



**UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA**

1 8 0 3

Facultad de Educación

**REFLEXIONES ACERCA DE LA NATURALEZA DE LAS CIENCIAS EN LA
FORMACIÓN DE PROFESORES DE CIENCIAS NATURALES.
ANÁLISIS DE UNA PROPUESTA PEDAGÓGICA SOBRE EL PAPEL DE LA
EXPERIMENTACIÓN EN LA CONSTRUCCIÓN DE EXPLICACIONES EN TORNO
A ALGUNOS FENÓMENOS FÍSICOS**

PAULA ANDREA AMELINES RICO

UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA

FACULTAD DE EDUCACIÓN

MEDELLÍN

2015

**REFLEXIONES ACERCA DE LA NATURALEZA DE LAS CIENCIAS EN LA
FORMACIÓN DE PROFESORES DE CIENCIAS NATURALES.**

**ANÁLISIS DE UNA PROPUESTA PEDAGÓGICA SOBRE EL PAPEL DE LA
EXPERIMENTACIÓN EN LA CONSTRUCCIÓN DE EXPLICACIONES EN TORNO
A ALGUNOS FENÓMENOS FÍSICOS**

PAULA ANDREA AMELINES RICO

**TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PARA OPTAR AL TÍTULO DE MAGISTER EN
EDUCACIÓN**

Línea de Educación en Ciencias Naturales

Asesor:

ÁNGEL ENRIQUE ROMERO CHACÓN

PhD. en Epistemología e Historia de las Ciencias y las Técnicas

UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA

FACULTAD DE EDUCACIÓN

DEPARTAMENTO DE EDUCACIÓN AVANZADA

MEDELLÍN

2015

**UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA
FACULTAD DE EDUCACIÓN**

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

**REFLEXIONES ACERCA DE LA NATURALEZA DE LAS CIENCIAS EN LA
FORMACIÓN DE PROFESORES DE CIENCIAS NATURALES.
ANÁLISIS DE UNA PROPUESTA PEDAGÓGICA SOBRE EL PAPEL DE LA
EXPERIMENTACIÓN EN LA CONSTRUCCIÓN DE EXPLICACIONES EN TORNO
A ALGUNOS FENÓMENOS FÍSICOS**

PAULA ANDREA AMELINES RICO

Asesor:

ÁNGEL ENRIQUE ROMERO CHACÓN

PhD. en Epistemología e Historia de las Ciencias y las Técnicas

Nota de aceptación

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

Medellín

2015

*A mi mamá, quien con dedicación, esmero y sacrificio,
colabora en cada uno de mis logros; que también son los de ella.*

Con todo mi amor y gratitud

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar a Dios, Creador del Universo y Fuente de toda inteligencia, por su guía y presencia en cada instante de mi vida.

*Al profesor Ángel Enrique Romero Chacón, asesor de mi tesis, sin cuya valiosísima orientación no hubiera logrado la culminación de esta etapa.
A las profesoras Luz Stella Mejía y Berta Lucila Henao y al profesor Yirsen Aguilar, por sus inmensos aportes, apoyo y tiempo dedicados a mi educación.*

A la Universidad de Antioquia, a la Facultad de Educación, al Programa de Licenciatura en Educación Básica con Énfasis en Ciencias Naturales y Educación Ambiental y al Departamento de Educación Avanzada, que me llevaron por el mágico mundo de la ciencia y me brindaron todas las herramientas necesarias para mi formación profesional.

Al grupo de investigación Estudios Culturales sobre las Ciencias y su Enseñanza -ECCE-, por la valoración del proyecto y las apreciables sugerencias en cada una de sus etapas.

Al profesor Edwin German García, de la Universidad del Valle y a la profesora Selma Leitão de la Universidad de Pernambuco - Brasil, cuyo acompañamiento afianzó mi trabajo investigativo.

A Yaneth Lílíana Giraldo y Juan Diego Restrepo; amigos, compañeros y colegas de la Universidad de Antioquia, por la cercanía, fortaleza y amistad incondicional que siempre encontré en ellos.

A Eduardo José, Berni y Jorge por su apoyo, colaboración y por la oportunidad que me dieron para la aplicación de la propuesta pedagógica.

A mi familia, a Juan Fernando y amigos que con su gran amor, comprendieron tantos distanciamientos, fueron testigos permanentes de mi esfuerzo cada día y recorrieron conmigo este camino de superación.

¡MUCHAS GRACIAS!

TÍTULO DEL PROYECTO

Reflexiones acerca de la naturaleza de las ciencias en la formación de profesores de ciencias naturales. Análisis de una propuesta pedagógica sobre el papel de la experimentación en la construcción de explicaciones en torno a algunos fenómenos físicos

RESUMEN

El Trabajo de Investigación presenta los fundamentos teóricos y las contribuciones pedagógicas de una propuesta de cualificación de profesores de ciencias naturales, surgida en el programa de Maestría en Educación, línea de Educación en Ciencias Naturales, de la Universidad de Antioquia, e inscrita en la perspectiva de trabajos de investigación del grupo de Estudios Culturales sobre las Ciencias y su Enseñanza – ECCE- de la misma Universidad.

La investigación tuvo como objetivo proponer algunas consideraciones tanto teóricas como metodológicas, que permitieran vincular reflexiones acerca de la naturaleza de las ciencias en la formación de profesores de ciencias naturales, a partir de la selección y análisis de algunos episodios históricos y el diseño de actividades de aula alrededor del rol de la experimentación en los procesos de construcción de conocimiento. Tomando como referente la estrecha relación existente 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, en el Trabajo de Investigación se analiza la manera como los docentes participantes asumen la relación teorización–experimentación en la enseñanza, y el rol asignado a los instrumentos en el análisis y organización de algunos fenómenos físicos.

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 los 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.

Finalmente se presentan algunas contribuciones pedagógicas que puede tener para la formación de profesores de ciencias naturales esta propuesta, centrada en el papel de la experimentación y fundamentada en una perspectiva sociocultural en la que se vincula la actividad experimental con los problemas, los intereses, las subjetividades y las formas de pensamiento que son la base de los sustentos sociales y culturales en los que se desarrolla dicha actividad; estas consideraciones podrían influir en la asimilación, comprensión y apropiación de la cultura científica así como en el desarrollo de propuestas de aula en torno a estas reflexiones.

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

ABSTRACT

It is presented a proposal for science teachers' qualification, its theoretical and pedagogical foundations and contributions. This proposal was developed in the frame of the Education Magister of Universidad de Antioquia, in the research group of Cultural studies about Science and its teaching (ECCE by its Spanish name), in the branch of Natural Sciences Education.

The objective of this research was to propose some theoretical and methodological considerations that would allow linking reflections about the nature of sciences in teacher training, from the analysis and selection of some historical episodes and the design of classroom activities around the role of experimentation, in the process of knowledge construction. Taking as a referent the close relation between the meaning gave to the experimentation, the interpretation of scientific activity, the knowledge and the way in which teachers direct their pedagogical activities, it is analyzed and explained how the experimental group of teachers assume the relation between conceptualization and experimentation in teaching activities, and the role assigned to the instruments in the analysis and organization of some physical phenomena.

Making an analysis of the role of experimental activity in the construction of knowledge, grounded in history and epistemology, made possible alternative ways to understand and address the organizational process of physical phenomena in science education, increasing the social and cultural image about experimentation and scientific facts. The analysis of the speeches of the experimental group of teachers allowed to identify two perspectives concerning to the relation between theorizing and experimentation: the first developments the independence between theory and experimentation, and the second promotes its complementarity relation. Furthermore, the function of the instrument was guided to be understood as a source of phenomenology production, taking into account the gathering and reviewing of data.

Finally, some pedagogical contributions are presented to train teachers. The proposal allows to reorganize the way in which science is taught and developed the experimentation role based on the social and cultural perspective in which experimentation, problems, interests, subjectivities and thought ways are related. It is important to consider that these ideas can make an influence in the assimilation, comprehension and appropriation of scientific culture in the classroom.

Key words: Nature of Sciences, Experimentation, Instruments, Training Science Teachers

Contenido

RESUMEN.....	i
ABSTRACT.....	iii
LISTA DE ILUSTRACIONES.....	vii
LISTA DE TABLAS.....	vii
LISTA DE ANEXOS.....	vii
CONTEXTUALIZACIÓN.....	viii
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN	1
1.1. Perspectiva de la experimentación en y para la enseñanza de las ciencias	4
2. PROPÓSITOS.....	11
2.1. Propósito General.....	11
2.2. Propósitos Específicos.....	11
3. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA Y ANTECEDENTES.....	12
3.1. Consideraciones acerca de la naturaleza de las ciencias y sus implicaciones educativas.....	12
3.2. Aportes de la perspectiva constructivista para las reflexiones acerca de la naturaleza de las ciencias	16
3.3. Consideraciones sobre la historia y epistemología de las ciencias y sus implicaciones para la comprensión de la naturaleza de las ciencias.....	18
3.4. Reflexiones acerca de la naturaleza de las ciencias y sus aportes a la perspectiva sociocultural de la experimentación.....	21
3.4.1. Relación de independencia entre la experimentación y la teorización.....	22
3.4.2. Relación de constitución/complementariedad entre la experimentación y la teorización.....	25
3.5. Papel de los instrumentos en la construcción de conocimiento y sus aportes para la comprensión de la naturaleza de las ciencias.....	30
3.5.1. Instrumento como medio de registro y constatación de datos	31
3.5.2. Instrumento como posibilidad de generación (producción) de fenomenologías	33
3.6. Aportes de la filosofía de la ciencia para la perspectiva socio cultural de la experimentación y los instrumentos.....	42
3.7. Aportes de la perspectiva sociológica del conocimiento científico para la dimensión socio cultural de la experimentación y los instrumentos.....	44
3.8. Algunas consideraciones sobre formas argumentativas particulares inmersas en la construcción de conocimientos	47

4. DISEÑO METODOLÓGICO	51
4.1. Enfoque y tipo de estudio.....	51
4.2. Acerca del caso y el contexto	52
4.3. Propuesta Pedagógica y registro de la información	53
4.4. Plan de análisis.....	64
4.5. Sobre las categorías de análisis	69
4.5.1. Relación teorización-experimentación en la dinámica científica	69
4.5.1.1. Relación de independencia	70
4.5.1.2. Relación de constitución /complementariedad.....	71
4.5.2. Papel de los instrumentos en la construcción de conocimiento.....	72
4.5.2.1. Instrumento como medio de registro y constatación de datos	73
4.5.2.2. Instrumento como posibilidad de generación (producción) de fenomenologías.....	74
4.6. Criterios de credibilidad de la investigación	75
5. HALLAZGOS Y DISCUSIÓN.....	78
5.1. Relación teorización-experimentación en la dinámica científica.....	78
5.1.1. Relación de independencia	78
5.1.1.1. Actividad teórica como fundamento de la dinámica científica.....	78
5.1.1.2. Actividad experimental como fundamento de la dinámica científica	83
5.1.2. Relación de constitución /complementariedad.	86
5.2. Papel de los instrumentos en la construcción de conocimiento	90
5.2.1. Instrumento como medio de registro y constatación de datos	90
5.2.2. Instrumento como posibilidad de generación (producción) de fenomenologías	96
6. CONSIDERACIONES FINALES. ALGUNAS POTENCIALIDADES DE LA PROPUESTA Y PERSPECTIVAS DE TRABAJO	102
BIBLIOGRAFÍA	106
FUENTES DE PRIMERA CLASE	111
ANEXOS	112

LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Versorium - Gilbert	37
Ilustración 2. Péndulo - Gray	37
Ilustración 3. Hebra de Hilo - Dufay	37
Ilustración 4. Sesiones, actividades y registros de información de la Propuesta Pedagógica	63
Ilustración 5. Notación utilizada en las transcripciones según Candela (2006).....	64
Ilustración 6. Colores que caracterizan a los participantes y sus intervenciones en las transcripciones	64

LISTA DE TABLAS

Tabla 1.....	60
Tabla 2. Categorías, subcategorías e indicios	69

LISTA DE ANEXOS

ANEXO 1. Certificado Pasantía Universidad del Valle	112
ANEXO 2. Ponencia III Conferencia Latinoamericana IHPST	113
ANEXO 3.. Certificación participación en la III IHPST-LA.....	125
ANEXO 4. Propuesta Pedagógica.....	126
ANEXO 5. Protocolo Ético.....	160
ANEXO 6. Registro fotográfico de actividades experimentales. Docentes participantes	161
ANEXO 7.Registro fotográfico. Desarrollo de actividades experimentales. Seminario Ciencia, vida cotidiana y experimentación. Instituto de Educación, Universidad del Valle (2013).....	164

CONTEXTUALIZACION

Este Trabajo de Investigación se inscribe en la perspectiva de trabajos de investigación del grupo de Estudios Culturales sobre las Ciencias y su Enseñanza (ECCE) de la Facultad de Educación, Universidad de Antioquia. El Trabajo hace parte de los desarrollos y productos de la investigación titulada La experimentación y los procesos de formación de profesores de ciencias naturales, (UdeA- Univalle) aprobada y financiada por el CODI –UdeA, en la convocatoria 2012 y, en este sentido, se inscribe en una agenda de investigación del grupo ECCE centrada en las posibles relaciones entre la línea de investigación activa “Epistemología, historia y enseñanza de las ciencias” y una nueva línea de investigación que se pretende consolidar, relacionada con la “Formación de maestros de ciencias naturales”.

La Propuesta Pedagógica que se ha diseñado obedece a las intencionalidades, a las inquietudes, objetivos y preguntas de la investigadora que han sido objeto de preocupación y que se manifiestan a lo largo del Trabajo de Investigación. Algunas de las actividades que hacen parte de esta propuesta se desarrollaron durante la visita a la Universidad del Valle en calidad de estudiante en PASANTÍA en el marco del programa académico Maestría en Educación Énfasis en Enseñanza de las Ciencias, del Instituto de Educación y Pedagogía, durante los días 3 al 15 de octubre de 2013. (Ver Anexo 1. Certificado)

Este Trabajo de Investigación fue presentado, en formato presentación oral, en el marco de la Tercera Conferencia Latinoamericana de Historia, Filosofía y Enseñanza de las Ciencias (IHPST-LA) que se llevó a cabo en Santiago de Chile, del 17 al 19 de noviembre del 2014. (Ver Anexo 2. Ponencia y Anexo 3. Certificación)

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN

Durante los últimos años se ha notado un especial interés por incluir en los procesos de enseñanza diversas reflexiones acerca de la Naturaleza de las Ciencias -NdC en adelante- 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; Acevedo, 2008; Tamayo, 2009; Höttecke & Silva, 2010).

Sin embargo, se ha reclamado que existen falencias en la formación de los docentes sobre esta clase de reflexiones (Höttecke & Silva, 2010; Acevedo Díaz, Vásquez Alonso, Manassero Más y Acevedo Romero, 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. Lo que puede incidir en que las consideraciones sobre aspectos culturales y sociales de las ciencias al igual que la comprensión y asimilación de ideas actuales sobre NdC que se podrían constituir durante el proceso de enseñanza quedan inapreciables.

En este sentido, Adúriz-Bravo (2005) sugiere que los propósitos por vincular algunos aspectos acerca de la NdC en los currículos, se reducen a presentarlos a modo de contenido inicial del curso, en el apartado del método científico, en las instrucciones para el desarrollo de las prácticas experimentales o en el recuento histórico y cronológico de algunos personajes que contribuyeron de manera importante a la consolidación de la teoría que se explica. Estas ideas iniciales no se vuelven a retomar a lo largo del desarrollo temático, segmentando así ideas fundamentales para la comprensión humanista de las ciencias, desvirtuando aspectos que se relacionan con la actividad científica y transmitiendo una idea científicista de una actividad tan social y cultural como cualquier otra construcción humana.

En esta dirección se resalta la experimentación como parte fundamental de la NdC para fortalecer la comprensión de los procesos que hacen parte del desarrollo de la dinámica científica y para adecuar los contenidos y la enseñanza de las ciencias, 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.

Las ideas sobre la experimentación, su relación con la teorización y el rol que se le atribuye en la construcción de conocimientos, pueden obedecer a las diversas formas como es asumida la actividad científica, las cuales se pueden caracterizar en dos perspectivas que, por así decirlo, resaltan los puntos extremos de la relación entre la teorización y la experimentación. 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.

La concepción de la dinámica científica que se cuestiona, parece derivarse entonces de un proceso en el que se evidencia una marcada distinción entre la teoría y la experimentación, asumidas como si obedecieran a dos actividades diametralmente opuestas y distantes en la ciencia. Por tanto su imagen puede coincidir con una actividad segmentada, aporética, sin contexto e incuestionable, y las intenciones por enlazar reflexiones acerca de la NdC, que permitan considerar la actividad científica como un proceso cambiante, dialógico y sujeto a los intereses de cada época, resultan infructuosos.

En la misma dirección, cobran relevancia las reflexiones sobre el papel de los instrumentos en los procesos de construcción del conocimiento, ya que de manera análoga a la experimentación, la percepción que se tiene de estos objetos materiales puede tener vínculos cercanos con la imagen de conocimiento y de ciencia que se tenga.

Es así como el descuido de aspectos sobre la dinámica científica, puede estar vinculado con 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.

Frente a estas situaciones, surge la justificación de proponer estrategias que permitan reestructurar el actuar en la enseñanza de las ciencias en torno al reconocimiento de la ciencia como una actividad cultural (Elkana, 1983) y la concepción del trabajo científico enriquecido por los intereses, las subjetividades y el poder del lenguaje. Por tanto, es indispensable reflexionar sobre los contenidos propios del campo de las ciencias naturales, así como sobre los procesos de producción, difusión y validación de ese conocimiento, desde su contexto social, político y cultural. Consideraciones que se pueden materializar mediante el análisis del rol que desempeñan la experimentación y los instrumentos y que podrían influir en la asimilación, comprensión y apropiación de la cultura científica y en el análisis crítico y profundo de los planteamientos que se establecen en los lineamientos curriculares de ciencias naturales, así como en el desarrollo de propuestas de aula alrededor de estas reflexiones.

En este punto se resalta la importancia de la historia y la epistemología de las ciencias en la formación de profesores de ciencias naturales, en la medida en que permite comprender los procesos y las estrategias de las construcciones científicas, reconociendo su poder explicativo y la riqueza de diferentes fuentes y formas de conocimiento implicadas. De esta manera, puede darse una concepción de ciencia que permitan orientaciones alternativas a su enseñanza desde la valoración a las maneras particulares de reflexionar sobre fenómenos físicos a la luz de perspectivas fenomenológicas, a través de las cuales se resalta el carácter social que permea a las prácticas científicas, al reconocimiento de otras miradas y construcciones diferentes a las tradicionales y a la búsqueda de nuevas explicaciones e interpretaciones sobre la manera cómo funciona la dinámica de la ciencia.

En relación con lo anterior es importante resaltar las consideraciones que se hacen en el trabajo de Matthews, (1994) al reflexionar que la historia y la epistemología de las ciencias no pueden responder y solucionar las problemáticas que aquejan la educación, pero, a través de ellas, sí se puede reflexionar sobre la ciencia en dos aspectos importantes: por un lado mejorar la comprensión que tienen los docentes sobre la estructura del conocimiento que enseñan y por otro lado orientar y estimular las clases contribuyendo a la

comprensión de los contenidos, acercando a los estudiantes a los intereses políticos, éticos, culturales y sociales que permean la actividad científica.

Esta idea se encuentra en consonancia con el reto propuesto por Hodson (2003) de enseñar y aprender sobre la ciencia, lo que implica el desarrollo de una comprensión de la naturaleza y los procesos científicos, el reconocimiento de las intrincadas interacciones que emergen entre la ciencia, la tecnología, la sociedad y la cultura, y la conciencia sobre las implicaciones personales, sociales y éticas que se encuentran vinculadas en estas interacciones.

De esta manera, cuando se generan espacios para reflexionar sobre el aspecto socio cultural que envuelve a la actividad experimental y a la creación y manipulación de instrumentos, se puede identificar ese mismo carácter sociocultural en la ciencia, ya que estas prácticas se encuentran insertas en un contexto y en unas problemáticas específicas que obedecen a determinadas formas de pensamiento; este reconocimiento repercute de manera positiva en las consideraciones sobre aspectos de la NdC por los que se aboga en este trabajo.

En esta línea de ideas, el diseño de actividades que aborden la reflexión sobre la experimentación y los instrumentos en los procesos de las ciencias, puede contribuir a darle sentido a la comprensión de la dinámica científica. En este sentido, es importante analizar cuáles enfoques sobre la actividad experimental y sobre la NdC pueden potenciar consideraciones que apunten a ideas más actuales sobre la actividad científica, para que se logren vincular a la enseñanza de la ciencia que se desea.

1.1. Perspectiva de la experimentación en y para la enseñanza de las ciencias

La actividad experimental es uno de los aspectos claves en el proceso de enseñanza y aprendizaje de las ciencias (Carrascosa, Gil Pérez, Vilches, Valdés, 2006: 157) posiblemente porque se ha tendido a considerar la enseñanza de las ciencias naturales como una disciplina experimental (Romero y Aguilar, 2013).

Al respecto, son varios los trabajos que resaltan la importancia de la experimentación en la enseñanza de las ciencias, debido entre otros factores a la consideración que a través de la experimentación los estudiantes pueden alcanzar algunas metas educativas, tales como la oportunidad de participar en la adquisición y construcción del conocimiento, analizar cómo ese conocimiento se alcanza y se justifica, y comprender cómo el significado de conceptos y leyes de la física pueden ser generados (Koponen y Mäntylä, 2006: 3).

Hodson (1994), analiza las razones que los docentes atribuyen a la actividad experimental, la cual puede presentar propósitos educativos en vía de motivar, estimular, divertir, enseñar las técnicas adecuadas empleadas en el laboratorio, incrementar el aprendizaje de los conocimientos científicos y orientar hacia la comprensión del método científico.

Sin embargo, y a pesar de la importancia de la experimentación en las ciencias y de las muchas ventajas y aportes que puede brindar a los procesos de enseñanza, no se hace evidente la consecución de sus objetivos educativos, y por tanto no parece existir una coherencia entre la comprensión de la actividad científica, y las orientaciones sobre la experimentación en la enseñanza de las ciencias.

Autores como Malagón, Ayala y Sandoval (2011), y Romero y Aguilar (2013) resaltan que si bien el papel de la actividad experimental ha sido determinante en el acontecer de las ciencias, no lo ha sido en la enseñanza de la misma, en particular, se suele considerar que la práctica experimental es ineficaz en la enseñanza de la física, debido a su carácter realista y acabado, presentando de esta manera una enseñanza basada en teorías y conceptos que no da cabida para reflexiones que vinculen los planteamientos teóricos y la práctica.

Koponen y Mäntylä (2006:4), mencionan el poco impacto del trabajo práctico y su incompreensión por parte de los estudiantes, dado que los experimentos son empleados desde un carácter verificador o demostrativo. Estos autores también hacen una crítica a la estrategia metodológica del *aprendizaje por descubrimiento* y a la idea de los *estudiantes*

como investigadores, ya que bajo estas concepciones, se transmite una imagen inductivista de la ciencia, que finalmente llevará a asumir el experimento desde un carácter “confirmador”.

Seis razones atribuye Hodson, (2005) (citado por Flores, Caballero y Moreira, 2009: 88) para explicar las pocas ventajas de la actividad experimental en la enseñanza: a) la falta de clasificación de los trabajos prácticos; b) diseño empobrecido del trabajo práctico a realizarse; c. desconexión entre lo que los docentes dicen y hacen en su práctica; d) instrucciones que no son asimiladas adecuadamente por los estudiantes; e) no se obtienen los resultados esperados de la actividad práctica y, f) la evaluación de la actividad experimental se centra en aspectos tangenciales de la misma. A lo que se puede sumar la concepción de la actividad teórica aséptica de la experimentación, y la idea generalizada que en el desarrollo de un experimento la teoría no hace presencia.

Otro factor -no mencionado por Hodson- es la ausencia de actividades de tipo exploratorias e indagatorias, tales como el análisis y la recreación del contexto, la construcción y propuestas de explicaciones y la interpretación de los efectos que se producen al manipular instrumentos; actividades que son indispensables en la construcción del conocimiento, y que podrían favorecer la comprensión del carácter sociocultural del proceso científico.

Esta situación puede surgir de la identificación de quien enseña con una concepción de ciencia objetivada y terminada, que no moviliza hacia interpretaciones ni reflexiones sobre la actividad científica, ya que, como lo sugieren algunos autores, el papel del maestro – y del estudiante- en la práctica pedagógica, está definido en gran medida por las imágenes de conocimiento y ciencia que posean (Ayala, Malagón y Guerrero, 2004; Romero y Rodríguez, 2009; Romero y Aguilar, 2013). Igualmente, se puede considerar que los profesores tienen creencias epistemológicas, sobre la enseñanza y el aprendizaje que guían y dan forma a sus interpretaciones y al uso que le dan a los libros de texto (Höttecke & Silva, 2010).

En relación con estos materiales didácticos, García (2011) cuestiona la imagen de ciencia que ellos transmiten, dado que promueven una idea de ciencia descontextualizada, y que en su mayoría ofrece un imaginario de ciencia lineal que parece tener por único método el carácter inductivo en el proceder científico. Esta imagen se refuerza con las prácticas experimentales que los textos usualmente proponen, ya que se tiende a menguar el papel de la experimentación en la construcción de teorías, minimizando los muchos aspectos que confluyen en la actividad científica, resaltándola como un quehacer puramente teórico, sin énfasis en los procesos de organización de la experiencia, ni reflexiones sobre el papel de los instrumentos que se están manipulando.

Ideas similares sobre la experimentación en la enseñanza de las ciencias, son puestas de manifiesto por los autores Carrascosa, Gil, *et al* (2006), quienes proponen además que para superar el carácter de simple receta de la actividad experimental, se debe propender por discusiones sobre la pertinencia del trabajo a desarrollar, contextualizar la problemática a abordar, involucrar a los estudiantes en el proceso experimental mediante su participación activa estimulando procesos argumentativos sobre el fenómeno que se estudia, así como en el diseño de instrumentos y en los análisis de los experimentos.

De las valoraciones anteriores, surge entonces la pregunta: ¿qué tipo de experimentación es adecuado resaltar y promover para que oriente la comprensión de las ciencias y el actuar docente, en busca de una enseñanza que potencie el conocimiento disciplinar, la comprensión sociocultural de las ciencias y a su vez incremente valores que se requieren en la sociedad contemporánea?

Se asume con Koponen y Mäntylä (2006:4), que cualquier perspectiva de experimentación no incide en la manera de recontextualizar la actividad científica, y por tanto se debe contar con un perfil epistemológico y filosófico adecuado que se corresponda con la idea de NdC que se privilegia en este trabajo y que permita resignificar la forma de comprender, acercarse y presentar los contenidos propios de las ciencias naturales.

Dado lo anterior, se propone una alternativa basada en la consideración de experimentación desde un enfoque socio cultural, resaltando que no se hacen esfuerzos por abarcar la diversidad de aspectos y dimensiones que hacen parte de lo social y lo cultural, sino centrada en reflexiones epistemológicas tendientes al reconocimiento de la experimentación vinculada con los espacios de producción, justificación y validación del conocimiento, la relación de las problemáticas que se intentan resolver con el contexto del que hacen parte, y que permiten situar y analizar los asuntos sociales y científicos del desarrollo de la ciencia, dimensiones que se entrecruzan en las consideraciones sobre la NdC.

En este sentido, se puede suponer que en la enseñanza de las ciencias esta forma de asumir la experimentación genera oportunidades de participación en la construcción del conocimiento, incide en una reconfiguración sobre la manera como pueden ser generados los conceptos y las leyes de la ciencia, resalta la construcción de explicaciones sobre los fenómenos físicos y permite comprender cómo el conocimiento se construye, se logra y se justifica.

A partir de este enfoque se puede favorecer la comprensión del papel que puede tener la actividad experimental en la enseñanza de las ciencias, tanto para entender los procesos de construcción del conocimiento, como para analizar las consideraciones que se tienen sobre la dinámica científica.

Para la consecución del anterior propósito se debe potencializar el operar de los docentes como generadores de espacios en el aula de clase para la formación de sujetos activos y participativos en la construcción del conocimiento, con capacidad para destacar la necesidad de comprender las tradiciones científicas, evitar centrar la enseñanza en contenidos irrefutables y resaltar otros aspectos tales como los principios, los problemas, las preguntas que giraron en torno a la consolidación de una teoría particular.

En este sentido las actividades pedagógicas diseñadas propenden por que los docentes reflexionen sobre el papel de la historia y la epistemología de las ciencias, ya que, bajo esta

mirada a la actividad científica, se puede interpretar la historia y sus contextos, integrar la actividad experimental con aspectos teóricos, metodológicos y epistemológicos en situaciones problemáticas sobre los fenómenos abordados, argumentar dichos análisis y contextualizarlos, establecer conclusiones, considerar la experimentación como elemento que favorece el planteamiento de problemas conceptuales a la vez que orienta y dinamiza el trabajo de aula, relacionar acontecimientos, proponer ideas y participar en el desarrollo de una conciencia sobre la actividad científica vinculada con el desarrollo de la sociedad.

De acuerdo con lo mencionado, se implementó en un grupo de profesores de ciencias naturales una propuesta pedagógica fundamentada en el análisis de algunos episodios históricos para reflexionar sobre aspectos de la NdC, el papel de la experimentación y los instrumentos en la dinámica científica en torno a algunos fenómenos físicos, con base en el carácter de hecho científico como construcción social. Con la propuesta se pretende hacer una aproximación a una educación que potencie el desarrollo de aptitudes para la formación de sujetos críticos que puedan pensar la ciencia, pensarse a sí mismos y en comunidad.

Se ha privilegiado una propuesta pedagógica orientada a la formación de maestros, porque se puede lograr un mayor impacto y trascendencia en torno a consideraciones más actuales sobre la actividad científica, debido a que los profesores de ciencias naturales formados en estos aspectos, pueden comprender la manera como la ciencia se transforma según el contexto en donde se re-construye.

Es importante mencionar que las reflexiones sobre algunos fenómenos físicos, pueden facilitar el análisis de las consideraciones señaladas anteriormente, debido a que este campo hace parte del contenido curricular en la práctica educativa de los docentes de ciencias naturales, además posibilita reflexiones sobre la relación de la teoría y la práctica, ya que esta temática no es ajena a los aspectos relacionados con la experiencia. Por otra parte, las reflexiones epistemológicas hacia los fenómenos de este campo, pueden contribuir a modificar la idea que la física maneja verdades absolutas, leyes y teorías que

son productos de la actividad científica y que hay un progreso inherente de ella hacia verdades cada vez más completas (Ayala, 2006: 22).

Con base en las anteriores ideas fue posible establecer la siguiente pregunta que orientó este Trabajo de Investigación: ¿Qué contribuciones para la formación de profesores de ciencias naturales, pueden surgir de una propuesta pedagógica enmarcada en reflexiones acerca de la NdC, en la que se analiza el papel de la experimentación y los instrumentos en la dinámica científica en torno a algunos fenómenos físicos?

Y como preguntas derivadas: ¿Cómo fundamentar la vinculación de aspectos acerca de la NdC en la formación de profesores de ciencias naturales, a través de actividades y reflexiones sobre papel de la experimentación y los instrumentos en los procesos de organización de algunos fenómenos físicos?, ¿De qué manera el uso de la historia y la epistemología de las ciencias contribuye a la comprensión de aspectos relacionados con la NdC?, ¿Qué tipo de acciones y situaciones pedagógicas sobre algunos fenómenos físicos, permiten incentivar discusiones que posibiliten un acercamiento a la dinámica científica a la luz de algunas consideraciones acerca de la NdC y la experimentación? y, ¿Cómo caracterizar prácticas y discursos de maestros de ciencias, en relación con la forma como asumen e implementan en la enseñanza la relación teoría-experimentación?

2. PROPÓSITOS

2.1. Propósito General

Proponer algunas consideraciones conceptuales y metodológicas que permitan fundamentar la vinculación de aspectos acerca de la naturaleza de las ciencias en la formación de profesores de ciencias naturales, a través de actividades y reflexiones sobre papel de la experimentación y los instrumentos en los procesos de organización de algunos fenómenos físicos

2.2. Propósitos Específicos

- ❖ Identificar algunos aspectos acerca de la naturaleza de las ciencias relacionados con el papel de los instrumentos y los hechos científicos, que pueden incidir en la formación de profesores de ciencias naturales, al hacer reflexiones epistemológicas relacionadas con el análisis de algunos fenómenos físicos.
- ❖ Caracterizar aspectos de orden epistemológico acerca de la naturaleza de las ciencias, en relación con la experimentación, a partir de las producciones de algunos profesores de ciencias naturales sobre la forma como asumen e implementan en la enseñanza la relación teorización-experimentación.
- ❖ Identificar posibles contribuciones que puede tener para la formación de profesores de ciencias naturales, la reflexión y análisis sobre algunos aspectos de la naturaleza de las ciencias cuando se abordan propuestas de formación centradas en la construcción de explicaciones sobre algunos fenómenos físicos.

3. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA Y ANTECEDENTES

3.1. Consideraciones acerca de la naturaleza de las ciencias y sus implicaciones educativas

La NdC ha adquirido un papel importante en los currículos, dada la posibilidad de incrementar la *alfabetización científica* en los procesos de enseñanza de las ciencias; su inclusión está relacionada con la necesidad de comprender la manera como se da la actividad científica en torno a aproximaciones más vigentes sobre la ciencia (Adúriz-Bravo, 2005; Acevedo y otros, 2007).

En efecto, ya son varios los países que incluyen de manera explícita e implícita la enseñanza de algunos aspectos vinculados con la comprensión de la NdC dentro de los procesos educativos (Matthew, 1994; Acevedo y otros, 2007; Acevedo, 2008). Sin embargo, persisten dificultades para establecer un consenso sobre lo que significa, debido a que las reflexiones que se enmarcan en este campo, hacen parte de diferentes disciplinas filosóficas, sociológicas, epistemológicas e históricas, y por lo tanto, se han generado controversias sobre lo que se debe caracterizar dentro de las consideraciones de NdC, y cuáles son los análisis que deben hacer parte de sus fundamentos (Acevedo y otros 2007; Acevedo, 2008).

En lo que sí se converge, es en la idea generalizada que la NdC está relacionada con los aspectos que tienen que ver con la construcción del conocimiento (Aikenhead & Fleming, citados en Acevedo y otros, 2007). Esta caracterización se enmarca dentro de los intereses que se desean resaltar en esta investigación y que están acordes con las consideraciones que los autores Acevedo, Vásquez, Manassero y Acevedo (2007), y Acevedo (2008), establecen sobre todo aquello que caracteriza a la ciencia como una forma de construir conocimiento, y cuyos sustentos son el resultado de la idiosincrasia humana; de esta manera, las consideraciones acerca de la NdC se constituyen en una “*reflexión sobre los métodos para validar el conocimiento científico, los valores implicados en las actividades de la ciencia, las relaciones con la tecnología, la naturaleza de la comunidad científica, las*

relaciones de la sociedad con el sistema tecnocientífico y las aportaciones de éste a la cultura y al progreso de la sociedad” (Acevedo y otros, 2007: 43; Acevedo, 2008: 135).

Estos mismos autores también resaltan la importancia de incluir estas consideraciones en los currículos, como una propuesta por superar los modelos de ciencia dogmáticos transmitidos en la enseñanza tradicional, idea que se fortalece con Romero (2014: 3), al proponer que este término se ha consolidado dentro de la comunidad de educadores de ciencias, haciendo alusión a un meta-conocimiento sobre la ciencia, surgido de reflexiones interdisciplinarias realizadas desde la filosofía, la historia y la sociología de la ciencia. De esta forma se apunta a desarrollar una idea de ciencia que sea consecuente con las formas contemporáneas de asumir las prácticas científicas, apuntar al desarrollo de valores y actitudes éticas en la toma de decisiones, comprender los procesos cambiantes de las comunidades científicas así como los conflictos y limitaciones que corresponden a estas actividades humanas.

En relación con lo anterior, las razones por las cuales se desea orientar la enseñanza de la NdC en los currículos de ciencias son variadas, pero todas ellas apuntan al incremento de la calidad educativa en el interior de las aulas de clase, así como al desarrollo de cualidades como una mayor consciencia y responsabilidad social, cultural y axiológica. Al respecto, Driver (citada por Acevedo, 2008: 134), señala que la importancia de la enseñanza de la NdC en los currículos, está vinculada con aspectos como la comprensión de la actividad científica y el aprendizaje de los contenidos de las materias científicas, el análisis y la toma de decisiones bien informadas, el aprecio por el valor de la ciencia como un elemento importante de la cultura contemporánea, la comprensión de las normas y los valores de la comunidad científica que contienen compromisos éticos con repercusiones para la sociedad.

Otras razones que justifican la inclusión de la enseñanza de la NdC en los currículos son señaladas por Adúriz-Bravo (2005), y están relacionadas con la superación de obstáculos en el aprendizaje, la generación de recursos y materiales para el diseño de estrategias educativas, y la estructuración de los currículos de ciencias.

Debido a este abanico de beneficios en la enseñanza de la NdC para las prácticas educativas, y su aporte a una formación cultural, resulta necesario comprender el por qué de las dificultades que se han dado en su implementación, y por consiguiente los resultados insuficientes por vincularla con la actividad académica. Al respecto, se ha encontrado que las actitudes desfavorables por parte de los docentes como inexperiencia, ausencia de confianza, poca disponibilidad horaria, falta de materiales didácticos y poca motivación, dificultan la correspondencia entre aspectos clave acerca de la NdC y desvirtúan su enseñanza (Acevedo, 2008; Höttecke & Silva, 2010).

Así mismo, Acevedo y otros (2007) consideran, entre otras dificultades, que no hay antecedentes escolares convincentes sobre un currículo que incluya consideraciones acerca de la NdC, y la carencia de formación del profesorado para afrontar posibles innovaciones curriculares, ya que este tipo de consideraciones no hacen parte de su formación universitaria ni profesional docente.

Como se aprecia, tratar de definir los aspectos que hacen parte de la NdC, y las dificultades en su implementación en el campo educativo, hacen parte de una problemática extensa, máxime cuando delimitar este campo disciplinar y caracterizarlo es una tarea tan ardua como definir o delimitar el conocimiento o la ciencia, ya que los aspectos que se vinculan con estas consideraciones atañen a reparos e ideologías propias de su contemporaneidad (Acevedo y otros, 2007:333).

Sin embargo, es indispensable indicar qué consideraciones de NdC se privilegian en este trabajo, para lo cual se adopta una concepción de ciencia que se encuentra en consonancia con las ideas actuales sobre la dinámica científica, y la construcción del conocimiento, asumidas desde los aportes de Elkana (1983). Este autor considera a la ciencia como un sistema cultural, en tanto la actividad científica está permeada por las concepciones, creencias, interpretaciones y subjetividades del ser humano y la manera como este está inmerso en una cultura, y por ende, no hay forma de pensarse a él mismo ni a la naturaleza que lo rodea, de manera ajena a dicha cultura y a todo lo que ella implica en un momento

determinado. De esta forma, se puede considerar que *“la ciencia está construida históricamente, sometida a standard de juicio históricamente definidos, por lo cual, ella puede ser cuestionada, discutida, afirmada, formalizada y enseñada; su concepción varía de forma extrema de una persona a otra; puede, en algunos puntos, variar de una disciplina a otra y varía sin duda en forma extrema de una época a otra”*. (Elkana, 1983:5).

Así mismo, y siguiendo a Acevedo y otros (2007), se asume la actividad científica como una empresa humana que está inmersa en el contexto y las particularidades del momento, y que responde a las necesidades y exigencias de la cultura en donde se inserta, y por lo tanto su significado se encuentra sujeto a las múltiples interpretaciones y valoraciones que se hacen, y que responden a visiones particulares sobre las dinámicas científicas.

Las anteriores significaciones de ciencia, se encuentran en consonancia con la invitación que hace Hodson (2003: 647), para que en los planes de estudios se asuma ésta como un producto de su tiempo y lugar, que se encuentra estrechamente vinculada con su contexto socio cultural y permeada por sus métodos de generación y validación. Esta idea puede repercutir en el proceso de *alfabetización científica*, en la medida que se privilegia una enseñanza de las ciencias con un alto grado de la dimensión sociocultural, vinculando al conocimiento científico las interrelaciones de la ciencia, la ética, la tecnología y la sociedad, señalando la importancia que tiene para las personas asumirse como parte de esa sociedad, comprender el papel que desempeñan y responsabilizarse en la toma de decisiones fundamentadas e informadas, ya que sin tales capacidades, los ciudadanos son *“presa fácil de los dogmáticos, los artistas y los proveedores de las soluciones simples a problemas complejos”* (Asociación Americana para el Avance de la Ciencia -AAAS- 1989, citado por Hodson, 2003: 646).

A partir de la idea de NdC que se resalta en este trabajo, se propende por interrogantes y reflexiones sobre la dinámica científica y los procesos de producción y validación del conocimiento. Estos cuestionamientos pueden encontrar posibles respuestas justamente en los campos de interés que se incluyen dentro de las consideraciones de la NdC, como la historia, epistemología, sociología y filosofía de la ciencia, de las cuales se pueden tomar

elementos valiosos para la comprensión de la ciencia y su contextualización en el aula de clase.

3.2. Aportes de la perspectiva constructivista para las reflexiones acerca de la naturaleza de las ciencias

En conformidad con la idea de ciencia mencionada, se apropian para esta investigación los sustentos pedagógicos del constructivismo, ya que las implicaciones que esta perspectiva trae para la escuela están en armonía con la búsqueda de una comprensión de la actividad científica, enriquecida por los factores que confluyen en ella, derivada de los análisis reflexivos acerca de las temáticas disciplinares, la valoración de otros puntos de vista en torno a consideraciones científicas, y del reconocimiento a otras interpretaciones y otras realidades.

Esta perspectiva constructivista implica mucho más que conocer los sustentos científicos de su entramado conceptual; en este sentido, el autor Segura (1997) expresa que:

“Una práctica escolar constructivista no es algo que resulta de los propósitos de mantenerse actualizado en cuanto a nuevas metodologías y estrategias de enseñanza. Se trata más bien del resultado de nuevas formas de concebir tanto “la realidad”, como la actividad cognoscitiva, el conocimiento y las formas de validación de este, aspectos que se oponen a los supuestos que orientaban y aun orientan nuestras actuaciones. Ver y concebir el mundo de una manera diferente implica un esfuerzo, implica oponerse permanentemente a nuestra propia formación”. (1997:6).

Entender la práctica escolar de esta manera, puede ir consolidando una visión de la dinámica científica como una actividad centrada en sustentos culturales que se alcanzan mediante los procesos de validación del conocimiento, surgidos en actividades lingüísticas y discursivas basadas en la manera como se construyen significados, se percibe, se interpreta, y se razona sobre todo aquello que es objeto de estudio; poner estas consideraciones como sustento para la enseñanza de las ciencias, mediante espacios para

la investigación, la reflexión y la discusión, potencia la comprensión de aspectos sobre la NdC ya que los sujetos van dando forma a sus ideas y aprenden a razonar de manera crítica y consecuente con un intento particular por analizar los fenómenos que ocurren.

De igual forma, Ayala (2006: 28) propone que construir conocimiento implica comprender y actuar sobre la realidad, en la medida que ese conocimiento se vuelve comprensible, flexible, reorganizable, compartible y útil para el individuo, para el grupo social del cual hace parte y para la sociedad en general.

En este sentido, se puede entender el conocimiento científico sujeto a los contextos y estilos de pensamientos específicos a la luz de los cuales adquiere un significado propio, y la actividad científica como un proceso colectivo y cultural, que orienta los valores que rigen la sociedad y que permiten intervenir en ella y transformarla según los cánones establecidos por la naturaleza humana.

De otro lado, y en consonancia con las ideas constructivistas que se resaltan en este trabajo, se mencionan las directrices que establece Moreira (2005, citando a Postman y Weingartner, 1969), sobre la importancia que la educación oriente y prepare a las personas para un mundo que sufre cambios vertiginosos, mediante el desarrollo de una consciencia social, que se reafirma a través de la enseñanza de aspectos que confluyen en el desarrollo de la apertura mental, personalidades activas, creativas, flexibles, con un pensamiento divergente, conscientes de la multiplicidad de aspectos sociales, culturales y técnicos que se vinculan en las transformaciones de una sociedad. Esto es, en palabras de los autores, el desarrollo de *estrategias para la supervivencia*. Si se apunta a este ideal de formación, se debe evitar concentrar la enseñanza en conceptos que dan la idea de dicotomía y que tienden a encasillar como verdades incondicionales e infalibles aquello que ha gozado de las influencias del contexto del que emergen.

3.3. Consideraciones sobre la historia y epistemología de las ciencias y sus implicaciones para la comprensión de la naturaleza de las ciencias.

Las consideraciones que convergen en esta investigación están sustentadas en el supuesto que las reflexiones históricas y epistemológicas de las ciencias favorecen análisis sobre la construcción del conocimiento (Ayala, 2006: 20), y por consiguiente acerca de la NdC. Estas disciplinas son consideradas por Adúriz-Bravo (2005: 13) como dos de los tres ejes de la NdC, en la medida que corresponden a las preguntas fundamentales que se pueden hacer sobre la dinámica científica, ya que el eje epistemológico apunta a determinar qué es la ciencia y cómo se elabora, y el eje histórico intenta responder a la pregunta sobre cómo se reconstruye la ciencia y se enriquece con las interpretaciones del presente.

La historia y la epistemología como disciplinas que se vinculan en las consideraciones acerca de la NdC, que se tienen en cuenta para los procesos de enseñanza, permiten incidir o transformar la concepción de ciencia (Ayala, 2004), desligando la idea de la dinámica científica con la producción de conceptos y teorías objetivadas (Romero y Rodríguez, 2009), que se dan de manera independiente de los sujetos que los producen, en la medida en que permiten una comprensión de la actividad científica enmarcada en una cultura que responde al carácter humano y a la vinculación de los intereses de la sociedad.

En coherencia con lo anterior, Matthews (1994: 266) presenta algunas bondades que pueden traer para la enseñanza de las ciencias y en general para los currículos educativos, las reflexiones y consideraciones sobre la historia, filosofía y sociología de las ciencias, ya que brindan una riqueza interpretativa de los procesos y conocimientos científicos, que se humanizan, se permean de nuevos significados y permiten combatir las ideologías científicas. Así mismo, este autor resalta la necesidad de la *alfabetización científica* en los profesores de ciencias, como parte de su bagaje intelectual para afrontar y orientar las clases desde una mirada más crítica, promulgando por una enseñanza de las ciencias en su contexto social, histórico, filosófico ético y tecnológico.

De igual manera, Tamayo (2009) afirma que el estudio y la reflexión acerca de la historia y epistemología de las ciencias es un elemento que otorga calidad al proceso educativo;

debido a ello, resalta la urgencia de formación en estos ámbitos, cuyas implicaciones vinculan aspectos relacionados con la comprensión y apropiación de la disciplina que se enseña, así como mejoras actitudinales durante los procesos de enseñanza y aprendizaje y una posición reflexiva y crítica frente al conocimiento.

De modo similar Höttecke & Silva (2010), indican la importancia de la vinculación de la historia y la epistemología de las ciencias en la enseñanza de las ciencias y de la formación de profesores en este campo, como una manera de cambiar el tradicional paradigma de enseñanza y movilizar hacia una concepción de ciencia basada en la comprensión de las características, y cualidades de los procesos de construcción de explicaciones y de significados enmarcados en contextos determinados.

En relación con los trabajos que vinculan la epistemología en la enseñanza de las ciencias naturales, es importante subrayar la propuesta de Adúriz-Bravo (2005), quien sugiere materiales y dinámicas de aula para potenciar actividades que orienten a pensar sobre las ciencias, resaltando los aportes de la epistemología para las clases, a la luz de consideraciones acerca de la NdC. De esta manera se promulga la clase como un espacio para que la historia se reconstruya constantemente y que permita al mismo tiempo un metacognoscimiento sobre la manera como operan los docentes para comprender y caracterizar sus interpretaciones, y darle significado a los procesos mediante los cuales perciben y explican una determinada situación.

Igualmente, se encuentran grandes aportes locales en las investigaciones y tesis de maestría surgidas en el marco del grupo de investigación, Física y Cultura, de la Universidad Pedagógica Nacional (Bogotá, D.C., Colombia), orientados hacia el estudio y recontextualización de fenómenos propios del campo de la física desde una mirada histórica y cultural, para potenciar su reconfiguración, brindar calidad al ejercicio docente y a los procesos de enseñanza de las ciencias. De igual manera se tienen los aportes del grupo Estudios Culturales sobre las Ciencias y su Enseñanza -ECCE-de la Universidad de Antioquia (Medellín, Colombia), que tiene entre sus ejes fundamentales, el estudio de casos con base en análisis histórico crítico de textos originales, para desarrollar propuestas

alternativas de enseñanza que reconfiguren el papel de la actividad experimental en el desarrollo de las prácticas escolares.

De otra parte, mediante los análisis sociológicos que hacen los autores Latour & Woolgar (1995) sobre el actuar de los científicos, también se puede reflexionar sobre el papel de la historia como algo que se edifica en el presente en la medida de sus interpretaciones, ya que el historiador, al igual que el docente, reconstruye el trabajo que hacen los científicos y lo dota de significado. Se resalta en su análisis, que no es posible distinguir los espacios de producción del conocimiento de aquellos de validación del conocimiento, y que no es factible encasillar el trabajo de un científico como teórico o experimental, sino que ello depende del observador que caracteriza e interpreta una mirada en lugar de las otras.

En este sentido, se resalta la importancia del acercamiento a lecturas y fragmentos de textos de primera fuente (textos originales), para posibilitar formas diferentes de interpretar la historia, la dinámica científica y las relaciones entre la actividad experimental, el uso de instrumentos en las prácticas experimentales, la conceptualización y su relación con el conocimiento. Es así como diferentes intencionalidades van a incidir en reconstrucciones variables de la historia, ampliando la diversidad de significados a medida que se interpretan las formas como se generaron y transformaron los conceptos y los conocimientos, lo que puede incidir en edificaciones particulares y valiosas sobre los fenómenos que se estudian.

Al respecto, la indagación sobre algunos fenómenos físicos, sustentada en análisis histórico críticos de textos de primera fuente permite caracterizar aspectos de orden epistemológico, relacionados con el proceso de su construcción y organización. Así mismo, un seguimiento al rol de la actividad experimental en la construcción de conocimiento, fundamentado desde una perspectiva histórica y epistemológica, puede permitir 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. Igualmente, el desarrollo de actividades de elaboración de objetos o instrumentos para el estudio de los fenómenos físicos, a partir de los trabajos originales de algunos autores de interés, viabiliza la

comprensión de las construcciones materiales como parte integrante de los procesos de estructuración del conocimiento propio de las ciencias naturales.

3.4. Reflexiones acerca de la naturaleza de las ciencias y sus aportes a la perspectiva sociocultural de la experimentación.

Una vez adelantadas algunas reflexiones sobre la historia y epistemología de la ciencia, surge la necesidad de una significación sobre el papel de la experimentación para la comprensión y contextualización de estos aspectos, lo que requiere e implica la explicitación reflexiva de las ideas epistemológicas relacionadas con la forma como se da la actividad científica, como trabaja la comunidad y como se construyen y se abordan los fenómenos.

De acuerdo con Romero (2014:4), existe una estrecha relación entre el papel de la experimentación y las reflexiones acerca de la NdC tanto por los vínculos con los procesos de construcción de conocimiento, como porque el modo de significar la experimentación devela también un modo particular de asumir lo que es la ciencia y su enseñanza, es en esta medida que el papel de la actividad experimental debe hacer parte fundamental, y responder a las reflexiones que se han hecho acerca de la NdC.

Lo anterior apunta a resaltar el papel de la experimentación desde una perspectiva sociocultural, como elemento que se encuentra sujeto a las necesidades e intencionalidades de su contexto particular y que obedece a un proceso de búsqueda de significados e interpretaciones que tienen sentido para un colectivo de pensamiento específico.

Debido a ello, se adopta y se defiende la experimentación como una construcción social, que satisface formas de pensamiento e interpretación, que responde a intereses y supuestos culturales y que, en esa medida, puede ser reconocida como fuente de conocimiento bajo los mismos términos y condiciones que la teorización. En consecuencia, se amplía el significado de la dinámica científica como un proceso de construcción de

explicaciones que se puede dar a partir de las diversas conexiones y puntos de encuentro entre la actividad experimental y la teorización.

De esta manera, al intentar comprender la dinámica científica, desde la imagen sociocultural expuesta, surge la necesidad de caracterizar las variadas relaciones que se dan entre la experimentación y otras formas de conocimiento como la teorización, para comprender y valorar los entramados y supuestos que subyacen a los procesos del conocimiento, para incrementar la comprensión de los fundamentos que sustentan el estudio de una disciplina, resignificar el carácter científico de un campo de conocimiento y asimilar los procesos de la actividad científica desde ideas actuales de la NdC, potenciando los procesos educativos a la luz de estas reflexiones.

En este sentido, los análisis adelantados en este Trabajo de Investigación permiten identificar dos formas de relación que fundamentan algunas consideraciones sobre los métodos de la ciencia. De una parte, la relación de independencia entre estos elementos, y por otro lado, el carácter dialéctico y de complementariedad de la relación teorización - experimentación en la dinámica científica.

3.4.1. Relación de independencia entre la experimentación y la teorización

Desde las anteriores consideraciones, se tratan 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.

A partir de la primera caracterización, se identifica la experimentación como la fuente única del conocimiento y por consiguiente de la actividad científica; se apunta a relacionar al experimento como subsidiario de la teoría, obteniendo como resultado de este método,

conceptualizaciones tomadas inductivamente de los procesos experimentales, indicando un camino unidireccional entre estos elementos.

Este enfoque sobre la experimentación, se puede corresponder con la imagen de ciencia empirista basada en la observación y la experimentación exclusivamente como elementos suficientes para el desarrollo de la actividad científica, a través de los cuales se pueden extraer los articulados teóricos. Adicionalmente se tiene la idea de certeza y realidad, a la que es posible acceder mediante estos procesos de experimentación y observación, en esa medida el papel del sujeto cognoscente es independiente de los hechos y datos experimentales, que se asumen como dados y universales.

Lo anterior se vincula con la adopción de una actitud pasiva en el proceso educativo, ya que en ocasiones se enseña, se asume y se concibe el conocimiento como una copia de la realidad, codificada en un lenguaje racional, organizado de tal forma que de fe de los fenómenos que en la naturaleza se llevan a cabo. Consecuentemente, el nivel de comprensión se determina en la medida que se asimila un determinado lenguaje, y se aplica en el desarrollo de ejercicios que apuntan al análisis exclusivamente cuantitativo de un fenómeno específico (Ayala, 2006: 24).

Como posible resultado de esa educación basada en la transmisión de verdades, certezas y respuestas, se tienen personalidades pasivas, dogmáticas, intolerantes, autoritarias, inflexibles y conservadoras, que se resistirían a cualquier intento de modificar la ilusión de certeza. (Postman y Weingartner, citados por Moreira, 2005).

Por otro lado, el papel refutador de la experimentación se cimienta en la propuesta del falsacionismo de Popper (1972). Para él, las teorías científicas no deben ser sólo verificadas, sino puestas a prueba constantemente para medir su autoconsolidación, mediante un proceso de refutación o falsación constante, que se logra a través de diversas estrategias, entre las que resalta la actividad experimental; la experimentación y la observación pueden producir información para falsar una teoría científica, y en la medida que una teoría se resista a ser falsada, se asumiría como más válida

En este sentido, los autores Ferreirós y Ordóñez (2002) resaltan que justamente estas tradiciones epistemológicas, al denotar el papel predominante de la teoría en la dinámica científica, han dejado un legado resumido en el término *teoreticismo*, en el que se busca como objetivo fundamental la realización conceptual, lo que contribuye a estimar la actividad experimental como subordinada a la actividad teórica.

Los autores Koponen y Mäntylä (2006) describen esta perspectiva en términos de la asimilación de la teoría como el sustento exclusivo del conocimiento, y la experimentación como un elemento de contrastación de dicha teoría, configurándose en un papel de verificador o refutador del conocimiento o de teorías, asumiéndose una idea de la actividad teórica como fundamento de la dinámica científica.

En este orden de consideraciones, si la manera como se orienta la actividad experimental en el aula de clase obedece a una correspondencia con este enfoque, se enseñará a modo de carácter recetario, enfatizando en la memorización de fórmulas y definiciones, y comprobación de errores conceptuales en los estudiantes. Una enseñanza de las ciencias fundamentada en estas concepciones estaría contribuyendo al desconocimiento de muchos aspectos vinculados con la construcción del conocimiento científico, así como a la idea del carácter disímil entre la teoría y la experimentación.

Otra idea por la que es necesario superar la antigua concepción del experimento como subsidiario de la teoría, es que si se privilegia esta perspectiva, el fenómeno parecerá derivarse del simple hecho de observar. Pero en muchos casos se ha documentado un sinnúmero de ejemplos que desmitifican esta situación. Al respecto se puede analizar por ejemplo las dificultades que tuvieron los científicos para establecer el carácter dual de la electricidad, ya que no se presentaba como una experiencia sensible a los sentidos, por lo que fue a través de la construcción de instrumentos como el *versorium*, que se pudo ir

consolidando un entramado teórico y experimental a partir de los efectos que se podían construir y analizar a través de este instrumento¹.

3.4.2. Relación de constitución/complementariedad entre la experimentación y la teorización

Re significando 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 sus procesos, a través de la cual se asume que la experimentación y la teoría no son dimensiones separadas de esta actividad (Ferreiros y Ordoñez, 2002; Iglesias, 2004). Tal como lo señalan Ferreiros y Ordoñez (2002), en la actividad científica la fase experimental y la fase teórica están situadas en el mismo plano; la primera goza de tanta autonomía como pueda tener la segunda (2002: 48).

Para reconocer tal paridad entre ambas dimensiones, es necesario restituir el rol que ha desempeñado la experimentación en la dinámica científica, resaltando sus contribuciones a la construcción de conocimiento de la misma forma que lo hace la actividad teórica. Es así como en este trabajo se 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 teorización y la experimentación, o bien cuando se reconoce una dinámica entre ellas tal que desarrollos en una dimensión producen cambios y desarrollos en la otra.

En este sentido, autores como Malagón, Sandoval y Ayala (2013), 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”* (2013:128). Esto conlleva a razonar que entre ambos aspectos se presenta un estrecho vínculo dado que los

¹ Este aspecto sobre los instrumentos se ampliará más adelante

lineamientos conceptuales orientan la actividad experimental, a su vez éstos son producto de la organización de la experiencia.

Es así como se replantea el papel de la experimentación, ya no relacionado con su capacidad para validar y contrastar un conocimiento teórico, dada la veracidad de sus demostraciones-perspectiva positivista-, sino como un medio para la ampliación de la experiencia y la construcción de fenomenologías, en palabras de Guerrero (2012), los procedimientos experimentales estabilizan, crean y refinan los fenómenos (2012:18). Estos procesos están mediados por el establecimiento de convenciones sociales y por la configuración de estructuras lingüísticas con relación a los fenómenos estudiados, que permiten definirlos, delimitarlos y construirlos- perspectiva sociocultural-. En ese sentido, la significación de la experimentación se identifica con la posibilidad de construcción de conocimiento, a partir de los disensos y consensos que entran en juego mediante la exposición de los argumentos en el interior de las comunidades científicas.

Estas reflexiones inciden en la comprensión de aspectos de la NdC, e incitan en las actividades experimentales la construcción de explicaciones y el desarrollo de la argumentación sustantiva², a través de la cual se resalta la comprensión de casos y contextos particulares, que se nutren en la pluralidad de rutas metodológicas, permeadas por aspectos experimentales y teóricos durante los procesos constructivos del conocimiento. Al respecto, Romero y Aguilar (2013) sugieren que esta idea de experimentación potencia el proceso de comunicabilidad y construcción de simbologías, mediante las explicitaciones sobre lo que se percibe y se construye, lo que favorece los procesos argumentativos relacionados con los debates y argumentos propios de una determinada circunstancia.

De allí la importancia de la perspectiva histórica, social y cultural de la actividad científica para la comprensión de la relación de complementariedad entre estas dos dimensiones,

2 Entendida en el marco de la epistemología Toulminiana como aquellos argumentos situacionales que obedecen al contexto y que dependen de la experiencia en cuestión. Toulmin, S. (2003). Regreso a la razón. Barcelona: Península (42-43)

como procesos complementarios y dialógicos de construcción del conocimiento. Desde esta mirada, 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.

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 teorización y la experimentación, lo que permite reconocer las diversas fuentes y formas del conocimiento y las maneras particulares como se enlazan estas relaciones en la actividad científica.

En relación con lo anterior, los autores Ferreirós y Ordoñez (2002) mencionan la importancia de la actividad experimental como fuente de conocimiento para el desarrollo de nuevos conceptos científicos, como es el caso de los fenómenos electromagnéticos; en ellos la experimentación posibilitó modificaciones en relación con los conceptos de fuerzas centrales, líneas de fuerza y campo magnético.

Al analizar histórica y epistemológicamente las elaboraciones iniciales en torno al estudio de este campo de fenómenos, se identifican las transformaciones en el lenguaje, en los conceptos y realidades que orientaron la comprensión de los llamados efectos electrostáticos, además de responder preguntas sobre las intencionalidades de los científicos, los problemas de la época y las causas que se les atribuían a las explicaciones. Por ejemplo, Gilbert, después de experimentar, consideraba la atracción eléctrica como el apego natural de los cuerpos al ámbar, caracterizando el comportamiento eléctrico de algunos materiales como los metales, el agua y el aceite³ Por su parte Boyle consideraba que la atracción eléctrica era susceptible de presentarse en todos los objetos, siempre y cuando fueran pequeños⁴, mientras que Euler, atribuía el principio de todos los fenómenos

³ Ver a este respecto Torres-Assis, (2010)

⁴ *Ibid.*

eléctricos al éter, o mejor dicho, la electricidad se presentaba cada vez que era necesario restaurar el equilibrio del éter⁵.

Es así como se comienza a convenir en la comprensión de los fenómenos eléctricos, como un proceso de construcción de explicaciones, que se va desarrollando en las interpretaciones que se hacen a partir de la actividad experimental y conceptual. Desde este punto de vista, no se hace complejo entonces comprender la propuesta de los autores Koponen y Mäntylä (2006) sobre la investigación experimental como posible fuente de nuevos conocimientos. Un ejemplo específico es el caso de Faraday quien siguió una forma experimental de razonamiento para la investigación y el desarrollo de sus ideas sobre el electromagnetismo (Gooding 1990; Darrigol 2000, citados por Koponen y Mäntylä, 2006).

En este sentido, un tipo de enseñanza que no propenda por la comprensión de los sustentos epistemológicos e históricos de la disciplina, difícilmente puede contextualizar y “desnaturalizar” los contenidos a ser enseñados. Al respecto, los escritos de García (2009) han resaltado varias problemáticas en la enseñanza de los fenómenos eléctricos, entre otras razones porque se tiende a dar por evidente un vínculo entre algunas experiencias de frotación, con la existencia directa de cargas eléctricas, y la acomodación de estas ideas a un marco teórico determinado para, posteriormente, realizar ejercicios sobre la fuerza y la intensidad eléctrica. El llamado de atención que se hace, es sobre la forma como los libros de texto presentan la información de los contenidos científicos, principalmente por la ausencia de reflexiones sobre los procesos constructivos de los fenómenos relacionados con el electromagnetismo.

Así, en la enseñanza de las ciencias experimentales, se hace necesario el diseño de propuestas pedagógicas fundamentadas en el análisis histórico-crítico de episodios históricos en los que se evidencie que el razonamiento teórico y experimental den vida a los contenidos científicos, y en los que se privilegien espacios para las estrategias exploratorias experimentales, para el análisis de la experiencia sensible, la organización y

⁵ Ver a este respecto Euler (1990)

caracterización de la misma, la construcción de los efectos, el aislamiento de un fenómeno y el establecimiento y la modificación de las condiciones para el trabajo experimental.

Considerar la experimentación igualmente ligada a los aspectos socio culturales, evita la imagen de esquema lineal de la actividad científica, en la que la teoría predice los fenómenos y los experimentos los validan o refutan, y en la que se niega la posibilidad de otras fuentes de conocimiento, y se tiende a considerar la ciencia como una actividad superior a otras actividades humanas, tales como la cultura y la religión, dada su posibilidad de ser verificada a través de la experimentación.

La vinculación de estos elementos en las consideraciones que tienen los docentes sobre la ciencia que enseñan, potencia la movilización de reflexiones interdisciplinarias relacionadas con la comprensión de los fenómenos de las ciencias experimentales: cómo surgen, qué marcos explicativos se adecúan con diferentes modelos y cosmovisiones, y cómo se van transformando a medida de las reestructuraciones entre los lineamientos teóricos y experimentales que intervienen.

Al amparo de esta perspectiva, se considera que la teorización y concreción de muchos de los fundamentos de las disciplinas que hoy se estudian, alcanzan su complejidad a través de una relación entre la experimentación y la teorización, que converge en la construcción de los sustentos que definen y orientan los fenómenos que se abordan. Mediante esta tarea de comprender las intrincadas relaciones entre el entramado conceptual, y los procesos y diseños experimentales, además de las intencionalidades que orientaron dichos procesos, y los mecanismos de consolidación de estas formas de conocimiento, es posible aprehender el carácter constructivo de la actividad científica.

3.5. Papel de los instrumentos en la construcción de conocimiento y sus aportes para la comprensión de la naturaleza de las ciencias

Varios autores han resaltado que examinar el rol de los instrumentos, su creación, y uso como elementos determinantes en la actividad científica, permite entender las formas cómo en la ciencia se da la relación teoría-experimento (Latour & Woolgar, 1995; Iglesias, 2004); examen que implica, 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.

Una imagen de ciencia permeada por factores históricos, políticos y culturales, implica también asumir consideraciones sobre los elementos materiales que intervienen en la actividad científica, para resignificar que éstos también obedecen a un contexto, a unas intenciones y que por tanto se constituyen en materializaciones teóricas que dan cuenta de los procesos de pensamiento que sustentan y dan vida a aquello que es estudiado.

Las reflexiones sobre los instrumentos u objetos materiales, desde el enfoque fenomenológico⁶, permite identificar los vínculos que subyacen a las relaciones entre la experiencia y la teoría, entre lo que se piensa y aquello que es construido por el hombre. Para dar a entender esta mirada, Ferreirós y Ordoñez (2002) señalan cómo los análisis de Sadi Carnot sobre el calor, no iniciaron con observaciones o situaciones naturales, sino que por el contrario comenzaron a partir de elementos, instrumentos fabricados y técnicas ya que hicieron posible su desarrollo. Tal como la máquina de vapor y las relaciones analizadas a partir del estudio de esta máquina.

Igualmente, los sustentos que explican el efecto de la repulsión, no obedecen a un conjunto de “explicaciones naturales”, surgidas a partir de los hechos observacionales, sino que fueron situaciones –experimentales- construidas artificialmente, a partir de las experiencias

⁶ Expresión entendida en términos de Romero y Aguilar (2013), como una mirada integral de la actividad científica, en la que coexisten la experimentación y la teorización en las explicaciones científicas; el diseño experimental y los procesos de teorización intervienen complementariamente en la dinámica de producción científica. (2013: 43-45)

en el marco de la construcción y manipulación, tanto de los instrumentos como de las condiciones que se consideraban más adecuadas para aislar ese comportamiento, interpretarlo y definirlo, ya no como un efecto secundario de la atracción o como una atracción ejercida por cuerpos aledaños, sino como un efecto del fenómeno eléctrico⁷.

Por tanto, y tal como lo propone Iglesias (2004), la vinculación de reflexiones sobre aparatos u objetos materiales, restaura su importancia en la ciencia, ya que presentan una visión diferente del mundo y a su vez, de la ciencia. Esta autora también establece que para comprender la manera como nuestros pensamientos se relacionan con el mundo, o cómo se relaciona la teoría con la práctica, es indiscutible examinar históricamente la función de los aparatos y las personas que los construyen y los manipulan.

En este sentido, este enfoque socio cultural surge como contraposición a la mirada empiropositivista del instrumento, entendida 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.

De esta manera, es posible distinguir imágenes de la función del instrumento, como registro y constatación de datos, u orientadas hacia la idea del instrumento como posibilidad de producción de fenomenologías. A continuación se desarrollará la significación atribuida a cada una de ellas en este Trabajo de Investigación

3.5.1. Instrumento como medio de registro y constatación de datos

Con los referentes mencionados anteriormente, se apunta a sobrepasar enfoques tendientes a la consideración del instrumento como un medio de registro y constatación de datos, por considerarse que sus fundamentos redundan en una imagen de ciencia

⁷ Ver a este respecto Duffay (1747)

descontextualizada de los procesos constructivos que hacen parte del ámbito situacional, cultural, social e intencional bajo los cuales se desarrolla la actividad científica.

Esta perspectiva del instrumento puede estar influenciada por la concepción y asimilación de métodos inductivos y deductivos en la ciencia, apoyados en la creencia que el proceso de elaboración de teorías y conocimientos, o bien puede iniciarse a partir de la toma de datos cuantitativos sobre lo que es captado por los sentidos, o los supuestos teóricos pueden ser refutados o valorados a partir de lo que se espera que *arrojen* esos datos cuantitativos.

En ese sentido, los objetos materiales tienen una existencia paralela al desarrollo de los sustentos científicos, y sus puntos de convergencia se dan cada vez que sea necesaria su función utilitarista y generalmente cuantitativa de la exposición o certificación de los datos. Desde esta mirada se entiende una correspondencia natural entre un mundo dado y real que se conoce mediante el perfeccionamiento de aparatos para accederlo o descubrirlo.

Desde esta perspectiva, no hay cabida para las preguntas por las características que se otorgan a dichos elementos, sus usos, las personas que los construyen, sus particularidades, las situaciones y las condiciones de la época en los que sobrevinieron. Así, al omitir estos reparos sobre el instrumento a través de los cuales se reconocen como parte integrante y fundamental de la actividad científica, mantendrán un carácter limitado desde su concepción, y quedarán excluidos de los procesos constructivos del campo de conocimiento para el cual, desde esta visión, están siendo utilizados.

Cuando este enfoque del instrumento permea la enseñanza de las ciencias, puede corresponderse con un actuar del educador, orientado por una visión positivista de la ciencia, caracterizado por asumir un único método de comprensión de las leyes que ocurren de manera inmutable y universal en la naturaleza. La actividad práctica puede apuntar, desde esta mirada, al desarrollo de habilidades para la toma de datos, el análisis cuantitativo, y la adecuada manipulación de los objetos que en el laboratorio se encuentran,

ya que el instrumento se instaura en la práctica experimental como el elemento material para llevar a cabo la verificación o contrastación de las teorías que han sido enseñadas.

Sin embargo, al respecto señala Hodson (1994) que muchas de las enseñanzas sobre estos hábitos y habilidades científicas no son aprendidas por los estudiantes, ni siquiera por aquellos que tienen una orientación vocacional hacia las técnicas, y por tanto tiene poco valor en sí misma puesto que el estudiante no está desarrollando competencias que le serán útiles para la vida. (1994: 301)

3.5.2. Instrumento como posibilidad de generación (producción) de fenomenologías

Para este trabajo se asume que el papel de los instrumentos en el proceso científico tiene un carácter sociocultural; siguiendo a Romero y Aguilar (2013: 49), el instrumento es entendido como *condición de posibilidad de los fenómenos que se estudian*, en la medida que viabilizan la construcción de explicaciones y consensos discursivos sobre dichos fenómenos.

Latour & Woolgar (1995) proponen los elementos materiales como *instrumentos de inscripción*; instrumentos que transforman los objetos que se estudian en signos gráficos, textuales, 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 de explicaciones y de información. Es así que el instrumento se comprende como un respaldo o soporte de los conocimientos, hasta el punto que las interpretaciones que de ellos se hacen, se van transformando en enunciados característicos de hechos indiscutibles, de máxima generalidad y universalidad.

En este mismo sentido, Shapin en su texto *Una bomba circunstancial*, la tecnología literaria de Boyle (1991), presenta el proceso discursivo que vinculó la actividad científica, la experimentación y el papel del aparato o instrumento, en la consolidación de un hecho científico, comprendido como la seguridad que así son los hechos. Según Shapin, Boyle

construyó toda una tecnología literaria para que las personas tuvieran la certeza de la existencia del vacío, alcanzando de esta forma un estado de validez, conseguido por el grado de consenso positivo que se podía lograr sobre estos hechos a medida que iban siendo atestiguados por un número considerable de personas. Esta es la labor de las *tecnologías* propuestas por Shapin, amplificar las interpretaciones y los consensos sobre un determinado hecho, para disimular y disminuir su artificialidad y crear la ilusión de naturalidad de los mismos.

Otra acepción que hacen Latour & Woolgar (1995), siguiendo a Bachelard, es el instrumento como *teoría reificada* (1995:17); una disposición conceptual que se independiza de sus procesos constructivos y que moviliza y potencia tanto la construcción de otros objetos materiales como la especiación de campos del conocimiento, a medida que los signos gráficos proporcionados por los instrumentos se transforman constantemente, reconfigurando a su vez los elementos que hacen parte de dicho instrumento.

Análogamente, varios autores tienen estas mismas consideraciones en las reflexiones para los procesos de enseñanza. Se entiende, 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, aspecto que permite caracterizar ampliamente el enfoque fenomenológico y su importancia en la comprensión de los procesos y sustentos científicos. De esta forma, los instrumentos y procesos de medida no son únicamente la conexión entre nuestros pensamientos y aquello que nombramos naturaleza, sino que se transforman 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 (Romero y Aguilar, 2013).

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 (Malagón, Sandoval y Ayala, 2013:123), de ese modo es que se presentan como cambiantes ya que obedecen al marco de referencia bajo el cual sean interpretados, y por tanto, se podría afirmar que no siempre se está ante el mismo fenómeno.

Es así como se adoptan los rasgos de la perspectiva fenomenológica del mundo físico, que se comprende en la premisa que la construcción o fabricación de un efecto se da a través de la construcción de un aparato o proceso de medida que permite crear un significado. Con este sustento, se hace una modificación a la simple idea de fenómeno como fuente de conocimiento, basada en la observación de la naturaleza, y se considera más bien un proceso constructivo de los fenómenos en los que intervienen aspectos relacionados con la construcción y manipulación de los instrumentos, así como la actividad argumentativa en los procesos de búsqueda de consensos de la comunidad científica.

Por ejemplo, en la naturaleza se pueden apreciar efectos eléctricos como en los ocurridos en las tormentas y en la sensación que se experimenta cuando dos personas se tocan, y sienten una especie de descarga. Estas situaciones se basan en la experiencia sensorial. Sin embargo, resulta complicado percibir los procesos de electrificación, máxime cuando se trata de electrostática, ya que las personas son capaces de sentir a través del sistema nervioso, lo que se conoce como *descargas eléctricas*, sin embargo, lo que no se puede lograr acordar con los sentidos, es la mayor o menor intensidad de esa descarga eléctrica; ni convenir qué tan electrizado está dicho objeto. Tampoco se puede concertar entre varios cuerpos cuál es la mayor o menor intensidad del estado de electrificación, por ello es necesario disponer de algún tipo de instrumento o indicador, que pueda posibilitar algún orden o clasificación entre la electrificación de diferentes objetos.

En otras palabras, nuestro sistema de percepción no permite discernir entre los efectos eléctricos de unos materiales y de otros, dado que no se cuenta con un sentido adecuado

para percibir estos efectos en la cotidianidad y por tanto, solo a través de ellos no es posible caracterizar y consensuar sobre aquello que es distinguido.

Efectos físicos como los eléctricos o magnéticos, requieren un proceso más complejo para su producción y detección que la percepción sensorial, de allí que la construcción de instrumentos (indicadores), el análisis de los efectos y las relaciones que se establecen entre las variables, obedezcan a la construcción de un campo fenomenológico.

Es así como actividades de exploración de la electrificación con variados materiales, las diversas interpretaciones sobre las propiedades que se pueden relacionar con los fenómenos eléctricos, y las variaciones en el comportamiento de los objetos, dan una idea de la dificultad de los sentidos para apreciar los grados de una determinada propiedad, y por ende la necesidad de construcción de instrumentos para edificar y percibir efectos que los sentidos no permiten identificar.

En un acercamiento a los escritos de fuentes primarias sobre los estudios iniciales de la electricidad, se encuentra que algunos objetos frotados no atraían cuerpos ligeros, por lo que se podían considerar dos alternativas; que los objetos no se electrificaban, o que su electrificación era muy débil para que pudiera ser percibida. Entonces se comenzaron a construir instrumentos que permitían comparar los diferentes grados de los efectos atractivos o repulsivos, mucho mejor que con el mero acercamiento de ciertos cuerpos frotados al ámbar. Estos instrumentos como el versorium de Gilbert, el perpendículo de Fracastoro, el péndulo de Gray o el hilo de Dufay, tenían mayor sensibilidad frente a los objetos que se acercaban, gracias a sus partes móviles y a la manera como se disponían y manipulaban para disminuir la fricción y el rozamiento del aire.

Gilbert consideraba que una aguja giratoria indicaría la propiedad de atracción entre dos cuerpos:

“Ahora bien, para entender claramente por la experiencia cómo la atracción tiene lugar, y cuáles son esas sustancias que pueden atraer otros cuerpos, haga una aguja giratoria, de cualquier tipo de metal, de tres o cuatro dedos de largo, muy ligera, y en equilibrio sobre una punta afilada a la manera de un puntero magnético. Acerque a un extremo un trozo de ámbar o una joya frotado suavemente en la superficie (...): a la vez el instrumento gira”⁸

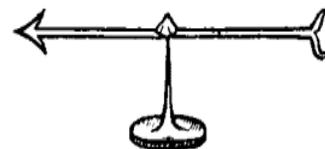


Ilustración 1. Versorium - Gilbert

Gray, por su parte comenzaba a considerar diferentes grados de atracción gracias al comportamiento de un hilo cuando se le acercan objetos frotados:

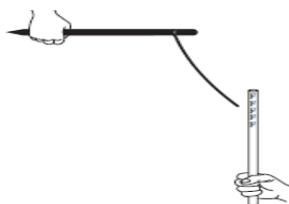


Ilustración 2. Péndulo - Gray

“La manera de observar estas atracciones se realiza mejor cuando se sostiene el cuerpo atrayente en una mano, y un hilo fino de color blanco atados al extremo de un palo en la otra [mano]; esto significa por lo menos grados de la atracción que se puede percibir, mejor que haciendo uso de hojas de latón”⁹

Dufay también mencionaba los grados de fuerza de la electricidad, de acuerdo con el comportamiento que manifestara una hebra de hilo doble que se encuentra colgando libremente:

“Una hebra de hilo....sirve para conocer si la fuerza de la electricidad es mayor o menor....Se verán los dos extremos que cuelgan libremente....separarse el uno del otro más o menos enérgicamente y formar un ángulo más o menos grande...y eso dará a conocer de modo bastante exacto el grado de fuerza de la electricidad”¹⁰

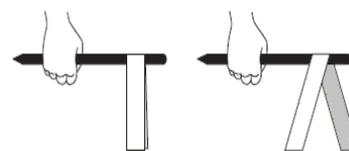


Ilustración 3. Hebra de Hilo - Dufay

A la luz del estudio histórico-crítico de estos casos particulares, los instrumentos son considerados como posibilidad para los efectos de la electrificación, además como

⁸ Torres-Assis, A. K (2010) The experimental and historical foundations of electricity. Montreal, C. Roy Keys Inc. Pág 42

⁹ *Ibíd.* pág. 87

¹⁰ Fragmento tomado de: TATÓN, René. Historia general de las ciencias. La ciencia moderna (de 1440 a 1800). Ediciones Destino. vol. 2. Barcelona 1972.

mecanismo para aislar el fenómeno, reproducirlo y analizarlo de manera separada, para que las circunstancias del medio y los efectos de otros fenómenos sean mínimos o no afecten en la percepción de lo que se trata de estudiar, resaltando que el ejercicio de aislar el fenómeno también hace parte de la actividad experimental.

Otros autores también hacen una consideración al carácter que ha tenido el objeto material en el proceso científico. Por ejemplo, Ferreirós y Ordoñez (2002) llaman la atención sobre la importancia de la actividad exploratoria con instrumentos, para determinar el papel de la aguja imantada y la distinción entre materiales conductores y no conductores en el desarrollo del conocimiento sobre los fenómenos magnéticos y eléctricos. Y es que, efectivamente, el trabajo práctico y las pruebas con diferentes materiales pueden provocar los efectos y las condiciones que van a permitir que dicho fenómeno se produzca.

Por tanto, el comportamiento de los fenómenos está supeditado a las condiciones que impone el ser humano, a sus interpretaciones, a su sistema sensitivo y perceptivo; por ello, el resultado de esta actividad práctica e instrumental es un compendio que se produce entre el objeto o instrumento empleado, las características que se le han atribuido y lo que se percibe e interpreta de la situación. En esa medida los instrumentos posibilitan la existencia de dichos fenómenos y median entre lo que se razona y lo que se produce en su manipulación.

Al respecto, algunos análisis a los fragmentos originales de Franklin (1747) y Dufay (1747) posibilitan la comprensión de los fenómenos eléctricos como un proceso de construcción socio cultural, que se va dando en las interpretaciones que se hacen a partir del uso de instrumentos. Un acercamiento a sus escritos, permite ilustrar dos cosmovisiones en relación con el proceso interpretativo y científico que se desarrolló en torno a un mismo fenómeno; el carácter de la electricidad, visto desde el primero como la teoría de un único fluido eléctrico, y desde el segundo como la teoría de los dos fluidos.

Franklin hablaba de un fuego eléctrico al experimentar con un tubo de vidrio frotado, que está sometido a ciertas condiciones, para explicar la electrización positiva - o en más- y la

electrización negativa - o en menos-. Así mismo describía las sensaciones que se podían experimentar cuando se entra en contacto con cuerpos electrizados:

“He aquí la manera en que tratamos de dar cuenta de estos fenómenos. Suponemos, como se ha dicho, que el fuego eléctrico es un elemento común, del cual cada una de las tres personas mencionadas [A, B y C] tiene una cantidad igual antes de comenzar la operación con el tubo.

A y B parecerán electrizados a C [...] pues teniendo aquel solamente una cantidad media del fuego eléctrico, recibe una chispa al acercarse a B, quien tiene una cantidad superior (de más), y la entrega a A, quien tiene una cantidad más baja (de menos). Si A y B se acercan hasta tocarse el uno con el otro, la chispa es más fuerte porque la diferencia [de fuego eléctrico] entre ellos es más grande.

De esto, hemos introducido ciertos términos nuevos. Decimos que B (o todo otro cuerpo en las mismas circunstancias) es electrizado positivamente, y A negativamente; o mejor, que B es electrizado en más y A en menos. Y todos los días en nuestras experiencias electrizamos los cuerpos en más o en menos [...]

Para electrificar en más o en menos solo es necesario saber que las partes del tubo o del globo que son frotadas atraen en el instante del frotamiento al fuego eléctrico, separándolo por consiguiente de la cosa frotante. Las mismas partes, tan pronto como el frotamiento cesa, están dispuestas a donar [ceder] el fuego que ellas han recibido a todo cuerpo que de ello tenga menos.

*[...] usted puede también acumularlo sobre un cuerpo, o sustraerlo, según ponga en contacto ese cuerpo con aquel que frota o con aquel que recibe [...]*¹¹

Este razonamiento que hizo Franklin a partir de la manipulación de los objetos y de las variables, es de gran importancia para la comprensión del comportamiento de los cuerpos que quedan cargados positivamente y los cuerpos que quedan cargados negativamente, como un exceso o una falencia de ese *fuego eléctrico*, así como la posibilidad de acumularlo.

11 Franklin, Benjamin (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. También en: Magie, W.F. (Ed.) (1963). A Source Book in Physics. Harvard University Press, Cambridge, 1963, pp. 400-402.

Por su parte, Dufay experimentó con un tubo de vidrio electrizado, y analizó el comportamiento de los cuerpos que se acercan o se alejan a ese tubo frotado, a partir de sus experiencias, concluyó que existen dos electricidades diferentes¹², una es la electricidad vítrea, y la otra, electricidad resinosa. Un cuerpo de la electricidad vítrea, por ejemplo, repele todos los que son de la misma electricidad, y por el contrario, atrae a todos los de la electricidad resinosa, además habla de un cuerpo que inicialmente es atraído y luego es repelido ya que adquiere el mismo tipo de electricidad:

“Colocando en el aire una hoja de oro por medio del tubo de vidrio electrizado que la rechazaba después de atraerla y la dejaba así flotando en el aire, acerqué a ella un trozo de goma o copal frotado y por tanto, hecho eléctrico [electrizado]; la hoja se pegó a dicho trozo enseguida...Confieso que esperaba un resultado completamente contrario, porque, según mi razonamiento, el copal, que era eléctrico, tenía que rechazar la hoja, que lo era también. Pero luego acerqué a la hoja rechazada por el tubo una bola de cristal de roca frotada y electrizada: rechazó la hoja al igual que el tubo....Por último, no pude ya dudar de que el vidrio y el cristal de roca harían precisamente lo contrario que la goma copal, el ámbar y el lacre, de tal modo que la hoja rechazada por los unos a causa de la electricidad que tenía, era atraída por los otros; eso me hizo pensar en que quizá hubiera dos géneros de electricidad diferentes..... He aquí, pues, bien demostrada la existencia de dos electricidades....Llamaré a la una electricidad resinosa, y a la otra, electricidad vítrea”.¹³

Este principio enunciado por Dufay¹⁴ a partir de la manipulación de un instrumento, y de la exploración del comportamiento eléctrico de diferentes materiales, es de gran relevancia, ya que dinamiza reflexiones sobre el papel de los instrumentos en la construcción de explicaciones, sobre los efectos y los hechos científicos relacionados con los fenómenos eléctricos, además de movilizar conceptos y procesos disciplinares, así como aspectos de orden epistemológico propios de este campo de estudio, por ejemplo, en relación con la

12 La explicación inicial de Dufay era que un cuerpo grande atraía el cuerpo ligero y que por tanto no había repulsión, era algo aparente ya que el cuerpo ligero se movía entre un objeto y otro.

13 Tomado de DUFAY, Charles-François (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 de Angel E. Romero.

14 Fue sólo con la publicación de las obras de Charles Francois de Cisternay Du Fay en 1733 y 1734 que el rechazo por repulsión fue reconocido como legítimo y un fenómeno característico de interacción eléctrica.

idea que solamente un nuevo tipo de experiencias posibilitó considerar la repulsión como un efecto debido a la electrificación; la atracción eléctrica dejó de ser el único efecto relacionado con la electricidad.

Al respecto, el autor Torres Assis en su texto *The Experimental and Historical Foundations of Electricity* (2010), menciona que la repulsión eléctrica había sido observada en algunas ocasiones por varios investigadores, quienes la interpretaron como un efecto secundario o como una repulsión aparente. Varias explicaciones dadas fueron las siguientes: a) algunas personas creían que este comportamiento era debido a un flujo de aire que movía los cuerpos ligeros desde cierta distancia a un cuerpo frotado, b) esta aparente repulsión era de hecho una atracción ejercida por otros cuerpos que rodeaban al cuerpo ligero. De acuerdo con esta interpretación, no era el ámbar frotado el que comenzó a repeler los cuerpos ligeros, sino que estos cuerpos en realidad estaban siendo atraídos por otros cuerpos circundantes que habían adquirido de alguna manera algo de electricidad; si este fuera el caso, los cuerpos ligeros podrían alejarse del ámbar frotado si experimentaran una atracción más pequeña con el ámbar que con los cuerpos que están en los alrededores, y c) la repulsión observada era como una colisión, es decir, el cuerpo estaría inicialmente atraído por el ámbar, al frotarlo, chocaría con él y a continuación rebotaría a una cierta distancia. Este rebote fue interpretado mecánicamente, no como una auténtica repulsión eléctrica.

A la luz de este enfoque sobre el campo disciplinar de los fenómenos físicos, adquieren significado los procesos de entramado conceptual, la actividad experimental y el proceso instrumental, y se comprenden los sustentos que definen las relaciones entre estos elementos. Bajo esta interpretación se da paso a procesos que vinculan la dinámica científica en la enseñanza de la ciencia, relacionada, por un lado, con aspectos epistemológicos como el interrogante por las causas que orientan el desarrollo de las ideas, la comprensión de los procesos de surgimiento y validación colectiva de ese conocimiento, el proceso de constitución de las comunidades científicas, la comprensión que los conceptos y sus interpretaciones obedecen a contextos, definiciones de la época y detalles propios de un estudio fenomenológico que permiten resignificar el valor y la razón de ser

de las expresiones con sus simbolismos y significados. Y por otro lado, potencia procesos epistémicos relacionados con la construcción colectiva del conocimiento, mediante el uso de estrategias para los debates y consensos en el aula de clase.

3.6. Aportes de la filosofía de la ciencia para la perspectiva socio cultural de la experimentación y los instrumentos

La filosofía de las prácticas experimentales (Iglesias, 2004; Estany, 2007, citado por García, 2011), es una línea de investigación de la filosofía de la ciencia, que ha contribuido a engrosar ideas fundamentales sobre la relación entre teoría y experimentación, privilegiando un vínculo que supera la clásica separación entre estos elementos.

Bajo esta línea de investigación se comprende que la concepción que se tiene sobre la experimentación, el rol que se le adjudicó en la relación teoría-práctica y su papel en la construcción del conocimiento, ha ido fluctuando de acuerdo con las consideraciones sobre la dinámica científica que subyacen a cada perspectiva epistemológica e histórica de la ciencia.

De esta manera, autores como Ferreirós y Ordoñez (2002), Iglesias (2004) y García (2011) establecen que la experimentación ha tenido un carácter de verificador de teorías –desde las asunciones del neopositivismo- o un papel desde el falsacionismo cuando las reflexiones se ubican en una concepción popperiana de la actividad científica, conocida como el racionalismo crítico.

Por su parte, Guerrero (2012:14) resalta el *nuevo experimentalismo* como un movimiento de la filosofía de la ciencia que igualmente ha promovido un estudio más amplio de la práctica científica. Este enfoque sugiere que reflexiones sobre la experimentación, la instrumentalización y las actividades prácticas, pueden dinamizar la comprensión de la estructura del conocimiento científico desde una mirada en la que se reconoce que los

procesos de construcción y caracterización de un fenómeno median entre las teorías y los datos que dependen del contexto experimental que los genere.

Se puede considerar que el intento por mediar entre el papel de la experimentación y la teoría, presentando otra perspectiva de la actividad científica inicia con Thomas Kuhn. Si bien algunos autores (Ferreirós y Ordoñez, 2002; García, 2011) consideran que continúa una tradición teórica, también es cierto que a partir de este autor, la idea de la actividad científica toma un giro que transforma la filosofía de la ciencia. Tal como lo propone Iglesias (1994), Kuhn es uno de los primeros pensadores en llamar la atención sobre el desconocimiento de la filosofía de la ciencia en cuanto a la vida experimental, mostrando que lo que se llama experimento no es algo que simplemente confirma o refuta teorías, sino que, al igual que la teoría, su rol está mediado por variables históricas, sociales, prácticas y culturales, variables que tienen un gran impacto en la dimensión metodológica de la ciencia.

Y es que efectivamente, al hacer una interpretación a la obra de Thomas Kuhn- si bien continúa dando un papel preponderante a la teoría, se comienzan a mostrar propuestas que llevan a la construcción de una nueva imagen de la ciencia como actividad cultural, similar a otras prácticas culturales, como el arte o la religión, que se construye y comienza a tomar forma en las interpretaciones e intersubjetividades y que a su vez adquiere validez cuando es reconocida y aceptada por segmentos de la comunidad.

Para Kuhn (2002), la comprensión de la NdC, debe partir de los aspectos subjetivos como componentes indispensables para la valoración de una teoría. La subjetividad hace alusión a la interpretación de la naturaleza y las concepciones personales como cuna para las teorías científicas, al igual que los contextos sociológicos propios que permean las teorías científicas en una comunidad. La subjetividad puede ser entendida no necesariamente sobre lo individual, sino al carácter o a la carga cultural del sujeto. De esta manera, la objetividad es reconocida entonces como lo intersubjetivo, los valores establecidos y compartidos por una comunidad científica, y por el consenso que orienta la dinámica de esa comunidad.

De acuerdo con Kuhn (1971), no se trata del reconocimiento de la actividad de un solo científico, sino que se conforman comunidades científicas, que son las que validan los conocimientos y determinan su pertinencia, a través del cumplimiento de los valores o criterios establecidos por ellos mismos. A partir de estas consideraciones se comienzan a realizar replanteamientos sobre la manera como se desarrollan los procesos científicos; la función de la experimentación comienza así a identificarse en equilibrio con la teoría, en la medida que son los consensos establecidos por las comunidades, los que validan o no una determinada forma del conocimiento, en lugar de pautas uniméticas y estrictas, dándosele importancia y validez a las prácticas experimentales en la constitución de la ciencia.

Estas ideas anteriores van tomando fuerza con los aportes de la perspectiva sociológica del conocimiento científico, ya que al igual de la filosofía de la ciencia, propenden por la comprensión de los procesos de construcción de conceptos y conocimientos; es decir los aspectos de base de la actividad científica.

3.7. Aportes de la perspectiva sociológica del conocimiento científico para la dimensión socio cultural de la experimentación y los instrumentos.

El pensamiento sobre el papel de la experimentación y de los instrumentos que se ha presentado, 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 ciencia 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 la manera como todos estos factores se relacionan y favorecen la construcción y consolidación de los llamados hechos científicos.

De esta forma, se da una mirada a los hechos científicos en el momento de su emergencia, haciendo un análisis de los espacios de producción de los mismos, resaltando que el trabajo

científico no se basa únicamente en procesos de orden eminentemente racional, un método único y exclusivo, un trabajo individual que se acepta instantáneamente, sino que se decanta por discusiones, debates, construcción de evidencias y comunicación asertiva de los hallazgos que se construyen, entre otros asuntos de orden discusivo, es decir, relacionados con el lenguaje y la comunicación. Al considerarse la perspectiva socio cultural de las ciencias, el énfasis se puede ubicar en los procesos discursivos y argumentativos de la actividad científica, como medio de consensos para comprender, fortalecer y estructurar hechos colectivamente aceptados.

Debido a estas razones, el papel de la comunidad científica es justamente establecer condiciones discursivas y lingüísticas que permitan caracterizar un acontecimiento en términos de su facticidad, y convertirlo en un conocimiento estandarizado y aceptado que se va generalizando a medida que la estructura de sus enunciados se va modificando. En este sentido, Latour y Woolgar (1995) señalan que la actividad científica no solamente alude a la habilidad para crear aparatos, analizar datos, inscripciones y gráficas, y procurar un significado, sino producir artículos; acción que se constituye en el principal objetivo de su actividad, ya que a través de estos, se puede persuadir a los demás de la validez de los hechos que se ponen en consideración.

De esta manera se genera toda una cadena de producción literaria, basada en diferentes clases de enunciados, que pueden ir dando cuenta de los estados por los que ha ido pasando el proceso de investigación científica, delineando de esta forma la consolidación de un hecho científico, hasta su punto máximo en el que alcanza un alto nivel de objetivación. De donde se puede establecer que buena parte del quehacer científico se basa en expresiones lingüísticas de gran importancia, dado su aporte al trabajo constructivo y al alcance de objetivos científicos de producción y validación.

Ampliar la visión sobre aspectos que atañen a la filosofía y sociología de la ciencia, también implica la comprensión de la actividad científica como algo no natural, sino construido y, por tanto, artificial. Para la enseñanza de las ciencias, este enfoque incide en la comprensión de los procesos de transformación por los que van atravesando los enunciados; desde

conclusiones de investigaciones científicas, hasta ocupar los contenidos principales en los libros de texto.

Esta mirada permite asimilar que a los conocimientos o enunciados que tienen un alto nivel de facticidad, les subyace un proceso constructivo de fondo, que se encuentra sobre los sustentos culturales y sociales que se siguen a formas de pensamiento específicas. Para no caer en perspectivas desactualizadas de la ciencia, es necesario reconstruir el transcurso de diferenciación de estos conocimientos, inmersos en sus procesos lingüísticos, así como reconocer el papel de los instrumentos construidos, manipulados y empleados, que usualmente suelen perder su contenido teórico en estos procesos de objetivación propios de la actividad científica.

En este sentido se refuerza el papel que le corresponde a la teoría, al uso de instrumentos y a la experimentación en la construcción del conocimiento, como construcciones sociales que toman su forma en los procesos del lenguaje y de significación; y el fin del trabajo científico es que se objetiven. Así la pregunta por su origen queda desplazada por su capacidad para construir un conocimiento factible de instrumentalizarse o de teorizarse; proceso se repite constantemente

Por tanto, percibir los momentos o enunciados en las etapas del desarrollo de un determinado conocimiento, permite comprender la manera como se naturalizan y universalizan los contenidos científicos y a su vez, resignificar el carácter dogmático de los conocimientos, ya no como algo dado por la naturaleza, sino como un arduo proceso de múltiples transformaciones; proceso en el que la comunidad científica convierte sus propuestas en modelos reales y universales.

De esta manera se comprende por qué la construcción de las teorías sigue el camino de la construcción de hechos; son edificaciones; discursos, argumentos y enunciados artificiales y sofisticados, cimentados en espacios específicos por comunidades específicas que logran converger gracias al lenguaje.

3.8. Algunas consideraciones sobre formas argumentativas particulares inmersas en la construcción de conocimientos

De las reflexiones anteriores es posible reconocer la relación entre la construcción del conocimiento científico y el proceso discursivo que le es inherente, en el que la argumentación sustantiva o no formal tiene un rol fundamental. Este vínculo es esencial para las prácticas educativas, tanto para resignificar, a través de su comprensión, los procesos de la dinámica de la ciencia, como para asumir que es por medio de la comprensión del papel de la argumentación, que las ideas y representaciones sobre la ciencia toman forma en el aula de clase, se reestructuran, se redefinen y se dotan de nuevos significados. De esta manera, se puede comprender el elemento discursivo como pieza fundamental en el proceso científico y al mismo tiempo reconocer su carácter principal en el proceso educativo.

Henao y Stipcich (2008), resaltan este vínculo señalando que, de un lado, hacer ciencia implica discutir, razonar, argumentar, criticar y justificar ideas y explicaciones y, de otro, enseñar y aprender ciencias requiere de estrategias basadas en el lenguaje. Es decir, que el aprendizaje es un proceso social, en el cual las actividades discursivas son esenciales (2008: 49). De la misma manera Zohar y Nemet (citados en Jiménez Aleixandre y Díaz de Bustamante, 2003), sugieren que para poder construir modelos y explicaciones del mundo natural y operar con ellos, los estudiantes y en mayor medida los docentes, necesitan, además de aprender significativamente los conceptos implicados, desarrollar la capacidad de escoger entre distintas explicaciones, sustentarlas o justificarlas con base en criterios acordes, y consecuentes con una idea de ciencia que permita evaluarlas a la luz de enfoques socio culturales.

En este mismo sentido, Henao y Stipcich (2008), señalan algunas reflexiones de la perspectiva filosófica de Stephen Toulmin para comprender el papel discursivo de la argumentación en las ideas actuales de la ciencia, resaltando sus propuestas para la contribución de la formación integral de profesores de ciencias naturales, la cual, como

indican las autoras, debe estar cimentada en aspectos relacionados con la naturaleza del conocimiento, como el reconocimiento de diversas teorías explicativas, sus restricciones y la comprensión de los contextos bajo los cuales se interpretan las ideas científicas. Es en ese sentido, que las autoras mencionan que la argumentación se constituye en una importante tarea de orden epistémico, y un proceso discursivo por excelencia en las ciencias, resaltando así el papel del lenguaje en la construcción de explicaciones científicas, y en la configuración de una idea de ciencia enmarcada en procesos sociológicos.

De esta manera se puede asumir la ciencia como una actividad social, históricamente situada que debe ser entendida en relación con los contextos en los cuales se desarrolla y cambia de manera continua, y es justamente la razonabilidad lo que explica estos cambios (Toulmin, 2003); concepto relacionado con la construcción y aceptación de buenas razones, es decir, de razones situadas o contextualizadas, no universales ni eternas, que pueden modificar e interpretar un argumento bajo un contexto particular y unas características específicas.

De allí que se resalte que las teorías que se enseñan en el aula de clase, sean orientadas y ubicadas en sus momentos particulares para que puedan ser inteligibles. Estas características son señaladas por Toulmin (2003) cuando privilegia el carácter sustantivo de los argumentos, reconociendo así las exigencias y situaciones humanas dentro de la actividad científica.

De esta forma la propuesta toulminiana para la educación en ciencias, enfatiza que la calidad de los procesos de enseñanza de las ciencias debe estar dirigida, no tanto a la exactitud con que se manejan los conceptos específicos, sino a las actitudes críticas con las que los estudiantes aprenden a juzgar aún los conceptos expuestos por sus profesores (Toulmin, citado en Henao y Stipcich, 2008:52).

Estas finalidades educativas se pueden llevar a cabo resaltando la importancia de los procesos argumentativos en la enseñanza de las ciencias, en la medida en que no basta con comprender un tema, sino favorecer mediante diversas actividades, la capacidad de

análisis, selección y valoración de varias explicaciones, que pueden resultar adecuadas para la interpretación de las temáticas de estudio, respaldando de esta manera reparos de tipo epistemológico y sociológico sobre los procesos científicos.

En relación con estas consideraciones, Leitão (2012) establece que la argumentación puede ser entendida como una actividad cognitiva-discursiva que se produce cuando uno o más individuos se involucran en una diferencia de opinión, mediante la formulación de enunciados en apoyo de sus puntos de vista y la respuesta a perspectivas contrarias. Así, se resalta la concepción del argumento no tanto desde un análisis lingüístico, sino su papel en aspectos relacionados con los procesos de construcción del conocimiento, que pueden ir dando cuenta del desarrollo de habilidades reflexivas y críticas del pensamiento.

En este sentido, se asume la propuesta *Pensamiento reflexivo como proceso epistémico*, de Leitão (2012:5), ya que resalta la importancia de los procesos discursivos en la construcción del conocimiento. Esta propuesta está basada en la manifestación, mediante argumentos, de la cognición del individuo sobre los fenómenos que estudia, y la posibilidad de la meta cognición, a medida que reflexiona sobre los sustentos, fortalezas y debilidades de sus propios argumentos.

Desde esta propuesta, se explica que los procesos reflexivos del pensamiento del individuo, van atravesando diversos estados. Primero, mediante el acercamiento a los fenómenos que son objeto de estudio y las conceptualizaciones que de ellos se puedan hacer; y segundo, las afirmaciones que se hacen sobre esos mismos objetos mediante la orientación intencionada de las actividades, y las discusiones que permitan analizar y evaluar los propios argumentos. De esta manera, el ejercicio discursivo genera una comprensión de las colectividades del pensamiento, mediante actividades como la explicitación y defensa de los argumentos, los contraargumentos y los procesos de transformación del pensamiento, que se desglosan de estas actividades discursivas. Tal como lo plantea Leitão (2012), *“la relevancia de este tipo de reflexión para la construcción y/o apropiación crítica del conocimiento, en los entornos de enseñanza-aprendizaje, parece evidente por sí misma”*. (2012:5).

De acuerdo a lo anterior, la argumentación permite a los individuos reflexionar sobre sus procesos de pensamiento, y las debilidades de sus argumentos, mediante las discusiones y las valoraciones de las diferentes interpretaciones con las que se puede comprender y caracterizar un determinado contenido. En este sentido, se puede ir dando un proceso de transformación en el pensamiento de los individuos, hacia una comprensión sociocultural de la ciencia, generado no por un cambio de opinión, sino por la modificación de las conclusiones, con base en nuevos datos y nuevos argumentos como resultado del desarrollo de destrezas argumentativas (Kuhn citada por Jiménez Aleixandre y Díaz de Bustamante, 2003), las cuales pueden ser consideradas como operaciones epistémicas -según la caracterización de Jiménez y Díaz de Bustamante (2003) - en la medida en que aluden a procedimientos explicativos e interpretativos, definiciones, clasificaciones, construcción de datos, relaciones causales, uso de analogías y comparaciones. Desde esta perspectiva, los procesos epistémicos pueden ser comprendidos no como un asunto que obedece a estructuras rigurosas y formales, sino al desarrollo de habilidades para analizar el propio pensamiento y valorar el de otros.

En correspondencia con lo anterior, se asume en este Trabajo de Investigación que la actividad experimental, tal y como se ha propuesto, fortalece, de una parte, el desarrollo de procesos epistémicos en la edificación de las colectividades del pensamiento mediante los debates, las propuestas, los consensos y disensos que pueden surgir cada vez que se es partícipe de actividades como la construcción y la manipulación de instrumentos y fenómenos, la experimentación y la consecuente construcción de significados. Y, de otra parte, contribuye a la comprensión de la actividad discursiva en la dinámica científica, mediante el estudio histórico crítico de casos particulares, de los que se pueda interpretar que la construcción y validación del conocimiento atiende a movimientos argumentativos que interviene, en este caso, entre la actividad teórica y experimental, así como en cualquier otra fuente de conocimiento.

4. DISEÑO METODOLÓGICO

4.1. Enfoque y tipo de estudio

Teniendo en cuenta las reflexiones teóricas anteriores, se establecieron las pautas metodológicas para el desarrollo del Trabajo de Investigación, el cual se enmarcó dentro del enfoque cualitativo, dado que fueron las preguntas de investigación las que orientaron las intenciones por construir datos, a partir de las actividades pedagógicas que se propusieron en el marco de discusiones acerca de la historia y epistemología de las ciencias como un contexto idóneo para la reflexión, la interpretación y el análisis sobre algunos aspectos vinculados con la dinámica socio cultural de la actividad científica como son la problemática de la experimentación y el papel que desempeñan los instrumentos en este proceso.

El enfoque cualitativo puede definirse como un conjunto de prácticas interpretativas que transforman al mundo y lo convierten en una serie de representaciones en forma de observaciones, anotaciones, grabaciones y documentos. En el centro de la investigación cualitativa está ubicada la diversidad de ideologías y cualidades únicas de los participantes, y entre sus características sobresalen el análisis a la realidad subjetiva, la profundidad de ideas y la riqueza interpretativa (Hernández, Fernández-Collado y Baptista, 2006:9).

Se consideró el *estudio de caso* (Stake, 1998) como el método más adecuado para realizar esta investigación ya que la intención fue comprender un fenómeno social del campo educativo a partir de descripciones e interpretaciones que centraron la atención en los sujetos participantes para lograr una comprensión detallada y adecuada de lo que acontece.

Dado que la intención de la investigación fue comprender un fenómeno social del campo educativo, a partir de descripciones e interpretaciones centradas en los sujetos participantes, sobre lo que puede acontecer cuando dichos participantes hacen intentos por vincular aspectos de la NdC en su comprensión de ciertos fenómenos de las ciencias naturales, el caso en particular tiene un papel secundario. En este sentido, y siguiendo a Stake (2008), el caso se convierte en un medio o instrumento para construir significados

más generales. De acuerdo con la terminología de Stake (2008) a esta modalidad se le llama *estudio instrumental de caso* (2008: 17)

En consonancia con lo anterior se asumió la interpretación como la característica más distintiva de la investigación cualitativa en función de comprender el caso (Stake, 1998). Mediante la retroalimentación permanente de los sustentos teóricos que orientaron las interpretaciones, se construyeron significados sobre la realidad subjetiva de este caso.

Con este estudio de caso (instrumental), se buscó abarcar su complejidad, resaltando que el intento por su comprensión estuvo permeado por los enfoques teóricos presentados anteriormente y que se fueron ampliando mediante reflexiones y actividades que se dieron en circunstancias importantes y específicas.

La intención central fue proponer, analizar y discutir consideraciones tanto teóricas como metodológicas acerca de la NdC en la formación de profesores de ciencias naturales mediante actividades y reflexiones a propósito del papel de la experimentación y los instrumentos en los procesos de comprensión y organización de algunos fenómenos físicos, todo lo anterior sustentado desde el recurso de la historia y la epistemología de las ciencias.

La propuesta de análisis para este trabajo, que más adelante se desarrolla, se basó en el análisis cualitativo de contenido, considerando como unidades de registro los enunciados de los docentes participantes, que se dieron como fruto del desarrollo de las actividades y que pudieron dar cuenta de un pensamiento reflexivo individual o construido colectivamente.

4.2. Acerca del caso y el contexto

Como ya se indicó, el método que se articuló para este Trabajo de Investigación es el estudio de caso (instrumental), asumido como una alternativa que permite estudiar un caso particular para abarcar y describir el problema o fenómeno general dentro de su contexto (Stake, 1998). El caso consistió en un grupo de tres docentes del área de Ciencias Naturales del Colegio de la Presentación Medellín de diferentes grados y asignaturas

(Física, Química y Biología) que, respondiendo a sus intereses, acudieron a la invitación para realizar dicha propuesta pedagógica a modo de seminario-taller.

El grupo estuvo conformado por una mujer y dos hombres, entre los 28 y 43 años de edad; quienes se consolidaron como los sujetos de investigación de acuerdo a su disponibilidad horaria, su interés por estar informados sobre propuestas de enseñanza como una exigencia y necesidad del lugar donde laboran y su intención por vincular o fortalecer en sus prácticas pedagógicas algunos aspectos relacionados con la NdC. La propuesta pedagógica se llevó a cabo en el laboratorio de biofísica del Colegio La Presentación de Medellín (Barrio La América), entre los meses enero a abril del año 2014.

4.3. Propuesta Pedagógica y registro de la información

La propuesta pedagógica es una posible contribución para vincular a la formación de profesores de ciencias naturales, reflexiones y análisis acerca de cómo asumen e implementan en la enseñanza, consideraciones sobre la NdC, reflexiones que, en este caso en particular, van a estar relacionadas con el papel de la experimentación y los instrumentos en la dinámica científica y en los procesos de construcción y organización de algunos fenómenos físicos.

En este sentido, la propuesta pedagógica es, tanto resultado, como fundamento de la investigación, ya que obedece a intencionalidades, inquietudes, objetivos, y preguntas de la investigadora que han sido objeto de preocupación, a saber, la manera como los docentes interpretan la relación entre la experimentación y la teorización en la dinámica científica y sus posibles implicaciones en los procesos de enseñanza, el reconocimiento de la actividad experimental como una fuente de producción y validación del conocimiento científico y medio para los procesos de conceptualización, construcción de explicaciones y de significados, y el rol de los instrumentos como construcciones materiales que dan vida a aquello que es estudiado y que adquiere el carácter de hecho científico mediante todo un proceso de convención y construcción social.

La propuesta es una modificación a la realizada por de Moura y Silva (2013), y consiste en el uso de la historia y la epistemología de la ciencia a través del acercamiento y estudio de ciertos episodios históricos problematizados en diferentes *contextos de análisis* como una ruta alternativa para fortalecer la comprensión y apropiación del saber disciplinar de ciertas perspectivas acerca de la NdC, y de las implicaciones que estas consideraciones pueden tener para los procesos pedagógicos. Esta propuesta pedagógica es igualmente el resultado de la investigación CODI, UdeA, Univalle (Romero, 2014), que se ha mencionado anteriormente, y de la cual este Trabajo de Investigación hace parte.

Los episodios históricos son una serie de fragmentos tomados de textos de primera fuente, seleccionados de tal forma que abordan el asunto de la experimentación, la manipulación y construcción de instrumentos, ofrecieran contextos para la discusión y el análisis sobre el proceso científico, presentaran diversas interpretaciones y explicaciones del campo de los fenómenos físicos, posibilitaran la resignificación de un determinado campo del conocimiento y de los aspectos que atañen a la dinámica científica.

La elección de estos textos y fragmentos de primera fuente, obedece al supuesto que un acercamiento, análisis y reflexión de los mismos fortalece la dimensión histórica y epistemológica de las ciencias, favorece la comprensión de los procesos de la actividad científica y a su vez moviliza procesos de metacognición y contextualización de lo que se entiende por ciencia y de lo que es enseñado como ciencia.

Otro criterio de selección fue la riqueza de los textos en situaciones problemáticas, por ejemplo las controversias o las diferentes cosmovisiones científicas, y que a través de ellos se pudieran interpretar contextos de producción y validación de los conocimientos de interés presentando diferentes escenarios, épocas, estilos de pensamiento y corrientes filosóficas para resaltar la diversidad de procedimientos y explicaciones.

Un acercamiento al material seleccionado desde una mirada crítico-reflexiva permite la orientación y reproducción de las actividades experimentales y de los instrumentos, incrementando la comprensión de los entramados que sustentan la actividad experimental para potenciar la construcción de explicaciones sobre fenómenos físicos y sobre la ciencia en general.

Ejemplo de tales textos de primera fuente son aquellos concernientes a las primeras explicaciones del comportamiento eléctrico; permiten interpretar que la manipulación de los efectos que se producen al operar los instrumentos bajo ciertas condiciones, constituyen todo un campo fenomenológico, ya que mediante este proceso, se crean las condiciones necesarias para delimitar y definir un fenómeno, actividad que es propia de la actividad experimental. En la Tabla 1 se describe los episodios históricos seleccionados

Los diferentes contextos para analizar, discutir y problematizar estos episodios históricos son el contexto disciplinar, el de NdC y el pedagógico, para los cuales se diseñaron e implementaron actividades, lecturas, preguntas y socializaciones para que fueran desarrolladas por los docentes participantes.

El contexto disciplinar hace referencia a una problemática amplia relacionada con el saber, que para este caso en particular se materializa en el asunto de la experimentación. La experimentación como objeto de reflexiones disciplinares permite modificar la manera como los docentes asumen e interpretan que no se trata de la comprensión y enseñanza de un concepto, si no que atañe a la posibilidad de comprender y reorganizar la experiencia sensible para resignificar y caracterizar los contenidos científicos y construir elementos temáticos a partir de criterios y consideraciones surgidos mediante reflexiones sobre la actividad experimental.

Los episodios históricos problematizados a la luz de este contexto ofrecen un entorno idóneo para el desarrollo de actividades centradas en la exploración de materiales, la construcción de experimentos e indicadores, la identificación y manipulación de variables, el proceso de organización de un fenómeno y la interpretación de efectos en el campo de algunos fenómenos físicos como los eléctricos y de neumática –vacío y presión atmosférica-.

Las actividades relacionadas con el papel de los instrumentos también hicieron parte de las reflexiones del contexto disciplinar ya que apuntan a superar su clásica mirada utilitarista como medio para la verificación y constatación de datos. Por tanto, se enfatizó en la elaboración y adecuación de instrumentos y en la manipulación de condiciones necesarias, como requerimiento para configurar y caracterizar un determinado fenómeno, y en el

análisis a las cualidades que se le otorgan como resultado que media entre lo que se piensa y lo que se hace. Todo esto dinamizado por el acercamiento a casos particulares de la historia donde la fabricación y manipulación de un instrumento ha jugado un papel clave en la consolidación de un fenómeno específico porque posibilita los momentos experimentales que derivan en los sustentos explicativos de dicho fenómeno.

Desde el contexto de NdC, los fragmentos históricos se analizaron con base en la relación teorización-experimentación como dualidad que permea las dinámicas científicas, los procesos de construcción de hechos científicos, el papel de la interpretación en la ciencia y, la naturaleza del conocimiento.

Para ello se orientó hacia la comprensión de la experimentación como una actividad de construcción de explicaciones y fenómenos, una exploración de significados, una fuente de conocimientos, y validación de los mismos mediante el reconocimiento a la procesos de producción y justificación, y un espacio donde confluyen intencionalidades que contextualizan y dan sentido a las problemáticas que una comunidad específica desea resolver.

De esta forma, el conjunto de las actividades experimentales que se proponen movilizan las condiciones necesarias para comprender que la experimentación hace parte de las reflexiones y consideraciones acerca de la NdC, ya que es una forma de operar en la actividad científica, que obedece a metodologías de trabajo particulares, y formas específicas de pensamiento y de interpretación, que mediante debates, consensos y disensos se van transformando en imaginarios culturales. Por tanto las actividades experimentales, también resaltaron el reconocimiento de los procesos discursivos tanto para consolidar un metaconocimiento, como para comprender que es mediante estos procesos que la actividad científica tiene lugar

De otro lado, para reconfigurar la comprensión sobre la manera como se generan los conceptos, las explicaciones y el conocimiento científico, se diseñaron actividades dentro de la propuesta pedagógica para incitar reflexiones sobre el papel de los instrumentos en la actividad científica.

En este sentido, se presenta una concepción de instrumento como un elemento constitutivo de los procesos de la experimentación ya que son materializaciones concretas que derivan de la búsqueda de significados e interpretaciones de la actividad experimental. Como elementos fundamentales en el proceso de la dinámica científica que obedecen a unos contextos y problemáticas propios, sin los cuales no es viable darle vida a los fenómenos estudiados.

El conjunto de actividades centradas en los instrumentos, y mediadas por los fragmentos de primera fuente y por el contexto de la NdC, también dinamizan un acercamiento a las intencionalidades y estructuras de pensamiento de quienes los construyen, los apropian y los utilizan, resignificando la idea que éstos también obedecen a un contexto, y que devienen de una forma de pensamiento determinada que define, delimita y caracteriza un fenómeno particular. Por tanto, las reflexiones sobre los instrumentos, plasmadas en este tipo de actividades apuntan a sensibilizar o humanizar la idea de cómo se da la ciencia, ampliando el significado de la NdC.

También se privilegió el análisis de perspectivas epistemológicas, sociales e históricas de los episodios abordados que permitieron interpretar el papel de las comunidades científicas en la búsqueda de consensos sobre aquello que se estudia, y el reconocimiento de aspectos como la creatividad, la imaginación y los intereses en el actuar de los científicos. En la Tabla 1 se describen algunos tópicos analizados en este contexto.

El contexto pedagógico hace alusión a los saberes didáctico-pedagógicos adecuados para que los profesores participantes desarrollen una visión crítica y transformadora de su práctica educativa, en la que puedan vincular y relacionar nuevos referentes sobre la ciencia, el conocimiento, la experimentación y el trabajo de los científicos con la valoración de sus supuestos y su enseñanza, y con los procesos de aprendizaje y argumentación de sus estudiantes.

Las actividades y reflexiones que hacen parte de este contexto de análisis resaltan el recurso de la historia y la epistemología de las ciencias, manifestado a través de los análisis histórico-críticos a los textos de primera fuente, como estrategia alternativa para la cualificación de los profesores de ciencias naturales, ya que permiten adecuar la

comprensión de la actividad científica, dinamizar las clases de ciencias, comprender el papel fundamental del lenguaje y los procesos de argumentación en la consolidación de un conocimiento, además de la enseñanza de determinadas temáticas y del diseño de actividades con un enfoque constructivista que permita modificar la manera como se enseña, se construye, se aprende y se valora la ciencia.

En relación con este contexto pedagógico, es importante mencionar que la propuesta pedagógica se encuentra diseñada para docentes de ciencias naturales; las actividades y orientaciones que se proponen pueden llevar a comprender la manera como la ciencia se transforma según el contexto en donde se re-construye, a su vez que permite la construcción de una mirada actual, social, cultural e histórica sobre la actividad científica, además se atiende a la sugerencia que hacen algunos autores (Acevedo y otros 2007; Acevedo, 2008) por incluir estas consideraciones en el contexto educativo, es por ello que la vinculación de estas reflexiones a los procesos de enseñanza, hace parte de las potencialidades de esta propuesta, que puede repercutir en modificaciones relevantes a los currículos de ciencias naturales, lo que, sin duda, incrementará la calidad educativa.

La propuesta pedagógica se presenta en la Tabla 1 a modo de esquema con varios niveles, que se van materializando en asuntos particulares de acuerdo a la intención de este Trabajo de Investigación; para este caso el acercamiento a consideraciones sobre la actividad experimental, su relación con la teoría y el papel de los instrumentos en la dinámica científica se presentan a modo de perspectivas de trabajo desde una mirada epistemológica, vinculadas a la formación de profesores de ciencias, pero que sin duda es susceptible de ser enriquecida e interpretada de manera diferente a la luz de intencionalidades diversas que orienten los *contextos de análisis* de formas alternativas para el acercamiento a textos de primera fuente como episodios históricos, narraciones y fragmentos originales.

En relación con la temática seleccionada, la propuesta pedagógica también goza de un grado de generalidad amplio, ya que si bien, las actividades se relacionan con algunos fenómenos físicos, no se problematizan ni se abordan en extensa profundidad, ofreciendo

un material con contenido teórico y metodológico que abarque la mayor cantidad de elementos para la reflexión y apropiación de algunos aspectos relacionados con la NdC

En este caso, se seleccionó una temática que hace parte del campo de la física, ya que si bien es un campo rico en actividades experimentales, se suele tener la creencia de leyes y teorías inmutables como verdades derivadas de la experimentación, además su enseñanza y aprendizaje no ha sido muy fructífero, por lo que resulta un reto para superar la idea que en la física se manejan dogmas universales, y para resignificarlo como un contexto idóneo para comprender la relación entre la experimentación y la teorización desde la imagen epistemológica, histórica y cultural que se desea.

Igualmente, ha sido extenso el estudio de los fenómenos físicos, y por tanto se encuentra una amplia bibliografía y principalmente textos de primera fuente; material excepcional que dinamiza procesos de recontextualización, interpretaciones y resignificados de este campo.

Episodios históricos (narrativas científicas)	Contexto disciplinar (problema de la experimentación)	Contexto de la NdC	Contexto pedagógico
<p>Fragmentos de textos de primera fuente relacionados con la organización del fenómeno eléctrico. Euler, L. (1762/1990). Dufay, Ch-F., (1747). Franklin, B. (1747).</p>	<p>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.</p>	<p>Relación entre teorización y experimentación. Rol de los elementos materiales (instrumentos) en la construcción del fenómeno eléctrico (Carga experimental de la teoría).</p>	<p>Indagación de las concepciones de profesores respecto a la actividad experimental.</p>
<p>Controversia Pascal – Noel, en torno a la noción de vacío. Tomado de: Saito, F. (2006).</p>	<p>Posturas explicativas en relación con la neumática. Reproducción de algunas experiencias de neumática.</p>	<p>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.</p>	<p>Identificación y valoración de diversidad de explicaciones y argumentaciones de los profesores.</p>
<p>Dufay y el comportamiento dual de la electrificación. Fragmentos tomados de: Torres-Assis, A. K (2010). Tatón, R. (1972).</p>	<p>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.</p>	<p>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).</p>	<p>Producciones escritas y discurso oral de los participantes</p>
<p>Reflexiones sobre aspectos de la dinámica de la ciencia. Lavoisier, A.L. (1982). Einstein, A. (1983). Schrödinger, E. (1980). Heisenberg, W. (1985)</p>		<p>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.</p>	<p>Reflexión (explicación, concienciación) sobre propias imagen de ciencias, a través de identificación y caracterización de imágenes de ciencia de algunos científicos.</p>

Tabla 1. Episodios históricos y sus correspondientes contextos de análisis

La propuesta está conformada por siete sesiones (Ver Ilustración 4), orientadas a la comprensión sobre la manera como los docentes de ciencias que constituyen el estudio de caso (instrumental), usan, apropian y hacen confluir en sus procesos de enseñanza consideraciones centradas en las reflexiones acerca de la NdC.

Las actividades para el desarrollo de la propuesta pedagógica se encuentran organizadas de la siguiente manera:

Actividades de indagación y contextualización, para ubicar a los docentes participantes en los objetivos e intencionalidades de cada actividad y ofrecer un panorama general de la temática.

Actividades experimentales, como reproducción de las experiencias que realizan en sus aulas de clase, exploración de materiales, construcción de explicaciones y manipulación de variables.

Acercamiento a contextos históricos mediante lecturas y análisis de fragmentos de primera fuente.

Actividades para la producción oral y escrita de los participantes como cuestionarios semiestructurados y no estructurados (o abiertos) sobre las temáticas específicas abordadas en las sesiones, tanto a nivel disciplinar como consideraciones acerca de la NdC, socializaciones y grupo de discusión a partir de preguntas orientadoras y situaciones concretas

Las estrategias y medios de registro de la información que se tuvieron en cuenta en el desarrollo de la propuesta fueron registros verbales a partir de grabaciones de audio y video, y registros escritos de sus producciones intelectuales. Es importante mencionar que algunas de las lecturas y cuestionarios fueron enviadas vía mail a los docentes participantes, para luego realizar una socialización de manera presencial.

La metodología que se llevó a cabo combinó las actividades de taller y de seminario conjuntamente. Se pudo considerar como taller en la medida en que se propuso a los profesores participantes una serie de actividades prácticas y situaciones problemáticas,

previamente diseñadas, que fueron abordadas y analizadas por el grupo de profesores en cada sesión.

Tipo seminario en el sentido que en cada sesión se comentaron y analizaron tanto las soluciones de los participantes como las metodologías utilizadas, con la intención de decantar elementos que posibilitaran la consolidación y extensión de esta forma de trabajo en los cursos de ciencias particulares.

Es importante mencionar que el primer paso en el desarrollo de la propuesta pedagógica, fue la aplicación de un protocolo ético, que tuvo como fin obtener el consentimiento informado de los sujetos participantes. (Ver Anexo 5)

Las actividades iniciaron con un momento de ubicación y contextualización sobre los propósitos y con la descripción de las diferentes actividades a realizar, incitando la producción, tanto verbal como escrita, para posteriormente analizar sus discursos y argumentaciones cuando reflexionan sobre el rol de los instrumentos, la actividad experimental y la construcción de explicaciones, en la comprensión y el estudio de algunos fenómenos físicos,

En cada sesión se buscó identificar y orientar consideraciones en tres aspectos: la ciencia y su relación con la experimentación y los instrumentos (contexto disciplinar), reflexiones acerca de la NdC, resaltando la relación teorización - experimentación y aspectos sobre el carácter humano, social y cultural y discursivo de la actividad científica (contexto de NdC), y sobre la manera como los docentes participantes orientan la enseñanza de las ciencias en relación con la experimentación y la NdC (contexto pedagógico).

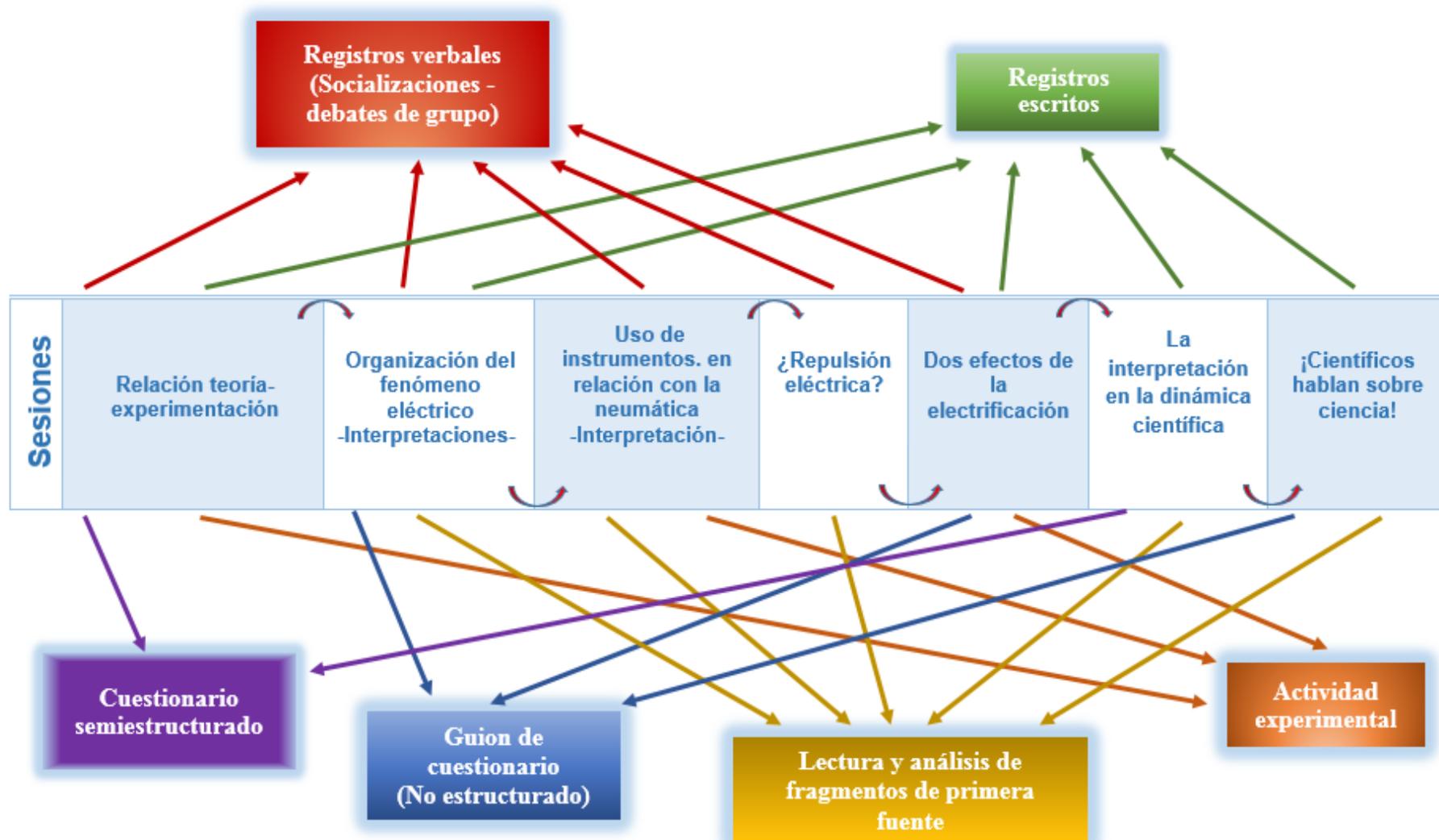


Ilustración 4. Sesiones, actividades y registros de información de la Propuesta Pedagógica

4.4. Plan de análisis

Se realizó un proceso de sistematización de la información por medio de transcripciones de los registros de audio y video resultantes de las actividades pedagógicas que se desarrollaron de manera presencial, y del material virtual que se recogió a partir de las lecturas y actividades. De acuerdo con este tipo de investigación cualitativa interpretativa, se debe resaltar que no toda la información registrada resultó en un dato pertinente o significativo.

Para las transcripciones de la información se utilizó la notación de Candela (2006):

^ indica elevación de la entonación
/ indica caída de la entonación
MAYUS indica un pasaje de habla de mayor intensidad que el habla adyacente
* indica ruido de fondo de los no distinguibles de los participantes hablando ente sí
** indica ruido de fondo de mayor intensidad
[indica habla superpuesta
::: indica elongación del énfasis en una letra
<u>Subr.</u> Indica énfasis especial dentro de la frase
((it)) Comentarios del transcriptor, generalmente observaciones sobre el contexto de habla
(3) indica pausa medida en segundo. Tres segundo en este caso

Ilustración 5. Notación utilizada en las transcripciones según Candela (2006)

Para la transcripción de la información se utilizaron las siguientes convenciones de colores:

Participantes	Colores
Investigadora	Paula
Participante 1	Berni
Participante 2	Jorge
Participante 3	Eduardo

Ilustración 6. Colores que caracterizan a los participantes y sus intervenciones en las transcripciones

Todas las transcripciones se encuentran como material adjunto a este trabajo

A modo de ejemplo:

Paula: “por que miren, el indicador, cuál dices tú (Eduardo) que es el indicador, la jeringa? la bomba?, **[lo que pasa con la bomba]** 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 suceda.

Berni: Menor presión, mayor volumen

Paula: pero tú dices que igual ahí adentro hay algo de:::

Eduardo: a mí me parece que debe haber gas (4), para mí debe haber gas.

Paula: bueno, tu qué piensas Jorge?

Jorge: yo pienso que estamos hablando, para que se genere vacío, estamos hablando de las partículas gaseosas, nosotros sabemos que los gases, los gases son fácilmente compresibles, cuando yo establezco presión, esas partículas del gas se van a mover tan rápido que el cuerpo se acomode a cualquier situación, entonces ehhh yo diría que condición de vacío cuando se genera tal presión no hay, condición de vacío no va a haber cuando se genera tal presión.

Paula: yo trato de entender (3) tú crees que acá adentro no se genera un vacío, por que:::

Jorge: o sea, cuando yo genero esta presión, cuando yo hago esta succión, yo debo tener, y debo saber que dentro de esta jeringa, hay una sustancia que permite que la bomba que hay dentro tenga cierto comportamiento, **[y cual sustancia podría ser esa? digámoslo de inflarse. Para mí, puede ser cualquier sustancia gaseosa [cualquier sustancia gaseosa, pero de dónde salió esa sustancia gaseosa que tú dices que está ahí? del ambiente**

Paula: y cómo logró entrar a la jeringa si tienes el dedo en el émbolo?

Jorge: por alguna de las paredes de la jeringa, **[por las paredes de la jeringa **no es hermética****

Paula: cómo?

Eduardo: digamos que no hay una condición hermética completa”

(Sesión 3 - socialización de las actividades experimentales: 28/02/14)

Posteriormente se seleccionó y se analizó la información, a través de un análisis de contenido de la producción oral y escrita de los docentes. Este análisis de contenido es considerado por Piñuel como “el conjunto de procedimientos interpretativos de productos comunicativos que proceden de procesos singulares de comunicación previamente registrados, y que tienen por objeto elaborar y procesar datos relevantes sobre las

condiciones mismas en que se han producido o sobre la condiciones que puedan darse para su empleo posterior” (2002:7).

Desde la metodología del análisis de contenido, se seleccionaron como unidades de registro los enunciados de los participantes, los cuales obedecieron a descripciones, relatos biográficos, interpretaciones, analogías, deducciones, y análisis experimentales, (Foucault, citado en Núñez y Tani, 2005) que se pudieron estudiar en expresiones que tienen coherencia y significado para quien los dice.

Se establecieron los siguientes criterios de selección de las unidades de registro dado que toda la información transcrita no fue objeto de interpretación o análisis:

- ✓ -La claridad de la producción; en la medida que se presenta como óptima, precisa, y susceptible de interpretación.
- ✓ -La pertinencia de la información; si es oportuna y se relaciona con el tema y la investigación.
- ✓ -La coherencia de la información; la relación de los enunciados con la temática de estudio o con la temática que se está abordando.
- ✓ -La continuidad o presencia de las expresiones en el transcurso de la investigación, para desarrollar interpretaciones sobre los posibles procesos de transformación del pensamiento de los participantes.

Las unidades de registro se encontraban inmersas en las unidades de contexto, las cuales se refieren a los escritos, reflexiones y producciones registradas y transcritas que se dieron durante el desarrollo de las actividades propuestas.

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) -descrito anteriormente (parágrafo 3.8, pág. 48)-. De acuerdo con esta propuesta, el análisis se orienta hacia la interpretación de las argumentaciones de los participantes como un proceso en el que el individuo explicita sus ideas sobre las temáticas propuestas, a la vez que se ve incitado a reflexionar sus propios argumentos e

ideas. En este análisis, se identifican posibles transformaciones en el pensamiento de los profesores participantes realizando un seguimiento a los enunciados durante el desarrollo de la propuesta pedagógica

Con este modelo se pretendió resaltar y vincular tres aspectos fundamentales: la construcción social del conocimiento, la argumentación y el desarrollo del pensamiento crítico y reflexivo, así como caracterizar algunos procesos epistémicos y perspectivas epistemológicas de los participantes y analizar posibles transformaciones de sus concepciones realizando un seguimiento a los enunciados durante el desarrollo de la propuesta pedagógica.

Es intención del modelo de *Pensamiento reflexivo como proceso epistémico* establecer temas de interés común y exhortar a los participantes a construir y exponer sus ideas sobre las temáticas que se proponen frente a los diferentes puntos de vista de los demás, presentando argumentos sustentados a favor o en detrimento de las ideas de otros, esto se hace con la intención de darle sentido al mundo que lo rodea mediante un proceso de construcción colectiva del conocimiento.

Para lo anterior, se presentaron y se analizaron diversos marcos explicativos, algunos tomados de fuentes de segunda clase en relación a las ciencias naturales, y otros relacionados con fuentes de primera clase sobre la NdC, puestos en juego en el contexto de las actividades experimentales, todo ello con la intención de convertir las reflexiones en una situación discursiva, en la que las argumentaciones pudieran generar sospechas acerca de las particularidades que orientaron en favor de una determinada perspectiva.

Mediante este proceder, se tuvo la intención de poner en consideración de los demás las interpretaciones e ideas propias a través de un proceso de diálogo. Las valoraciones de los argumentos que los participantes mismos sustentaban, suponían y debatían, pudo significar beneficios para el desarrollo de un pensamiento crítico; el análisis y la incorporación de estos elementos permitió ayudar de manera efectiva a la construcción de conocimientos en un entorno colaborativo y argumentativo (Fuentes citado en Leitão 2012).

Para estos análisis se tuvo en cuenta el papel que jugaron los enunciados dentro de un argumento, sus posibles transformaciones, los contra-argumentos y las respuestas frente a las reflexiones que suscitaban las consideraciones acerca de la NdC.

Bajo este conglomerado se resaltó la importancia de una perspectiva epistemológica que fuera más adecuada y coherente con procesos educativos en los cuales los docentes se asuman como responsables de sus propias representaciones del mundo, y puedan aportar a la idea de ciencia como construcción social

4.5. Sobre las categorías de análisis

En coherencia con los objetivos y el marco teórico que sostienen este Trabajo de Investigación, se propusieron dos categorías vinculadas a aspectos relacionados con la NdC. La primera trata sobre las posibles relaciones entre la teorización-experimentación, la segunda sobre el papel de los instrumentos en la construcción de conocimiento. (Ver Tabla 2)

CATEGORÍAS	SUBCATEGORÍAS	INDICIOS
Relación teorización-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 2. Categorías, subcategorías e indicios

Dada la manera como las actividades fueron diseñadas y que las categorías hacían alusión a aspectos de la NdC, la relación que se estableció entre ellas fue de complementación, ambas se cruzaron conjuntamente durante las actividades y reflexiones.

4.5.1. Relación teorización-experimentación en la dinámica científica

En esta categoría se puso énfasis en las concepciones sobre la experimentación en su relación con la actividad de construcción teórica. La atención se centró entonces, en identificar las posibles relaciones entre la experimentación y la teorización y el vínculo

que se pudo establecer con los sustentos epistemológicos que orientaban la percepción de actividad científica en los profesores.

Es así, como se caracterizaron enunciados desde tendencias epistemológicas que resaltaban una relación de independencia entre la teoría y la experimentación, o una relación de complementariedad entre ambos aspectos.

4.5.1.1. Relación de independencia

Para esta investigación se consideró que existe una relación de independencia en la forma de asumir la dupla teorización-experimentación cuando se resalta un carácter disímil entre la teoría y la experimentación y se tiende a destacar el papel ajeno de un elemento con respecto al otro. Un segundo aspecto que caracteriza esta visión, es la convicción que el desarrollo de una de estas dimensiones no modifica ni influencia la otra, resaltando su separación y la ausencia de vínculos o de repercusiones mutuas en el proceso científico.

En este sentido, se consideraron dos perspectivas en 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.

Desde la primera caracterización, al vincular la actividad experimental con el fundamento exclusivo de la dinámica científica, se tiende a considerar al experimento como antecesor de la teoría, en una especie de dinámica unidireccional, obteniéndose como resultado de esta relación, teorizaciones que son extraídas de manera inductiva de los procesos experimentales. Bajo esta mirada, la construcción de las teorías parte, exclusivamente, de lo que se sabe a partir de la experimentación que se hace sobre los fenómenos estudiados.

Desde la segunda caracterización, a la experimentación se le asigna un papel limitado a la comprobación de las teorizaciones. De acuerdo con esta mirada, el énfasis se pone

en la teoría, entendida como fundamento de la experimentación y, en esa medida, el experimento como criterio de verificación o constatación de enunciados conceptuales; una mirada deductiva: de lo conceptual a lo experimental exclusivamente.

Ambos imaginarios sobre la relación de independencia entre la experimentación y la teorización pueden estar sustentados en una idea de ciencia que se adecúa con un proceso lineal y aséptico de muchos otros factores; perspectiva que entra en sintonía con la idea según la cual ni los elementos teóricos ni los experimentales se permean mutuamente durante su proceso de configuración y se fortalece la negación de la existencia de puntos de convergencia que puedan modificar, potenciar o replantear una dimensión con respecto a la otra.

4.5.1.2. Relación de constitución /complementariedad.

La relación de constitución o de complementariedad se puede identificar, bien cuando se comprende una especie de diálogo entre la teorización y la experimentación, o bien cuando se reconoce una dinámica entre ellas, tal que desarrollos en una dimensión producen cambios en la otra y viceversa.

Bajo esta perspectiva se asume a la experimentación como *forma de razonamiento conceptualmente comparable a la teorización*, es decir, que ambas dimensiones tienen el mismo estatus en la construcción del conocimiento sin privilegio de alguna.

También se apunta a esta perspectiva cuando se da explícitamente el reconocimiento a la actividad experimental de manera enlazada o cruzada con la actividad teórica o se consideran nuevas interpretaciones o modificaciones teóricas a partir de los análisis y las reflexiones a la actividad experimental, superando de esta manera las perspectivas clásicas deductivistas e inductivistas de los procesos científicos.

Se da un reconocimiento al papel igualitario entre ambos elementos en la medida que se reconocen sus aportes mutuos para el proceso de construcción de la ciencia, estas consideraciones son llevadas al aula de clase a modo de estrategias metodológicas en las que se valoran ambos aspectos para los procesos de enseñanza, mediante

reflexiones manifiestas y desarrollo de actividades a través de las cuales los análisis experimentales pueden aportar a las construcciones teóricas y éstas a su vez permean el proceso experimental.

De esta manera, cobraban sentido para los participantes reflexiones que apuntan a destacar la *carga teórica de la observación y la carga experimental de la teoría*, en la medida que se reconoce un estado, o bien de complementariedad, o bien de permeabilidad entre estas dos dimensiones.

La relación de constitución o complementariedad entre la experimentación y la teorización pudo estar orientada por un sustento epistemológico que se decanta por la imagen socio cultural de la ciencia al reconocer que son muchos los factores, contextos, formas y fuentes de conocimiento, que confluyen en los procesos científicos, y que por tanto, sus sustentos se encuentran sobre las convenciones que se dan en torno a las relaciones entre los procesos conceptuales y experimentales; son justamente los argumentos y las condiciones lingüísticas los que dan forma y orientan la dinámica científica.

4.5.2. Papel de los instrumentos en la construcción de conocimiento

Durante los procesos que se siguen en la edificación del conocimiento, a los instrumentos u objetos materiales se les puede asignar un papel y una función, dependiendo de la forma como se asuma la dinámica científica, en particular si se asume una mirada empiropositivista o socio cultural de ese conocimiento. Desde la primera perspectiva es factible encontrar consideraciones sobre el papel del instrumento como elemento ajeno y externo a las construcciones conceptuales y por tanto su importancia radica en el hecho que permite verificar las fundamentaciones teóricas que ofrecen una explicación de los fenómenos que se dan en la naturaleza.

Desde el otro extremo, sociocultural, el instrumento es entendido como *condición de posibilidad* de los fenómenos que se estudian, en la medida que viabilizan la construcción de explicaciones y consensos discursivos sobre dichos fenómenos.

Con las subcategorías que se han asumido en este apartado se tratan de identificar aquellos indicios que puedan dar cuenta de la concepción del instrumento, ya sea desde su papel de registro y constatación de datos o, como un elemento intervenido por el lenguaje en su papel incondicional para los procesos de construcción del conocimiento.

4.5.2.1. Instrumento como medio de registro y constatación de datos

En esta subcategoría se alude a la significación del instrumento como objeto externo a los procesos de construcción del conocimiento. Se asume desde su función utilitarista para la consecución de datos cuantitativos o para la valoración de un procedimiento científico. Esto podría suponer un estrecho vínculo con el método inductivo de las ciencias en la medida que la autoridad de la actividad científica recae en el peso de sus comprobaciones experimentales, utilizando los datos *arrojados* por los instrumentos como indicadores de verdades científicas para verificar o refutar una teoría.

Los enunciados que se interpretan a la luz de esta categoría son aquellos que apuntan a una mirada de los instrumentos relacionada con una única función instrumental; entendida en este contexto como una única forma de ver al instrumento; como medio exacto e inequívoco de obtención de “datos”, que permiten suponer la validación de las teorías, sin cabida para procesos reflexivos de análisis en relación con la función que desempeñan.

Muy posiblemente, bajo esta perspectiva, la enseñanza se centra en el desarrollo de las técnicas de laboratorio exclusivamente. Los docentes vinculados con esta caracterización del instrumento, pueden aprovechar el desarrollo de las actividades experimentales para inducir destrezas y habilidades que consideran importantes en el proceso de manipulación de los instrumentos, tales como la precisión, las técnicas de manejo de errores, la toma y lectura de datos exclusivamente.

La significación de instrumento desde esta perspectiva, puede ser subsidiaria de una forma particular de asumir la actividad científica, relacionada con la unicidad de métodos de los procesos científicos, lo que se materializa en la ausencia de menciones al papel que cumple el instrumento en la enseñanza de las ciencias, es decir, que en las clases,

muy posiblemente, no se implemente una especie de epistemología del instrumento para analizar cuál es la riqueza conceptual que le subyace y cuál es su rol más allá de un objeto verificacionista, y seguramente por ello, trascienda la idea de elemento accesorio o de medidor cuya función es la simple corroboración de un dato.

4.5.2.2. Instrumento como posibilidad de generación (producción) de fenomenologías

Los enunciados que pueden ser caracterizados en esta categoría corresponden a concepciones explícitas sobre el papel que tienen los elementos materiales asociados a la experimentación, su manipulación, construcción, la carga teórica, y social en la consolidación de un fenómeno. Es decir, enunciados a través de los cuales se considera al fenómeno como un proceso de construcción mediante la comprensión, la interpretación y la organización de experiencias intencionadas, y actúa y responde en consecuencia con ello.

El docente que se orienta hacia esta concepción de instrumento, privilegia la construcción de explicaciones que pueden estar dando cuenta de los procesos de organización de las experiencias que se van realizando y de la explicitación de reflexiones que apuntan a darle sentido a lo que es construido, manipulado, percibido e interpretado.

A partir de estas consideraciones, se acentúa el papel que puede tener la actividad experimental en la enseñanza de las ciencias, en relación con los aportes de los instrumentos en las construcciones e interpretaciones del mundo, tanto para favorecer los procesos de construcción del conocimiento, como para analizar las consideraciones que se tienen sobre la dinámica científica.

Dadas las anteriores consideraciones, en este apartado se identifican argumentos en los que se privilegie la caracterización de los instrumentos como posibilidad de construcción de los fenómenos, en términos de Latour & Woolgar (1995), la importancia fundamental de estos instrumentos es que ninguno de los fenómenos de los que se habla, podrían existir sin ellos (1995:15), y en los que se replantee y se cuestione la idea

de observación pasiva de fenómenos externos frente a la naturaleza intersubjetiva del observador.

Con algunas de las actividades realizadas durante la implementación de la propuesta (Actividades experimentales de las Sesiones 3 y 5), se resaltó la modificación y el desarrollo constante de la práctica experimental y las elaboraciones teóricas correspondientemente con la transformación y la innovación de los instrumentos empleados. Idea que se encuentra relacionada con lo que ha sido llamado *reificación de teorías* (Bachelard, 1953; citado por Latour & Woolgar, 1995) a través de la cual se asume al instrumento como estructura conceptual que se independiza de sus desarrollos a medida que se va extendiendo su aplicabilidad e incrementando su universalidad.

Por tanto, para esta categoría, se hacen esfuerzos por resaltar enunciados de los participantes que apunten a considerar a los instrumentos como realidades concretas derivadas de un proceso de transformación de los conceptos abstractos de las teorías y las prácticas experimentales.

4.6. Criterios de credibilidad de la investigación

Se entiende, con Cisterna (2005:62), que la confiabilidad del conocimiento y la información aquí presentada descansa en la rigurosidad de la investigadora. Para ello, se establecieron los siguientes criterios que proporcionan cierto grado de credibilidad y plausibilidad a la propuesta de investigación:

- Proceso de Triangulación, entendido como el ejercicio de reunir y cruzar la información pertinente surgida en la investigación (Cisterna, 2005:68).
 - ✓ Triangulación de las fuentes de información (actividades experimentales, lecturas de fragmentos de primera fuente, cuestionarios, socialización y grupo de discusión).

- ✓ Triangulación con el marco teórico durante los procesos de construcción y análisis de las categorías y subcategorías, y en la interpretación de la información.
- ✓ Triangulación de puntos de vista de los participantes respecto a las interpretaciones y hallazgos de la investigación, ya que los participantes hicieron interpretaciones y observaciones valiosas mediante procesos de retroalimentación, que se cruzaron y se triangularon con las observaciones e interpretaciones de la investigadora.
- ✓ Triangulación de interpretaciones con pares investigadores durante los seminarios del equipo de investigación del grupo ECCE, en el desarrollo de la macro investigación
- Registros de la investigadora que se convirtieron en elementos que posibilitaron la sistematización, confrontación de ideas y triangulación de experiencias.
Algunas de las actividades experimentales relacionadas con la electrificación de los cuerpos, se desarrollaron durante la clase del Seminario Ciencia, vida cotidiana y experimentación, en el Instituto de Educación y Pedagogía de la Universidad del Valle, en compañía de la profesora Lizbeth Alvarado, donde se tuvo la oportunidad de cruzar experiencias y múltiples interpretaciones¹⁵.
- Pilotaje del cuestionario inicial con un grupo de docentes de la Facultad de Educación de la Universidad de Antioquia, de las Licenciaturas en Matemática y Física, y Ciencias Naturales y Educación Ambiental.
- Juicio de expertos, ya que el cuestionario inicial fue puesto a consideración del profesor Edwin Germán García. Una vez adecuadas sus sugerencias, el cuestionario se aplicó a tres docentes investigadoras del grupo de investigación Ciencia, Educación y Diversidad (CEyD) del Instituto de Educación de la Universidad del Valle.

¹⁵ Estas actividades se desarrollaron durante la visita a la Universidad del Valle en calidad de estudiante en PASANTÍA en el marco del programa académico Maestría en Educación Énfasis en Enseñanza de las Ciencias, del Instituto de Educación y Pedagogía, durante los días 3 al 15 de octubre de 2013.

- Socializaciones de los avances a los integrantes del grupo de investigación ECCE y otros grupos de educación en ciencias tales como el Grupo Física y Cultura de la Universidad Pedagógica Nacional y el Grupo Ciencia, Educación y Diversidad de la Universidad del Valle.

5. HALLAZGOS Y DISCUSIÓN

Los hallazgos se correspondieron con las interpretaciones realizadas a partir de las transcripciones. Es de anotar que no todo registro se consolidó como un dato adecuado, dado que las interpretaciones estuvieron orientadas por la intencionalidad pedagógica que se resaltó en esta propuesta.

5.1. Relación teorización-experimentación en la dinámica científica

En esta categoría, el énfasis se puso en enunciados o argumentos que daban cuenta de algunas relaciones entre la experimentación y la teorización, y la correlación que se podía establecer entre estos enunciados y las bases epistemológicas que están orientando la idea de actividad científica.

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, sustentada en el reconocimiento de ambos elementos como actores del proceso de construcción científico.

5.1.1. Relación de independencia

El carácter de independencia entre la teorización y la experimentación, se pudo interpretar a partir de dos perspectivas claramente diferenciadas sobre la actividad experimental, una, como elemento de comprobación y/o contrastación de teorías, y otra, como medio para llegar a las conceptualizaciones teóricas mediante la inducción.

5.1.1.1. Actividad teórica como fundamento de la dinámica científica

Los aportes explícitos de los participantes, permitieron comprender tendencias que apuntaban a considerar al experimento desde un papel verificador de la teoría, idea que también se corresponde con el experimento como elemento para la ejemplificación o para la aplicación de aspectos conceptuales.

Por ejemplo, durante el cuestionario inicial (sesión 1), los participantes respondieron preguntas sobre la experimentación y el uso de instrumentos en relación con su práctica docente. Al preguntar por la descripción de una actividad experimental típica que realizan con sus estudiantes, Jorge diseñó una guía que da cuenta detallada de las pautas que deben ir siguiendo las estudiantes en cada uno de los pasos de la actividad experimental. Esta guía incluye una indagación previa, el repaso de las temáticas estudiadas en clase, construcción de montajes, análisis y solución de preguntas.

Al describir su estrategia metodológica resaltó los pasos del método científico y de un modelo basado en la comprobación, predicción y verificación experimental de los resultados a la luz de los modelos teóricos explicativos:

“A continuación de describe, paso a paso, una actividad experimental sobre circuitos en serie y paralelo, desarrollada por estudiantes del grado 6°.

En primer lugar, se pide a las estudiantes que asignen los materiales para la experiencia, seguido de un conversatorio donde algunas hacen juicios a priori sobre cómo ocurren los procesos electromagnéticos. Una vez aclaradas las dudas sobre los aspectos teóricos, el docente les indica cómo construir objetivos para que se orienten en la práctica. Luego, las niñas proceden a elaborar uno de los tipos de circuitos (serie o paralelo), se basan en sus observaciones para dilucidar acerca de los procesos electromagnéticos. Esto permite que las alumnas se cuestionen constantemente y busquen la ayuda del docente, quien les dice que son ellas quienes deben llegar a fondo en sus predicciones y conclusiones. Posteriormente, las estudiantes presentan un informe de laboratorio (por equipo) en el que describen los pasos seguidos y los aprendizajes adquiridos, y de ello se hace socialización y se fomenta el mejoramiento de la propuesta para la participación en la feria de la Ciencia.

EXPERIENCIA: Circuito en serie y paralelo

OBJETIVOS:

Diseñar un esquema de un circuito en serie y un circuito en paralelo.

Comprender las características básicas de un circuito en serie y en paralelo.

ESPECÍFICOS:

Aprender que los distintos diseños de circuitos producen conductas eléctricas distintas.

Aprender sobre el flujo de corriente y las diferencias de funcionamiento entre los circuitos en serie y en paralelo.

Aprender a predecir resultados y extraer conclusiones.

Aprender sobre el trabajo en equipo y en grupos.

MATERIALES:

- 1 bombillo o lamparita*
- 1 porta bombillos*
- Cable eléctrico*
- 2 pilas*
- Cinta Aislante*
- 1 interruptor*

PROCEDIMIENTO:

- 1. Repasar las definiciones de circuitos en serie y en paralelo con la clase.*
- 2. Dividirse en pequeños grupos de 3 ó 4 y distribuir las hojas de trabajo para el estudiante y dos sistemas (ver materiales anteriores) a cada grupo.*
- 3. Examinar el esquema de un circuito en serie en la hoja de trabajo para el estudiante y que dibujen su propio plano de un circuito en paralelo en el espacio provisto.*
- 4. Hacer un circuito en serie y en paralelo usando pilas, alambres y bombillas.*
- 5. Una vez que los circuitos estén completos, hacer predicciones de cómo funcionan los circuitos si se quita una bombilla. Discutan también si las bombillas podrían brillar más en una configuración que en otra. Los estudiantes deben anotar sus predicciones en la hoja de trabajo.*
- 6. Probar sus predicciones usando sus circuitos y comparar los resultados de sus predicciones.*
- 7. Reunirse en grupos para que discutir los hallazgos.”*

(Sesión 1-cuestionario inicial - pregunta 1: 31/01/14).

Son varios los aspectos que llaman la atención sobre esta guía. El momento de realizar la actividad experimental es después de un estudio teórico del tema, se trata que las estudiantes se den cuenta de lo acertada que es la teoría en relación con los fenómenos que estudian. En correspondencia entonces, se puede considerar que el papel que le asigna a la experimentación es como posibilidad de comprobación de la teoría enseñada a través de la realización de montajes y verificación de hipótesis. Además, como se mencionó, el participante resalta los pasos del método científico en este proceso metodológico y de un modelo basado en la comprobación, predicción y verificación de los resultados.

Ahora bien, la ruta que establece el participante para desarrollar su práctica puede estar dando cuenta de una estructura epistemológica que se corresponde con el carácter de independencia entre la experimentación y la teoría; sin embargo, ciertos elementos que

se encuentran en sus respuestas a preguntas posteriores, matizan un poco estas concepciones.

Por ejemplo; en la segunda pregunta de este mismo cuestionario (Ver Anexo 4), Jorge asignó poca prioridad al ítem relacionado con la actividad experimental como demostración o corroboración de validez de las teorías. Lo que se confirma con la justificación de la pregunta 3 del cuestionario inicial, al escribir que *“la actividad experimental puede llevarse a cabo en cualquier momento del proceso pedagógico.”* (Sesión 1-cuestionario inicial - pregunta 3: 31/01/14). Este comentario es importante porque el participante no limita un momento especial para la actividad experimental; ésta puede llevarse a cabo en cualquier instante del proceso de enseñanza.

A pesar de estas matizaciones, la idea de comprobación que caracteriza a esta categoría, se presenta con fuerza en otras de sus respuestas de la primera sesión:

“La observación y experimentación son importantes en todo proceso de investigación, ya que nos permiten estudiar diferentes variables que posteriormente nos ayudarán corroborar o desmentir hipótesis, y así llegar a teorías que posiblemente se conviertan en leyes.” (Sesión 1-cuestionario inicial, pregunta 5: 31/01/14)

Igualmente, durante la presentación de una actividad experimental (segunda parte del cuestionario inicial. Ver Anexo 4), el participante hace su intervención con el propósito de enseñar a sus estudiantes aspectos relacionados con el magnetismo. Su estrategia metodológica consiste en proveer materiales para que los estudiantes los manipulen y aporten las ideas que van adquiriendo a medida que trabajan con esos implementos.

Es así como invita a una “estudiante”¹⁶ a explorar los materiales, manipularlos y expresar sus ideas. Acto seguido, el docente hace una mediación para adecuar el lenguaje de la “estudiante” con lo que ya ha sido enseñado y demostrar los aspectos que él quiere resaltar, en este caso, la atracción y repulsión magnética utilizando diferentes materiales.

“[...] nosotros sabemos que los imanes por naturaleza tienen la propiedad de atraer cuerpos metálicos, pero puede suceder que si frotamos, o podemos

16 Las actividades no contaron con la presencia de estudiantes; los profesores participantes asumieron este rol para efectos de la presentación de la actividad experimental.

averiguar, que si frotamos otros cuerpos, podemos analizar si pueden ser o no atraídos por el imán ((frota lana contra su chaqueta, la coloca sobre la mesa y le acerca el imán)) (2) vamos a mirar (2) entonces aquí podemos, según lo que realizamos, podemos observar que así esta lana haya sido frotada en otro material textil no logra ser atraída por el imán (2) por qué? porque no tiene la propiedad de adherirse a cuerpos metálicos. Entonces esta es una forma de estudiar los procesos magnéticos, campos magnéticos". (Sesión 1, segunda parte del cuestionario inicial: 14/02/14)

Se puede mencionar que el participante utiliza la actividad experimental desde un enfoque demostrativo con la intención que sus estudiantes puedan establecer conclusiones y relaciones entre lo enseñando y la actividad experimental. Por tanto, aunque se presentan ciertos modales en estas primeras actividades, están ausentes relaciones, vínculos o puntos de convergencia entre la experimentación y la teorización.

Perspectiva epistemológica que también parece adecuarse con el pensamiento de Eduardo; al realizar un seguimiento a las respuestas del cuestionario inicial, se puede interpretar que para el participante, el momento adecuado para el desarrollo de la actividad experimental, es posterior a la explicación teórica, ya que afirma que:

"es un momento propicio para vivenciar lo que se está enseñando en la teoría: me parece que tiene mayor grado de fijación del conocimiento de esa forma" (Sesión 1-cuestionario inicial, pregunta 3: 31/01/14)

La creencia en la posibilidad de corroborar los supuestos teóricos mediante refinadas pruebas, tiene sustentos epistemológicos enraizados en el método deductivo de la ciencia, que guía los procesos de enseñanza de este campo y que define las relaciones con el conocimiento, con la ciencia y con la forma en que procede. Expresión como la siguiente da cuenta de ello:

"Es propio del trabajo científico verificar datos, elaborar pruebas, establecer hipótesis y valorar resultados" (Sesión 1-justificación a la pregunta 5 del cuestionario inicial: 31/01/14)

Así mismo, durante la demostración de una actividad experimental usual en su proceso pedagógico (Sesión 1, parte 2), fue factible considerar que el docente asumía una carga teórica en las estudiantes en relación con algunos conceptos físicos, dando paso rápidamente al proceso demostrativo de la variación de la masa y el peso de un cuerpo.

[...] vamos a comprobar, cuál es la variación que existe, entre el término de masa y peso de un cuerpo. Sabemos que la masa es la cantidad de materia contenida en él que ocupa un volumen determinado en el espacio y que ese peso va a ser la relación de esa masa con respecto a la fuerza de gravedad.” (Sesión 1- Cuestionario inicial-parte 2: 14/02/14)

Varios son los elementos interesantes en estos anteriores extractos; se asigna un momento especial a la actividad experimental, y es justamente posterior a la teoría, dado que *“tiene mayor grado de fijación el conocimiento de esa forma”*. Además se asume que las estudiantes ya tienen una carga teórica en relación con los conceptos de masa, peso, volumen, fuerza y gravedad. Por tanto, para el desarrollo de la actividad experimental, es necesario el acercamiento a la teoría, enseñada durante el desarrollo de clases anteriores, y validada mediante procesos experimentales en la práctica de laboratorio.

Resumiendo, se interpretan en los discursos de estos dos participantes, algunas características epistemológicas clave de la perspectiva de independencia entre la experimentación y la teorización y que es, en muchos sentidos, opuesta a la mirada epistemológica desde el enfoque social y contextual del conocimiento que se respalda.

5.1.1.2. Actividad experimental como fundamento de la dinámica científica

Considerar que la teorización secundaria a la experimentación, también es una forma de asumir un estado de independencia entre estos dos elementos

Este modo de interpretar la relación entre la teorización y la experimentación se puede vincular con la descripción que hace Berni sobre una actividad experimental típica que ella realiza con sus estudiantes:

“Inicialmente se inicia un laboratorio con materiales como una bomba y trozos de papel, con estos materiales las estudiantes frotan sobre su uniforme y luego lo acercan al papel, luego vuelven a frotar y se lo colocan a una compañera en el pelo y terminamos frotando y colocarlo cerca al brazo, después de esta experiencia las estudiantes comienzan a construir hipótesis sobre los fenómenos vistos. La llamo aprender desde el descubrimiento y la práctica de laboratorio, el propósito es que la estudiante experimente, indague, analice y aplique desde su cotidianidad” (Sesión 1- cuestionario inicial, pregunta 1: 31/01/14)

Es factible considerar que, al privilegiar el aprendizaje por descubrimiento y describirlo en los términos que lo hace, ésta profesora tiene un alta creencia en el potencial inductivo de la experimentación como medio para la teorización, y por consiguiente arguye que es el camino propicio para que se dé el aprendizaje del fenómeno que desea enseñar.

Estas consideraciones se adecuan con la respuesta a la tercera pregunta del cuestionario inicial; la participante explicita que generalmente desarrolla las actividades experimentales antes de la explicación teórica:

“cuando las estudiantes tienen la oportunidad de realizar las prácticas de laboratorio antes de conocer los conceptos sobre la temática que se van abordar, van a tener mejor entendimiento de las conceptualizaciones” (Sesión 1-cuestionario inicial, pregunta 3: 31/01/14).

La justificación que hace la participante a la quinta pregunta del cuestionario inicial, es consecuente con las interpretaciones realizadas; ya que argumenta que:

“todo se debe de probar.....para poder divulgarla ((la ciencia)) a la humanidad y esto siempre va a partir de la observación, experimentación para poder organizar las ideas y terminar por teorizar”. (Sesión 1-cuestionario inicial, justificación de la pregunta 5: 31/01/14)

Con estas afirmaciones, reitera su convicción que la actividad experimental permite asentar los fundamentos teóricos, identificando de esta manera una única fuente del conocimiento y un método unitario para la actividad científica.

La selección del ítem 6, (pregunta 5 del cuestionario inicial, ver Anexo 4), se presenta como coherente frente a las tendencias epistemológicas de la participante; ya que asigna un papel inicial a la observación y al experimento, y un papel secundario a la teoría. Esta selección también es coherente con la elección del ítem 8 (de la misma pregunta) relacionado con la obtención sistemática y cuidadosa de evidencias experimentales como el camino para el conocimiento.

Al realizar un seguimiento a las convicciones de la participante, se encuentra la misma tendencia en la segunda parte del cuestionario, consistente en diseñar y presentar una actividad experimental al resto de los participantes:

“Entonces vamos a tomar el tema de electricidad, (3) entonces el alumno tomaría inicialmente un globo (3), lo llenaría de aire ((la profesora muestra el globo que ya tiene inflado)) y empezaría a frotarlo con el uniforme, en este momento lo estoy frotando (2) en mi (2) delantal (3) lo suficiente (2)((frota la bomba en su delantal)) con la idea de que si lo aproximo (1) a unos trocitos de papel (3), el papel logre pegarse a la bomba ((hace la demostración)) y el estudiante se empiece a cuestionar qué fenómeno está ocurriendo (2) porque estamos partiendo de que no sabemos absolutamente nada.” (Sesión 1 - cuestionario inicial, parte 2: 14/02/14)

En esta presentación, la participante da una explicación inicial para luego permitir que “sus estudiantes” exploren los materiales y experimenten con ellos. La actividad parte del supuesto que los estudiantes no tienen conocimientos de la temática y que a partir de este ejercicio pueden construir explicaciones teóricas. Es fuerte la convicción que la experimentación de los fenómenos estudiados es la fuente del conocimiento; y por tanto la teorización se dará en la medida que se experimente y se conozcan en profundidad los fenómenos.

En general se puede establecer que el papel de la experimentación y la teoría, son, respectivamente, potenciar la capacidad de asombro y descubrimiento en los estudiantes y, analizar esos “descubrimientos” que se han experimentado en la práctica, con los modelos teóricos explicativos que pueden surgir de los razonamiento experimentales, que se consultan en fuentes virtuales o que son enseñados de manera magistral por parte de la docente:

“...siempre con los estudiantes hago primero el laboratorio, ellos indagan y lo último que yo hago en clase es que yo traigo una presentación en power point y les fortalezco los conocimientos, los conceptos”. (Sesión 1 - cuestionario inicial, parte 2: 14/02/14)

Esta imagen de la relación entre la teoría y la experimentación, se reitera durante la sesión 2 a partir del fragmento de primera fuente leído sobre los fenómenos eléctricos:

“se evidencia que si se diera la teoría inicialmente la comprensión de estos fenómenos son muy pobre, por tal motivo y desde la antigüedad el método científico se ha basado en la experimentación y luego en la teorización, por lo tanto establecen relaciones sólidas, además la ciencia debe ser demostrada para poder teorizarla.” (Sesión 2-cuestionario individual, pregunta 4: 21/02/14)

La participante ha sido muy enfática en resaltar que un adecuado proceso científico es aquel que parte de la experimentación y es secundado por la teorización, lo que se acomoda con una perspectiva de la actividad experimental como la única fuente de conocimiento que permite, mediante un método inductivo, realizar leyes y principios sobre los fenómenos que son estudiados.

Desde esta subcategoría, también es factible analizar algunas respuestas de Jorge, principalmente en la quinta pregunta del cuestionario inicial, ya que sólo considera que el ítem que propone que *El conocimiento científico parte de la observación y de los experimentos para posteriormente, elaborar leyes y principios*, es el único que describe la actividad científica. Esta selección está relacionada con una postura en la que se asume que el conocimiento teórico procede de la actividad experimental.

Sin embargo, la selección de este ítem no es muy concluyente, ya que las interpretaciones que se han realizado de sus respuestas, llevan a considerar sus aportes como tendientes a la asimilación de un papel verificador de las teorías para el experimento.

5.1.2. Relación de constitución /complementariedad.

La relación de complementariedad entre la experimentación y la teorización, se interpretó a partir de los enunciados y argumentos de los participantes en los que se pudo reconocer e identificar la simetría entre ambos aspectos como un camino propicio para comprender la dinámica científica.

En primera instancia, es importante mencionar que en el cuestionario inicial de la primera sesión, los participantes seleccionaron ítems que indicaban explícitamente una relación de complementariedad entre la experimentación y la teorización, además mencionaron la actividad experimental como intencionalidad para la construcción conceptual y la reflexión teórica, aspectos que podrían dar indicios del reconocimiento de ambas partes como elementos mutuamente influidos en el proceso científico.

Sin embargo, no fue posible encontrar correspondencia de estos supuestos con las respuestas o reflexiones a las demás actividades de las primeras sesiones. Por tanto se

argumenta que, de alguna manera, los participantes comprenden y valoran la riqueza conceptual y experimental desde la perspectiva defendida, pero las valoraciones dadas a otros ítems y sus justificaciones, parecen ir en una dirección opuesta a estas apreciaciones, por lo que no es posible suponer que existan tendencias epistemológicas que reconozcan la relación de complementariedad entre la teorización y la experimentación, al menos, durante las dos primeras sesiones.

Interesantemente, a partir de la sesión 4, se comenzaron a identificar algunos elementos representativos sobre la relación de correspondencia y coincidencia entre la teorización y la experimentación, que fueron aumentando a medida del desarrollo de las actividades posteriores. Se analizaron enunciados en los que se comprende una relación caracterizada por un sustento epistemológico que reconoce tanto a la actividad experimental como teórica en la comprensión de la dinámica científica.

Por ejemplo, el participante 3 -Eduardo-, estableció relaciones entre la controversia Pascal-Noel sobre la noción de vacío, y la actividad experimental de Dufay 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 teorización 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 y 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 contexto de la experimentación de Dufay)), 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.” (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. Lo que permite suponer que los análisis a 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.

En la sesión 6, al preguntar por el papel de la actividad teórica y de la actividad experimental en la discusión particular entre Pasteur y Pouchet, Berni argumenta que:

“El modelo teórico hoy en día es muy importante para la experimentación, si retomamos estos antecedentes por llamarlos de alguna manera nos ayudarían a mejorar los tiempos de búsqueda y su importancia para los avances científicos de la humanidad.” (Sesión 6-pregunta 8: 19/03/14)

Esta reflexión apunta a resaltar la actividad teórica, vista como un elemento relevante para la actividad experimental en la medida que contribuye al proceso científico, vale recordar que había estado subyugada a la actividad experimental en sus argumentos iniciales, dado que la participante no le asignaba un papel preponderante en el proceso científico.

En relación con esta misma pregunta, Jorge arguye que: *“la actividad experimental es fundamental para hacer nuevos hallazgos, en pro de la modificación de los modelos teóricos, en tanto que éstos, a veces se muestran como irrefutables”* (Sesión 6-pregunta 8: 19/03/14)

Este enunciado es muy importante ya que en él puede resaltarse la complementariedad de carga teoría de la observación y carga experimental de la teoría. El interés radica en el cambio de la estructura de pensamiento que se ha dado en el participante; anteriormente, la tendencia era a resaltar la experimentación como un medio para descubrir fenómenos, después de esta nuevas consideraciones, el experimento es entendido como un medio modificador o complementario de la teoría.

La misma pregunta, es abordada por Eduardo de la siguiente manera: *“((la experimentación y la teorización)) tienen un punto importante de congruencia puesto que se podrían mirar como variables dependientes”* (Sesión 6-pregunta 8: 19/03/14).

Es una idea interesante si se compara con los aportes dados anteriormente, ya que en esta ocasión sus comentarios apuntan a valorar las diferentes explicaciones que han dado los científicos, y los diferentes métodos que han sido utilizados para tratar de

avaluar una teoría u otra. Por tanto, las sutilidades en el lenguaje, pueden estar dando cuenta de procesos reflexivos del pensamiento y nuevas consideraciones que antes no se tenían presentes, en relación con el proceso histórico de los contenidos científicos.

De igual forma, durante la sesión 7- que consistía en la lectura y análisis de fragmentos escritos por Lavoisier, Einstein, Schrödinger y Heisenberg acerca de 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, Jorge argumentó 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.” (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 teorización se asume como elemento clave de los sustentos y desarrollos de la actividad experimental.

Frente a la misma pregunta, Eduardo 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: 11/04/14)

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 en 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.

Estos procesos discursivos suscitados por la propuesta pedagógica, denotan cierta modificación de las ideas iniciales, en las que se mencionaba la actividad experimental, o la actividad teórica, como fuente única y aséptica de conocimiento. Por tanto, es viable establecer esta posible ruta para el desarrollo de un pensamiento más reflexivo y crítico, sobre la manera como se da la dinámica científica y sobre la forma como este enfoque puede influir en los procesos de enseñanza y aprendizaje.

5.2. Papel de los instrumentos en la construcción de 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.

Los enunciados interpretados a la luz de esta categoría se decantan por dos consideraciones. La primera en la que se asume el instrumento como medio ajeno al proceso de conocimiento, cuya función consiste en cotejar los enunciados teóricos. La segunda, el instrumento como condición de posibilidad de los fenómenos que se estudian y condición para la construcción de explicaciones y consensos sobre dichos fenómenos.

5.2.1. Instrumento como medio de registro y constatación de datos

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. Por ejemplo, en la cuarta pregunta del cuestionario inicial, se consulta por el rol que desempeñan los instrumentos en el desarrollo de las actividades experimentales. Para los tres participantes el ítem 8, relacionado con

descubrir los fenómenos que se encuentran en la naturaleza, tiene la máxima prioridad; lo que puede indicar una perspectiva epistemológica que sitúa al sujeto en un papel de observador de la naturaleza, para descubrir los fenómenos que allí ocurren.

En esta misma pregunta Jorge asigna valoraciones de 2 y 3 respectivamente, a los ítems: *Posibilitar la enseñanza de algunas técnicas de laboratorio* y *Desarrollar la habilidad para la manipulación de instrumentos* (Ver Anexo 4, cuestionario inicial). La selección de estos enunciados como los de mayor prioridad, es consecuente con una intencionalidad pedagógica enmarcada en la consideración de instrumento como medio de registro y constatación de datos, por ello, los esfuerzos educativos apuntan a su adecuada aplicación y utilización.

Durante la presentación de la actividad experimental (Sesión 1-parte 2), los participantes no mencionaron elementos que dieran pie a reflexiones o discusiones sobre los instrumentos empleados, lo que podría indicar poca o ninguna relevancia del papel participativo que tienen, tanto en los procesos de enseñanza de las ciencias, como en el conocimiento sobre el fenómeno que están enseñando. Es así como se disipan ideas sobre las propiedades que se les pueden atribuir en el proceso científico y educativo, y que les permiten ser considerados como los más adecuados para estudiar un tipo de fenómeno determinado.

Por ejemplo Eduardo, al igual que los otros participantes, no hace una referencia explícita sobre el papel del dinamómetro para el estudio de las fuerzas, entonces, transmite la idea -por omisión del docente- que las experiencias siempre se han realizado de la misma forma y de manera ahistórica.

“Tomo un dinamómetro, el cual está calibrado para....está calibrado en Newton según la escala que tenemos acá para medir precisamente fuerza. Entonces lo primero que vamos a hacer, es tomar un cuerpo, una masa cualquiera (toma un masa con hilo), esta masa tiene una cantidad de materia, y vamos a comprobar cuál es la variación que existe entre el término de masa y peso de un cuerpo”
(Sesión 1-parte 2, presentación de actividad experimental: 14/02/14)

El participante ya asume que el instrumento (dinamómetro) se encuentra calibrado, sin hacer alusión a la manera como se lleva a cabo la calibración. Reflexionar sobre este proceso de calibración es interesante e importante cuando se trata de analizar el rol de los instrumentos en la construcción y organización de fenomenologías.

Este enunciado, además, enfatiza en la idea de comprobación y permite suponer que el papel asignado a los instrumentos es el de toma de datos y medidas, siendo su labor primordial en la actividad experimental el de *“descubrir los fenómenos que se dan en la naturaleza.”*

Esta consideración sobre la posibilidad del instrumento para la comprobación y verificación, tiene gran peso en el pensamiento inicial de los participantes. Por ejemplo, al indagar por el papel que cumplen los instrumentos, a partir de las preguntas y reflexiones suscitadas de la lectura original sobre la organización del fenómeno eléctrico (sesión 2), Jorge mencionó que:

“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” (Sesión 2-cuestionario, pregunta 3: 21/02/14)

Con este enunciado se afirman las condiciones cuantitativas que deben tener los instrumentos, y su utilidad para diferenciar un fenómeno de otro.

Así mismo, esta tendencia epistemológica prevaleció en la sesión dos, durante la socialización de las preguntas. Al indagar sobre una perspectiva general de la lectura, Berni mencionó:

“no estamos de acuerdo con el concepto de instrumentos como lo utilizan ahí [...] me cuesta trabajo [...] llamarle instrumento a algo que creo que nosotros en ciencias naturales estamos manipulando como materiales para poder construir el fenómeno como tal. E instrumentos como por ejemplo un electroscopio, donde yo cojo estos materiales y puedo ir allá y mirar que realmente si existe una carga [...]” (Sesión 2-socialización: 21/02/14)

Este enunciado se da, en el marco de las reflexiones sobre la utilización de objetos materiales por parte de Euler, Dufay y Franklin; en los fragmentos se hizo alusión, a aspectos relacionados con las interpretaciones y las explicaciones de los efectos eléctricos que se hacen a partir del uso y la manipulación de diferentes materiales u objetos.

Berni continúa mencionando:

*“Es que de instrumento como tal tenemos la concepción que es medible, está midiendo algo **[que permite medir si, permite medir un fenómeno x, entonces si***

nosotros, por ejemplo, queremos medir la cantidad de energía entonces traemos un instrumento que nos diga, que nos señale cuanto es el valor de esa energía. Ese es como un instrumento. Llémoslo a la práctica; cuando los señores van a medir lo que te van a cobrar por la luz, ellos llevan un instrumento y miran allá la energía que la persona ha utilizado...cierto? Ellos no llevan cables ni llevan::: ellos llevan es un instrumento para medir.” (Sesión 2-socialización: 21/02/14)

Esta idea de instrumento se prolonga durante la socialización, Berni puntualiza lo siguiente:

“Si Eduardo tiene el dinamómetro ahí y no tienen las pesas, el dinamómetro no le sirve en ese momento absolutamente para nada, porque él lo utilizó era para saber la masa de esas pesas que tenía, es decir, necesitaba una materia prima para poder que ese instrumento funcione, si me entiende? En cambio mi compañero y yo utilizamos cosas que en ese momento no teníamos nada medible [objetos para la actividad experimental: imanes, globos, papel, nylon], sino cualificable, estábamos era qué? En cambio él si estaba midiendo, entonces como él estaba midiendo necesitaba datos muy concretos, necesitaba un instrumento, para qué ese instrumento? Para poder mirar el material que él tenía.” (Sesión 2-socialización: 21/02/14)

Los enunciados de la participante, apuntan a consideraciones sobre el instrumento visto a partir de su función y utilidad para la obtención de datos cuantitativos; el instrumento es un objeto sofisticado que permite medir los materiales y en esa medida se asume como posibilidad de cuantificación. Se presupone que esta se corresponde con sustentos teóricos que sostiene la creencia de una realidad configurada de manera externa al sujeto que la indaga.

Por su parte, Jorge manifiesta su acuerdo con las ideas expresadas por Berni y justifica lo siguiente:

“El término instrumento, cuñarlo en esta parte que tienen que ver más con (2), con la búsqueda de un conocimiento, con la aprobación de un conocimiento, no tiene cabida” (Sesión 2-socialización: 21/02/14)

Con este enunciado el participante, al parecer, excluye del proceso de construcción de conocimiento a los objetos materiales, y analiza que su papel es posterior a estos procesos científicos.

Las ideas de Berni y Jorge prevalecieron durante la socialización de las actividades experimentales de la sesión 3 relacionadas con la neumática y el papel de los instrumentos. No obstante, comenzaron a ser relativizadas y transformadas, lo que se verá más adelante, cuando Eduardo los interroga y establece contraargumentos frente a lo expuesto por ellos.

A continuación, se presenta el siguiente diálogo sobre el rol que cumplió la jeringa en la controversia entre Pascal y Noel y que suscitó reflexiones interesantes sobre el papel del instrumento en la consolidación de la idea de vacío:

Paula: *ok, bueno, volviendo al asunto de los instrumentos, cierto? pues ellos utilizaban una jeringa, pero no con un papel cuantitativo; sí?, no para realizar mediciones, sino para simular esa condición; para uno de vacío, para el otro, de éter, cierto?*

Berni: *[...] prácticamente el material que ellos están discutiendo es lo que hay dentro de la jeringa (2), es vacío o no es vacío? (3). Entonces yo pienso que este instrumento como tal, llámese jeringa como lo llamaban en esa época, es el que le está sirviendo para explicar la vaina del vacío o la vaina del éter, entonces ahí yo vuelvo y me ajusto a lo que es un instrumento.*

[...] están es mirando un espacio que deja el émbolo cuando lo sacamos (2) o cuando le colocamos presión, cierto? lo estamos vaciando, entonces está sirviendo de instrumento para ver este volumen y hablar del vacío o del éter. Entonces ahí yo lo utilizaría como instrumento.

[...]

Paula: *y para Jorge?*

Jorge: *bueno, para mí (3), el material solo, es un instrumento, pero según lo que estamos analizando se convierte en un material porque yo no estoy cuantizando nada (3), estoy hablando de algo que puede ser probable o de algo que no puede ser probable.*

Paula: *sólo gana, digámoslo así, esa categoría de instrumento cuando se puede cuantificar?*

Jorge: *exacto, cuando yo mido algo, cuando yo cuantizo ((cuantifico)) algo. Ahí hablo de un instrumento*

Paula: *ok, recuerdan que, cuando estaban experimentando, Pascal pesa una jeringa supuestamente con un vacío pequeño y con un vacío grande **ly pesaban iguales** y pesaban exactamente lo mismo.*

Eduardo: *Ya no era un comportamiento cualitativo como tal, sino que ahí sí se quería llegar a una parte medible, él quería ver algo tangible, algo sustentable, medible y verificable (3), donde pudiera mostrar esa situación*

Durante este segmento de la discusión, los participantes ratifican su idea sobre la posibilidad de hacer mediciones cuantitativas para asignarle la condición de instrumento a un objeto material, cuya función continúa asociada al medir y cuantificar. No es posible asignarle un papel diferente a ese, además no es considerado como parte del proceso de construcción de las teorías y de los fenómenos que se estudian

De estos enunciados, varios son los aspectos que llaman la atención:

Para la participante 1 -Berni- la jeringa es utilizada por Noel y Pascal como un instrumento, ya que están determinando un espacio, un volumen, que se encuentra vacío o que contiene éter

Para el participante 2 – Jorge-, la jeringa tal como es utilizada por Pascal y Noel es un material, ya que no están cuantificando nada con ella; cuando sea utilizada para realizar mediciones se puede considerar como un instrumento.

Para el participante 3 –Eduardo-, el momento en el que se utiliza la estrategia de pesar las jeringas, es el que determina la comprobación de la actividad experimental ya que permite verificar el fenómeno que se está exponiendo.

Se puede establecer entonces, que los participantes no parecen considerar una relación entre el instrumento y el proceso de la construcción del fenómeno; la concepción que sostienen del instrumento es como un medio para registrar y constatar datos cuantitativos, es decir que tiene un papel de verificador de las teorías; por tanto, se resalta la independencia entre el conocimiento sobre el fenómeno que se estudia y el objeto con el que se mide y verifica tal fenómeno.

Desde estas primeras sesiones ha sido posible interpretar las respuestas de los tres participantes en esta categoría, ya que hacen alusión al papel de los instrumentos desde su utilidad para “detectar” fenómenos o para determinar y contrastar valores

cuantitativos. Además la respuesta de los tres participantes es contundente cuando mencionan que la principal intención en el uso de los instrumentos en las prácticas experimentales es como posibilidad de descubrir los fenómenos de la naturaleza, por tanto no hay cabida para una consideración sobre el instrumentos como posibilidad de generación o producción de fenomenologías.

En estas primeras sesiones, los argumentos y debates de los participantes se vinculan con una postura epistemológica con tintes positivista ya que se aboga por una realidad externa, sujeta a comprobación, demostración y verificación mediante el uso de objetos llamados materiales o instrumentos, que tienen un rol externo y ajeno en la actividad científica.

Estas consideraciones de los docentes orientan su quehacer educativo, tal como se puede apreciar en las presentaciones y escritos que hacen sobre prácticas experimentales que normalmente desarrollan con sus estudiantes.

El papel de los instrumentos visto a la luz de esta categoría, se relaciona con una actividad experimental independiente de la construcción científica, que se acomoda con la exigua comprensión de la dinámica científica y por correspondencia, con un pequeño impacto en los procesos de enseñanza y aprendizaje de las ciencias.

5.2.2. Instrumento como posibilidad de generación (producción) de fenomenologías

Los enunciados que se presentan a continuación hacen mención a una relación de constitución entre los hechos científicos y 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 suceda."*

Estos enunciados son de interés ya que el participante 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 mi 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 porque 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. (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. (Sesión 3-socialización de las preguntas orientadoras: 28/02/14)

De otro lado, en la sesión 5 - actividad experimental sobre los efectos de la repulsión-, Berni mencionó *las limitantes* de los instrumentos para resaltar los rangos de medida que éstos ofrecen, en su cualidad de caracterizar aquello que es susceptible de ser medido. Esta idea comenzó a ser cuestionada por Eduardo, dando inicio a la siguiente serie de procesos discursivos, caracterizados por argumentos, contraargumentos y respuestas en relación con las particularidades de los instrumentos:

Eduardo: Estos porque tienen que ser instrumentos? o sea esto qué me va a medir exactamente? numéricamente que me va a medir? porque tú ((Berni)) haces referencia a un instrumento cuando decías que la jeringa me mide tantos mililitros y una cantidad exacta y no sé qué. Yo por qué no puedo decir que estos son materiales?

[...]

Eduardo: eso que cuantifica?

Berni: no, no cuantifica, cualifica

Eduardo: por eso entonces, entonces...

...porque yo me baso en lo que tú tienes, una concepción de instrumentos que es algo exacto que te mide una situación, ^te mide

Berni: no, pero:::

Eduardo: o sea yo para medir algo tengo que saber con exactitud

Berni: pero si...

Eduardo: y numéricamente qué o si no es cualitativo

Berni: *no, si, pero Eduardo José no se le olvide que yo dije que no solamente mide si no que es observable*

Eduardo: *es medible*

Berni: *y observable*

Eduardo: *lo observable puede ser cualitativo, entonces hasta qué punto es un instrumento. O sea yo lo que quiero con esta discusión es que vamos a enriquecer ese concepto...*

Berni: *pero es que material es con lo que están hechos estos objetos*

Eduardo: *no es un material de trabajo?*

Berni: *por lo mismo, yo siempre he dicho y he escrito que los instrumentos no solamente permiten medir (2) si no que se pueden observar y eso lo acabamos de vivir¹⁷, no pudimos mirar en las manos si realmente se atraen o se repelen, solamente es una sensación, aquí en este instrumento si usted le acerca algo usted que va a ver en las patitas, que se están qué?*

Eduardo: *[...] es que hay varias formas de mirarlo yo lo puedo interpretar de un forma y eso es válido, y está bien lo que tú me dices, pero si uno empieza a darle otras interpretaciones o a enfocarlo en otras situaciones específicas, quizá ya no tendría la misma aplicación, a eso es a lo que yo me refiero, cierto?*

Estos interrogantes de Eduardo, posiblemente modificaron las ideas iniciales que tenía Berni, en relación con las peculiaridades que le atribuía a los instrumentos; inicialmente eran características cuantitativas, ahora considera que los instrumentos tienen cualidades que van más allá de su posibilidad para hacer mediciones.

Al realizar un seguimiento y una triangulación entre estas nuevas consideraciones y las respuestas escritas en el cuestionario de la sesión 5, se pudo interpretar una correspondencia, basada en un enfoque diferente del instrumento sostenido en las etapas iniciales de la actividad pedagógica, y que ha sido objeto de transformaciones hacia una visión más mediadora en la construcción de conocimiento. Frente a la

17 El participante 3 se frota las manos fuertemente, describe las sensaciones que está experimentando y luego invita a los demás participantes a repetir la experiencia para analizar las sensaciones de atracción y repulsión.

pregunta por el papel de los instrumentos y la experimentación en las explicaciones sobre la repulsión eléctrica, la participante consideró lo siguiente:

“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.” (Sesión 5-cuestionario-pregunta 5: 9/04/14)

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

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 Jorge y que visibilizan la ampliación de la significación de los instrumentos y materiales:

“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.” (Sesión 5-cuestionario-pregunta 5: 9/04/14)

Estas consideraciones logran permear las respuestas dadas al cuestionario correspondiente a la sesión 7- Científicos hablan sobre ciencia!!!-, Jorge escribe lo siguiente:

“La relación entre el aparato de medición para Heisenberg y la imagen de realidad radica en que, el hombre supone el conocimiento del comportamiento de los cuerpos y/o partículas, con el cual se puede hacer a una realidad objetiva.” (Sesión 7-pregunta 3: 11/04/14)

Es interesante esta respuesta a la pregunta por el aparato de medición y la imagen de realidad, ya que no hace mención a una posible cualidad del instrumento de verificar esa realidad – idea manifestada en actividades anteriores-, por el contrario, su respuesta sugiere que mediante los instrumentos, el hombre puede suponer la comprensión del

comportamiento del fenómeno en estudio, y de esta manera hacerse la idea de una realidad objetiva. De alguna forma, esta respuesta puede estar dando cuenta de una consideración sobre los instrumentos como medio o posibilidad para la imagen de realidad que se tiene, o que si se desea, se construye.

Por lo que se puede interpretar, que el hecho de argumentar o redactar, haciendo uso de ciertas matizaciones que flexibilizan las ideas sobre la actividad científica, puede estimar un proceso de transformación que se viene dando en el pensamiento de los participantes, y que si bien no es instantáneo ni momentáneo, sí comienza a hacer parte de las consideraciones que van teniendo en cuenta cada vez que reflexionan sobre la dinámica científica.

A modo de conclusión cabe señalar que los argumentos iniciales de los participantes, fueron puestos a prueba, con cada una de las lecturas de los fragmentos originales y las reflexiones que de ellos se hicieron. En este sentido, las actividades de socialización con base en las preguntas orientadoras sobre estos textos, fungieron como elementos desestabilizadores que generaron diferencias de opinión y suscitaron contraargumentos y nuevos replanteamientos.

En este sentido, los participantes se vieron en la necesidad de transformar su estructura de pensamiento, dado que las antiguas visiones no se adecuaban con la dinámica científica socio cultural que se podía interpretar en estos casos concretos de la historia, encontrando de esta manera serias debilidades en sus propios argumentos.

Estos procesos de transformación a la luz de este tipo de actividades pedagógicas, pueden ser un indicador del proceso meta cognitivo vivenciado, a medida del desarrollo de habilidades reflexivas y críticas del pensamiento, sobre aspectos relacionados con la NdC; el reconocimiento de diversas formas y métodos del conocimiento, y sus procesos de construcción y validación, ligados a las particularidades de los contextos de los cuales surgen.

En relación con el campo disciplinar, se puede considerar que la presentación de las temáticas y contenidos propios de los fenómenos físicos, en el marco de los análisis histórico-críticos, permite enriquecer y flexibilizar sus contenidos.

6. CONSIDERACIONES FINALES. ALGUNAS POTENCIALIDADES DE LA PROPUESTA Y PERSPECTIVAS DE TRABAJO

A partir del proceso de interpretación y construcción de hallazgos, se resaltan los aportes teóricos y metodológicos de esta propuesta pedagógica que puede ser considerada como una ruta posible para la comprensión y contextualización de aspectos acerca de la NdC, vinculados al ejercicios y formación docente toda vez que sus actividades permitieron vincular implícita o explícitamente reflexiones sobre la experimentación, el papel de los instrumentos, la naturaleza del conocimiento, la manera como se asume y se enseña la ciencia, la relación teorización-experimentación, la construcción y el uso de explicaciones y los procesos discursivos como mecanismo para la búsqueda de consensos sobre aquello que es estudiado.

El recurso de la historia y epistemología de las ciencias, fue el escenario idóneo, para resaltar cualidades de las actividades experimentales como la reproducción y análisis de efectos asociados a la electrificación (atracción y repulsión) en relación con las experiencias de Dufay, el diseño, construcción y uso de indicadores a propósito de la repulsión eléctrica, y algunas experiencias de neumática con base en consideraciones sobre la controversia Pascal-Noel, permitieron a los docentes participantes considerar a la experimentación en su papel indispensable para la construcción sobre algunos fenómenos físicos y razonar los múltiples factores que convergen en una explicación sobre los aparatos que se están manipulando, sobre los efectos que se están construyendo y sobre las interpretaciones que se van aceptando.

Al privilegiar el rol de la experimentación en la construcción del conocimiento y su carácter discursivo, se movilizaron consideraciones sobre la importancia de la argumentación para construir, explicar y predecir fenómenos. Este reconocimiento, pudo contribuir en la consolidación de un enfoque de la dinámica científica en el que se reconoció el carácter dialógico y complementario entre la experimentación y la teorización ligados ambos, a los procesos constructivos del conocimiento.

En este sentido, las actividades experimentales escolares adquirieron un nuevo significado; un medio para la construcción y comprensión de los fenómenos, que se dio gracias al ejercicio de organización de las experiencias sensibles, al análisis del papel que juegan los instrumentos y los procesos de medida en la actividad científica, y al

ejercicio de contextualización mediante el acercamiento a episodios experimentales históricos específicos. Estas actividades también movilizaron el desarrollo de procesos epistémicos vinculados con los elementos discursivos, razonados y construidos a medida que se iban haciendo modificaciones y sofisticaciones a las consideraciones sobre las dimensiones que hacen parte del proceso científico.

Con esta propuesta pedagógica también se pudo reconfigurar la idea sobre el papel fundamental de los instrumentos para la construcción de explicaciones y consensos sobre algunos fenómenos físicos. Esta caracterización, puede ser llevada al aula de clase para generar formas alternativas en la comprensión y enseñanza de contenidos científicos:

“Ellas estudiando esos::: materiales que nosotros les traigamos, les proporcionemos, ellas a partir de allí se generarían un sin número de preguntas, que nosotros como docentes estaríamos en la posibilidad, y estaríamos en la capacidad de abordar para que ellas vayan (3) para que ellas vayan solucionando esas inquietudes y tengan otras formas de entender los procesos físicos, o químicos o biológicos que se tomen en ciencias naturales. (Jorge. Sesión 2-socialización: 28/02/14)

De esta manera, las actividades orientadas hacia la comprensión de las formas alternativas como se desarrollaron los fenómenos, pudo incidir en el fortalecimiento de temáticas en el campo de la física, específicamente sobre los fenómenos eléctricos y de neumática, comprendiendo los diferentes modelos explicativos en sus contextos particulares como una interpretación sobre ese fenómeno, evitando una enseñanza ecléctica de contenidos desituados.

Por otro lado, el recurso del análisis histórico-crítico de los fragmentos de primera fuente (narrativas científicas), se presentó como elemento que permite conocer y enseñar los procesos de la dinámica científica, dotarlos de historicidad, desde una perspectiva sociocultural de la ciencia y del conocimiento y reorganizar el estudio de las ciencias:

“Nosotros como docentes no siempre somos los que tenemos que decirle a la estudiante que esto pasó por esto, por esto y por esta razón, sino que a través de la lectura modificada, incitarlos e invitarlos a ellos a que conozcan lo que sucedió en épocas remotas, en épocas remotas. Esa sería una manera de renovar el estudio de las ciencias naturales actualmente. (Jorge. Sesión 2-socialización: 28/02/14)

Igualmente, la proximidad al pensamiento y a la naturaleza especial de los científicos abordados – Gilbert, Boyle, Euler, Dufay, Franklin, Pascal, Noel, Einstein, Schrödinger, Heisenberg, Lavoisier, De Broglie, mediante la lectura de algunos de sus textos, permitió humanizar la actividad científica, dotarla de significados, momentos, contextos, motivaciones, pensamientos, intenciones e intereses que hacen parte de la idiosincrasia humana y que son el motor de la empresa científica.

Es así como los procesos de construcción del conocimiento en el aula de clase, pueden darse como consecuencia de la incursión de consideraciones sociales, motivacionales y culturales, que generan válidas y diferentes cosmovisiones sobre la manera como se interpreta y construye la realidad.

Una potencialidad más de esta propuesta, es que los docentes participantes lograron repensar las circunstancias en las que se consolidan las teorías que enseñan, de esta manera pueden permear a otros docentes sobre la forma como se relacionan con la ciencia y el conocimiento, y desarrollar sus propias propuestas de aula para el abordaje y desarrollo de los contenidos a enseñar. Aspecto que va a redundar en la construcción y revisión permanente de los planes de área, así como en la posibilidad de realizar resignificaciones importantes al currículo, y a las prácticas educativas.

Los aportes metodológicos se encuentran plasmados en el diseño de material educativo para el desarrollo de ejercicios de aula centrados en narrativas históricas, ya que el eje principal es la apropiación y uso de la historia y epistemología de las ciencias como recurso susceptible de ser problematizado desde los contextos de NdC, disciplinar y pedagógico, que para este caso se enfocó en la apropiación de estos elementos en la formación de profesores de ciencias.

La búsqueda, selección y adaptación de este material, obedece a un proceso serio y juicioso, motivado por la convicción que este tipo de reflexiones permite resignificar la actividad científica como un proceso dinámico en el que convergen y se reconocen a la par, elementos experimentales y teóricos como fuentes del conocimiento.

Sin duda, todo lo anterior incide de manera favorable en las implicaciones que trae para un docente la posibilidad de repensar las circunstancias en las que se consolidan las teorías que enseña, al considerar la actividad experimental en el aula como una posibilidad de ahondar 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, asumiendo de forma reflexiva las explicaciones que brindan los libros de texto, buscando que los contenidos que allí se encuentran sean comprendidos como una posible explicación entre otras probables.

Esta consideración permitiría desnaturalizar los contenidos, ponerlos en juego con otros contextos, flexibilizarlos e interpretarlos, posibilitando la crítica constructiva y el pensamiento razonado, 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.

Finalmente esta propuesta pedagógica incidió en un proceso de transformación en el pensamiento de los participantes, dado que durante las primeras sesiones se pudieron interpretar visiones pasivas sobre la actividad experimental y los instrumentos en la actividad científica, mientras que durante las sesiones posteriores se dio paso a la comprensión de la dinámica científica como una actividad de construcción de marcos explicativos relacionados con el propósito de delimitación y organización de fenómenos físicos, susceptible de ser reinterpretada y resignificada en los contextos escolares.

BIBLIOGRAFÍA

1. Acevedo Díaz, J. A. (2008). El estado actual de la naturaleza de las ciencias en la didáctica de las ciencias. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 134-169.
2. 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.
3. Adúriz-Bravo, A. (2005). Una introducción a la naturaleza de las ciencias. La epistemología en la enseñanza de las ciencias naturales. Buenos Aires, Argentina: Fondo de Cultura Económica, S.A.
4. 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.
5. Ayala, M. M. (2006). Los análisis histórico-críticos y la recontextualización de saberes científicos. Construyendo un nuevo espacio de posibilidades. *Proposições*, v. 17, n. 1. 19-35
6. Ayala, M. M., Malagón, J. F., & Guerrero, G. (2004). La enseñanza de las ciencias desde una perspectiva cultural. *Física y Cultura: cuadernos sobre historia y enseñanza de las ciencias*(7), 79-91.
7. 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.
8. Candela, A. (2006). Del conocimiento extraescolar al conocimiento científico escolar: Un estudio etnográfico en aulas de la escuela primaria. *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, vol. 11, núm. 30, julio-septiembre, pp. 797-820. México
9. Carrascosa, J., Gil, D., Vilches, A., Valdés, P. (2006) Papel de la Actividad Experimental en la Educación Científica. *Cad. Bras. Ens. Fís.*, v. 23, n. 2: p. 157-181, ago. 2006
10. Cisterna C, F. (2005). Categorización y triangulación como procesos de validación del conocimiento en investigación cualitativa. *Theoria*, vol. 14 (1): 61-71.
11. Chamizo Guerrero, J. A. (2007). Las aportaciones de Toulmin a la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las ciencias*, 133-146.
12. Chipman R. A. (1954). An Unpublished Letter of Stephen Gray on Electrical Experiments, 1707-1708. *Isis*, Vol. 45, No. 1. pp. 33-40

13. Elkana, Y. (1983). La ciencia como sistema cultural. Una aproximación antropológica. *Boletín Sociedad Colombiana de epistemología*, 3(5), 65-80.
14. Fernandez, I., Gil, D., Carrascosa, J., Cachapuz, A., y Praia, J. (2002). Visiones deformadas de la ciencia transmitidas por la enseñanza. *Enseñanza de las ciencias*, 477-488
15. Ferreirós J. & Ordóñez J. (2002). Hacia una filosofía de la experimentación. *Crítica. Revista Hispanoamericana de Filosofía*, 34(102), 47-86.
16. Flores, J., Concesa, C., M. & Moreira, M. (2009, septiembre-diciembre). El laboratorio en la enseñanza de las ciencias: Una visión integral en este complejo ambiente de aprendizaje. *Revista de Investigación*, 33(68), 75-112.
17. Fumifazu, S. (2006). 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
18. García, E. (2009). Análisis histórico-crítico del fenómeno eléctrico: hacia una visión de campos. Instituto de Pedagogía. Universidad del Valle
19. García, E. (2011). Filosofía de las prácticas experimentales y enseñanza de las ciencias. *Praxis Filosófica*, 31, 7-24. Universidad del Valle.
20. García, E. (2011). Modelos de explicación, basados en prácticas experimentales. Aportes de la filosofía historicista. *Revista Científica, Julio-Diciembre 2011 N°14 Bogotá*
21. Guerrero, G. (2012). Datos, fenómenos y teorías. *Revista Estudios de Filosofía. Universidad de Antioquia. n°45, Junio 2012 pp. 9-32*
22. Henao, B. y Stipcich M. (2008). Educación en ciencias y argumentación: la perspectiva de Toulmin como posible respuesta a las demandas y desafíos contemporáneos para la enseñanza de las Ciencias Experimentales. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias. Vol. 7, 47- 62.*
23. Hernández Sampieri, R., Fernández - Collado, C., y Baptista Lucio, P. (2006). *Metodología de la investigación. Cuarta Edición.* México: McGraw-Hill.
24. Hodson, D., (1994). Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio. En: *Enseñanza de las ciencias*, 12 (3), 299-313.
25. Hodson, D. (2003). Time for action: Science education for an alternative future. *International Journal of Science Education* (25:6), 645-670.

26. 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.
27. 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.
28. Jiménez Aleixandre, M. P., y Díaz de Bustamante, J. (2003). Discurso de aula y argumentación en las clases de ciencias: cuestiones teóricas y metodológicas. *Enseñanza de las Ciencias*, 359-370.
29. Koponen, I. & Mäntylä, T. (2004). Generative Role of Experiments in Physics and in Teaching Physics: A Suggestion for Epistemological Reconstruction. *Science & Education*, 15, 31-54.
30. Kuhn, T. S. (1971) *La Estructura de las Revoluciones Científicas*. México, Fondo de Cultura Económica
31. 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.
32. Latour, B., & Woolgar, S. (1995). Un Antropólogo Visita El Laboratorio. *La vida en el laboratorio: la construcción de los hechos científicos*. Madrid: Alianza Editorial.
33. 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
34. Magie, W.F (1963) (ed.). *A Source Book in Physics*. Cambridge, Harvard University Press.
35. Malagón, F., Ayala, M. y Sandoval, S. (2011). El experimento en el aula: comprensión de fenomenologías y construcción de magnitudes. Bogotá, Fondo Editorial Universidad Pedagógica Nacional, 2011.
36. Malagón, F., Ayala, M. y Sandoval, S. (2013). La actividad experimental: construcción de fenomenologías y procesos de formalización. En: *Praxis Filosófica Nueva serie*, No. 36, enero-junio 2013: 119 – 138. Bogotá, Fondo Editorial Universidad Pedagógica Nacional
37. Matthews, M. R. (1994). Historia, filosofía y enseñanza de las ciencias: La aproximación actual. *Enseñanza de las ciencias*, 255-277.
38. Medina, J. y Tarazona, M. (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

39. Moreira, M. A. (2005). Aprendizaje Significativo Crítico, Versión de la conferencia dictada en el III Encuentro Internacional sobre Aprendizaje Significativo, Lisboa (Peniche), 11 a 15 de septiembre de 2000. Publicada en las Actas del III Encuentro Internacional sobre Aprendizaje Significativo, pp. 33-45. Porto Alegre, RS, Brasil.
40. Moura, B. A., y Silva, C. C. (2013). A abordagem multicontextual da história da ciência na formação de professores de física: análise de um estudo de caso. Comunicación en el IX Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias, Girona, 9-12 de septiembre de 2013.
41. Núñez, M. G. y Tani, R. (2005). Apuntes para una arqueología de la producción social de las interpretaciones. *Espéculo. Revista de estudios literarios*. Universidad Complutense de Madrid. Tomado el 14 de noviembre 2012 de <http://www.ucm.es/info/especulo/numero31/apuntes.html>
42. Piñuel, J. L. (2002) Epistemología, metodología y técnicas de análisis de contenido. *Estudios de Sociolingüística*. 3(1), 1-42. Madrid: Universidad Complutense de Madrid. Tomado el 14 de noviembre de 2012 de <http://personales.jet.es/pinuel.raigada/A.Contenido.pdf>.
43. Popper, K. (1992). Conocimiento objetivo. Madrid, Editorial Tecnos
44. Romero, Á. E., y Rodríguez, L. D. (2009). Las relaciones entre la historia, la epistemología y la enseñanza de las ciencias. hacia un enfoque cultural de la Educación en Ciencias. Ponencia presentada en el II Congreso Internacional de Investigación en Educación, Pedagogía y Formación Docente. Medellín
45. 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.
46. Romero, A. (2014). El rol de las reflexiones acerca de la Naturaleza de las Ciencias en la formación de profesores. El caso del problema de la experimentación. Ponencia Presentada en la III Conferencia Latinoamericana IHPST. Santiago de Chile, 17 al 19 de noviembre 2014.
47. Segura, D. (1997). Constructivismo: ¿cambio de mirada o cambio de realidad?. *XVII Congreso Nacional de Física: Enseñanza de la Física*, 61-79.
48. Shapin, S. (1991). Una bomba circunstancial. La tecnología literaria de Boyle. Tomado de *La scientetellequ'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.

49. Stake, R. E. (1998). Investigación con Estudio de Casos. Madrid: Cuarta edición. Ediciones Morata, S.L.
50. 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.
51. Tamayo A, O. E; Sánchez, C. A; Buriticá, O.C (2010). Concepciones de naturaleza de las ciencias en profesores de educación básica. Revista Latinoamericana de Estudios Educativos Vol. 6, núm. 1, enero junio, 2010, pp. 133-169 Universidad de Caldas
52. Tatón, R.(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)
53. Torres-Assis, A. K (2010) The experimental and historical foundations of electricity. Montreal, C. Roy Keys Inc.
54. Toulmin, S. (2003). Regreso a la razón. Barcelona: Península

FUENTES DE PRIMERA CLASE

1. Dufay, C. 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 de Ángel E. Romero.
2. Einstein, A. (1879-1955). Sobre la teoría de la relatividad y otras aportaciones científicas. Traducción: José M. Álvarez Flores y Ana Goldar. Madrid, Editorial Sarpe, 1983
3. 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)
4. 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'anglois 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.
5. Gray, S. (1731) A Letter concerning the Electricity of Water, from Mr. Stephen Gray to Cromwell Mortimer, M. D. Secr. R. S.
6. Heisenberg, W. (1985). La imagen de la naturaleza en la física actual. Ediciones Orbis, S.A. 1985
7. Lavoisier, A. L. Tratado elemental de química. Introducción y Notas Ramón Gago Bohórquez. Ediciones Alfaguara, S.A. 1982
8. Pascal, B. Tratados de Neumática (1984). Traducción, introducción y notas: Alberto Elena. El libro de Bolsillo. Alianza Editorial, S.A., Madrid.
9. Schrödinger, E. (1980). La naturaleza y los griegos. Libros para pensar la ciencia. Traducción y prólogo Víctor Gómez Pin. Tusquets Editores

ANEXOS

ANEXO 1. Certificado Pasantía Universidad del Valle

Área Educación en Ciencias y Tecnologías

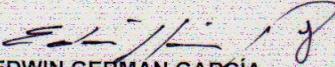
UNIVERSIDAD DEL VALLE
INSTITUTO DE EDUCACION Y PEDAGOGIA
EL COORDINADOR DE LA MAESTRÍA EN EDUCACIÓN ÉNFASIS
ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS

HACE CONSTAR:

Que las estudiantes **Paula Andrea Amelines**, C.C. 43180041 y **Yaneth Liliana Giraldo**, C.C. 32184968 en convenio con la Universidad de Antioquia visitaron la Universidad del Valle en calidad de estudiantes en **PASANTÍA**, en el marco del programa académico Maestría en Educación Énfasis en Enseñanza de las Ciencias del Instituto de Educación y Pedagogía. Esta actividad se realizó durante los días 3 al 15 de octubre de 2013, con una agenda de trabajo académico, dentro de las actividades realizadas las estudiantes tuvieron una orientación con relación a su trabajo de tesis "Prácticas experimentales y formación de maestros en ciencias.

Esta constancia se realiza el día 15 de octubre de 2013.

Atentamente,


EDWIN GERMAN GARCÍA
Coordinador Maestría en Educación Énfasis Enseñanza de las Ciencias
Área Educación en Ciencias y Tecnologías

Universidad del Valle
Ciudad Universitaria Meléndez - A. A. 25360
Commutador: 321 21 00 Directo: 339 23 11
Santiago de Cali - Colombia

ANEXO 2. Ponencia III Conferencia Latinoamericana IHPST

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 (Medellín, Colombia)
pamelines@gmail.com

Ángel Enrique Romero-Chacón

angel.romero@udea.edu.co
Grupo de Estudios Culturales sobre las Ciencias y su Enseñanza -ECCE
Universidad de Antioquia (Medellín, 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 naturales, 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 de ciencias naturales, 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 teorización–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 naturales, 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 de ciencias naturales, 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 teorización-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 teorización-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 Ordoñez (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 teorización 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 teorización 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 se da la relación teoría-experimento (Latour y Woolgar, 1995; Iglesias, 2004; Romero y Aguilar 2013). Este 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 nexo 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 METODOLOGICOS

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 teorización -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 teorización - 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
<p>Fragmentos de textos de primera fuente relacionados con la organización del fenómeno eléctrico. Euler, L. (1762/1990). Dufay, Ch-F., (1747). Franklin, B. (1747).</p>	<p>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.</p>	<p>Relación entre teorización y experimentación. Rol de los elementos materiales (instrumentos) en la construcción del fenómeno eléctrico (Carga experimental de la teoría).</p>	<p>Indagación de las concepciones de profesores respecto a la actividad experimental.</p>
<p>Controversia Pascal – Noel, en torno a la noción de vacío. Tomado de: Saito, F. (2006).</p>	<p>Posturas explicativas en relación con la neumática. Reproducción de algunas experiencias de neumática.</p>	<p>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.</p>	<p>Identificación y valoración de diversidad de explicaciones y argumentaciones de los profesores.</p>
<p>Dufay y el comportamiento dual de la electrificación. Fragmentos tomados de: Torres-Assis, A. K (2010). Tatón, R. (1972).</p>	<p>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.</p>	<p>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).</p>	<p>Producciones escritas y discurso oral de los participantes</p>
<p>Reflexiones sobre aspectos de la dinámica de la ciencia. Lavoisier, A.L. (1982). Einstein, A. (1983). Schrödinger, E. (1980). Heisenberg, W. (1985)</p>		<p>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.</p>	<p>Reflexión (explicación, concienciación) sobre propias imagen de ciencias, a través de identificación y caracterización de imágenes de ciencia de algunos científicos.</p>

Tabla 2. Episodios históricos y sus correspondientes contextos de análisis

HALLAZGOS Y DISCUSIONES

Relación teorización-experimentación en la dinámica científica

Los aportes explícitos de los participantes permitieron percibir, inicialmente, tendencias que apuntaban a considerar una relación unidireccional entre teorización-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 teorización 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 teorización 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 suceda.

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 participantes 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 naturales 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.

BIBLIOGRAFÍA

- 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. La experimentación y el desarrollo del pensamiento físicos. Un análisis histórico y epistemológico con fines didácticos. Medellín: Editorial Universidad de Antioquia, 2013
- Romero, A. et al. 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, 2013

- 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'anglois sur la quatrième édition par M. Barbeu 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 Alfabeta, S.A. 1982
- Schrödinger, E. (1980). La naturaleza y los griegos. Libros para pensar la ciencia. Traducción y prólogo Víctor Gómez Pin. Tusquets Editores

ANEXO 3. Certificación participación en la III IHPST-LA



The 3rd Latin American Regional IHPST - CONFERENCE 2014

Se otorga el presente certificado a:

Paula Andrea Amelines y Ángel Enrique Romero

Como reconocimiento por su inestimable participación en la presentación del trabajo **“Análisis de una propuesta pedagógica sobre el papel de la experimentación fundamentada en reflexiones acerca de la Naturaleza de las Ciencias”** en la Tercera Conferencia Latinoamericana del Grupo Internacional de Historia,

Filosofía y Enseñanza de las Ciencias (IHPST-LA).

Santiago de Chile, 17 al 19 de noviembre de 2014

Exequiel González Balbontín
Rector
Universidad Santo Tomás Santiago

Dr. Mario Quintanilla Gatica
Sociedad Chilena de Didáctica,
Historia y Filosofía de la Ciencia
Presidente III IHPST-LA

Dra. Carla Hernández Silva
Universidad de Santiago de Chile
Coordinadora Comité Académico
III IHPST-LA

ANEXO 4. Propuesta Pedagógica

Se presentan cada una de las actividades que se desarrollaron en las siete sesiones y que en conjunto configuraron la propuesta pedagógica, diseñada y desarrollada con la intención central de atender aspectos y discusiones sobre los aportes de las reflexiones acerca de la NdC en la formación de profesores de ciencias naturales, a propósito de la problemática de la experimentación en relación con algunos fenómenos físicos, y la idea de los instrumentos y los hechos científicos vía la construcción del conocimiento relacionado con este campo de estudio.

Es importante mencionar que mientras los docentes participantes socializaban sus respuestas o desarrollaban las actividades experimentales, se iban haciendo cuestionamientos, para concretar o fortalecer una perspectiva o un punto de vista y mediar en los procesos discursivos que perfilan el desarrollo de argumentos y contraargumentos y contribuyen al pensamiento crítico y reflexivo.



FACULTAD DE EDUCACIÓN
GRUPO DE ESTUDIOS CULTURALES SOBRE LAS CIENCIAS Y SU ENSEÑANZA –ECCE–

La Experimentación y la formación de profesores de ciencias naturales

Seminario-Taller

Realizado por:
Paula Andrea Amelines Rico
Ángel Enrique Romero Chacón

Universidad de Antioquia
2014

Presentación

El Seminario-Taller hace parte de los desarrollos del trabajo de Investigación titulado *Reflexiones acerca de la naturaleza de las ciencias en la formación de profesores de ciencias naturales. Análisis de una propuesta pedagógica sobre el papel de la experimentación en la construcción de explicaciones en torno a algunos fenómenos físicos*, que a su vez se enmarca en la investigación “La experimentación y los procesos de formación de profesores de ciencias naturales” (CODI 2012-), desarrollada por el Grupo de Estudios Culturales sobre las Ciencias y su Enseñanza –ECCE-.

En esta investigación se resalta la importancia de atender aspectos y discusiones acerca de la naturaleza de las ciencias en los procesos de formación de profesores de ciencias naturales. Las reflexiones adelantadas permiten considerar que aún falta desarrollar propuestas investigativas de aula que sobrepasen las situaciones diagnósticas y que permitan visibilizar la manera como los docentes de ciencias usan, apropian y hacen confluir en sus procesos de enseñanza consideraciones y reflexiones en torno a la naturaleza de la ciencia. Para ello es menester discutir y comprender la forma como se desarrolla la actividad científica y esto implica, en particular, considerar el papel que se le suele asignar a la experimentación, ya que comúnmente su consideración conduce a la formación de una idea de ciencia lineal y de práctica experimental subsidiaria de la teoría.

Realizar un análisis desde una perspectiva histórica y epistemológica sobre los aspectos de la experimentación, puede posibilitar otra manera de comprender los fenómenos físicos en la medida que facilita un acercamiento a los procesos de organización de dichos fenómenos, ampliando la idea sobre la experimentación, los instrumentos y los hechos científicos vía la construcción del conocimiento relacionado con este campo de estudio; la comprensión de un fenómeno como un proceso que surge de las interpretaciones de los científicos, puede posibilitar reflexiones desde la imagen social y cultural que se desea resaltar en este trabajo.

En este sentido, este Seminario-Taller tiene como intención central discutir sobre los aportes de las reflexiones acerca de la naturaleza de las ciencias en la formación de profesores a propósito de la problemática de la experimentación.

Objetivos

1. Promover una reflexión en torno a las prácticas de la enseñanza de la física, en particular en los aspectos relacionados con el papel de la experimentación y su relación con la construcción de conocimiento.
2. Caracterizar prácticas y discursos de maestros de ciencias en formación, en relación con la forma como asumen e implementan en la enseñanza la relación teorización-experimentación.
3. Caracterizar algunos aspectos acerca la naturaleza de la ciencia relacionados con el papel de los instrumentos y los hechos científicos, que pueden incidir en la formación de profesores de ciencias naturales, al hacer reflexiones epistemológicas relacionadas con el análisis de algunos fenómenos físicos

Metodología

La metodología combina las actividades de taller y de seminario conjuntamente.

Es de tipo taller en la medida en que se propondrán una serie de actividades prácticas y situaciones problemáticas, previamente diseñadas por el grupo de investigación, que serán abordadas y analizadas durante las sesiones. Es de tipo seminario en el sentido que en cada sesión se comentará y analizará tanto las soluciones de los participantes como las metodologías utilizadas, con la intención de decantar elementos que posibiliten la consolidación y extensión de esta forma de trabajo en los cursos de ciencias particulares.

Las actividades iniciarán con un momento de ubicación y contextualización sobre los propósitos del Seminario-Taller y con la descripción de las diferentes actividades a realizar: lecturas de fragmentos originales, actividades experimentales, grupos de discusión, producción oral y escrita, así como espacios de socialización y retroalimentación de las discusiones y actividades grupales e individuales realizadas con el fin de analizar y valorar el diseño de las actividades posteriores.

Contenidos:

- ✓ Reflexiones acerca de la Naturaleza de las Ciencias
- ✓ Relación teorización y experimentación
- ✓ Proceso de construcción social del fenómeno eléctrico
- ✓ Posturas explicativas en relación con el vacío
- ✓ Interpretación de datos

SESIÓN 1.
Presentación de la Propuesta Pedagógica Concepciones sobre la relación teoría - experimentación en la actividad científica y en los procesos de enseñanza.
Propósito: Posibilitar reflexiones sobre la manera como se orienta la enseñanza de las ciencias en relación con la forma como es asumida la actividad experimental.

Parte 1. Cuestionario de indagación de ideas.

El siguiente cuestionario tiene como propósito indagar por las concepciones que tienen algunos maestros de Ciencias Naturales, respecto a la actividad experimental. Las respuestas a las preguntas son muy importantes y tienen el carácter de confidencialidad, su uso será exclusivo para las intenciones de la investigación.

Muchas gracias por sus valiosos aportes.

- 1 Describa una actividad experimental que haya realizado con sus estudiantes sobre algún tema específico. Incluya en esta descripción aspectos como: metodología, propósitos, estrategias de evaluación.

- 2 Enumere de 1 a 10 las siguientes opciones según su grado de prioridad (siendo 1 el más alto), de acuerdo a la intencionalidad que usted asigna a una actividad experimental sobre un tema o contenido específico. Justifique su respuesta.

	Incrementar el aprendizaje del contenido disciplinar
	Demostrar o corroborar la validez de los enunciados teóricos que ha enseñado.
	Posibilitar la comprensión del conocimiento disciplinar que enseña.
	Familiarizar al estudiante con las destrezas propias para el trabajo en el laboratorio
	Iniciar al estudiante en técnicas de manipulación de instrumentos y medición de magnitudes
	Favorecer el ambiente en el aula y motivar a los estudiantes.
	Ampliar la comprensión de la actividad científica.
	Favorecer la construcción conceptual y reflexión teórica.
	Resaltar la relación complementaria entre la experimentación y teorización
	Otro:

JUSTIFICACIÓN:

- 3 En qué momento realiza las actividades experimentales en el desarrollo de las temáticas disciplinares que está enseñando. Seleccione y justifique su respuesta.

<input type="checkbox"/>	Antes de la explicación teórica
<input type="checkbox"/>	Durante la explicación teórica
<input type="checkbox"/>	Después de la explicación teórica

JUSTIFICACIÓN:

4. Enumere de 1 a 8 las siguientes opciones según su grado de prioridad (siendo 1 el más alto), de acuerdo al rol que usted considera desempeñan los instrumentos en el desarrollo de las actividades experimentales. Justifique su respuesta

<input type="checkbox"/>	Orientar los procesos de organización de la experiencia
<input type="checkbox"/>	Posibilitar la comprensión sobre la construcción de magnitudes y formas de medida
<input type="checkbox"/>	Desarrollar la habilidad para su manipulación
<input type="checkbox"/>	Posibilitar la enseñanza de algunas técnicas de laboratorio
<input type="checkbox"/>	Viabilizar la comprensión sobre los procesos de formación de conceptos en relación el contenido disciplinar que enseña.
<input type="checkbox"/>	Posibilitar las mediciones de magnitudes físicas y toma de datos cuantitativos.
<input type="checkbox"/>	Analizar la forma como se asume y practica la actividad científica a lo largo de la historia
<input type="checkbox"/>	Descubrir los fenómenos que se encuentran en la naturaleza.
<input type="checkbox"/>	Otro:

JUSTIFICACIÓN:

5. Cuáles de los siguientes enunciados considera usted se corresponden a la actividad científica. Seleccione y justifique.¹⁸

<input type="checkbox"/>	Los científicos emplean la actividad experimental para verificar sus explicaciones, ya que consideran que una idea que no se verifica experimentalmente no sirve.
<input type="checkbox"/>	Las teorías orientan e interpretan las observaciones de los científicos, estableciendo lo que se puede “ver”.
<input type="checkbox"/>	La teoría y el experimento interactúan recíprocamente. Así como existe un “carga teórica del experimento”, podemos afirmar que se da una “carga experimental de la teoría”.
<input type="checkbox"/>	Cualquier investigación científica siempre parte de conocimientos teóricos para sólo después realizar los controles experimentales.

¹⁸ Algunas de las opciones han sido adaptadas de Tamayo et ál. (2010). Concepciones de naturaleza de la ciencia en profesores de educación básica. En: *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos* (Colombia), vol. 6, núm. 1, enero junio, 2010, pp. 133-169 Universidad de Caldas. Colombia. Anexo 1, Instrumentos.

	Cuando dos científicos observan los mismos datos, ellos deben llegar obligatoriamente a las mismas conclusiones.
	El conocimiento científico parte de la observación y de los experimentos para posteriormente, elaborar leyes y principios.
	Cuando dos científicos tienen la misma formación y conocimientos, ellos perciben los mismos datos y/o hechos.
	Todo conocimiento resulta de la obtención sistemática y cuidadosa de evidencias experimentales.
	En la dinámica científica se conjuga la actividad teórica y la experimental para la construcción del conocimiento.

JUSTIFICACIÓN:

Parte 2. Diseño de actividad experimental.

De acuerdo con los materiales dispuestos en la mesa, proponga una actividad experimental que podría incluir dentro del desarrollo de las temáticas disciplinares que enseña. Diseñe un propósito, la manera como la presentaría a los estudiantes y defina las estrategias evaluativas que implementaría para retroalimentar los procesos de enseñanza y aprendizaje.

Materiales:

Termómetros, dinamómetro, electroscope, imanes, jeringas, recipientes de vidrio, masas de diferentes pesos, esferas de diferentes tamaños, globos, barras de diferentes materiales (metal, vidrio, plástico), beakers, elementos de diferentes materiales (plastilina, papel, cartulina, viruta, plástico, lana, algodón, lino, aluminio, etc.),

Orientación:

Socialización de la actividad y las propuestas en relación con la manera como se asume la experimentación, los instrumentos, y su papel en la práctica.

UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA

SESIÓN 2**Diferentes interpretaciones en relación con la organización del fenómeno eléctrico****Propósito:**

Discutir sobre los fenómenos eléctricos como un proceso de construcción de explicaciones que se va desarrollando en las interpretaciones que se hacen a partir del uso de instrumentos.

Orientación

Leer los fragmentos propuestos, haciendo especial énfasis, en los aspectos relacionados con las interpretaciones y las explicaciones de los efectos eléctricos que se hacen a partir del uso y la manipulación de diferentes materiales u objetos, y responder las preguntas orientadoras relacionadas con la construcción del fenómeno eléctrico.

Fragmentos de primera fuente**Leonard Euler**

Carta CXXXVIII: Resumen sobre los principales fenómenos de la electricidad [p.376]

Carta CXXXIX: Del verdadero principio de la naturaleza en el que se fundan todos los fenómenos eléctricos. [p.378]

Carta CXXLI: Sobre el mismo tema. [p.382]

“[...] Empezaré por explicar a Vuestra Alteza el verdadero principio de la naturaleza en el que todos los fenómenos por variados que parezcan, están fundados, y del que todos se deducen muy fácilmente, sin la menor dificultad.

Para ello, será suficiente el observar cómo, en general, se excita la electricidad frotando un tubo de vidrio; por este procedimiento el tubo se electrifica; entonces atraerá y rechazará alternativamente cuerpos ligeros que se le presenten; y cuando se le aproximan otros cuerpos, se ve saltar entre ellos centellitas, que, si se hace más fuertes, encienden el espíritu del vino y otras materias combustibles. Cuando se toca con el dedo el tubo, salta otra centellita, sintiéndose una picadura que, en algunas circunstancias, puede hacerse tan grande como para ocasionar una conmoción en todo el cuerpo. En lugar de un tubo de vidrio, se puede utilizar también un globo de vidrio, al que se hace girar alrededor de un eje, como en el torno. Durante el movimiento se le frota con la mano, o por medio de un cojín; de esta forma también el globo se electrifica, y produce los mismos fenómenos que el tubo.

Además del vidrio, los cuerpos resinosos como la cera de España y el azufre, tienen también la propiedad de electrificarse por el frotamiento. Pero sólo algunas clases de cuerpos son capaces de electrificarse con el frotamiento, entre ellas el vidrio, la cera de España y el azufre son las principales.

Los otros cuerpos, por más que se les frote cuanto se quiera, no manifiestan el menor signo de electricidad. Pero cuando se les aproximan los primeros, después de haberlos electrificado, adquirirán inmediatamente la misma propiedad. Luego estos cuerpos se electrifican por comunicación, pues el solo contacto y frecuentemente la simple proximidad de los cuerpos eléctricos, los hace tales.

En consecuencia, los cuerpos se dividen en dos clases: la primera, comprende los cuerpos que por frotamiento se electrifican; y la otra, los cuerpos que lo hacen por comunicación, y en los que el frotamiento no produce ningún efecto.

[...] Todos los metales pertenecen a ésta última clase; y la comunicación va tan lejos, que si se presenta el extremo de un alambre a un cuerpo eléctrico, el otro extremo se electrifica por largo que sea el hilo; y aplicando todavía otro hilo al extremo del primero, la electricidad se expande también a todo lo largo de este otro hilo; de manera que por este medio se está en condiciones de transmitir la electricidad a las mayores distancias.

[...] No hay duda alguna de que se ha de buscar la fuente de todos los fenómenos eléctricos en cierta materia fluida y sutil; pero no tenemos necesidad de suponer una en la imaginación. Esta materia sutil llamada éter, de la que ya he tenido el honor de probar su realidad a Vuestra Alteza, es suficiente para explicar naturalmente los efectos extraños observados en la electricidad.

[...] Espero haber vencido las mayores dificultades que se encuentran en la teoría de la electricidad. Vuestra Alteza no tiene más que atenerse a la idea de éter que acabo de establecer: esa materia extraordinariamente sutil y elástica extendida no sólo por todos los espacios vacíos del mundo, sino también en los más pequeños poros de todos los cuerpos, en los que está más o menos aprisionada, según los poros estén más o menos cerrados. Esta consideración nos conduce a dos especies principales de cuerpos, los de poros más cerrados y los de poros más abiertos.

Supuesto esto, sucede que el éter, encerrado en los poros de los cuerpos, no tiene en todos los sitios el mismo grado de elasticidad, de manera que en algunos está más o menos comprimido que en otros, y hará esfuerzos para ponerse en equilibrio; de ahí precisamente nacen los fenómenos eléctricos, en consecuencia tan variados, como los poros de los cuerpos donde el éter está aprisionado sea diferentes, y le permitirán una libre comunicación mayor o menor con los otros.

Esta diferencia, respecto a los poros de los cuerpos, responde perfectamente a la observada en los primeros fenómenos de la electricidad, por la cual unos cuerpos se electrifican fácilmente por la sola comunicación, o en la vecindad de un cuerpo eléctrico, mientras que otros no padecen casi ningún cambio. De ahí Vuestra Alteza deducirá que los cuerpos con sus poros abiertos, reciben más fácilmente la electricidad por la sola comunicación; y que los otros, casi insensibles a la electricidad, deben tener sus poros cerrados, o enteramente o en su mayor parte”.¹⁹

Charles François de Cisternay Dufay

Cuarta Memoria sobre la electricidad: de la atracción y repulsión de los cuerpos eléctricos.

[...] “Es entonces establecido que los cuerpos vueltos eléctricos por comunicación son repelidos por aquellos que los han vuelto eléctricos; pero ¿son repelidos de igual forma por otros cuerpos eléctricos de otros géneros? Y los cuerpos eléctricos, ¿no difieren entre ellos que por los diversos grados de electricidad? Este examen me ha conducido a otra verdad que jamás habría supuesto y que creo nadie ha tenido aun la menor idea.

Comencé por sostener en el aire con el mismo tubo dos hojas de oro y [noté] que ellas siempre se alejaban la una de la otra a pesar que se hubiese hecho un esfuerzo por aproximarlas, y [consideré] que ello debería suceder del hecho que ambas estaban electrificadas; pero tan pronto como una de las dos tocara la mano o cualquier otro cuerpo, ellas se juntaban inmediatamente la una a la otra porque, habiendo perdido aquella su electricidad, la otra la atraía hacia ella. Todo eso concordaba perfectamente con mi hipótesis [inicial], pero lo que me desconcertó prodigiosamente fue la experiencia siguiente [:]

¹⁹ Euler, Leonhard (1762-1990). Cartas a una princesa de Alemania sobre diversos temas de física y filosofía. Edición preparada por Carlos Mínguez Pérez. Zaragoza: Universidad, Prensas universitarias, 1990.

Habiendo levantado [y sostenido] en el aire una hoja de oro por medio del tubo [electrizado], aproximé a ella un trozo de goma copal frotado y vuelto eléctrico; la hoja se adhirió en el acto y allí permaneció. Reconozco que esperaba un efecto totalmente contrario, porque según mi razonamiento, la [goma] copal que estaba electrizada debería repeler la hoja que también lo estaba. Repetí la experiencia un gran número de veces creyendo que no había expuesto la hoja en el lugar que la había frotado y que por eso no se sostenía sino como lo hubiera hecho en mi dedo o en cualquier otro cuerpo, pero habiendo tomado medidas sobre ello de forma que no me quedaba ninguna duda, me convencí que la [goma] copal atraía la hoja de oro, aunque fuese repelida por el tubo. La misma cosa sucedía al aproximar a la hoja de oro un trozo de ámbar, o de cera española frotados. Luego de varias tentativas de las que ninguna me satisfacía, aproximé a la hoja de oro repelida por el tubo una bola de cristal de roca frotado y vuelto eléctrico, ella repelió la hoja igual que el tubo. Otro tubo que hice exponer a la misma hoja la expulsó igual. En fin, no pude dudar que el vidrio y el cristal de roca hicieran precisamente lo contrario que la goma copal, el ámbar y la cera de España, de suerte que la hoja repelida por unos, a causa de la electricidad que ella había adquirido, era atraída por los otros. Eso me hizo pensar que quizás había dos géneros de electricidad diferentes, y estuve bien convencido de esta idea por los experimentos siguientes [:]

Tomé un gran trozo de goma copal y habiéndolo electrizado dejé caer encima una hoja de oro muy pequeña. Ella al comienzo fue atraída, luego fue rechazada hacia arriba como sucedía con el tubo, pero con la diferencia que ella no se alejaba sino aproximadamente cuatro pulgadas [dado que] el torbellino no era tan extenso como el del tubo, lo que puede ser ocasionado por la diferencia de sus volúmenes, pero esto no es lugar de examinar aquí. Debo adicionar que el experimento no es tan fácil de realizar como con el tubo, porque teniendo menos virtud [eléctrica] la hoja es difícilmente repelida y ella muy frecuentemente permanecerá adherida, de modo que es preciso soplar fuertemente encima para despegarla; [así] ella es repelida entonces y el experimento se hace como con el tubo. Se sabe bien que no se debe despegar la goma con los dedos porque se le quitará la electricidad que ha adquirido. [...] Entonces luego que la hoja de oro es rechazada y sostenida en el aire por un trozo de goma de copal, si se acerca a esta hoja otro trozo de la misma goma también frotado, ella lo repelerá también, sin que sea posible de hacerlo tocar. Lo mismo sucederá con un trozo de ámbar y con la cera de España; y al contrario una bola de cristal o un tubo de vidrio lo atraerán muy fuertemente, lo que es precisamente inverso a lo que venimos de ver qué sucede cuando la hoja es expulsada por el tubo.

[...] He aquí entonces constantemente dos electricidades de una naturaleza completamente diferente a saber, aquella de los cuerpos transparentes y sólidos como el vidrio, el cristal, etc., y aquella de los cuerpos bituminosos o resinosos como el ámbar, la goma de copal, la cera de España, etc. Los unos y los otros rechazan los cuerpos que han adquirido una electricidad de la misma naturaleza que la suya, y atraen al contrario a aquellos cuya electricidad es de una naturaleza diferente a la suya. Se acaba de ver incluso que los cuerpos que no son realmente eléctricos pueden adquirir cada una de estas electricidades y entonces sus efectos son parecidos a aquellos de los cuerpos que se la han comunicado”.²⁰

Benjamín Franklin

CARTA II

A P. Collinson, en Londres

Efecto singular de las chispas. Electricidad positiva y negativa. Araña artificial. Máquina eléctrica simplificada. De Philadelphia, 11 de julio de 1747

[...]

- I. “[Sea] Una persona estando sobre una placa de cera y frotando un tubo [de vidrio] y otra estando también sobre la placa de cera y extrayendo el fuego [eléctrico]; a condición que ellas no estén lo suficientemente cerca

20 Tomado de DUFAY, Charles-François (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 de Angel E. Romero.

- para tocarse mutuamente, ambas parecerán estar electrizadas con respecto a una tercera persona ubicada sobre el piso; es decir, que esta persona percibirá una chispa al acercar su dedo a cada una de las dos primeras.*
- II. *Pero si aquellas personas que están sobre la cera se tocan mutuamente mientras se frota el tubo, ninguna de las dos parecerá electrificada [a la tercera].*
- III. *Si ellas se tocan mutuamente después que el tubo haya sido frotado y producido el fuego [eléctrico] como antes, se producirá entre ellas una chispa más fuerte que la producida entre una de ellas y la persona ubicada sobre el piso.*
- IV. *Después de esta fuerte chispa, no se percibirá en ninguna de ellas traza alguna de electricidad.*

He aquí la manera en que tratamos de dar cuenta de estos fenómenos. Suponemos, como se ha dicho, que el fuego eléctrico es un elemento común, del cual cada una de las tres personas mencionadas tiene una cantidad igual antes de comenzar la operación con el tubo. La persona A, que se encuentra sobre la placa de cera y que frota el tubo, extrae el fuego eléctrico de su propio cuerpo en el tubo, y siendo su comunicación con el lugar común interrumpida por la cera, su cuerpo no recobrará al principio lo que de ello le fue extraído. B, que está igualmente sobre la cera extendiendo la punta de su dedo cerca del tubo, recibe el fuego [eléctrico] que el tubo ha extraído de A, y siendo su comunicación con el lugar común igualmente interrumpida, él retiene la cantidad [del fuego eléctrico] de más que le ha sido comunicada. A y B parecerán electrizados a C, quien está sobre el piso; pues teniendo aquel solamente una cantidad media del fuego eléctrico, recibe una chispa al acercarse a B, quien tiene una cantidad superior (de más), y la entrega a A, quien tiene una cantidad más baja (de menos). Si A y B se acercan hasta tocarse el uno con el otro, la chispa es más fuerte porque la diferencia [de fuego eléctrico] entre ellos es más grande. Después de este contacto no habrá más chispas entre ninguno de ellos y C porque el fuego eléctrico ha sido reducido en todos los tres a la igualdad original. Si ellos se tocan mientras se electrizan la igualdad jamás es destruida y el fuego [eléctrico] no cesará de circular.

De esto, hemos introducido ciertos términos nuevos. Decimos que B (o todo otro cuerpo en las mismas circunstancias) es electrizado positivamente, y A negativamente; o mejor, que B es electrizado en más y A en menos. Y todos los días en nuestras experiencias electrizamos los cuerpos en más o en menos, siguiendo lo que acabamos de considerar al respecto. Para electrificar en más o en menos solo es necesario saber que las partes del tubo o del globo que son frotadas atraen en el instante del frotamiento al fuego eléctrico, separándolo por consiguiente de la cosa frotante. Las mismas partes, tan pronto como el frotamiento cesa, están dispuestas a donar [ceder] el fuego que ellas han recibido a todo cuerpo que de ello tenga menos. Así, usted puede hacerlo circular como M. Watson lo ha mostrado; usted puede también acumularlo sobre un cuerpo, o sustraerlo, según que usted ponga en contacto ese cuerpo con aquel que frota o con aquel que recibe, a condición de estar interrumpida la comunicación con el lugar común”.²¹

Cuestionario:

- Cuáles son las características que atribuyen los personajes a los efectos eléctricos que están estudiando?
- En qué aportan los materiales u objetos manipulados en la construcción del fenómeno eléctrico? Pueden considerarse estos materiales como “instrumentos”. Explicar
- Puede establecerse alguna relación entre la teoría y la experimentación de acuerdo con el material leído? Explicar

21 Franklin, Benjamin (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. También en: Magie, W.F. (Ed.) (1963). A Source Book in Physics. Harvard University Press, Cambridge, 1963, pp. 400-402.

- ¿Qué ocasiona que las explicaciones sobre un mismo fenómeno sean diversas?
- Considera que otros instrumentos y planteamientos diferentes a los leídos, pueden dar pie a concepciones diferentes sobre los fenómenos eléctricos? Explicar
- ¿Qué cambios en la comprensión de las diferentes interpretaciones sobre el fenómeno eléctrico se pueden destacar después de haber leído y analizado las preguntas anteriores?
- Cuáles son las consideraciones sobre el hecho de interpretar textos originales como recurso para comprender una determinada temática?



SESIÓN 3.
Interpretación de fenómenos a partir del uso de instrumentos. Posturas explicativas en relación con la neumática
Propósito: Resaltar el papel de los instrumentos, la actividad experimental y la construcción de explicaciones en el estudio de algunos fenómenos de neumática

Parte 1: Posturas explicativas en relación con la neumática

Orientación:

Realizar la lectura El vacío de Pascal frente al éter Noel: ¿Una controversia experimental? y contestar las preguntas al final de la lectura

El vacío de Pascal frente al éter Noel: Una controversia experimental?²²

Resumen

La difícil cuestión de la existencia del vacío en la naturaleza recibió un impulso a partir del siglo XVII como resultado de la divulgación de la prueba barométrica de Torricelli en Francia. Inspirándose en este experimento, Blaise Pascal (1623-1662) realizó sus experiencias propias que se ofrecían al público en un folleto titulado Experiences nouvelles touchant le vide (1647).

Estas "nuevas experiencias", sin embargo, provocaron una calurosa polémica entre Pascal y el jesuita Etienne Noel (1581-1656). Poco después de que el libro fue publicado por Pascal, Noel le envió dos cartas escritas y publicadas en un pequeño escrito titulado Le plein du vide. En estas dos cartas, y en ese escrito, el jesuita respondió las conclusiones aceptadas por Pascal y defendió la idea de que la Naturaleza estaba llena. Esta comunicación tiene como objetivo mostrar que estas dos posiciones diferentes, adoptadas por Noel y Pascal, están relacionadas con dos concepciones teóricas diferentes, que participan en dos nociones diferentes de experiencia.

Palabras clave

La experiencia - experimento - vacío - Blaise Pascal - Etienne Noel

El vacío de Pascal frente al éter de Noel: Una controversia experimental?

La difícil cuestión de la existencia del vacío en la naturaleza recibió un impulso a partir del siglo XVII como resultado de la divulgación de la prueba barométrica de Torricelli en Francia. Conocido con el nombre de Expérience d' Italie, su anuncio se produjo en el terreno francés por el padre Marin Mersenne, quien tomó conocimiento del experimento en 1644. Pero no

22 Tomado de: 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. También en: Pascal, B. Tratados de Neumática (1984). Traducción, introducción y notas: Alberto Elena. El libro de Bolsillo. Alianza Editorial, S.A., Madrid.

fue hasta octubre 1646 que el experimento ganó repercusión generalizada y llamó la atención de varios eruditos franceses, incluyendo Blaise Pascal (1623-1662).

Admirado por los resultados de la experiencia y la convicción de que es posible la producción de un espacio vacío en la Naturaleza, Pascal decidió llevar a cabo sus propios experimentos que se llevaron a cabo entre finales de 1646 y mediados de 1647. Presentado al público, una obra titulada *Experiences nouvelles touchant le vide* (1647), estas "nuevas experiencias", causaron una calurosa controversia entre Pascal y el jesuita Etienne Noel (1581-1656). Poco después de que el libro fuera publicado por Pascal, Noel le envió dos cartas escritas y publicadas en un pequeño escrito titulado *Le plein du vide*. En estas dos cartas, y en ese escrito, el jesuita respondió las conclusiones aceptadas por Pascal y defendió la idea de que la Naturaleza estaba llena. Sin embargo, una reacción que podría ser rotulada como conservadora y escéptica, sin embargo, no procedió sin razones. Y así podemos comprender que es necesario tener en cuenta el esquema conceptual admitido por los contemporáneos de Pascal.

Es importante señalar que a principios del siglo XVII, la mayoría de los filósofos de la naturaleza aceptaron la máxima de que la Naturaleza no permite la formación de un espacio absolutamente vacío. En la época de Pascal, el esquema conceptual implícito en la expresión "la Naturaleza aborrece el vacío" (*horror vacui*) no era en modo alguno una tontería, como a veces nos parece hoy en día, ya que este principio explica adecuadamente una serie de fenómenos.

Su origen es desconocido, pero se puso de manifiesto durante la Edad Media como una manera de explicar la subida de agua en las tuberías, sifones y bombas de agua. Para evitar la formación de vacío, una clepsidra, por ejemplo, no dejaba que el vino o el agua en su interior fuera expulsado por sus pequeños agujeros, mientras que el extremo superior estuviese tapado con el dedo. Del mismo modo, el aumento de agua en un tubo de sifón era explicado por la aversión que la naturaleza tenía por el vacío. En vías de prevenir su formación, el agua subía en las bombas, tuberías y sifones en un movimiento en contra de la Naturaleza.

Pero además se presenta como una imposibilidad, la formación de un espacio vacío se considera una contradicción, ya que el espacio vacío - si existiera, sería una nada existe. Así Noel, observando que el cuerpo y el espacio eran cosas idénticas, de tal modo que el espacio ocupado por los cuerpos no era algo diferente de sí mismos, insistía que el vacío no podía tener ninguna determinación positiva. Según el jesuita, el hecho de un "espacio" que tiene longitud, anchura y profundidad justificaba, por sí solo, la conclusión de que ese "espacio" era necesariamente un cuerpo, ya que sería una contradicción que "nada" tuviese dimensiones. Por lo tanto, el término "espacio vacío" sería debido a un sesgo proveniente de los sentidos: se dice de un contenedor, que estaba vacío, cuando no contenía nada, por lo que, por ser invisible, se tomó como absolutamente vacío.

En contraste, Pascal hacía notar que la formación del vacío en la naturaleza sería posible por otras razones. Contrariamente a lo que los opositores afirmaron sobre la existencia del vacío, Pascal sostuvo que el espacio era una entidad distinta del cuerpo de tal modo que el cuerpo era algo que ocupaba y llenaba una longitud de espacio, ancho y profundidad similar. En consecuencia, el vacío no se refiere a un espacio vacío, en cuanto privación de ser (nada existe), sino que designa un espacio que estaba vacío en relación con el vaciado de un recipiente: un espacio en el que no hay materia.

Sin embargo, mientras Pascal buscaba tanto asignar un sentido estricto, al término "vacío", sus experiencias, así como el prototipo de la "experimento de Torricelli", no fueron capaces de mostrar ostensiblemente la formación de un espacio tan despojado de la materia. Para el supuesto de la imposibilidad de la existencia del vacío, era posible añadir otras evidencias, extraídas de la experiencia, a favor de la presencia de una materia en el espacio aparentemente vacío. Es lo que apreciamos en *Le plein du vide*, donde Noel trató de explicar cada uno de los ocho experimentos propuestos por Pascal, y de la que vamos a mencionar sólo dos.

Un problema de interpretación?

El primer experimento fue colocado por Pascal de la siguiente manera (figuras 1 y 2) :

"[Estando] una jeringa de vidrio, con un pistón bien ajustado, totalmente sumergido en el agua, tapándose la abertura con el dedo, de modo que este toque la parte inferior del pistón, colocando la mano y el brazo en el agua, no se precisa de una fuerza mediocre, para retirarlo [pistón] y hacer que se separe del dedo, sin que el agua entre de ninguna manera (lo que los filósofos creían que no se podía hacer con ninguna fuerza finita): por lo que el dedo se siente fuertemente tirado y dolorido, y el pistón deja un espacio aparentemente vacío, donde no parece que ningún cuerpo ha conseguido seguirlo porque está totalmente rodeado de agua y no puede tener acceso, estando la abertura tapada. Si el pistón es tirado, el espacio aparentemente vacío se hace más grande, más el dedo no siente una mayor atracción. Y si [la jeringa] es retirada casi totalmente fuera del agua, pero su abertura continúa allí, y, a continuación, retirando el dedo, el agua, en contra de su naturaleza, sube con violencia y completamente llena todo el espacio que el pistón había dejado."

Para este experimento, al igual que los otros siete que componen la lista de las experiencias de su folleto, *Experiences nouvelles touchant le vide*, Pascal intentó mostrar la formación de un espacio vacío. Para Noel, sin embargo, esta experiencia no dice nada más allá de lo comúnmente aceptado. Según el jesuita, mostró cuatro cosas: 1) que el agua no está entrando en la jeringa, 2) que tirando del pistón, sintió dolor en el dedo que bloqueaba la abertura de la jeringa, 3) que no se siente más dolor cuando se tiraba más el pistón y; 4) que al retirar la jeringa del agua, con la abertura destapada en la región del agua, el agua sube por el cuerpo de la jeringa y así, la llena.

Con respecto a la primera, Noel ofreció la misma explicación que había dado a la prueba barométrica Torricelli. Es decir, el éter, presente en el agua había salido y penetrado en la jeringa por los poros:

"Para la primera, hay que recordar que fue dicho y mostrado que hay aire en el agua, el aire y el fuego elemental (éter) pueden ser separados del agua, que pasa para adentro de la jeringa por sus poros, cuando el pistón, subiendo y tomando el lugar del cuerpo que está encima, empuja; y este cuerpo empujado, empuja al agua en la dirección de la jeringa, y el agua es comprimida contra el vidrio por las partes siguientes, empujadas y que empujan, hace salir al éter, y lo empuja al lugar abandonado por el pistón".

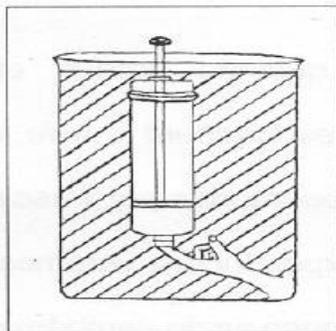


Figura 1

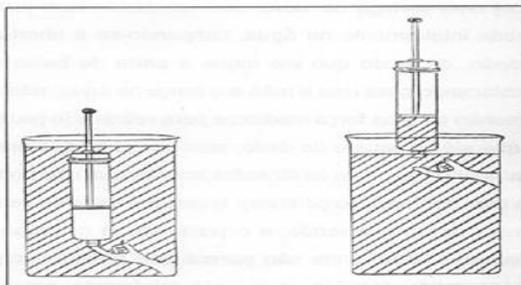


Figura 2

Con respecto a la segunda y a la tercera, Noel los tomó como prueba de la existencia de alguna materia dentro de la jeringa. De acuerdo a Noel, el dolor no aumenta en la medida que el pistón es tirado, debido a que el éter, separado del agua penetraría por otros lugares:

" (...) He aquí mi argumento a favor de la segunda y la tercera. El dolor que se siente en la primera separación del pistón viene de esto: el dedo es empujado dentro de la jeringa por el agua. Este dolor cesa cuando el cuerpo, que entra empujado para dentro de la jeringa, para así encontrar un lugar, encuentra un pasaje por otros lugares [poro de la jeringa] (...) "

Y, por último, con respecto a la cuarta, Noel explicó la subida del agua por la ligereza del movimiento del éter:

" (...) Esta es la razón. El éter que está en la jeringa, sutil y extremadamente móvil por su ligereza natural, y siempre por su agitación por espíritus solares que vienen sin cesar (...) sale con ímpetu a través de los poros de vidrio tan rápido que ellos permiten una manera de cambiar de lugar y tomar el lugar del otro que le empuja. Y este cambio de lugar se hace al retirar el dedo de la abertura de la jeringa, porque el éter hace entrar el agua en el espacio que él abandona, tirando y tomando su lugar, por su ligereza en movimiento (...)"

En resumen, para Noel, esta primera experiencia no fue de ninguna manera concluyente. Su explicación no encerraba ninguna dificultad y no contradice nada de lo que fue aceptado por la mayoría de los filósofos de la naturaleza de la época. Asimismo, el sexto experimento propuesto por Pascal tampoco ofrecía ninguna dificultad de interpretación. Fue presentado por Pascal de la siguiente manera (Figs. 3 y 4):

"Colocándose en el mercurio una jeringa con un pistón perfectamente ajustado, de modo que su abertura esté sumergida al menos una pulgada y que el resto de la jeringa se eleve perpendicularmente afuera; el pistón es levantado, la jeringa se mantuvo en este estado, el mercurio entra por la abertura de la jeringa, sube y se mantiene unido al pistón, hasta que éste se eleva en la jeringa dos pies y tres pulgadas. Sin embargo, después de esta altura, el pistón se retira aún más, y éste no atrae el mercurio más encima, y que siempre se mantiene en esa altura de dos pies y tres pulgadas, dejando el pistón, de modo que se produce un espacio aparentemente vacío, el cual se hace mayor cuanto más se tira del émbolo. Es muy probable que lo mismo ocurra en una bomba de vacío, y el agua no sube más de una altura de treinta y un pies, lo que corresponde a dos pies y tres pulgadas de mercurio. Y lo que es más notable es que la jeringa pesada en este estado sin ser retirado del mercurio o inclinada en cualquier forma, pesa tanto (aunque el espacio aparentemente vacío es tan pequeña como se quiera), como mediante la retirada del pistón, más se hace tan grande como se desee, y pesa siempre lo mismo que el cuerpo de la jeringa junto con el mercurio que tiene la altura de dos pies y tres pulgadas, sin que exista ningún espacio aparentemente vacío, es decir, cuando el pistón no ha abandonado el mercurio de la jeringa, pero está a punto de romperse si lo empujó un poco más. Por lo tanto el espacio aparentemente vacío, aunque todos los cuerpos que se acercan tiendan a llenarlo, no hay ningún cambio en su peso, y que a pesar de la diferencia de tamaño que existe entre estos espacios vacíos, no hay diferencia entre los pesos."

Cabe señalar que este experimento mostraba cuantitativamente lo que la primera mostró cualitativamente. La idea de pesaje de la jeringa estaba destinada a mostrar que su peso no varió con el aumento de espacio vacío, por lo que era posible inferir que ningún material estaba presente en ella. A este respecto, sin embargo, observó Noel, que ninguna variación de peso, lejos de la evidencia empírica de la formación de un vacío, era una clara confirmación de la ligereza de éter, que no se sentía. La explicación seguía conforme con la filosofía natural aristotélica dominante en la época. En el proceso de prevención de la formación de vacío, el mercurio se elevó en el cuerpo de la jeringa al sacar el pistón hacia arriba hasta que llega a un límite de altura, a la cual la columna de mercurio se rompía y hacía que el éter penetrara en los poros de la jeringa, llenando ese espacio aparentemente vacío.

Persuasiva, la interpretación dada por Noel para los fenómenos observados en estos dos experimentos, cubría satisfactoriamente todos los efectos visibles de manera que la formación de un espacio vacío era totalmente accesoria.

Pero debe tenerse en cuenta que, con respecto a las experiencias, Pascal y Noel adoptaron dos posturas muy diferentes. En efecto, mientras que Pascal intentó basarse solamente en los experimentos y, desde allí, probar la existencia del vacío, los esfuerzos del jesuita estaban dirigidos a mostrar en las experiencias, que la materia era aquella que penetraba a través de los poros de la jeringa. A diferencia de Pascal, el jesuita partía del supuesto de que la naturaleza era plena y proporcionó evidencia de la presencia del éter en ese espacio aparentemente vacío.

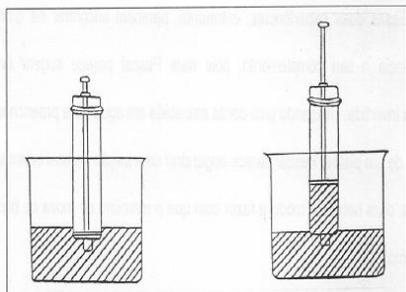


Figura 3

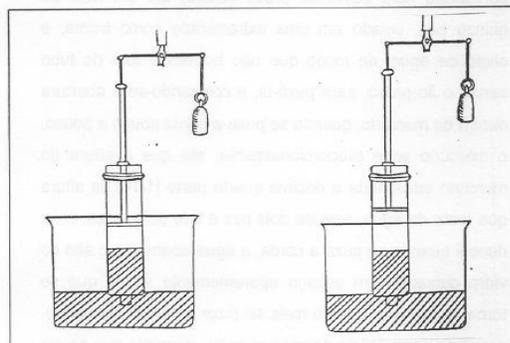


Figura 4

Sin embargo, en la presentación de su interpretación, el jesuita no parecía estar refiriéndose a observaciones particulares con miras de revelar un determinado aspecto de la naturaleza. De hecho, las "experiencias" de Pascal asumían para Noel la forma de casos selectivos que ilustraban una teoría comúnmente aceptada. No se consideraban un problema, las evidencias extraídas de las experiencias de Pascal parecían ser para el jesuita como constataciones empíricas que se referían a sensaciones que conducían a la aprobación general de cómo el mundo se comportaba en su curso natural.

Consideraciones finales

En conclusión, es importante prestar atención a dos puntos. En el caso histórico ilustrado aquí, las experiencias del propio Pascal no parecen por sí solas ser capaces de demostrar la formación de un vacío en la naturaleza, de tal modo que era posible admitir dos posibilidades igualmente concebibles: que ese espacio estaba lleno de éter, o que era absolutamente vacío.

En particular, podemos decir que la elección de uno u otro se relaciona con contornos teóricos más amplios y no con la experiencia propiamente dicha. En ese sentido, para que un experimento, pudiera actuar como una instancia de confirmación de la formación de un vacío, era necesario que fueran considerados independientemente dos contornos teóricos más amplios los cuales era el llamado a averiguar, de modo que las caracterizaciones teóricas dominantes en un periodo no acabasen por determinar la investigación.

Pero más allá de la primacía de la teoría en relación con el experimento, también se debe considerar la noción de la experiencia misma y su caracterización epistemológica asociada. Para Noel y Pascal, era la experiencia la que construía el conocimiento. Sin embargo, ambos parecen reservar a la experiencia dos usos muy diferentes. Para el jesuita, una experiencia procuraba ilustrar una teoría comúnmente aceptada, Pascal reconocía en ella un medio para adquirir nuevos conocimientos. Así, al contrario de la concepción de experiencia de Noel, que significaba básicamente experimentar las sensaciones proporcionadas por la experiencia cotidiana, en la noción de experiencia en Pascal estaba presente el carácter práctico, la práctica de exploración y la búsqueda de las verdades alcanzables por el hombre. Además de ser el punto de partida y norma para las explicaciones racionales, una experiencia tenía el propósito de desvelar un determinado aspecto de la naturaleza.

Preguntas orientadoras sobre la lectura:

- Cuál es la función del trabajo experimental para Pascal y para Noel
- Para esta discusión en particular cuál es la relación entre la teoría y el experimento?
- Qué papel juega el contexto social de la época en las dos posturas explicativas mencionadas?

- Cuál de las teorías tenía un mayor poder explicativo y por qué?
- Cuáles son las fortalezas y debilidades en las explicaciones de los dos personajes mencionados?
- Cuál es la función de la actividad cuantitativa (pesada de las jeringas) en las ideas sobre el vacío?
- Qué papel juegan las concepciones teóricas de los científicos en la actividad experimental que realizan?
- Qué papel cumplen los instrumentos mencionados en la lectura, en el fenómeno de la neumática?
- ¿Qué cambios en la comprensión de las diferentes interpretaciones sobre el fenómeno de la neumática se pueden destacar después de haber leído y analizado las preguntas anteriores?
- Cuáles son las consideraciones sobre el hecho de interpretar textos originales como recurso para comprender una determinada temática?

Parte 2: Actividad experimental: experiencias de neumática mediante la manipulación de algunos materiales.

Orientación

Utilizar los elementos dispuestos en la mesa de trabajo para realizar experiencias sobre algunos fenómenos de neumática. La primera de ellas la manipulación del émbolo de una jeringa que contiene un pequeño globo inflado adentro. Y la segunda la variación de las condiciones de presión dentro y fuera de un vaso cada vez que se utiliza para tapar una vela encendida que se encuentra en un plato que contiene agua

Materiales:

Globos pequeños, jeringas de diferentes tamaños (sin aguja), envase de plástico, agua, vela, encendedor.

Preguntas orientadoras de la actividad experimental:

- Qué entiende usted por vacío?
- ¿Cómo se comportará un pequeño globo que se encuentra en el vacío? y en el aire?
- Al tirar el émbolo de una jeringa una vez tapada su abertura con un dedo, se aprecia que éste sube un poco. ¿Qué se puede argumentar sobre lo que hay dentro de la jeringa?
- Realizar la misma experiencia con jeringas de diferentes tamaños, qué se puede decir sobre la sensación que se experimenta en el dedo con las diferentes jeringas al producir vacíos pequeños y vacíos más grandes?
- Construir explicaciones a partir de las actividades desarrolladas sin el concepto de presión atmosférica.

UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA

SESIÓN 4.
¿Repulsión eléctrica?
Propósito: Resaltar el papel de la experimentación en la construcción de la teoría eléctrica mediante la lectura y el análisis a las ideas de Charles Dufay

Orientación:

Leer y analizar un escrito de Charles Dufay sobre el comportamiento dual de la electrificación y el papel que jugaron las interpretaciones de los efectos en la construcción de las ideas sobre el comportamiento eléctrico.

Fragmento de primera fuente:

Charles Dufay

*La atracción y repulsión de cuerpos eléctricos*²³.

Hasta hoy, siempre consideramos la virtud eléctrica en general, y por esta palabra nosotros entendemos no sólo la propiedad que los cuerpos eléctricos tienen de atracción, sino también la propiedad de repeler los cuerpos que habían atraído. Esta repulsión no siempre es constante, y está sujeta a variaciones, lo que me hizo considerar el tema con atención, y creo haber descubierto algunos principios muy simples que aún no se habían sospechado y que expliquen todas estas variaciones, de tal manera que no sé hasta ahora de ninguna experiencia que no esté de acuerdo [con estos principios] de una manera muy natural.

*He observado que los cuerpos ligeros son normalmente sólo repelidos por el tubo [de vidrio frotado] cuando nos acercamos [a estos cuerpos ligeros] con cualquier [otro] cuerpo que tiene un volumen apreciable, y esto me hizo pensar que estos últimos cuerpos [grandes] habían sido electrificados [de alguna manera] por el tubo y que de esta manera [el cuerpo ligero] siempre estuvo atraído, ya sea por el tubo, o por los cuerpos [grandes] de los alrededores, de tal manera que nunca hubo un rechazo real.*²⁴

*Sin embargo, un experimento que me indicó el Sr. de Reaumur [Ren'e Antoine Ferchault de Reaumur, (1683-1757)] se opone a esta explicación. Consiste en colocar pólvora cerca del borde de un tarjeta, se acerca este polvo a un tubo electrificado con cera Española, y se observa que se retiran los granos más allá de la tarjeta. En este caso no se puede sospechar que los granos fueron atraídos por un cuerpo vecino.*²⁵

Otro experimento tan sencillo como éste, e incluso más sensible, me convenció de que mi conjetura era falsa. Colocando en el aire una hoja de oro por medio del tubo de vidrio electrificado que la rechazaba después de atraerla y la dejaba así flotando en el aire, acerqué a ella un trozo de goma o copal frotado y por tanto, hecho eléctrico [electrificado]; la hoja se pegó a dicho trozo enseguida... Confieso que esperaba un resultado completamente contrario, porque, según mi razonamiento, el copal,

²³ Fue sólo con la publicación de las obras de Charles Francois de Cisternay Du Fay en 1733 y 1734 que el rechazo fue reconocido como legítimo y un fenómeno característico de interacción eléctrica.

²⁴ La explicación inicial de Dufay era que un cuerpo grande atraía el cuerpo ligero y que por tanto no había repulsión, era algo aparente ya que el cuerpo ligero se movía entre un objeto y otro.

²⁵ Tomadas del texto: Torres-Assis, A. K (2010) The experimental and historical foundations of electricity

que era eléctrico, tenía que rechazar la hoja, que lo era también. Pero luego acerqué a la hoja rechazada por el tubo una bola de cristal de roca frotada y electrizada: rechazó la hoja al igual que el tubo....Por último, no pude ya dudar de que el vidrio y el cristal de roca harían precisamente lo contrario que la goma copal, el ámbar y el lacre, de tal modo que la hoja rechazada por los unos a causa de la electricidad que tenía, era atraída por los otros; eso me hizo pensar en que quizá hubiera dos géneros de electricidad diferentes.

He aquí, pues, constantemente dos electricidades de naturaleza distinta por completo, a saber, la de los cuerpos transparentes y sólidos como el vidrio, el cristal etc y la de los cuerpos bituminosos o resinosos, como el ámbar, la goma copal, el lacre, etc. Unos y otros rechazan los cuerpos que han contraído una electricidad de la misma naturaleza que la suya, y atraen, por el contrario, a aquellos cuerpos cuya electricidad es de naturaleza diversa de la propia..... Los cuerpos que no son actualmente eléctricos pueden adquirir (si están aislados) cualquiera de estas dos electricidades, y sus efectos son entonces semejantes a los de los cuerpos que se la han comunicado..... He aquí, pues, bien demostrada la existencia de dos electricidades....Llamaré a la una electricidad resinosa, y a la otra, electricidad vítrea.²⁶

Preguntas orientadoras para la socialización:

1. Si tuviera que llamar a este principio, teoría, hipótesis, ley, observación o experimento, ¿cómo lo llamaría y por qué? ¿Cuál fue el papel de la teoría (teorización) y de la experimentación para la consolidación de los fenómenos eléctricos?

2. Seleccionar un enunciado de los siguientes y presentar argumentos, a favor o en contra de estas afirmaciones valiéndose de lo leído en el texto.

- Los aspectos experimentales permiten una modificación de las hipótesis y una nueva reconstrucción del fenómeno en la medida que se construyen explicaciones para buscar la adecuación con la experiencia.
- Para los efectos electrostáticos, como es el caso, solamente la experimentación posibilitó avanzar en la construcción de explicaciones sobre el comportamiento eléctrico de los cuerpos.
- Solamente un nuevo tipo de experiencias posibilitó considerar la repulsión como un efecto debido a la electrificación; la atracción eléctrica deja de ser el único efecto relacionado con la electricidad²⁷.

26 Fragmento tomado de: TATÓN, René. Historia general de las ciencias. La ciencia moderna (de 1440 a 1800). Ediciones Destino. vol. 2. Barcelona 1972.

27 El autor Torres Assis en su texto *The Experimental and Historical Foundations of Electricity*, menciona que la repulsión eléctrica había sido observada en algunas ocasiones por varios investigadores, quienes la interpretaron como un efecto secundario o como una repulsión aparente. Varias explicaciones que se dieron son las siguientes: Algunas personas creen que este comportamiento era debido a un flujo de aire que movía los cuerpos ligeros desde cierta distancia a un cuerpo frotado. Otra interpretación es que esta aparente repulsión era de hecho una atracción ejercida por otros cuerpos que rodean al cuerpo ligero. De acuerdo con esta interpretación, no era el ámbar frotado el que comenzó a repeler los cuerpos ligeros, sino que estos cuerpos en realidad estaban siendo atraídos por otros cuerpos circundantes que habían adquirido de alguna manera algo de electricidad. Si este fuera el caso, los cuerpos ligeros podrían alejarse del ámbar frotado si experimentan una atracción más pequeña con el ámbar que con los cuerpos que están en los alrededores. Otra interpretación dada de la repulsión observada es como una colisión, es decir, el cuerpo estaría inicialmente atraído por el ámbar, al frotarlo, choca con él y, a continuación, rebota a una distancia. Este rebote fue interpretado mecánicamente, no como una auténtica repulsión eléctrica.

SESIÓN 5.

Actividad experimental. Dos efectos de la electrificación

Propósito:

Resaltar el papel de los instrumentos en el estudio de los fenómenos eléctricos mediante el desarrollo de actividades de construcción de los mismos a la luz de los trabajos originales de algunos autores de interés.

Orientación:

En la sesión anterior se hicieron reflexiones sobre el proceso de electrificación y el efecto de atracción entre los cuerpos, y se analizó la necesidad de aislar el fenómeno para su reproducción y estudio mediante la construcción de instrumentos. Retomar esas ideas para la construcción de indicadores en el proceso de indagación del efecto de la repulsión.

Preguntas iniciales:

- ✓ ¿En qué situaciones de la vida cotidiana se percibe el efecto de la repulsión eléctrica? Y ¿Cómo se percibe?
- ✓ ¿Se puede aislar y reproducir la repulsión? Ejemplificar para explicar
- ✓ ¿Qué haría para construir el efecto de repulsión?

En la mesa de trabajo encontrará varios materiales como hilo de seda, nylon, pitillos plásticos, papel, plastilina, aluminio, tijeras, cinta, alfileres, vasos plásticos. Construir instrumentos propios empleando estos materiales y teniendo presente las imágenes²⁸ de los siguientes indicadores para su reproducción y aplicación en la actividad experimental.



Electroscopio



Péndulo Eléctrico



Versorium

A partir de los instrumentos construidos proponer y debatir explicaciones sobre el efecto de la repulsión.

Diligenciar el siguiente cuestionario

- ¿Por qué es necesaria la construcción de indicadores?
- ¿Qué condiciones son necesarias para que un indicador sea utilizado en los análisis sobre la electrificación de un cuerpo?

²⁸ Estas imágenes fueron tomadas del texto: The experimental and historical foundations of electricity (2010) Torres-Assis, A. K. Montreal, C. Roy Keys Inc. (Contraportada)

- Cómo se puede interpretar la atracción y la repulsión con el indicador construido?
- La frotación, según varios autores es el principio o causa de la atracción, entonces cuál sería su correspondiente para la repulsión?
- Cuál es el papel de los instrumentos y la experimentación en las explicaciones sobre la repulsión eléctrica?



UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA

SESIÓN 6.**El papel de la interpretación en la dinámica científica****Propósito:**

Incrementar la comprensión de las actividades vinculadas con la dinámica científica en relación con el proceso de interpretación como elemento clave en la construcción de hechos científicos

Orientación:

Leer y contestar las preguntas que se formulan al final de la lectura

Controversia entre Louis Pasteur y Félix Pouchet sobre la idea de la generación espontánea²⁹:**A modo de contextualización de la controversia**

A mediados de 1800, Félix Pouchet anuncia la producción de la generación espontánea de *animálculos* a partir de sus experimentos cuidadosamente bien elaborados. Poco tiempo después Louis Pasteur informa sus investigaciones sobre la fermentación debida a un fermento específico introducido desde el exterior en el medio de cultivo. Esta explicación presenta argumentos en detrimento de las explicaciones sobre la generación espontánea propuesta por Pouchet y es así como ambos científicos, inician una ardua disputa para defender las opiniones propias basándose en el rigor de los experimentos y en los hechos observacionales. Pasteur utiliza toda clase de precauciones y variación de los medios de cultivos bajo todas las condiciones, obteniendo siempre el mismo resultado: ausencia de *animálculos*. Por su parte Pouchet aborda su trabajo de manera devota al método experimental y observa que sus cultivos de caldo siempre se contaminan, por tanto defiende la generación espontánea como la explicación adecuada a la contaminación de sus muestras.

Ambos contrincantes coinciden en varios puntos: se reconocen mutuamente como adversarios, son fieles al método experimental y concuerdan que en las cuestiones que se ciernen sobre la generación espontánea, el laboratorio debe actuar de árbitro inapelable. Por tanto, Pasteur decide aprovechar su cercanía con el emperador para obtener un laboratorio más grande.

Pouchet es considerado un positivista aplicado, enemigo de la teoría, gran experimentador; para él la experiencia siempre es suficiente para que la balanza se incline de un lado u otro. Contaba con suficiente materia prima para construir su hipótesis; no inventaba nada; abundaban los fenómenos en los cuales podía apoyarse; no tenía que demostrar que siempre la razón estaba de su lado; un caso positivo bastaba para corroborar su tesis.

Para Pasteur la experiencia es importante, pero no puede imponer por sí sola una decisión, hace falta que exista, además, una teoría. Sin embargo vive en la incertidumbre; no sabe si Pouchet tiene o no tiene razón, si los microorganismos son capaces de resistir temperaturas superiores a los 100°C o no e ignora su taxonomía. Por ello aprovecha la mínima ocasión, se aferra al mínimo argumento, en Dios, en el

29 Adaptado de: LATOUR. Bruno (1991). Pasteur Y Pouchet: heterogénesis de la historia de las ciencias. En: Michel Serres (1991). Historia de las Ciencias.. Madrid. Ediciones Cátedra. Págs. 477- 501. También en: http://www.filociencias.org/wiki/index.php?title=Controversias_cient%C3%ADficas:_PasteurPouchet_y_la_pol%C3%A9mica_sobre_la_generaci%C3%B3n_espont%C3%A1nea. Fecha de consulta: 02/02/14

Emperador y en los miembros de la Comisión –quienes servían de jueces en la controversia-, ya que eran sus amigos y colegas.

El contexto social de la controversia en términos de Pasteur:

“(señoras y) señores,

“Grandes son los problemas que reinan actualmente y mantienen todas las mentes en alerta: unidad o multiplicidad de razas humanas; creación del hombre fechada hace mil años o hace mil siglos: fijismo de las especies o transformación lenta y progresiva de unas especies en otras; la materia supuestamente eterna, fuera de ella, la nada; la idea de un Dios inútil, estas son algunas de las cuestiones que alimentan las actuales disputas entre los hombres.”

“No crean que me presento ante ustedes con la pretensión de resolver uno de estos graves problemas; pero en las cercanías, en los aledaños de estos misterios, hay una cuestión directa o indirectamente ligada a ellos y de la que tal vez yo pueda hablarles, porque se encuentra al alcance de la experiencia, y, desde este punto de vista, he hecho de ella el objeto de estudio serios y en profundidad.

“Es la cuestión de las generaciones espontáneas.”

“¿Puede la materia organizarse por sí misma? En otras palabras, ¿pueden venir al mundo seres sin padres, sin antepasados? Esta es la pregunta que hay que contestar.”

“Comprenden ahora el vínculo que existe entre la cuestión de las generaciones espontáneas y los grandes problemas que enumeré al principio. Pero (señoras y) señores, en un tema de este calibre, ya basta de poesía, ya basta de fantasía y de soluciones instintivas; ya es hora de que la ciencia, el verdadero método, recupere sus derechos y los ejerza.”

Las experiencias realizada por Pasteur:

“Voy a enseñarles, (señoras y) señores, por dónde han entrado los ratones [...]”

“Apaguen todas las luces. Creemos una atmosfera nocturna, que nos envuelva la oscuridad, e iluminemos únicamente estos cuerpecillos, así los contemplaremos como si fuera de noche y estuviéramos contemplando las estrellas. Proyección. Vean señoras y señores, la cantidad de partículas de polvo que se agitan en este haz luminoso. Enfoque la paja [...]”

“Recojamos estas partículas en un portaobjetos de vidrio y vean lo que observamos en el microscopio. Monsieur Dubosq, proyecte la micrografía. [...]”

“Ven muchas cosas amorfas, pero en el centro de estas cosas amorfas percibirán corpúsculos como estos. Son (señoras y) señores, gérmenes de seres microscópicos. [...]”

“Para que la prueba a la que voy a someter la superficie de esta cuba de mercurio, sea perfectamente visible, iluminaré únicamente la cuba y espolvorearé sobre ella una cantidad considerable de partículas. Una vez hecho esto, introduzco un objeto cualquiera en el mercurio de la cuba, por ejemplo un bastón de vidrio; inmediatamente todas las partículas avanzan y se dirigen hacia el lugar en el que he introducido el bastón de vidrio, y penetran en el espacio existente entre el vidrio y el mercurio, porque el mercurio no moja el vidrio. [...]”

“¿Qué consecuencias tiene, (señoras y) señores, esta prueba tan sencilla, pero tan crucial para el tema que nos ocupa? No es posible manipular la cuba de mercurio sin que penetren en el interior del recipiente las partículas de polvo que se encuentran en la superficie. Ciertamente es que Pouchet eliminó el polvo mediante gas oxigenado, aire artificial: eliminó los gérmenes que

podían existir en el agua y en la paja: pero lo que no eliminó fueron las partículas de polvo y, por consiguiente, los gérmenes que se encontraban en la superficie del mercurio. Luces, por favor. [...]

“Pero, (señoras y) señores, estoy impaciente por pasar a unos experimentos, a unas demostraciones tan sobrecogedoras que despejarán todas las dudas que pudieran tener sobre mis experimentos. Agitación entre el público. Gestos de aprobación. [...]”

“Hemos demostrado hace un momento que Pouchet se equivocó por utilizar una cuba de mercurio en sus primeros experimentos. Suprimamos el uso de la cuba de mercurio pues hemos reconocido que daba lugar a errores inevitables. Observen (señoras y) señores, esta infusión perfectamente nítida de materia orgánica. Miren la infusión.[...]”

“Ha sido preparada hoy mismo. Mañana ya contendrá animálculos, pequeños infusorios o mobo. Miren la infusión turbia. [...]”

“Pongo una parte de la infusión de materia orgánica en un recipiente de cuello alargado, como éste. Miren el recipiente. [...]”

“Supongamos que hiervo el líquido, y que, a continuación, lo dejo enfriar. Al cabo de unos días, se habrán desarrollado en el líquido mohos o animálculos infusorios. Al hervir, he destruido los gérmenes existentes en el núcleo y en la superficie del casco del recipiente. Pero, como la infusión ha entrado de nuevo en contacto con el aire, se altera como todas la infusiones. [...]”

“Ahora supongamos que repito el experimento, pero que antes de hervir el líquido, estiro el cuello del balón con un soplete de esmaltador, con objeto de afilarlo, aunque dejando el extremo abierto. [...]”

“A continuación llevo a ebullición el líquido del balón y lo dejo enfriar. Ahora bien, el líquido de este segundo balón permanecerá completamente inalterado, no durante dos días, tres o cuatro, ni durante un mes o una año, sino durante tres o cuatro años. ¿Qué diferencia hay entre estos dos recipientes? [...]”

“Contienen el mismo líquido, ambos contienen aire, los dos están abiertos. ¿Por qué entonces éste se altera y aquél no? La única diferencia, (señoras y) señores, que existe entre los dos recipientes es la siguiente: en éste (a la izquierda) las partículas de polvo suspendidas en el aire y los gérmenes pueden caer fácilmente en el cuello del recipiente y entrar en contacto con el líquido en el que encontrarán un alimento adecuado y se desarrollarán. Aquí, en cambio (a la derecha), no es posible, o, por lo menos, es muy difícil que las partículas de polvo en suspensión entren en el recipiente. [...]”

“La prueba de que ésta es la verdadera razón es que si agito energicamente el recipiente dos o tres veces. Lo agito energicamente [...] dentro de dos o tres días contendrá animálculos y mobo. ¿Por qué? Porque la entrada de aire se ha producido bruscamente y ha arrastrado partículas de polvo. Murmullos de aprobación. [...]”

“Y por consiguiente, (señoras y) señores, también yo podría decir, como Michelet, al mostrarles este líquido: “He tomado de la inmensidad de la creación mi gota de agua, y la he tomado llena de fuerza fecunda. Y espero, y observo, y la interrogo, y le pido que se sirva reconstruir para mí la primitiva creación: ¿sería un espectáculo tan bello;” Exclamaciones diversas[...] ¡Pero permanece muda; Permanece muda desde hace muchos años, desde que estos experimentos empezaron. Murmullo [...] Claro, he alejado de ella y sigo alejando de ella, en este preciso instante, los gérmenes que flotan en el aire, la doctrina de la generación espontánea no podrá recuperarse nunca del golpe mortal que le he asestado con este sencillo experimento. Calurosa ovación”

“Aquí no hay religión, filosofía, ateísmo, materialismo ni espiritualismo que valga. Incluso podría añadir: como sabio, poco me importa. Es una cuestión de hecho; la abordé sin ideas preconcebidas, tan dispuesto a creer que existían generaciones

espontáneas, si la experiencia me hubiera impuesto esta conclusión, como estoy ahora convencido de que los que afirman tal cosa llevan los ojos vendados”.

La experiencia de Pouchet

Pouchet cree haber tomado todas las precauciones posibles en su cuba de mercurio. Fiel al método experimental, ve que sus cultivos se contaminan y admite entonces la generación espontánea; cuenta con la evidencia de los hechos dada la calidad de sus experimentos.

Repite los experimentos de Pasteur, sin embargo sus resultados son contrarios a los señalados por éste debido a que todos los medios de cultivo se llenaron de gérmenes; logra que pululen incluso tras haberlos sometido a la prueba de fuego —la calcinación— y por lo tanto él y sus colaboradores siguen sosteniendo que era imposible que hubiera gérmenes en el aire.

Para Pouchet se debe aceptar la continuidad de la creación divina hasta nuestros días, es por ello que negar la generación espontánea, equivale a adoptar una postura atea y a abrazar el darwinismo.

Respuesta de Pasteur a los experimentos realizados por Pouchet

“En efecto, ¿qué podéis reprochar a Pouchet? Que el oxígeno que ha utilizado contenía gérmenes.”

“—Claro que no — responderá—, lo he obtenido de una reacción química.”

“—Por supuesto, no podía contener gérmenes. Que el agua que ha utilizado contenía gérmenes.”

“—Pero os contestará: si el agua se hubiera expuesto al contacto del aire, eso habría sido posible, pero la he introducido hirviendo en el recipiente y a esa temperatura, si hubieran existido gérmenes, habrían perdido su capacidad de reproducirse.”

“-- ¿Y si fuera el heno?”

“—Imposible: el heno salía de un horno calentado a 100°C. ésta objeción se explica porque existen seres especiales que soportan perfectamente los 100°C;”

“—A lo que responde: ¡para que no se diga! calentaré el heno a 200°C, a 300°C, incluso hasta la carbonización.”

“—Pues bien, lo admito, el experimento es irreprochable, pero únicamente con respecto a los puntos que ha puesto de manifiesto el autor”

Actividad para el análisis y la socialización

Preguntas iniciales:

¿Se puede argumentar que existen factores “extra científicos” que se incluyen en el debate sobre la generación espontánea? ¿Cuáles son esos factores y qué papel juegan en el debate?

Dadas las condiciones de la controversia entre Pasteur y Pouchet, ¿se puede concluir que se trata de un debate científico? Experimental? Social? Justificar

Pouchet y su grupo de investigadores analizan las propiedades de los *animálculos*, los cuales aparecen después de cierto tiempo en medios de cultivo orgánicos. Realizaron una serie de experimentos bajo condiciones cuidadosamente controladas, y a partir de ellos estudiaron los hechos observacionales.

¿Qué pudo hacer Pouchet y su grupo de investigadores para interpretar estos resultados?

Acciones que se realizaron	Intención de cada acción
_____	_____
_____	_____
_____	_____
_____	_____
_____	_____

¿De dónde obtienen las ideas que orientan sus explicaciones Pouchet y su grupo de investigadores?

Al anunciar públicamente los resultados, se encontraron con las propuestas de Pasteur, quien desarrolló una explicación diferente sobre el origen y las propiedades de dichos *animálculos*.

¿De dónde obtiene Pasteur las ideas que orientan sus explicaciones?

¿Qué se puede argumentar acerca de las dos visiones diferentes de estos investigadores?

La controversia es examinada por dos comisiones de la Academia de las ciencias; sus conclusiones no tienen fuerza legal, sin embargo dan cierto valor a la cosa juzgada. La comisión tiene la función de decidir de una vez por todas, la cuestión de las generaciones espontáneas. Ante ella se presentaron los experimentos que los dos equipos de investigadores habían llevado a cabo. Las posibles estrategias propuestas por la comisión para tomar una decisión se listan a continuación.

Analiza las siguientes sugerencias, señala si estás de acuerdo (A), en desacuerdo (D) y expresa tu opinión justificada al respecto:

1. ()	Bosquejar una conclusión basada en los hechos disponibles, considerando que el grupo de investigación de Pouchet los ha interpretado correctamente. Justificación:
2. ()	Bosquejar una conclusión basada en los hechos disponibles, considerando que Pasteur los ha interpretado correctamente. Justificación:
3. ()	Coleccionar más datos para demostrar más allá de toda duda razonable qué investigador está en lo correcto. Justificación:

4. ()	Realizar nuevamente los experimentos y reducir los errores para demostrar qué modelo explicativo ofrece la mejor interpretación. Justificación:
5. ()	Antes de decidir qué hacer es necesario un análisis de los modelos teóricos propuestos por los dos grupos de investigadores. Justificación:
6. ()	Ninguno de los dos grupos ha logrado explicar los hechos correctamente. Hay que extraer de las observaciones y los resultados otra interpretación. Justificación:
7. ()	La comisión acepta que puede haber más de una interpretación de estos resultados. No hay manera de encontrar cuál es la interpretación correcta. Justificación:

- ¿A partir de los análisis a la lectura, qué papel se le puede atribuir a la actividad experimental en la dinámica científica? y al modelo teórico?
- ¿Cuáles posibles relaciones se pueden establecer entre el proceso de interpretación de datos y el modelo teórico?
- ¿Qué interpretaciones pueden hacerse sobre la manera como se dan los hechos, datos y evidencias?
- ¿Cuál es el rol de la creatividad e imaginación del científico en el trabajo de laboratorio?
- ¿Cuál es la importancia y función del intercambio entre personas y grupos de investigación sobre resultados y conclusiones obtenidas experimentalmente?

SESIÓN 7.
¡Científicos hablan sobre ciencia!
Propósito: Generar espacios para reflexionar sobre la experimentación, la naturaleza del conocimiento, la manera como se asume la ciencia y la relación teorización-experimentación.

Introducción

Una vez realizados algunos análisis sobre aspectos relacionados con la experimentación, el papel de los instrumentos en la construcción del conocimiento y aspectos disciplinares sobre algunos fenómenos físicos, es procedente centrar discusiones sobre las propuestas que algunos científicos de interés como Antoine Lavoisier, Albert Einstein, Erwin Schrödinger y Werner Heisenberg, han dado sobre aspectos de la naturaleza de las ciencias, atinentes a la relación experimentación- teorización, e igualmente a aspectos sobre historia y epistemología de la ciencia, para resaltar que este tipo de reflexiones se encuentran inmersas en el pensamiento que sustenta la forma de proceder en la actividad científica.

Orientación:

Leer los fragmentos que se proponen, reflexionar y contestar las preguntas al final

FRAGMENTOS DE PRIMERA CLASE

Antoine-Laurent de Lavoisier

Cuando nos disponemos por primera vez a realizar el estudio de una ciencia, nos encontramos con relación a ella, en un estado muy similar a aquel en que se hallan los niños, y el camino que debemos seguir es precisamente el que sigue la naturaleza en la formación de sus ideas. Así como en el niño la idea es un efecto de la sensación, y es ésta quien produce la idea, de la misma forma así para aquel que se dispone a iniciar el estudio de las ciencias físicas, las ideas no deben ser más que una consecuencia, el resultado inmediato de una experiencia o una observación.

Séame permitido añadir que la situación del que entra en la carrera de las ciencias es menos ventajosa que la del niño que adquiere sus primeras ideas; si éste se engaña respecto a los efectos saludables o nocivos de los objetos que le rodean, la naturaleza le suministra multiplicados medios para rectificar. Cualquier juicio que forme se ve a cada instante corregido por la experiencia. La privación o el dolor suceden a un juicio falso; la alegría y el placer a un juicio adecuado. No se tarda con tales maestros en llegar a ser consecuentes, y pronto se razona de forma justa cuando no puede hacerse de otro modo bajo pena de privación o sufrimiento.

No ocurre igual en el estudio y práctica de las ciencias: los juicios falsos que formamos no involucran a nuestra existencia y bienestar; ningún interés físico nos obliga a rectificar. Por el contrario, la imaginación que siempre tiende a llevarnos más allá de los límites de la verdad, el amor propio y la confianza que nos inspira en nosotros mismos, nos inducen a sacar consecuencias que no se derivan inmediatamente de los hechos; de suerte, que parecemos estar, de algún modo, interesados en seducirnos. No es extraño, pues, que en las ciencias físicas, en general, se haya comúnmente realizado conjeturas en lugar de conclusiones, que estas conjeturas al transmitirse de épocas en épocas hayan llegado a ser cada vez más dominantes por el peso de autoridad que adquirieron y que, en fin, hayan sido adoptadas y consideradas como verdades fundamentales incluso por hombres de gran inteligencia.

Para evitar estos desvaríos el único medio consiste en suspender o, al menos, simplificar todo lo posible el razonamiento que, por proceder de nosotros, solamente él puede engañarnos; en someterlo continuamente a la prueba de la experiencia; en no conservar más los hechos que son datos de la naturaleza y no pueden equivocarnos; en no buscar la verdad más que en el encadenamiento natural de las experiencias y observaciones, al igual que los matemáticos llegan a la solución de un problema por la simple ordenación de los datos, reduciendo el razonamiento a operaciones tan sencillas, a juicios tan breves, que nunca pierden de vista la evidencia que les sirve de guía.

Convencido de estas verdades, me he impuesto la ley de no pasar nunca más que de lo conocido a lo desconocido, de no deducir ninguna consecuencia que no se derive inmediatamente de las experiencias y observaciones, y de encadenar los hechos y verdades químicas en el orden más apropiado que facilite la comprensión a los principiantes.

Esta ley rigurosa que no debo trasgredir, de no deducir nada más allá de lo que las experiencias muestren, de no suplir nunca lo que los hechos silencien, no me ha permitido incluir en esta obra aquella parte de la química más susceptible quizá de llegar a ser un día una ciencia exacta: la que trata de las afinidades químicas o atracciones electivas. Muchos ya han reunido una multitud de hechos singulares a los que sólo falta colocarlos en sus lugares correspondientes. Pero no tenemos aún datos básicos o, al menos, los que poseemos no son lo bastante precisos y exactos todavía como para que puedan llegar a ser el apoyo fundamental sobre el que descansa una parte tan importante de la química.³⁰

Albert Einstein

Sobre el método de la física teórica

Reverenciamos a la Antigua Grecia como cuna de la ciencia occidental. Allí, por primera vez, el mundo fue testigo del milagro de un sistema lógico que avanzaba paso a paso con tal precisión que cada una de sus proposiciones era absolutamente cierta: me refiero a la geometría de Euclides. Este admirable triunfo de la razón dio al intelecto humano la confianza en sí mismo necesaria para sus realizaciones posteriores. Si Euclides no ha logrado inflamar vuestro entusiasmo juvenil, esto significa que no habéis nacido para convertirlos en pensador científico.

Pero antes de que la humanidad estuviera madura para una ciencia que abarca el conjunto de la realidad, era necesaria una segunda verdad fundamental, que sólo llegaría a ser propiedad común de todos los filósofos con el advenimiento de Kepler y Galileo. El puro pensamiento lógico no puede brindarnos ningún conocimiento del mundo empírico; todo conocimiento de la realidad comienza con la experiencia y desemboca en ella. Las leyes descubiertas mediante el uso de la lógica son completamente vacías en lo que respecta a la realidad. Galileo comprendió esto y lo proclamó a voz en cuello en el mundo científico, motivo por el cual se ha convertido en el padre de la física moderna y, por cierto, de toda la ciencia moderna.

Si la experiencia, pues, es el alfa y el omega de todo nuestro conocimiento de la realidad ¿cuál es la función de la razón pura en la ciencia?

Un sistema completo de física teórica está compuesto por conceptos, por leyes fundamentales aplicables a esos conceptos y de las conclusiones alcanzables por deducción lógica. Y estas conclusiones deben corresponder con nuestra experiencia individual. En cualquier tratado teórico la deducción lógica de esas conclusiones ocupa casi toda la obra.

30 Antoine-Laurent de Lavoisier. Tratado elemental de química. Introducción y Notas Ramón Gago Bohórquez. Ediciones Alfaguara, S.A. 1982

Hemos visto, pues, cuáles son los puestos de la razón pura y de la experiencia dentro de un sistema teórico de física. La estructura del sistema es resultado del trabajo de la razón; el contenido empírico y sus mutuas relaciones deben hallar su representación en las conclusiones de la teoría.

Física y realidad

Nuestra experiencia psicológica nos ofrece experiencias sensoriales, imágenes de ellas, recuerdos y sentimientos. A diferencia de la psicología, la física se ocupa en forma directa sólo de las experiencias sensoriales y de la “comprensión” de sus conexiones. Pero con todo, el concepto de “mundo real externo” que existe en el pensamiento de cada día reposa en forma exclusiva sobre impresiones sensoriales.

En primer término debemos subrayar que la diferenciación entre impresiones sensoriales e imágenes no es posible o, al menos, no es posible establecerla con absoluta seguridad. Con la discusión de este problema, que también afecta a nuestra noción de la realidad, no adelantaremos mucho, de modo que consideraremos como un hecho dado la existencia de experiencias sensoriales, o sea, unas experiencias psíquicas de tipo especial.

Creo que el primer paso para el establecimiento de un “mundo exterior real” es la formación del concepto de objetos materiales y de objetos materiales de distintos tipos. De entre la multitud de nuestras experiencias sensoriales, mental y arbitrariamente, escogemos ciertos conjuntos de impresiones sensoriales que se repiten (en parte en conjunción con impresiones sensoriales que son interpretadas como signos de experiencias sensoriales de otros) y relacionamos con ellos un concepto: el concepto de objeto material. Si lo consideramos desde el punto de vista lógico, veremos que este concepto no es idéntico a la totalidad de las impresiones sensoriales que a él se refieren; se trata de una libre creación de la mente humana (o animal). Por otra parte, este concepto debe su significado y su justificación, en forma exclusiva, a la totalidad de las impresiones sensoriales que asociamos con él.

El segundo paso nos lleva a considerar que, en nuestro pensamiento (que es el que determina nuestras expectativas), atribuimos a ese concepto de objeto material una significación que en muy alto grado es independiente de las impresiones sensoriales que originalmente lo han conformado. A esto hacemos referencia cuando atribuimos al objeto material “una existencia real”. El proceso hasta aquí descrito se justifica en forma exclusiva por el hecho de que, mediante esos conceptos y las relaciones mentales existentes entre ellos, nos hallamos en condiciones adecuadas para orientarnos en el laberinto de las impresiones sensoriales. Aun cuando son creaciones mentales libres, estas nociones y relaciones nos parecen más sólidas y más inalterables que la experiencia sensorial individual en sí misma, a la que jamás se le puede garantizar por completo que no sea una ilusión o fruto de una alucinación. Además, estos conceptos y relaciones, y también la postulación de objetos reales, y hablando de manera general de la existencia del “mundo real”, están justificados exclusivamente en la medida en que se conecten con impresiones sensoriales entre las cuales configuran una conexión mental.³¹

Erwin Schrödinger

[...] Existe, no obstante, a mi juicio, un segundo rasgo, mucho menos claro y abiertamente expuesto, pero de igual y fundamental importancia: la ciencia, en su intento de describir y comprender la naturaleza, simplifica el (muy difícil) problema al que se enfrenta. De forma inconsciente, el científico simplifica su problema de entender la naturaleza al ignorar (o desconectar de la imagen del mundo a construir) su propia personalidad, el sujeto de conocimiento.

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

Inadvertidamente el pensador se retrotrae al papel de observador externo. Esto facilita mucho la tarea. Pero deja huecos, enormes lagunas; conduce a paradojas y antinomias cada vez que, ignorando la renuncia inicial, uno intenta hallarse a sí mismo en el marco descrito, situar de nuevo en él su propio pensamiento y su intelección sensible.

Este paso importante—desconectarse uno mismo, retrotraerse a la posición del observador que nada tiene que ver con la tarea global—ha recibido otros nombres, que lo hacen aparecer como algo inofensivo, natural, inevitable. Podría ser denominado objetivación, la contemplación del mundo como un objeto. En el momento en que se hace tal cosa, uno se excluye virtualmente a sí mismo. Una expresión frecuentemente utilizada es “la hipótesis de un mundo real que nos rodea” (Hypothese der realen Aussenvvlt). ¡Evidente!! Sólo un insensato podría ignorarlo! Y sin embargo se trata de un rasgo distintivo, un hecho peculiar en nuestra manera de entender la Naturaleza, y la emergencia de tal rasgo tiene sus consecuencias.

...estamos hipostasiando el mundo como un objeto, realizando la asunción de un mundo real a nuestro alrededor—como dice la sentencia—construido de hecho sobre las partes superpuestas de nuestras distintas conciencias. Y al hacer tal cosa, cada cual, lo quiera o no, se coloca a sí mismo—el sujeto de conocimiento, la cosa que dice “cogito ergo sum”—fuera del mundo, se traslada a sí mismo hacia una posición de observador externo, dejando de pertenecer él mismo al conjunto. ...¿es realmente así? ¿Debe ser así? ¿Por qué es así?....

Tanto el mundo “real que nos rodea” como “nosotros mismos”, es decir, nuestras mentes, proceden del mismo material de construcción; los dos consistimos en los mismos ladrillos, por así decir, sólo que acomodados en distinto orden—percepciones sensibles, imágenes mnémicas, imaginación, pensamiento—. Es preciso por supuesto un mínimo de reflexión, pero entonces uno fácilmente cae en la cuenta de que la materia está exclusivamente compuesta de otros elementos. Más aún: imaginación y pensamiento juegan un papel cada vez más importante (frente a la cruda percepción sensorial), bajo forma de ciencia, conocimiento de la naturaleza, progreso.

Lo que sucede es lo siguiente. Podemos pensar en estos elementos—permítaseme llamarlos así—bien como constituyentes de la mente, la propia mente de cada uno, bien como integrantes del mundo material. Pero no podemos, o podemos sólo con enorme dificultad, pensar ambas cosas al mismo tiempo. Para pasar del aspecto-mente al aspecto-materia, o viceversa, tenemos, por así decir, que tomar los elementos y colocarlos juntos de nuevo en un orden enteramente diferente. Por ejemplo mi mente en este momento está constituida por todo lo que siento a mi alrededor: mi propio cuerpo, todos ustedes sentados ahí delante, escuchándome muy amablemente, el guión de mi conferencia ante mí y, sobre todo, las ideas que quiero exponer, su adecuada estructuración en palabra. Pero ahora consideremos alguno de los objetos materiales que tenemos alrededor, por ejemplo mi brazo. En tanto objeto material está compuesto, no sólo por mis propias sensaciones directas de él, sino también por las sensaciones imaginadas que tendría al girarlo en redondo, moviéndolo, mirándolo desde diferentes ángulos; a lo que se añade que está compuesto de las percepciones que imagino que ustedes tienen de él, y también, si ustedes piensan en él de manera puramente científica, de todo aquello que ustedes podría verificar y podría verdaderamente hallar.... Se podría hacer una enumeración sin fin de todas las hipotéticas percepciones y sensaciones por mi parte y por la suya que se incluyen en mi discurso acerca de este brazo en tanto rasgo objetivo del “mundo real que nos rodea”.

El símil siguiente no es muy bueno, pero es el mejor que he podido encontrar: se proporciona a un niño una complicada caja de ladrillos de diferentes medidas, formas y colores. Puede construir con ellos una casa, una torre, una iglesia, la Muralla China, etcétera. Pero no puede realizar dos de estas construcciones al mismo tiempo porque, al menos parcialmente, necesita los mismos ladrillos en cada caso.

Esta es la razón por la que creo cierto que yo verdaderamente desconecto mi mente cuando construyo el mundo real a mí alrededor, sin darme cuenta de que estoy desconectando. Y entonces me quedo muy perplejo de que la imagen científica del mundo real a mí alrededor sea muy deficiente. Proporciona mucha información factual, pone a toda nuestra experiencia en un orden admirablemente consistente, pero es horriblemente muda acerca de todas y cada una de las cosas que están realmente cerca de nuestro corazón, que realmente nos interesan. No nos puede decir una palabra acerca de rojo y azul, amargo y dulce,

dolor físico y placer físico; no sabe nada de bello y feo, bueno o malo, Dios y eternidad. La ciencia a veces pretende contestar a preguntas en estos dominios, pero las respuestas son muy a menudo tan endeables que ni siquiera las tomamos en serio.

De modo que en resumen no pertenecemos a este mundo material que la ciencia construye para nosotros. Nosotros no estamos dentro de él, estamos fuera. Sólo somos espectadores. La razón por la que creemos que estamos dentro de él, que pertenecemos al cuadro, es que nuestros cuerpos están en el cuadro. Nuestros cuerpos pertenecen a éste. No sólo mi propio cuerpo, sino los de mis amigos, así como los de mi perro, mi gato y mi caballo, y los de todas las otras personas y animales. Y esta es la única manera que tengo de comunicarme con ellos.³²

Werner Heisenberg

[...] las leyes naturales que se formulan matemáticamente en la teoría cuántica, no se refieren ya a las partículas elementales en sí, sino a nuestro conocimiento de dichas partículas. La cuestión de si las partículas existan “en sí” en el espacio y en el tiempo, no puede ya plantearse en esta forma, puesto que en todo caso no podemos hablar más que de los procesos que tienen lugar cuando la interacción entre la partícula y algún otro sistema físico, por ejemplo los aparatos de medición, revela el comportamiento de la partícula. La noción de la realidad objetiva de las partículas elementales se ha disuelto por consiguiente en forma muy significativa, y no en la niebla de alguna noción nueva en la realidad, oscura o todavía no comprendida, sino en la transparente claridad de una matemática que describe, no el comportamiento de las partículas elementales, pero sí nuestro conocimiento de dicho comportamiento. El físico atómico ha tenido que echar sus cuentas sobre la base de que su ciencia no es más que un eslabón en la cadena sin fin de las contradicciones del hombre y la Naturaleza, y que no le es lícito hablar sin más de la Naturaleza “en sí”. La ciencia natural presupone siempre al hombre, y no nos es permitido olvidar que, según ha dicho Bohr, nunca somos sólo espectadores, sino siempre también actores en la comedia de la vida.

...ha resultado que a los constituyentes elementales de la materia, a los entes que un día se concibieron como la última realidad objetiva, no podemos de ningún modo considerarlos “en sí”: se escabullen de toda determinación objetiva de espacio y tiempo, de modo que en último término nos vemos forzados a tomar por único objeto de la ciencia a nuestro propio conocimiento de aquellas partículas. La meta de la investigación, por consiguiente, no es ya el conocimiento de los átomos y de su movimiento “en sí” prescindiendo de la problemática suscitada por nuestros procesos de experimentación; antes bien, desde un principio nos hallamos imbricados en la contradicción entre hombre y naturaleza, y la ciencia es precisamente una manifestación parcial de dicho dualismo. Las vulgares divisiones del universo en sujeto y objeto, mundo interior y mundo exterior, cuerpo y alma, no sirven ya más que para suscitar equívocos. De modo que en la ciencia el objeto de la investigación no es la Naturaleza en sí misma, sino la Naturaleza sometida a la interrogación de los hombres; con lo cual, también en este dominio, el hombre se encuentra enfrentado a sí mismo.

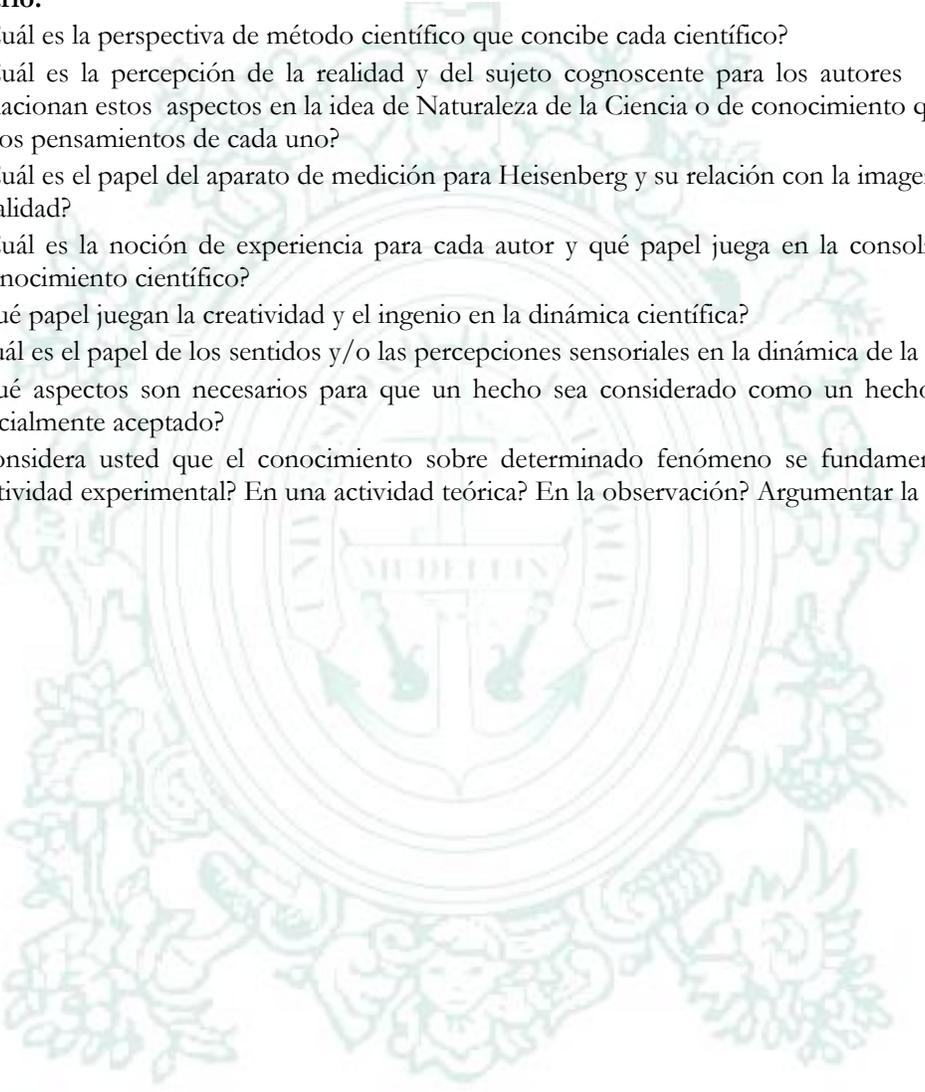
La ciencia dirige su atención ante todo a la red de relaciones entre hombre y naturaleza: a las conexiones determinantes del hecho de que nosotros, en cuanto seres vivos corpóreos, somos parte dependiente de la Naturaleza, y al propio tiempo, en cuanto hombres, la hacemos objeto de nuestro pensamiento y nuestra acción. La ciencia natural no es ya un espectador situado ante la Naturaleza, antes se reconoce a sí misma como parte de la interacción entre hombre y Naturaleza. El método científico consiste en abstraer, explicar y ordenar, ha adquirido conciencia de las limitaciones que le impone el hecho de que la incidencia del método modifica su objeto y lo transforma, hasta el punto de que el método no puede distinguirse del objeto. La imagen del universo propia de la ciencia natural no es pues ya la que corresponde a una ciencia cuyo objeto es la Naturaleza.³³

32 Erwin Schrödinger. La naturaleza y los griegos. Libros para pensar la ciencia. Traducción y prólogo Víctor Gómez Pin. Tusquets Editores

33 Werner Heisenberg. La imagen de la naturaleza en la física actual. Ediciones Orbis, S.A. 1985

Cuestionario:

- ¿Cuál es la perspectiva de método científico que concibe cada científico?
- ¿Cuál es la percepción de la realidad y del sujeto cognoscente para los autores y cómo se relacionan estos aspectos en la idea de Naturaleza de la Ciencia o de conocimiento que subyace a los pensamientos de cada uno?
- ¿Cuál es el papel del aparato de medición para Heisenberg y su relación con la imagen de realidad?
- ¿Cuál es la noción de experiencia para cada autor y qué papel juega en la consolidación del conocimiento científico?
- ¿Qué papel juegan la creatividad y el ingenio en la dinámica científica?
- ¿Cuál es el papel de los sentidos y/o las percepciones sensoriales en la dinámica de la ciencias?
- ¿Qué aspectos son necesarios para que un hecho sea considerado como un hecho científico socialmente aceptado?
- ¿Considera usted que el conocimiento sobre determinado fenómeno se fundamenta en una actividad experimental? En una actividad teórica? En la observación? Argumentar la respuesta



UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA

ANEXO 5. Protocolo Ético



UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA
FACULTAD DE EDUCACIÓN



Grupo de Investigación
Estudios Culturales sobre las Ciencias y su Enseñanza

Departamento de Educación Avanzada
Maestría en Educación
Línea Educación en Ciencias Naturales

PROTOCOLO DE COMPROMISO ÉTICO Y ACEPTACIÓN DE LOS Y LAS PARTICIPANTES EN LA INVESTIGACIÓN³⁴

Nombre de la Investigación:

**Reflexiones acerca de la naturaleza de las ciencias en la formación de profesores.
Análisis de una propuesta pedagógica sobre el papel de la experimentación en la construcción de explicaciones en torno a algunos fenómenos físicos**

Investigadora: Paula Andrea Amelines Rico

Presento ante ustedes mi compromiso ético. Entiendo como imperativo y deber, hacer uso adecuado y discrecional de la información recolectada en el marco de este trabajo, con el único fin de lograr los objetivos del estudio en cuestión y en la perspectiva de contribuir con aportes para el mejoramiento de la educación en ciencias en los contextos de los casos elegidos para este estudio, así como contribuir con cuestiones teóricas y metodológicas a la línea de investigación titulada La experimentación y los procesos de formación de profesores de ciencias naturales.

El uso discrecional y adecuado de la información recogida y de su análisis, implica que la misma sólo será utilizada para los propósitos enunciados en el marco de este trabajo investigativo y se valorará con respeto y responsabilidad los aportes de cada uno de los participantes. Los análisis y resultados serán dados a conocer en primera instancia a los participantes.

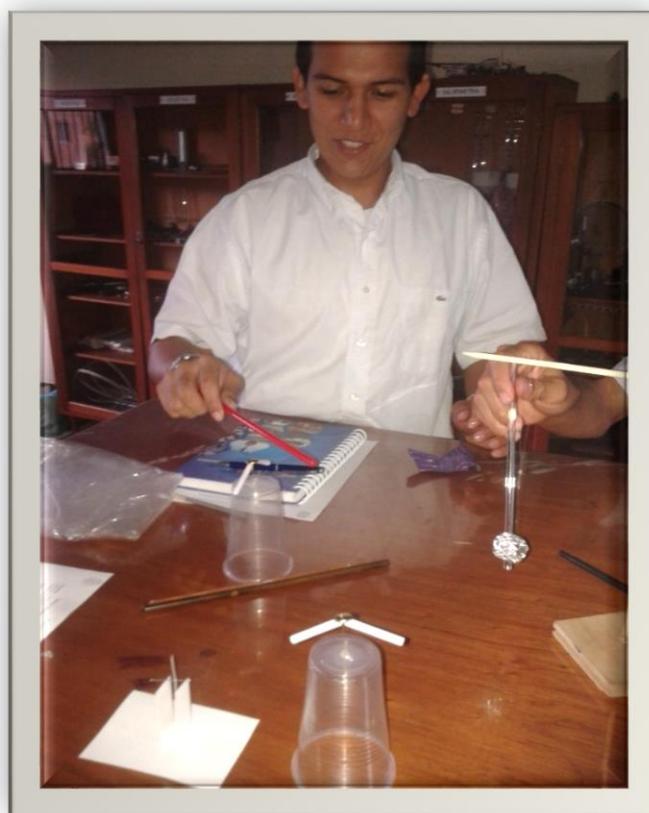
Desde esta perspectiva, las personas que firman este documento autorizan a la investigadora para que las fuentes de información como escritos, entrevistas, grupos de discusión, observaciones, etc.; se constituyan en bases de datos para dicha investigación. Al respecto, se solicita también a los firmantes de este documento anotar, algunas recomendaciones o sugerencias que consideren pertinentes en relación con la autorización que otorgan al investigador.

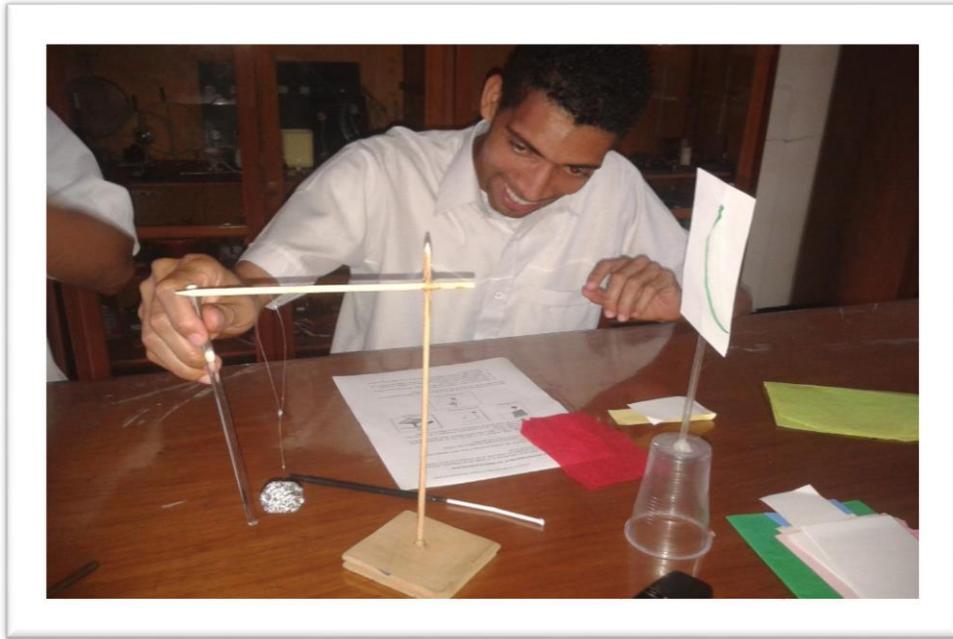
FIRMA DEL PARTICIPANTE: _____

Recomendaciones o sugerencias: _____

³⁴ Esta es una adaptación de la tesis doctoral de la profesora Berta Luella Henao Sierra (2010). Hacia la construcción de una ecología representacional: Aproximación al aprendizaje como argumentación, desde la perspectiva de Stephen Toulmin. Universidad de Burgos.

ANEXO 6. Registro fotográfico de actividades experimentales. Docentes participantes







ANEXO 7. Registro fotográfico. Desarrollo de actividades experimentales. Seminario Ciencia, vida cotidiana y experimentación. Instituto de Educación, Universidad del Valle (2013)

