



Análisis de una propuesta pedagógica sobre el papel de la experimentación fundamentada en reflexiones acerca de la Naturaleza de las Ciencias

Paula Andrea Amelines

Grupo de Estudios Culturales sobre las
Ciencias y su Enseñanza -ECCE
Universidad de Antioquia
pamelines@gmail.com
Colombia

Ángel Enrique Romero-Chacón

angel.romero@udea.edu.co
Grupo de Estudios Culturales sobre las
Ciencias y su Enseñanza -ECCE
Universidad de Antioquia
Colombia

ABSTRACT

The theoretical foundations and the educational contributions of a proposed qualification for science teachers, arisen in the context of a Research Project (Thesis) in the Master of Education – area of Science Education-, at Universidad de Antioquia (Medellín, Colombia) are shown in this thesis. Based on the analysis of historical episodes and the design of classroom activities around the experimentation role during the process of knowledge construction, the Research Project aimed to point out some considerations both theoretical and methodological able to allow linking reflections about the Nature of Sciences (NOS) in the training of teachers.

Moreover, It has been analyzed how participating teachers assume the relationship between conceptualization-experimentation in front of the teaching process, and the role assigned to the tools and processes of measurement in the analysis and organization of some physical phenomena. This analysis allowed the identification and characterization of alternative ways to understand the role of experimentation in science class. Finally, are presented too some pedagogical contributions which may have, for the training of teachers, this proposal, which is focused on the role of experimentation in building contextualized explanations and reflections about the NOS.

RESUMEN

Se presentan los fundamentos teóricos y las contribuciones pedagógicas de una propuesta de cualificación de profesores de ciencias, surgida en el marco de un Trabajo de Investigación (Tesis) en el programa de Maestría en Educación, línea de Educación en Ciencias Naturales, de la Universidad de Antioquia (Medellín, Colombia). El Trabajo de Investigación tuvo como objetivo proponer algunas consideraciones tanto teóricas como metodológicas, que permitieran vincular reflexiones acerca de la Naturaleza de las Ciencias (NdC) en la formación de profesores, a partir del análisis de episodios históricos y el diseño de actividades de aula alrededor del rol de la experimentación en los procesos de construcción de conocimiento.

Se analiza la manera como los docentes participantes asumen la relación conceptualización–experimentación en su relación con la enseñanza, y el rol asignado a los instrumentos y procesos de medida en el análisis y organización de algunos fenómenos físicos. Este análisis permitió identificar y caracterizar formas alternativas de comprender el rol de la experimentación en la clase de ciencias. Finalmente se presentan algunas contribuciones pedagógicas que puede tener, para la formación de profesores, esta propuesta centrada en el papel de la experimentación en la construcción de explicaciones y contextualizada con reflexiones acerca de la NdC.

Palabras clave: Naturaleza de las ciencias, Experimentación, Formación de profesores de ciencias.

Palavras-chave: Natureza da ciência, experimentação, formação de professores de ciências.

Keywords: Nature of Sciences, Experimentation, Training science teachers.

INTRODUCCION



Durante los últimos años se ha notado un especial interés por incluir en los procesos de enseñanza diversas reflexiones acerca de naturaleza de la ciencia (NdC), debido a las bondades que estas reflexiones pueden posibilitar en el abordaje, el desarrollo y la comprensión de los contenidos a enseñar (Bizzo, 1993; Matthews, 1994; Adúriz-Bravo, 2005; Tamayo, 2009; Acevedo, 2008; Höttecke & Silva, 2010). Sin embargo, se ha reclamado que existe falencias en la formación de los docentes sobre esta clase de reflexiones (Höttecke & Silva, 2010; Acevedo y otros, 2007; Acevedo, 2008), además del desconocimiento de las repercusiones positivas que ellas pueden traer para los procesos de construcción del conocimiento en el aula de clase.

Es importante analizar, en este sentido, el papel que juega las concepciones sobre la actividad experimental en el desarrollo del conocimiento científico, ya que se puede considerar que existen estrechas relaciones entre el significado que se le asigna a la experimentación, la manera como se interpreta la actividad científica y el conocimiento, y el modo como los docentes orientan su actividad pedagógica.

Con la intención de contribuir a resolver estas dificultades, el presente texto discute los fundamentos teóricos y las contribuciones pedagógicas de una propuesta de cualificación de profesores de ciencias, surgida en el marco de un Trabajo de Investigación (Tesis) en el programa de Maestría en Educación, línea de Educación en Ciencias Naturales, de la Universidad de Antioquia (Medellín, Colombia). El Trabajo de Investigación tuvo como objetivo proponer algunas consideraciones tanto teóricas como metodológicas, que permitieran vincular reflexiones acerca de NdC en la formación de profesores, a partir del análisis de episodios históricos y el diseño de actividades de aula alrededor del rol de la experimentación en los procesos de construcción de conocimiento.

La realización de un análisis del rol de la actividad experimental en la construcción de conocimiento, fundamentado desde una perspectiva histórica y epistemológica, posibilitó formas alternativas de comprender y abordar los procesos de organización de los fenómenos físicos en la enseñanza de las ciencias, al favorecer una imagen social y cultural sobre la experimentación y la construcción de hechos científicos. En particular, el análisis de los discursos de los profesores participantes a lo largo de la implementación de la propuesta pedagógica, permitió identificar dos perspectivas referentes a la relación teorización-experimentación: una en la que se resalta la relación de independencia entre estos aspectos, y otra que favorece su relación de complementariedad. De igual forma, se distinguieron imágenes de la función del instrumento como registro y constatación de datos, que se fueron orientando hacia la idea del instrumento como posibilidad de producción de fenomenologías.

REFERENTES TEÓRICOS Y CONCEPTUALES

Los análisis conceptuales adelantados permiten identificar dos aspectos teóricos que fundamentan la propuesta diseñada e implementada. De una parte, el carácter dialéctico y de complementariedad de la relación conceptualización-experimentación en la dinámica científica y, de otra parte, el carácter sociocultural de los instrumentos y procesos de medida. Se sintetizan a continuación estos referentes conceptuales.

Sobre la relación conceptualización-experimentación en la dinámica científica

Revalorado la importancia que tiene el experimento en la constitución y desarrollo de la actividad científica, recientes estudios históricos y filosóficos de las ciencias han resaltado una visión integral de la actividad científica a través de la cual se asume que la experimentación y la teoría no son dimensiones separadas de la actividad científica (Hacking, 1996; Ferreirós y Ordóñez, 2002; Iglesias, 2004). Tal como lo señalan Ferreirós y Ordóñez (2002), en la actividad científica la fase experimental y la fase teórica están situadas cuando menos en el mismo plano; la primera goza de tanta autonomía como pueda tener la segunda.



Esta mirada trata de superar dos perspectivas usuales sobre la relación experimentación-teorización que, por así decirlo, resaltan los puntos extremos de la relación. De un lado, la visión que atribuye al experimento la fuente exclusiva del conocimiento, a partir de la cual –inductivamente- se adquieren los conocimientos teóricos; y por otro lado, aquella perspectiva en la que se considera a la teoría como base o fundamento del conocimiento científico y al experimento exclusivamente como un elemento que permite verificar o refutar dicha teoría. Por el contrario, esta visión propende por una relación de constitución o de complementariedad entre ambos elementos que se identifica, bien cuando se comprende una especie de comunicación entre la conceptualización y la experimentación, o bien cuando se reconoce una dinámica entre ellas tal que desarrollos en una dimensión producen desarrollos en la otra.

Es justamente en este sentido que Iglesias (2004) considera que los análisis histórico-críticos de momentos específicos de la historia, pueden conducir a la idea que la relación que se establece entre teoría y experimento, no tiene un carácter unitario ni unidireccional, sino que por el contrario, existe variedad de relaciones entre la conceptualización y la experimentación. En este sentido, sólo el estudio y la comprensión de casos particulares en los que se despliega la relación experimentación-teorización posibilita la identificación de nuevas valoraciones en la dinámica de sus aportes y reconfiguraciones mutuas.

Así mismo, autores como Malagón, Sandoval y Ayala, consideran que “el experimento genera la ampliación de la experiencia y dinamiza la teorización de esa experiencia; es decir, poner en juego algunas actividades experimentales permite a la vez transformar la experiencia y elaborar, hacer, explicaciones teóricas” (2011: 11).

Esta concepción de la experimentación se nutre con los aportes de la perspectiva sociológica de la dinámica científica, en particular con estudios como los adelantados por Latour (1991), Shapin (1991), y Latour & Woolgar(1995), a través de los cuales se presenta la actividad científica como un proceso discursivo y de argumentación que vincula tanto las relaciones conceptuales y experimentales presentes en la construcción de una teoría, como la edificación de evidencias, de un público y de testigos, señalando que la manera como todos estos factores se relacionan y favorecen la construcción y consolidación de los llamados hechos científicos.

Sobre el papel de los instrumentos en la construcción de conocimiento.

Varios autores han resaltado que examinar el rol de los instrumentos en la dinámica científica permite entender las formas como en la ciencia da la relación teoría-experimento (Latour y Woolgar, 1995; Iglesias, 2004; Romero y Aguilar 2013), examen que supone, a la vez, una reflexión sobre los sujetos que construyen y utilizan dichos instrumentos y la manera de hacerlo, lo que podría dar cuenta de los procesos intelectuales, históricos y sociales en los que se encuentran insertos.

En este sentido, Latour y Woolgar (1995) proponen asumir los instrumentos como *instrumentos de inscripción*, es decir, instrumentos que transforman los objetos que se estudian en signos gráficos, que van adquiriendo una forma característica y susceptible de ser aceptada y comprendida por los sujetos que intervienen en su utilización, en la medida que se presentan como posibilidad de construcción explicaciones y de información. Por tanto estos instrumentos se constituyen en construcciones sociales que toman su forma en los procesos del lenguaje y de significación.

Este enfoque socio cultural surge como contraposición a la mirada empiropositivista del instrumento, entendido como elemento ajeno y externo a los conocimientos, cuya importancia radica en su función utilitarista para la consecución de datos cuantitativos, para la valoración de un procedimiento científico o como elemento verificador de las fundamentaciones teóricas que ofrecen una explicación determinada.

Se asume, con Medina y Tarazona (2011), que la construcción de los instrumentos no va al margen de la construcción del fenómeno, ambos aspectos más que ser paralelos se entrecruzan y enlazan en un proceso constructivo en el que en ocasiones no hay forma de caracterizar de manera separada uno de otro, hasta el punto de no diferenciarlos, ya que el proceso de construcción del instrumento



es el proceso de construcción del fenómeno. De igual manera, y siguiendo a Romero y Aguilar (2013), los instrumentos y procesos de medida no solo son el nexos o canal de comunicación entre nuestros pensamientos y aquello que denominamos naturaleza, sino que se convierten en la condición de posibilidad de los efectos científicos y fenómenos naturales.

Así, participar en la construcción de una determinada fenomenología, es participar en la construcción de formas de hablar de dicho fenómeno. A medida que se hacen procesos de análisis sobre el papel de los instrumentos y, correspondientemente, interpretaciones del fenómeno en cuestión, también se va transformando el lenguaje que lo define y limita. Es en este sentido que se puede afirmar que los fenómenos no tienen existencia en sí mismos, sino que requieren una conciencia, una estructura mental que los interprete y ante la cual puedan aparecer, y en esa medida es que se presentan como cambiantes ya que obedecen al marco de referencia bajo el cual sean interpretados, por tanto no siempre se está ante el mismo fenómeno.

ASPECTOS METODOLÓGICOS

La investigación se enmarca dentro del enfoque cualitativo con un tipo de estudio interpretativo (Hernández, Fernández-Collado, y Baptista, 2006). Se consideró el estudio de caso como el método más adecuado para realizar esta investigación (Stake, 1998). La información se obtuvo por medio del contacto directo con los participantes, a través de métodos escritos y orales como cuestionarios cerrados y abiertos, entrevistas semiestructuradas y socializaciones. Se hicieron grabaciones de audio y video durante las sesiones diseñadas e implementadas. Algunas de las actividades se realizaron de manera virtual como la lectura de textos y el desarrollo de algunas preguntas, para luego realizar una socialización de manera presencial.

La propuesta reproduce la presentada por Romero et al (2014) en este mismo evento, y consistente en el estudio de algunos episodios históricos, problematizados a través de ciertos contextos de análisis. Los episodios históricos seleccionados corresponden a fragmentos de narrativas científicas (textos de primera fuente), cuyo contenido gira en torno al rol de la experimentación en la construcción de conocimiento. Tres fueron los contextos de análisis propuestos: el disciplinar, de la NdC y pedagógico. El *contexto disciplinar*, o dimensión en la que se analiza los contenidos científicos de los episodios, se analiza la relación conceptualización-experimentación y el rol de los instrumentos en la construcción de conocimiento; el *contexto de la NdC*, se privilegia el análisis de perspectivas epistemológicas, sociales e históricas de los episodios abordados; el *contexto pedagógico*, se reflexiona sobre los saberes didáctico-pedagógicos adecuados para que los profesores participantes adquieran una visión crítica y transformadora de su práctica educativa.

El proceso de análisis de los enunciados se hizo a la luz de la estructuración de un marco de análisis basado y adaptado de la propuesta *Pensamiento reflexivo como proceso epistémico* de Leitão (2012). De acuerdo con esta propuesta, el análisis se orienta hacia la interpretación de los argumentos de los participantes como un proceso en el que el individuo explicita sus ideas sobre las temáticas propuestas, y a la vez como proceso metacognitivo en el que el individuo se ve incitado a reflexionar sus propios argumentos e ideas. En este análisis, se identifican posibles transformaciones en el pensamiento de los profesores realizando un seguimiento a los enunciados durante el desarrollo de la propuesta pedagógica.

En la Tabla 1 se describen las categorías, subcategorías e indicios propuestos para el análisis de los enunciados de los participantes desplegados en la implementación de la propuesta. En la Tabla 2 se presentan los episodios históricos y sus correspondientes contextos de análisis.



CATEGORÍAS	SUBCATEGORÍAS	INDICIOS
Relación conceptualización- experimentación en la dinámica científica	Relación de independencia	Actividad teórica como fundamento de la experimentación Actividad experimental como fundamento de la dinámica científica
	Relación de complementariedad	Concepción equilibrada/relación de constitución
Papel de los instrumentos en la construcción de conocimiento	Instrumento como medio de registro y constatación de datos	Relación de independencia: uso de aparatos instrumental
	Instrumento como posibilidad de generación de fenomenologías	Carácter socio cultural de los instrumentos y hechos científicos; relación de constitución mediada por el uso del lenguaje.

Tabla 1. Casilla de categorías, subcategorías e indicios



Episodios históricos (narrativas científicas)	Contexto disciplinar (problema de la experimentación)	Contexto de la NdC	Contexto pedagógico
Fragmentos de textos de primera fuente relacionados con la organización del fenómeno eléctrico. Euler, L. (1762/1990). Dufay, Ch-F., (1747). Franklin, B. (1747).	Diferentes interpretaciones en relación con la organización del fenómeno eléctrico. Reproducción y análisis de efectos asociados a la electrificación (atracción). Construcción y uso de instrumentos (indicadores) para la fabricación de efectos.	Relación entre teorización y experimentación. Rol de los elementos materiales (instrumentos) en la construcción del fenómeno eléctrico (Carga experimental de la teoría).	Indagación de las concepciones de profesores respecto a la actividad experimental.
Controversia Pascal – Noel, en torno a la noción de vacío. Tomado de: Saito, F. (2006).	Posturas explicativas en relación con la neumática. Reproducción de algunas experiencias de neumática.	Funciones de la experimentación en la construcción de explicaciones sobre la neumática. Carácter (y poder) explicativo de las organizaciones conceptuales. Rol de las concepciones teóricas de los científicos en la actividad experimental que realizan.	Identificación y valoración de diversidad de explicaciones y argumentaciones de los estudiantes.
Dufay y el comportamiento dual de la electrificación. Fragmentos tomados de: Torres-Assis, A. K (2010). Tatón, R. (1972).	Reproducción y análisis de diferentes efectos asociados a la electrificación (atracción-repulsión). Diseño y construcción de indicadores a propósito de la repulsión eléctrica. Interpretaciones de los efectos y adecuación de instrumentos.	Relación entre teorización y experimentación: Adecuación de las explicaciones a nuevas experiencias. Rol de los elementos materiales (instrumentos) en la construcción del fenómeno eléctrico (Carga experimental de la teoría).	Producciones escritas y discurso oral de los participantes
Reflexiones sobre aspectos de la dinámica de la ciencia. Lavoisier, A.L. (1982). Einstein, A. (1983). Schrödinger, E. (1980). Heisenberg, W. (1985)		Imágenes y fuentes de conocimiento. Rol asignado a la experiencia (o experimentación) en la construcción de conocimiento. Papel que juega la creatividad y la imaginación en la dinámica científica Construcción (social) de los hechos científicos.	Reflexión (explicación, concienciación) sobre propias imagen de ciencias, a través de identificación y caracterización de imágenes de ciencia de algunos científicos.

Tabla 2. Episodios históricos y sus correspondientes contextos de análisis



HALLAZGOS Y DISCUSIONES

Relación conceptualización-experimentación en la dinámica científica

Los aportes explícitos de los participantes permitieron percibir, inicialmente, tendencias que apuntaban a considerar una relación unidireccional entre conceptualización-experimentación; idea fue común en las primeras actividades. Expresiones como “*vamos a comprobar cuál es...*”, y las siguientes se manifestaron en varias de las respuestas dadas por el participante 3 en el cuestionario inicial para designar la actividad científica o el trabajo durante la actividad experimental:

*“Es propio del trabajo científico verificar datos, elaborar pruebas, establecer hipótesis y valorar resultados”
(justificación a la pregunta 5 del cuestionario inicial: 31/01/14)*

Interesantemente, a partir de la sesión 4 se comenzaron a identificar algunos elementos representativos sobre la relación de complementariedad entre la teorización y la experimentación; se analizaron enunciados en los que se comprende una relación caracterizada por un sustento epistemológico que reconoce la paridad entre ambos aspectos como un camino propicio para comprender la dinámica científica. En este sentido, el participante 3 estableció relaciones entre la controversia Pascal-Noel sobre la noción de vacío, y la actividad experimental de Duffay en la construcción del fenómeno eléctrico, al indicar que los textos presentaban posiciones diferentes en relación a la manera como se han dado los momentos de consolidación de un conocimiento en particular. Con estas consideraciones, el participante le está dando paso a una perspectiva más conciliadora entre ambos aspectos al asumir un papel complementario para la experimentación y la conceptualización y resaltar que ambos elementos se ven cruzados o influenciados mutuamente, proceso que define de manera más adecuada la actividad científica:

“O sea que aquí serían como los procesos inversos (3), para mí, según eso, porque en el anterior [Controversia Pascal-Noel], era desde la teoría que iban a tratar de (2) comprobar, pero cuando teóricamente lo vieran viable; fuera algo viable. Y aquí [en el caso de Duffay], lo que están haciendo es que desde la experimentación, están mirando si realmente se cumple (2), para después dar una explicación, un argumento ya teórico de qué es lo que está ocurriendo. Para mí son procesos inversos.” (Respuesta de Eduardo. Sesión 4-socialización de la lectura y las preguntas orientadoras: 7/03/14)

Este tipo de argumentos fueron aumentando a medida del desarrollo de las actividades posteriores. Esto permite suponer que los análisis de los textos de primera fuente en contextos de construcción de conocimiento diferentes, pudieron dar pie a movilizaciones orientadas a las ideas de actividad experimental que se privilegia en este trabajo.

De igual manera, el uso de modalizadores y matizadores en el lenguaje pueden estar dando cuenta de nuevas consideraciones que antes no se tenían presentes en relación con el proceso histórico de los contenidos científicos.

En la sesión 7 -que consistía en la lectura y análisis de fragmentos escritos por Lavoisier, Einstein, Schrödinger y Heisenberg sobre la NdC-, al realizar la pregunta si se considera que el conocimiento sobre determinado fenómeno se fundamenta en una actividad experimental, en una actividad teórica, o en la observación, el participante 2 argumenta lo siguiente:

“Afirmo que el conocimiento y acercamiento a las ciencias no debe tomarse como algo aislado, sino como un articulado entre la experiencia, los fundamentos teóricos y el sujeto participante del proceso investigativo. De esta manera se puede conocer y hablar de un fenómeno a menor o mayor escala.” (Respuesta de Jorge. Sesión 7-pregunta 8: 11/04/14)

A través de este enunciado el participante menciona explícitamente su consideración sobre una relación entre teoría-experimentación como un articulado que permite el conocimiento sobre un fenómeno estudiado. Así, la imagen de un proceso científico de carácter deductivo -que había manifestado anteriormente en las sesiones iniciales- se va relativizando y transformando hacia la posibilidad de una actividad científica que puede estar permeada por procesos de experimentación.



Complementariamente, la conceptualización se asume como elemento clave de los sustentos y desarrollos de la actividad experimental.

Frente a la misma pregunta, el participante 3 argumenta lo siguiente: *“para mí estos procesos se deben integrar, puesto que cada uno aporta parte importante en el proceso de construcción de ciencia.”* (Sesión 7-pregunta 8: 19/03/14)

A través de este enunciado este participante hace explícita una modificación en la concepción de experimento manifestada en sesiones anteriores, asumida inicialmente como una herramienta de corroboración y contrastación de las teorías, independiente de los procesos de construcción del conocimiento. A partir de lo analizado y discutido en la propuesta pedagógica se comienza a percibir al experimento como una posible ruta la construcción del fenómeno que se está estudiando. En este sentido, se puede decir que para el participante el experimento comienza a cobrar “vida propia” en los procesos de construcción del conocimiento dada la posibilidad de llegar a conclusiones y guiar la actividad científica. Por tanto ambos aspectos, teoría y experimentación, pueden ser considerados como elementos que se encuentran en el mismo nivel en la actividad de producción científica.

Papel de los instrumentos en la construcción del conocimiento

Para el análisis del papel de los instrumentos en la construcción de conocimiento, se privilegiaron enunciados o argumentos de las sesiones relacionadas con el desarrollo de actividades prácticas o con el estudio de narrativas científicas alusivas a la experimentación, por ser precisamente en dichas sesiones donde se adelantaron reflexiones sobre estas consideraciones.

Las producciones de los participantes correspondientes a las primeras sesiones se decantaron por un imaginario de instrumento visto exclusivamente como medio de registro y constatación de datos:

“Los instrumentos tienen la propiedad de descubrir los fenómenos que se encuentran en la naturaleza” (Respuesta de Jorge. Sesión 1-cuestionario inicial-pregunta 4)

“Se habla de instrumento cuando se puede cuantificar algo de manera exacta, para diferenciar el comportamiento de un cuerpo respecto otro, sometidos a las mismas condiciones” (Respuesta de Jorge. Sesión 2-pregunta 3: 21/02/14)

En estas primeras sesiones, los argumentos y debates de los participantes se vincularon a una postura epistemológica en la que se aboga por una realidad externa sujeta a comprobación, demostración y verificación mediante el uso de instrumentos, asumidos en un rol externo y ajeno en la actividad científica. En contraste, los enunciados de sesiones posteriores hacen mención a una relación de constitución entre los hechos científicos y los instrumentos, relación que es mediada por el lenguaje y que permite configurar el carácter socio cultural de los instrumentos.

Durante la socialización de las actividades correspondientes a la sesión 3, se establece la siguiente secuencia de diálogos a partir de experiencias sencillas sobre la neumática (Controversia Pascal-Noel):

Eduardo: o sea, a mí no da me la situación de vacío acá, no me da por que según el comportamiento, el indicador que tengo en este momento es la bomba cierto? Yo con el émbolo sé que estoy generando un vacío (2), supuestamente, pero lo que estoy observando con el indicador que es la bomba es algo absolutamente distinto.

Paula: por que miren, el indicador, cuál dices tú (Eduardo) que es el indicador? la jeringa? la bomba?

Eduardo: lo que pasa con la bomba

Paula: y la jeringa es como, digámoslo así, el medio...

Eduardo: el que genera la condición para el comportamiento de la bomba (3) con esto yo le voy a generar una condición para que la bomba tenga un comportamiento, o sea, yo estoy generando la situación, con esto, cuando yo estoy haciendo esta acción estoy generando un comportamiento de la bomba que para mí es el indicador de lo que sucede.



Estos enunciados son de interés ya que el participante 3 –Eduardo- puede estar dando cuenta de una comprensión del papel de los instrumentos como generadores de condiciones para que se dé el fenómeno del vacío, a la vez que se percibe gran relevancia del rol del sujeto; teniendo parte activa en la construcción de fenomenologías.

Las ideas de este participante, se complementan o se refuerzan durante el desarrollo de esta sesión cuando se pregunta por el papel de la jeringa en la disputa entre Pascal-Noel, frente a lo que argumenta:

Para mí desde el punto de vista cualitativo, va a hacer lo que digo, un medio de verificación de algo, a donde quiera llegar o lo que quiera, pues yo sigo diciendo que es un medio por que me permite (3) esa situación o ese puente, como decía ahora, entre lo que estoy pensando y lo que pueda suceder (2). Así de pronto no lo pueda comparar con un antecedente o algo, pero si espero que suceda algo, estoy utilizando esto que para mí sería un medio de verificación, un medio de experimentación, yo lo adopto más como desde esa parte. (Respuesta de Eduardo. Sesión 3-socialización actividad experimental: 28/02/14)

Nótese cómo esta idea presenta la imagen de instrumento o proceso de medida como posibilidad de relación entre lo teórico (lo que se piensa) y lo sensible (los fenómenos).

Complementariamente, este mismo participante hace importantes reflexiones sobre el rol de la experimentación en el ámbito escolar. Durante la socialización correspondiente a la sesión 3, comienza a considerar la flexibilización de las prácticas de laboratorio escolares, al resaltar la importancia de abordar un determinado fenómeno desde diferentes perspectivas explicativas y que estas diversas miradas pueden llegar a ser más consistentes y coherentes en la medida que el estudiante va organizando y construyendo el fenómeno que está estudiando:

[...]en un momento de una reunión de área, o algo, miraremos como una directriz o un camino frente a la situación, porque uno hace una práctica de laboratorio y las estudiantes se preocupan por que les tienen que dar el resultado, siendo que en la guía aparece algo que podría suceder, cierto?, pero si no les da, es un problema (2), y entonces es como orientar esa parte, para mirar qué vamos a hacer esto y podría suceder que [no dé, pero no tiene que ser así rígido, o sea no te tienen que dar, porque también pasó lo de dilatación; todas las cintas no eran iguales, entonces preocupadas porque a mí no se me dilató, a mí lo que hizo fue que se enrolló así, una cosa impresionante, un estrés, porque eran unas estudiantes que son muy juiciosas, nerviosas, entonces: es, profesor lo voy a hacer otra vez; pero mira más bien la explicación de por qué te da así, entonces es muy chévere eso. (Respuesta de Eduardo. Sesión 3-socialización de las preguntas orientadoras: 28/02/14)

Así mismo, al realizar un seguimiento a las respuestas dadas por la participante 1 al cuestionario escrito de la sesión 5, se puede indicar que ella va constituyendo un imaginario de los instrumentos como posibilidad de los fenómenos, y el lenguaje especializado para describirlos como un convenio sobre las características que se le pueden atribuir:

El papel de los instrumentos en la experimentación de las explicaciones sobre la repulsión eléctrica es una nueva forma de ver el mundo, diferente al de las teorías, existe un saber práctico que se expresa al manipular los instrumentos, en la búsqueda de efectos y al establecer relaciones entre las ideas.” (Respuesta de Berni. Sesión 5-cuestionario: 9/04/14)

Frente a esta misma pregunta, por el papel de los instrumentos y la experimentación en las explicaciones sobre la repulsión eléctrica, se encuentra una matización en los argumentos que hace el participante 2:

Digo que es preciso hablar de materiales, los cuales en la experimentación juegan un papel muy importante, ya que facilitan hacer interpretaciones sobre el comportamiento de diferentes cuerpos en procesos prácticos. Éstos se pueden utilizar bien sea para establecer nuevos enunciados o simplemente para comprobar y/o refutar algo ya estipulado.” (Respuesta de Jorge. Sesión 5-cuestionario-pregunta: 9/04/14)

Por tanto se puede considerar que para los participantes, los instrumentos permiten *establecer nuevos enunciados* a la vez que se comprenden como posibilidad de construcción de los fenómenos que son estudiados.



ALGUNAS POTENCIALIDADES DE LA PROPUESTA Y PERSPECTIVAS DE TRABAJO

Mediante este tipo de actividades y reflexiones se puede lograr un mayor impacto y trascendencia en torno a consideraciones más actuales sobre la actividad científica. Los profesores de ciencias formados en estos aspectos pueden repensar las circunstancias en las que se consolidan las teorías que enseñan, considerando la actividad experimental en el aula como una posibilidad de profundizar en la comprensión de fenómenos, analizando la construcción y pertinencia de otras posibles explicaciones en otros contextos y bajo nuevas circunstancias que antes no se habían valorado. Igualmente, se reconoce el recurso del análisis histórico-crítico de los fragmentos de primera fuente (narrativas científicas), como elementos que permiten conocer y enseñar los procesos de la dinámica científica desde una perspectiva sociocultural de la ciencia y del conocimiento. Sin duda esto incide de manera favorable en el análisis reflexivo y crítico que los profesores pueden hacer de las diferentes explicaciones que brindan los libros de texto, buscando que los contenidos que allí se encuentran sean comprendidos como una posible explicación de entre otras probables; esta consideración permitiría desnaturalizar las temáticas, ponerlas en juego con otros contextos, flexibilizarlas e interpretarlas, posibilitando la crítica constructiva y el pensamiento razonable, ya que a través de esta manera de proceder se pueden crear posibilidades de llevar a la práctica una enseñanza en la que se permita vislumbrar la responsabilidad que acarrea comprender el papel que juega el hombre en el devenir científico y cultural de una sociedad. Todo lo anterior redundaría en la posibilidad de realizar resignificaciones importantes al currículo, a los planes de área y a las prácticas educativas, debido a la pertinencia que cobran las reflexiones sobre la naturaleza de las ciencias para los procesos de enseñanza.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acevedo Díaz, J. A. (2008). El estado actual de la naturaleza de la ciencia en la didáctica de las ciencias. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 134-169.
- Acevedo Díaz, J. A., Vásquez Alonso, A., Manassero Más, M. A., & Acevedo Romero, P. (2007). Consensos sobre la Naturaleza de la Ciencia: Fundamentos de una investigación empírica. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, vol. 4(001), 42 - 66.
- Adúriz-Bravo, A. (2005). Una introducción a la naturaleza de la ciencia La epistemología en la enseñanza de las ciencias naturales. Buenos Aires, Argentina: Fondo de Cultura Económica, S.A.
- Ayala, M. M. (2004). Historia de las ciencias y la formación de profesores: un análisis contextual. *Física y Cultura: cuadernos sobre historia y enseñanza de las ciencias*, 93-104.
- Bizzo, N. M. (1993). Historia de la Ciencia y Enseñanza de la Ciencia: ¿Qué paralelismos cabe establecer? *CL&E. Comunicación, Lenguaje y Educación*, 5-14.
- Elkana, Y. (1983). La ciencia como sistema cultural: una aproximación antropológica. *Boletín Sociedad Colombiana de epistemología*, 3(5), 65-80.
- Ferreirós J. & Ordóñez J. (2002). Hacia una filosofía de la experimentación. *Crítica. Revista Hispanoamericana de Filosofía*, 34(102), 47-86.
- Fumifazu, Saito. Historia da Ciência: filosofia da ciência: epistemologia. Bolsita da Fundação de Amparo á Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP). Circumscribere, volumen 1, 2006, pp 49-56



Hernández Sampieri, R., Fernández - Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2006). *Metodología de la investigación. Cuarta Edición*. México: McGraw-Hill.

Höttecke, D., & Silva, C. C. (2010). Why Implementing History and Philosophy in School Science Education is a Challenge: An Analysis of Obstacles. *Science & Education*, 293-316.

Iglesias M. (2004). El giro hacia la práctica en filosofía de la ciencia: una nueva perspectiva de la actividad experimental. *Opción*, 20 (44), 98-119.

Latour, B. (1991). Pasteur y Pouchet: heterogénesis de la historia de las ciencias. En Serres, Michel. *Historia de las Ciencias*, Ediciones Cátedra S.A., Madrid, 1991, pp. 477-501.

Latour, B., & Woolgar, S. (1995). Un Antropólogo Visita El Laboratorio. *La vida en el laboratorio: la construcción de los hechos científicos*. Madrid: Alianza Editorial.

Leitão, S. (2012). O trabalho com argumentação em ambientes de ensino-aprendizagem: um desafio persistente. Brasil. Ponencia presentada en el marco del II Congreso sobre Divulgación Científica. Medellín

Malagón, S., Ayala, M. y Sandoval, O. (2011). El experimento en el aula: comprensión de fenomenologías y construcción de magnitudes. Bogotá: Fondo Editorial Universidad Pedagógica Nacional, 2011.

Matthews, M. R. (1994). Historia, filosofía y enseñanza de las ciencias: La aproximación actual. *Enseñanza de las ciencias*, 255-277.

Medina J. & y M. Tarazona (2011). El caso de la medición del potencial eléctrico: un ejemplo de recontextualización de saberes. En Malagon, J.F et al (2011). *El experimento en el aula: comprensión de fenomenologías y construcción de magnitudes*. Bogotá, Fondo Editorial Universidad Pedagógica Nacional: 69-93

Romero, A y Aguilar, Y. (2013) La experimentación y el desarrollo del pensamiento físicos. Un análisis histórico y epistemológico con fines didácticos. Medellín: Editorial Universidad de Antioquia.

Romero, A. et al. (2013): Aportes a una educación en ciencias en y para la civilidad fundamentada en reflexiones acerca de la naturaleza de las ciencias. Medellín: Universidad de Antioquia; Facultad de Educación.

Shapin, S. (1991). Una bomba circunstancial. La tecnología literaria de Boyle. Tomado de *La scientellequ'elle se fait*, Michel Callon y Bruno Latour (editores), La découverte, París. Traductor: Germán Pineda. Revisión de Jorge Charum. Universidad Nacional, Santafé de Bogotá, 1995.

Stake, R. E. (1998). Investigación con Estudio de Casos. Madrid: Cuarta edición. Ediciones Morata, S.L.

Tamayo Alzate, Ó. E. (2009). Didáctica de las ciencias: La evolución conceptual en la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias. Manizales: Universidad de Caldas.

Torres-Assis, A. K (2010) The experimental and historical foundations of electricity. Montreal, C. Roy Keys Inc.



Tatón, René.(1975). Historia general de las ciencias. La ciencia moderna (de 1440 a 1800). Vol 3. Barcelona: Ediciones Destino, (trad. De 1966, Paris, P.U.F)

FUENTES PRIMARIAS

Dufay, Ch.-F. (1747). Quatrième Mémoire sur l'électricité. De l'Attraction & Répulsion des Corps Electriques (Cuarta Memoria sobre la electricidad. De la atracción y repulsión de los cuerpos eléctricos). En: <http://www.ampere.cnrs.fr>. Traducción libre de Angel E. Romero.

Einstein, A. (1983). Sobre la teoría de la relatividad y otras aportaciones científicas. Traducción: José M. Álvarez Flores y Ana Goldar. Madrid, Editorial Sarpe, 1983

Euler, L. (1760). Cartas a una princesa de Alemania sobre diversos temas de física y filosofía. Carta (138) a carta (154). Edición preparada por Carlos Mínguez Pérez. Universidad de Zaragoza (1990)

Franklin, B. (1747). Extracto tomado de una carta dirigida a Sr. P. Collisons fechada el 1 de junio de 1747, publicada en Philosophical Transactions, Vol. 45, p. 98, 1750. En: Oeuvres de M. Franklin, traduites de l'anglais sur la quatrième édition par M. Barbeau Dubourg. Source: gallica.bnf.fr / Université de Paris Sud 11 [...], pp. 3-11. Traducción de Angel E. Romero.

Heisenberg, W. (1985). La imagen de la naturaleza en la física actual. Ediciones Orbis, S.A. 1985

Lavoisier, A-L. (1982). Tratado elemental de química. Introducción y Notas Ramón Gago Bohórquez. Ediciones Alfaguara, S.A. 1982

Schrödinger, E. (1980). La naturaleza y los griegos. Libros para pensar la ciencia. Traducción y prólogo Víctor Gómez Pin. Tusquets Editores