciencia experimental; Introducción. Ediciones Universidad de Navarra. España. (1989)

CANTOR, G The uses of experiment. Cap. The rhetoric of experiment. Cambridge. Cambridge Univerity Press. (1989)

CANTOR, G. GOODING, D y JAMES, F.A. Faraday, Madrid. Alianza editorial. (1994)

DUIT, R La investigación sobre la enseñanza de las ciencias: un requisito imprescindible para mejorar la práctica educativa. Revista Mexicana de Investigación Educativa. Vol 11, (30), 741 – 770. (2006)

ECHEVERRIA, J. Introducción a la metodología de la ciencia. La filosofía de la ciencia en el siglo XX. Editorial Cátedra. Madrid. (2003)

ESTANY, A Innovación tecnológica y tradiciones experimentales. Una perspectiva cognitiva. Revista Ciencias. Facultad de ciencias de la UNAM. México. (2007)

FRANKLIN, A. Física y experimentación. Revista Theoria, Vol. 17. Numero 44, 221. (2002)

GARCIA, E. y ESTANY A. la filosofía de las practicas experimentales y la enseñanza de las ciencias. Revista Praxis filosófica. Universidad del Valle. (2010)

GARCIA, E. las practicas experimentales en los textos y su influencia en el aprendizaje, aporte histórico y filosófico en la física de campos, tesis doctoral laureada. Universidad Autónoma de Barcelona. (2011)

IZQUIERDO, M. Hacia una teoría de los contenidos escolares. Revista Enseñanza de las Ciencias. 23 (1),111-122. (2005)

ORDOÑEZ, J y FEERREIROS, J. Presentación: Hacia una filosofía de la experimentación. Revista Theoria, Vol. 17. Numero 44, 209 – 21. (2002)

PICKERING, A. Science as practice and culture. The University of Chicago Press. Chicago. (1992)