

**PROCESOS ARGUMENTATIVOS DE PROFESORES DE CIENCIAS  
EN EL MARCO DE LA EXPERIMENTACIÓN CUALITATIVA**

JUAN FERNANDO GUZMÁN RESTREPO  
CRISTINA RESTREPO OLAYA

DEPARTAMENTO DE EDUCACIÓN AVANZADA  
FACULTAD DE EDUCACIÓN  
UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA  
MEDELLÍN

2013

PROCESOS ARGUMENTATIVOS DE PROFESORES DE CIENCIAS  
EN EL MARCO DE LA EXPERIMENTACIÓN CUALITATIVA

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PARA OPTAR AL TÍTULO  
DE MAGÍSTER EN EDUCACIÓN

JUAN FERNANDO GUZMÁN RESTREPO  
CRISTINA RESTREPO OLAYA

MAESTRÍA EN EDUCACIÓN  
LÍNEA EN EDUCACIÓN EN CIENCIAS NATURALES

ASESORES

ÁNGEL ENRIQUE ROMERO CHACÓN  
Dr. En Epistemología e Historia de las Ciencias  
BERTA LUCILA HENAO SIERRA  
Dra. En Enseñanza de las Ciencias

UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA  
FACULTAD DE EDUCACIÓN  
DEPARTAMENTO DE EDUCACIÓN AVANZADA  
MEDELLÍN

2013

## **Agradecemos**

*A Dios, por su guía y presencia durante todo nuestro proceso; a nuestras familias por su apoyo constante y su paciencia; al Dr. Ángel Enrique Romero Chacón y a la Dra. Berta Lucila Henao Sierra por su apoyo incondicional, sus grandes e invaluable aportes, su acompañamiento permanente, sus enseñanzas y orientaciones enriquecedoras y, ante todo, por el afecto y la confianza que nos motivaron para continuar y terminar este proceso.*

*A la Universidad de Antioquia, la Facultad de Educación, al Programa de Licenciatura en Educación Básica con énfasis en Ciencias Naturales y Educación Ambiental, al Departamento de Educación Avanzada, a la Escuela del Maestro, al Parque Explora, a los Colegios San José de la Salle y Padre Ramón Arcila; con sus orientaciones, nos ayudaron a construir esta investigación. Al Grupo ECCE y a Colciencias por la aceptación en el macro proyecto "La Argumentación en las clases de ciencias y su contribución a la construcción de ciudadanía" y la financiación de nuestra investigación.*

*Al grupo de profesores de la Red de Ciencias Naturales de la Secretaría de Educación de Medellín, quienes participaron con disposición en todas las actividades; también la coordinadora de Ciencias naturales, Diana Gallego.*

*A nuestros amigos(as) y colegas de la Facultad de Educación de la U. de A., Diana Victoria Jaramillo, Lucía Zapata, James Stevan Arango, Juan Felipe Garcés, Andrés Klauss Runge, Alberto Echeverri, Luz Stella Mejía y Julián Medina Tarazona, por sus enseñanzas.*

*A los profesores Oscar Eugenio Tamayo de la Universidad de Caldas, Edwin García de la Universidad del Valle y a la profesora Selma Leitao de la Universidad de Pernambuco, Brasil.*

*A nuestras familias y amigos, que con su amor incondicional nos acompañaron y comprendieron nuestras ausencias.*

## RESUMEN

Este Trabajo hace parte de los productos de la investigación "La Argumentación en las clases de ciencias y su contribución a la construcción de ciudadanía" (Colciencias, Cód. 111552128678) financiada con recursos del patrimonio autónomo del Fondo Nacional de Financiamiento para la Ciencia, la Tecnología y la Innovación, Francisco José de Caldas. Se realizó con profesores de la red de ciencias naturales de La Escuela del Maestro del Municipio de Medellín. El objetivo general consistió en resaltar algunas contribuciones de una propuesta pedagógica fundamentada en la experimentación cualitativa a la formación de profesores en relación con reflexiones sobre la Naturaleza de la Ciencias. Está orientada a una perspectiva Socio-cultural de la educación en ciencias, a partir del paradigma cualitativo de investigación como un estudio de caso interpretativo. Para la producción de registros y datos se realizaron actividades experimentales y discusiones grupales que incentivaron la argumentación. De igual modo, el análisis de los registros y datos producidos se abordaron desde dos macro categorías: naturaleza de las ciencias, en relación con la experimentación, y procesos epistémicos de la argumentación, en relación con el contenido. Lo anterior, a partir de la perspectiva epistemológica toulminiana.

El foco del análisis estuvo puesto en los aspectos epistémicos de la argumentación, en relación con el contenido, así como las tendencias de orden epistemológico que subyacen en los discursos de los profesores participantes, a partir de una propuesta pedagógica fundamentada en la experimentación cualitativa, pues, aunque se han trabajado la argumentación y la experimentación cualitativa como cuestiones importantes de los procesos de enseñanza y aprendizaje, aún no hay estudios que se ocupen de las posibles interacciones de estos asuntos en el aula de clase, ni de las potencialidades pedagógicas de un trabajo que ponga en negociación ambos aspectos.

Los análisis conllevaron a resaltar el valor pedagógico y didáctico de una propuesta que destaca el papel del lenguaje en la construcción de conocimiento, teniendo como escenario la experimentación cualitativa, como forma de abordar prácticas experimentales en las que hay lugar para disensos, consensos, pluralidad de explicaciones, lo que propicia la flexibilidad intelectual y el aprendizaje crítico.

Palabras claves: argumentación, experimentación cualitativa, lenguaje, naturaleza de las ciencias, educación en ciencias.

## CONTENIDO

LISTA DE FIGURAS .....	IX
LISTA DE ANEXOS .....	X
CONTEXTUALIZACIÓN.....	11
1. PLANTEAMIENTO DE LA PROBLEMÁTICA DE INVESTIGACIÓN .....	14
2. OBJETIVOS .....	18
2.1 General .....	18
2.2 Específicos.....	18
3. CONSIDERACIONES TEÓRICAS QUE ORIENTAN Y DAN SUSTENTO A NUESTROS ANÁLISIS: ARGUMENTACIÓN Y EXPERIMENTACIÓN EN LA CONSTRUCCIÓN DE CONOCIMIENTO.....	19
3.1 La argumentación y su papel en la construcción de conocimiento .....	19
3.1.1 En la diversidad de redes de significados. Una aproximación a la Argumentación Sustantiva .....	20
3.1.2 La propuesta de argumentación de Stephen Toulmin como perspectiva privilegiada en esta investigación .....	23
3.1.3 La Argumentación: un discurso subyacente a la construcción de conocimiento.....	27
3.1.3.1 La argumentación en la construcción de conocimiento científico: postulados de B. Latour y S. Woolgar desde la antropología de las ciencias. 28	
3.1.3.2 La argumentación en la construcción de conocimiento escolar: algunos aportes de la línea de investigación que privilegia la perspectiva de enseñanza y aprendizaje como argumentación .....	33
3.2 Aportes de la Naturaleza de las Ciencias en relación con la Experimentación .....	36
3.2.1 A propósito de las Perspectivas epistemológicas Cientificista y Socio-cultural .....	37
3.2.2 La Experimentación Cualitativa: un escenario para la argumentación... 42	
4. HORIZONTE METODOLÓGICO.....	49
4.1 El estudio de caso interpretativo .....	49
4.2. Acerca del caso y su contexto.....	50
4.3 Propuesta Pedagógica e instrumentos de recolección de información .....	51
4.4 Criterios de análisis.....	53
4.5 Sobre las Categorías de análisis.....	57

4.5.1	Procesos epistémicos de la argumentación en relación con el contenido.	59
4.5.1.1	Aseveraciones dogmáticas.....	59
4.5.1.2	Aseveraciones sustentadas.....	60
4.5.1.3	Aseveraciones sustantivas.....	61
4.5.2	Aspectos de orden epistemológico: Naturaleza de las Ciencias en relación con la Experimentación.....	61
4.5.2.1	Perspectiva Cientificista.....	61
4.5.2.2	Perspectiva Socio-cultural.....	62
5.	LOS HALLAZGOS.....	65
5.1.	Procesos epistémicos de la argumentación en relación con el contenido ..	65
5.1.1	Aseveraciones dogmáticas: un punto de partida.....	65
5.1.1.1	Aseveraciones no sustentadas.....	66
5.1.1.2	Aseveraciones dogmáticas apoyadas en la evidencia.....	67
5.1.2.	Aseveraciones sustentadas.....	72
5.1.2.1	Usos de las pruebas, más que hechos dados por sentido.....	72
5.1.2.2	Sobre los datos como sustento.....	77
5.1.2.3.	Sobre los conocimientos como sustento.....	79
5.1.2.3.1	Uso de conocimientos disciplinares.....	80
5.1.2.3.2	Argumentos que asumen como base, discusiones dadas en la implementación de la propuesta.....	83
5.1.2.4	Aseveraciones sustentadas en datos y conocimientos.....	84
5.1.2.4.1	Aseveraciones sustentadas: una puesta en duda de las observaciones.....	84
5.1.2.4.2	Aseveraciones sustentadas: una puesta en duda de sus conocimientos.....	86
5.1.3.1	Uso de cualificadores modales: el papel de los indicadores en la construcción de argumentos sustantivos.....	89
5.1.3.2	Uso de refutaciones: hacia posturas más razonables.....	94
5.2	Aspectos de orden epistemológico: Naturaleza de las Ciencias en relación con la experimentación.....	97
5.2.1	Perspectiva Cientificista del experimento: Ciencia como conocimiento verdadero.....	97

5.2.1.2 El instrumento como elemento externo a la construcción de conocimiento.....	101
5.2.1.3 Modelos de las ciencias: explicaciones con carácter de verdad sobre los fenómenos.....	102
5.2.2 Perspectiva Socio-cultural: Ciencia como actividad de construcción de conocimiento.....	104
5.2.2.1. Un acercamiento a consideraciones sobre el experimento como construcción social.....	106
5.2.2.2 Los instrumentos: elementos mediados por el lenguaje para la construcción de fenómenos.....	108
5.2.2.3 Modelos explicativos de los fenómenos: regularidades expresadas a través del lenguaje.....	111
6. ALGUNAS CONSIDERACIONES SOBRE LAS POTENCIALIDADES PROPUESTA PEDAGÓGICA.....	114
6.1 Potencialidades de la propuesta en los ámbitos pedagógico, procedimental y disciplinar.....	114
CONSIDERACIONES FINALES.....	117
BIBLIOGRAFÍA Y WEBGRAFÍA.....	122
ANEXOS.....	127

## LISTA DE FIGURAS

Enunciados desde la Perspectiva de B. Latour y S. Woolgar	32
Diseño metodológico para la recolección de información.	52
Notación Utilizada en las transcripciones de acuerdo al texto de Candela.	54
Notación de los participantes por colores empleada en las transcripciones.	54
Ejemplo de transcripción de una discusión de la sesión dos, usando colores.	55
Ejemplo de transcripción de una discusión de la sesión cinco, empleando nombres ficticios para los participantes y numerando las intervenciones de los mismos.	56
Red de Análisis.	58
MAT de aseveraciones dogmáticas, "apoyadas" en la evidencia.	70
Presencia de Aseveraciones "apoyadas" en la evidencia.	71
MAT: Uso de las pruebas.	74
Usos de las pruebas en las diferentes sesiones.	76
MAT: Sustento en conocimientos disciplinares.	81
Presencia de aseveraciones sustantivas.	88

## LISTA DE ANEXOS

Anexo 1.	Convocatoria del Seminario - Taller	127
Anexo 2.	Modelo de Certificado del Seminario - Taller	128
Anexo 3.	Propuesta Pedagógica	128
Anexo 4.	Descripción de los elementos del MAT	140
Anexo 5.	Indicadores de calidad del MAT	141
Anexo 6.	Protocolo Ético	142
Anexo 7.	Cronograma de intervención	143
Anexo 8.	Registro Fotográfico	145

## PROCESOS ARGUMENTATIVOS DE PROFESORES DE CIENCIAS EN EL MARCO DE LA EXPERIMENTACIÓN CUALITATIVA

### CONTEXTUALIZACIÓN

Esta investigación se inscribe en la perspectiva de trabajos del grupo de investigación Estudios Culturales sobre las Ciencias y su Enseñanza (ECCE) de la Facultad de Educación de la Universidad de Antioquia, concretamente, en las líneas de Historia, Epistemología y Enseñanza de las Ciencias y Lenguaje, Argumentación y Educación en Ciencias. Así mismo, hace parte de los productos de la investigación "La Argumentación en las clases de ciencias y su contribución a la construcción de ciudadanía" (Colciencias, Cód. 111552128678) financiada por Colciencias, con recursos del patrimonio autónomo del Fondo Nacional de Financiamiento para la Ciencia, la Tecnología y la Innovación, Francisco José de Caldas. Algunos avances de la misma fueron presentados en la ponencia "Procesos Argumentativos de Profesores de Ciencias en el Marco de la Experimentación Cualitativa", en el Primer Encuentro de Estudios Históricos para la Enseñanza de las Ciencias, y el Cuarto Encuentro Nacional Sobre Enseñanza de la Mecánica realizado en Bogotá D.C. entre el 30 de mayo y el 1° de junio de 2012.

El punto nodal está puesto en el análisis de los aspectos epistémicos de la argumentación, en relación con el contenido, así como en los aspectos de orden epistemológico que subyacen en los discursos de los profesores participantes; lo anterior, a partir de una propuesta pedagógica fundamentada en la experimentación cualitativa, pues, aunque se han trabajado la argumentación y la experimentación cualitativa como cuestiones importantes de los procesos de enseñanza y aprendizaje, es viable afirmar que a la fecha no se han abocado estudios que se ocupen de las posibles interacciones de estos temas en el aula de clase ni de las potencialidades pedagógicas de un trabajo que ponga en diálogo

ambos aspectos.

En este sentido, privilegamos una perspectiva cualitativa-interpretativa, dentro de la cual optamos por el análisis cualitativo de contenido, en razón a que allí se describen contenidos que tuvieron lugar en las actividades pedagógicas planteadas a partir de la experimentación cualitativa, como un contexto adecuado para la construcción de conocimiento y a la luz de experiencias que privilegian la argumentación sustantiva en el marco de la Epistemología toulminiana. En coherencia, asumimos el estudio de caso como una alternativa que consiente abordar un caso particular y describir el problema o fenómeno dentro de su contexto (Stake, 1998).

Respecto del espacio, esta investigación fue realizada en la Escuela del Maestro con un grupo de veintiún profesores vinculados a instituciones oficiales y privadas del área metropolitana de Medellín, de diferentes grados escolares, quienes tienen a su cargo asignaturas de las ciencias naturales -Física, Química, Biología-. De allí seleccionamos un caso conformado por nueve participantes que hacen parte de la Red Pedagógica de Ciencias Naturales de la Secretaría de Educación, quienes atendieron la convocatoria del seminario-taller "Experimentación de tipo Cualitativa".

Para su implementación se desarrollaron seis sesiones encaminadas a registrar información a nivel grupal e individual; para el análisis de las producciones argumentales grupales se diseñaron cinco actividades experimentales y dos conversatorios, y, para el análisis de las producciones argumentales individuales se diseñaron tres actividades de producción escrita. Además, cada una de las actividades fue organizada de forma cronológica - actividad experimental, conversatorio, producción escrita- teniendo en cuenta, por una parte, la profundización conceptual del componente disciplinar de los fenómenos electrostáticos, y, por otra, la complejidad progresiva de los

argumentos desde la perspectiva toulminiana.

Valga señalar que la argumentación se constituye en una posibilidad de construcción de conocimiento a través de la experimentación, en tanto espacio para la discusión de teorías y puesta en común de ideas y explicaciones. Adicionalmente, es una estrategia que favorece la participación y el fomento de valores como el respeto por el pensamiento y la palabra del otro, respeto por las pruebas y la duda, tolerancia ante la existencia de diversidad de explicaciones, por otras formas más refinadas de evaluar conocimiento, que se torna una problemática propicia para la argumentación en la enseñanza.

## 1. PLANTEAMIENTO DE LA PROBLEMÁTICA DE INVESTIGACIÓN

La experimentación cualitativa como escenario para la argumentación:  
Más allá de miradas científicistas en la enseñanza

En la Educación en Ciencias ha sido permanente el cuestionamiento sobre las formas usuales de enseñanza, en virtud a que se considera que están orientadas bajo un modelo transmisionista al cual subyace una perspectiva científicista de la construcción del conocimiento científico. Relativo a la experimentación en la clase de ciencias, se puede manifestar que obedece a las clásicas perspectivas, deductiva e inductiva, que se emplean en las ciencias (Koponen & Mántylá, 2004).

De acuerdo con estas perspectivas, la experimentación presenta una doble connotación, bien sea como elemento verificador o contrastador de teorías o como fuente de conocimiento, en tanto la observación y la formulación de hipótesis se convierten en aspectos que anteceden al mismo, lo que afianza una perspectiva empirista en la construcción de conocimiento científico y sobrevalora el carácter instrumental de la enseñanza de las ciencias (Medina & Tarazona, 2010).

De esta manera, y en analogía con Hodson (1994), a la experimentación se le han otorgado supuestos beneficios que contribuyen al aprendizaje de los conceptos científicos; por ejemplo, el desarrollo de técnicas y procedimientos enfocados a lograr una mayor competencia en la realización de experimentos, a incentivar el interés y la diversión mediante prácticas atractivas, a entrenarse en las técnicas empleadas en los laboratorios de los científicos y a promover la aplicación del método científico, entre otros. También se destacan propósitos relacionados con la obtención de experiencia directa sobre los fenómenos, contrastación de teorías científicas con la realidad que pretenden describir y desarrollo de competencias técnicas y de razonamiento práctico (Flores, *et al.*,

2009).

En este sentido, es importante reflexionar acerca de las concepciones que tienen los profesores de ciencias acerca del papel que desempeña el experimento en la construcción del conocimiento científico, pues generalmente éste es empleado con fines demostrativos de teorías o como una manera de contrastar las mismas.

Así mismo, es primordial generar propuestas de enseñanza que opten por enfoques contemporáneos que privilegien otras formas de pensamiento y que resalten el papel del lenguaje en la construcción de conocimiento, además de las perspectivas inductiva y deductiva que rigen los estándares curriculares de la actualidad.<sup>1</sup>

Por consiguiente, estamos de acuerdo con propuestas de trabajo en el aula que reconocen que enseñar ciencias es más que la transmisión de conceptos, términos y procedimientos, que, además, resaltan la importancia del lenguaje y de los aspectos socio-culturales en la construcción de conocimiento. Por tanto, consideramos que una perspectiva socio-cultural sobre la enseñanza permite identificar la relevancia de los debates, los consensos, los disensos, los acuerdos y las justificaciones en el aula que en conjunto hacen parte de procesos discursivos que median los procesos de enseñanza y aprendizaje.

Al respecto, en este trabajo nos proponemos incentivar la argumentación en torno a la construcción de explicaciones, en relación con la experimentación cualitativa exploratoria, pues, de acuerdo con Ferreirós & Ordóñez (2002), reconocemos el valor de las experiencias de este tipo, ya que se oponen a

Es necesario reconocer que las formas tradicionales de *hacer* ciencia, resisten las pruebas del tiempo, trascienden, en la medida en que se constituyen en patrimonio de la misma ciencia en el pasado.

prácticas verificacionistas e instrumentalistas y favorecen procesos discursivos para una mejor comprensión de los fenómenos.

De acuerdo con lo expuesto, consideramos que nuestra investigación se constituye en una forma diferente de abordar la experimentación al vincular la argumentación como una estrategia que promueve una visión representacional en la que prima el carácter simbólico y cultural de los sistemas científicos y, por otra, resaltan el papel del lenguaje y la argumentación como mediadores de procesos de aprendizaje en el aula escolar (Henaó & Stipcich, 2008).

En afinidad con estas ideas, hemos elegido la perspectiva de Stephen Toulmin. Acorde con las fuentes epistemológicas estudiadas, esta contiene el potencial pedagógico de una propuesta a la que le es inherente una estrecha relación entre la construcción social de conocimiento y la negociación de significados, justificaciones, debates, críticas, la apertura al cambio y, por ende, la flexibilidad intelectual, ya que 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 científicos, sino a las actitudes críticas con las que los estudiantes aprenden a juzgar aún los conceptos expuestos por sus profesores (Toulmin, 1977).

Por lo expuesto, consideramos nuestra investigación como una manera de analizar la naturaleza de las ciencias respecto a la experimentación, así como los argumentos de algunos profesores de ciencias cuando se abordan experimentos cualitativos.

Por consiguiente, nuestra investigación está orientada por las siguientes preguntas:

- ¿Qué contribuciones ofrece una propuesta pedagógica fundamentada en la experimentación cualitativa a la formación de profesores en relación con reflexiones sobre la Naturaleza de las Ciencias?
- ¿Cuáles son algunas de las características de los argumentos de profesores de ciencias, en el marco de una propuesta pedagógica fundamentada en la experimentación cualitativa?
- ¿Cuáles son algunas de las tendencias de orden epistemológico que se identifican en los discursos de algunos profesores de ciencias en relación con la experimentación?

## 2. OBJETIVOS

### 2.1 General

Resaltar algunas contribuciones de una propuesta pedagógica fundamentada en la experimentación cualitativa a la formación de profesores en relación con reflexiones sobre la Naturaleza de la Ciencias.

### 2.2 Específicos

- Caracterizar procesos epistémicos inherentes a la argumentación en los discursos de un grupo de profesores de ciencias, a partir de una propuesta pedagógica fundamentada en la experimentación cualitativa.
- Identificar algunas tendencias de orden epistemológico sobre la experimentación en los discursos de un grupo de profesores de ciencias.

### 3. CONSIDERACIONES TEÓRICAS QUE ORIENTAN Y DAN SUSTENTO A NUESTROS ANÁLISIS: ARGUMENTACIÓN Y EXPERIMENTACIÓN EN LA CONSTRUCCIÓN DE CONOCIMIENTO

De acuerdo con los sustentos teóricos, base de la investigación, realizamos, en primer lugar, algunas consideraciones sobre la argumentación y la perspectiva epistemológica privilegiada, y adoptamos algunos aportes de la línea de investigación en aprendizaje como argumentación; en segundo lugar, presentamos algunas consideraciones de las perspectivas científicista y socio-cultural en relación con la experimentación, caracterizando en cada perspectiva los usos dados al experimento y el papel asignado al lenguaje; así mismo, precisamos asuntos relacionados con el uso de instrumentos y pruebas en la construcción de argumentos, y, en tercer lugar, presentamos las relaciones que se establecen entre argumentación y experimentación, buscando con ello destacar el papel del lenguaje en el trabajo experimental.

#### 3.1 La argumentación y su papel en la construcción de conocimiento

Como punto de partida y consideración ineludible, acogemos una perspectiva constructivista, socio-cultural y pluralista sobre el conocimiento. Así, entendemos que existe multiplicidad de maneras de aproximarnos a la comprensión del *mundo* y que esta aproximación implica la invención o construcción de modelos explicativos y predictivos que hacen posible dicha comprensión. Con Toulmin (1977) son entendibles las ciencias, como otras formas de conocimiento, como actividades socio-culturales a las que les son inherentes procesos de cambio y transformación, y en las que se da un devenir estrechamente relacionado con procesos la flexibilidad intelectual y crítica, en una búsqueda permanente de explicaciones más adecuadas y pertinentes.

Con estas consideraciones, nos distanciamos de posturas empiristas y científicas -que otorgan un lugar primordial a la observación y a la experimentación, en detrimento del papel del lenguaje y, por ende, de lo simbólico y cultural- y nos alejamos también de posturas racionalistas y científicas para acoger un punto de vista desde el cual reivindicamos, específicamente la importancia de la argumentación sustantiva, no formal, en la construcción de conocimiento científico y del conocimiento que se construye en el aula.

En lo que sigue, planteamos algunas precisiones relacionadas con las consideraciones anteriores, en tanto cuestiones que orientan y dan sustento a la propuesta pedagógica y a los análisis adelantados en este trabajo. Así, intentamos un tejido de presupuestos con el cual acercarnos, primero, a algunos temas relacionados con diversas redes de significados en torno al concepto argumentación; segundo, a la perspectiva de argumentación que privilegiamos: la de Toulmin; y, tercero, al valor de la argumentación sustantiva en la construcción de conocimiento.

### 3.1.1 En la diversidad de redes de significados. Una aproximación a la Argumentación Sustantiva

Una primera aproximación en torno de la argumentación es la que plantea Galindo (2007):

Argumentar, es dar razones a favor de una pretensión, pero no cualquier razón, sino razones correctas y aceptables por el destinatario de la argumentación que puede ser el juez, las partes, la autoridad, la contraparte en un debate. Así mismo, otro elemento importante en la argumentación es la persuasión: de nada serviría aducir razones si no convencen a la otra parte en el juicio o en el debate, al parlamento, o a la misma autoridad (Galindo, 2007, p. 31).

Por otro lado, Jiménez, Bugallo & Duschl, (2000) entienden por argumentación la capacidad de relacionar datos y conclusiones, de evaluar enunciados teóricos a la luz de los datos empíricos o procedentes de otras fuentes, entre otras relaciones.

Específicamente, en la educación en ciencias el argumento se refiere a aquellos elementos (*artifacts*) que un estudiante o grupo de estudiantes - para nuestro caso los profesores - crean cuando son requeridos para articular y justificar ideas o explicaciones científicas, mientras que la argumentación se refiere a los procesos de construcción de estos elementos (Sampson & Clark, 2008).

En lo referente al análisis de la argumentación, Santibáñez (2001) presenta cinco perspectivas de trabajo, algunas relacionadas con técnicas discursivas y elementos retóricos; es el caso de Álvarez (1996) y Ducrot & Anscombe (1994); otras relacionadas con patrones lingüísticos en las que el énfasis está puesto más en la estructura del argumento que en su contexto de origen, entre otras, Horsella y Allendes, 1996); Redder (1994), Trautmann (1994) y Marquard (1994), para, finalmente, centrarse en la perspectiva de Stephen Toulmin (1977) sobre la cual desarrolla diferentes ejercicios de su esquema argumental aplicándolo a los discursos que se obtienen en contextos cotidianos.

Por su parte, Walton (2009) diferencia entre un argumento en la lógica formal y la lógica pragmática; el primero se refiere a la veracidad o falsedad del argumento mismo, sin tener en cuenta su contexto de diálogo, mientras que en el segundo, además es fundamental dicho contexto de diálogo para llegar a considerar una conclusión razonable para el argumento en cuestión. En esta medida, los argumentos son construcciones situacionales y temporales que se ubican y se evalúan en un contexto en particular.

Estas consideraciones acerca de la argumentación preparan el escenario para acercarnos a la línea de argumentación privilegiada en esta investigación. Siguiendo a Toulmin (2003 y 2006), Jiménez-Aleixandre & Díaz de Bustamante (2003) resaltan la argumentación sustantiva, no formal, y afirman que los argumentos son situacionales, están permeados por una cultura, y por tanto pueden ser considerados relativos, ya que existen criterios para comparar enunciados alternativos y escoger el más adecuado.

En *Os usos do argumento*,<sup>2</sup> Toulmin (2006) considera que la argumentación es situacional; no obstante, reconoce que es regida por ciertas normas, es decir, no todo vale; por ser pragmática no está exenta de criterios de calidad y validez. Considera, además, que un argumento es una estructura compleja de datos que involucra un movimiento que parte de una evidencia y llega al establecimiento de una conclusión; así mismo, describe los elementos constitutivos, representa las relaciones funcionales entre ellos y especifica los componentes del razonamiento desde los datos hasta las conclusiones.

También plantea que todas las afirmaciones o aseveraciones que se realizan acerca del mundo pueden encajar en un modelo que contiene seis aspectos claves (Anexo 4); de igual modo, afirma que este esquema puede ser usado en todos los campos disciplinares, aunque se le han hecho algunas críticas a esta premisa, pues, en la actualidad, hay trabajos que consideran que este modelo no es posible aplicarlo a todo tipo de argumentos, especialmente a aquellos que son extensos (Kelly & Takao, 2002); así mismo, ha recibido críticas en cuanto a los criterios de delimitación entre cada uno de los componentes que propone, puesto que en ciertas ocasiones estos se solapan (Kelly & Takao, 2002). Sin embargo, consideramos que su esquema permite evidenciar que desde unos datos específicos se puede llegar a una conclusión.

<sup>2</sup> En español; *Los usos del argumento*.

Desde otra óptica, Toulmin compara un argumento con un organismo. Afirma que ambos tienen una estructura anatómica gruesa y una estructura fisiológica fina, de modo que es posible identificar las unidades estructurales del argumento y las interrelaciones entre las mismas, cuestión que también plantea Lemke (1997), al referir que el discurso científico se expresa en dos patrones: uno que se relaciona con la organización representada en la estructura de la actividad o tarea y, el otro, el patrón temático que da cuenta de la vinculación de significados de conceptos en un campo científico específico.

### 3.1.2 La propuesta de argumentación de Stephen Toulmin como perspectiva privilegiada en esta investigación

De acuerdo con esta perspectiva de trabajo y retomando los aportes de Henao & Stipcich (2008) son tres sus ejes centrales. El primero se refiere a las explicaciones científicas acerca de modelos, conceptos, preguntas y problemas, y plantea que los conceptos se relacionan con prácticas explicativas y con técnicas de representación que hacen parte de las mismas. Adicionalmente, reconoce la complejidad de los conceptos científicos, a la vez que destaca su carácter eminentemente cultural. De este modo, distingue tres aspectos esenciales en ellos: *el lenguaje*, referido a los términos relacionados con conceptos y con leyes o principios; *las técnicas de representación* que pueden ser formalismos matemáticos, gráficas o diagramas, árboles taxonómicos y clasificaciones, elaboración de programas de computador, simulaciones, etcétera; y *los procedimientos o situaciones empíricas de aplicación de la ciencia* que permiten explicar dichos conceptos.

Toulmin (2006) insiste también en que el papel de los científicos debe caracterizarse por construir representaciones más adecuadas y procedimientos

explicativos que den cuenta de los aspectos importantes de la naturaleza, sin olvidar discernir sobre las condiciones y las variables en que una representación puede ser pertinente como explicación.

Cabe anotar que las características aludidas están relacionadas con el concepto de *razonabilidad*<sup>3</sup>, como factor importante en la dinámica que caracteriza las culturas y las disciplinas científicas, de suerte que la construcción de conocimiento como actividad cultural implica un entramado de relaciones al que se denomina *ecología intelectual*, red en la que además de las poblaciones conceptuales sobresalen elementos y factores que le dan identidad, a la par que impulsan cambios, dado que los conceptos y los sistemas conceptuales son productos transitorios de las ciencias en su desarrollo histórico.

En este sentido, los conceptos científicos se transmiten y son aprendidos en los procesos por los cuales una disciplina se mantiene en el tiempo y los conceptos colectivos se transfieren de una generación de investigadores a otra en procesos de evolución, que implican el mejoramiento de los procedimientos explicativos sobre los fenómenos. De ahí que Toulmin reconozca el carácter plural y cultural de las ciencias, en relación con la *razonabilidad*, como factor situacional y de cambio en las disciplinas, pues estas corresponden a representaciones y modelaciones construidas por los científicos, en torno de los fenómenos, y no a réplicas de estos ni de la naturaleza. Es por ello que para Toulmin las teorías son leyes de las formas de representación y no leyes de la naturaleza; por tanto, subraya que los modelos teóricos siempre son provisionales, es decir, no son eternos ni inmutables, pero, en determinado momento fueron adecuados y tuvieron su poder explicativo.

<sup>3</sup> Toulmin se refiere al término "Reasonableness" (Toulmin, 2003), que hemos traducido como "razonabilidad", en contraposición de otras traducciones que hablan de racionabilidad.

El segundo aspecto hace referencia al rol de la *razonabilidad* en la ciencia. Toulmin plantea un contraste entre la perspectiva racionalista y la humanista. Desde el punto de vista del racionalismo, se considera que los formalismos matemáticos son el reflejo del mundo y que sólo las deducciones que implican dichos formalismos, dan cuenta de la expresión de la capacidad de razonar. De ahí que la racionalidad y el razonamiento están ligados a la lógica formal y no se reconozca que las formas teóricas y los formalismos cumplen la función de representar y explicar los fenómenos físicos. Sin embargo, desde el punto de vista humanista, colige que es determinante el papel de la *razonabilidad* en el devenir de la ciencia, porque son las buenas razones en contexto, las que permiten aceptar, por un lado, la incertidumbre, la ambigüedad y el pluralismo, sin que ello implique caer en la falta de previsión y de rigor en la construcción del conocimiento científico; por otro, la pluralidad teórica y metodológica, así como el carácter humano y cultural del conocimiento científico.

Así las cosas, y en relación con el tercer aspecto, en Toulmin es predominante la flexibilidad intelectual como eje fundamental de la dinámica propia de la cultura científica; esto es, el factor subyacente a los cambios en las ciencias. En correlación, la *enculturación* es un proceso de aprendizaje socio-cultural que implica, obligatoriamente, relacionar la capacidad crítica y propositiva a quienes se forman en una disciplina. En relación con estas cuestiones, Toulmin (1977, citado por Henao & Stipcich, 2008) considera que “la calidad del proceso de enseñanza tiene que ver, no tanto con la exactitud con que se manejan los conceptos específicos, sino por (sic) las actitudes críticas con que los estudiantes aprenden a juzgar aún los conceptos expuestos por sus mismos maestros” (p. 333).

Es de primer orden insistir en que desde la perspectiva toulminiana para la construcción de argumentos se propone un modelo en el que a partir de un dato se formula una aserción; una garantía conecta los datos con la aserción y se ofrece un soporte teórico, práctico o experimental (el respaldo). Los calificadores

indican el modo en que se interpreta la aserción como verdadera, contingente o probable. Finalmente, se consideran sus posibles reservas y objeciones (Ver anexo 4). A continuación, explicamos cada uno de los elementos del esquema argumental con base en el trabajo realizado por Bello (2004).

Cabe advertir, de una parte, que el uso del modelo argumental en las clases de ciencias se puede adoptar para construir argumentos o para analizar diferentes procesos argumentativos que responden, igualmente, a diferentes enfoques. De otra parte, y de acuerdo con las consideraciones expuestas, hacer ciencia conlleva diferentes procesos como: discutir, razonar, argumentar, criticar y justificar hipótesis explicativas; y por ello los procesos de enseñanza - aprendizaje de las ciencias deben estar ligados a actividades discursivas que posibiliten la apropiación de herramientas culturales y de nuevas formas de entender el mundo, de manera que aprender a pensar bien o a razonar es aprender a expresar razonamientos, de modo que puedan ser comprendidos por el sujeto mismo y por los demás.

Henao, Stipcich & Moreira (2010) privilegian una formación en ciencias desde una perspectiva más humanista. La misma, ha sido abordada por investigadores que hacen parte de esta línea de trabajo. En esta estudian la argumentación en relación con la enseñanza de las ciencias y se plantea que aprender ciencias se relaciona con aprender a argumentar. A esto haremos referencia en los próximos apartados del texto.

### 3.1.3 La Argumentación: un discurso subyacente a la construcción de conocimiento

En relación con la argumentación, y siguiendo a Toulmin (1977), las disciplinas científicas tienen sus propias formas de razonamiento, así como unos criterios específicos para valorar las explicaciones que se enmarcan en una cultura científica. La construcción de conocimiento en cada una de estas disciplinas se puede comprender como una búsqueda de modelos o formas de entender el mundo a la que subyacen preguntas, cuestionamientos y procesos metodológicos con formas propias de validación. Todos estos elementos constituyen un conjunto de cuestiones que por criterios de razonabilidad permiten elegir los elementos que merecen constituirse en parte del legado cultural que, de suyo, le pertenece a cada disciplina (Henaó, 2010).

Esta perspectiva de trabajo pone de relieve la pluralidad y los cambios a los que están expuestas las explicaciones y las formas de comprender el mundo, que dan cuenta del carácter inacabado del conocimiento. En relación con esto, es posible comprender que hay “buenas razones” que coadyuvan a la aceptación de explicaciones, metodologías y valores, siendo específicamente la alusión a esas buenas razones lo que se nombra razonabilidad (Toulmin, 2003).

Coincidimos, entonces, en que la educación en ciencias es un proceso que tiene por intencionalidad la apropiación de un acervo cultural, lo que desde la perspectiva toulminiana se entiende como *enculturación*. Esto implica compartir significados y, al mismo tiempo, tener la capacidad de tomar asumir posturas críticas. De ahí que es el aprendizaje una *apropiación cultural* que demanda flexibilidad intelectual y apertura a la crítica. A la luz de lo expuesto, y en relación con la construcción de conocimiento, es necesario tomar distancia de posturas dogmáticas y privilegiar una enseñanza en la que se procuren espacios para proponer, discutir, validar, refutar; una enseñanza que conceda un lugar a los

disensos y consensos, proceso que deriva, indefectiblemente, en una formación y un aprendizaje crítico.

Por las razones aludidas, encontramos en la línea de Aprendizaje como argumentación una posibilidad de materializar los elementos que desde esta perspectiva podrían ser comprendidos en la enseñanza de las ciencias. Esto significa considerar que procesos epistémicos como relacionar datos y conclusiones, codificar información, relacionar datos empíricos que provienen de otras fuentes, usar modelos y conceptos de ciencia para soportar conclusiones, evaluar enunciados y modificar aseveraciones a partir de nuevos datos, son inseparables de procesos eminentemente socio-culturales tales como: discutir, criticar, justificar y debatir. Por consiguiente, la argumentación es un proceso implícito a la construcción de conocimiento, tanto de orden científico como escolar.

En lo que sigue realizamos algunas aproximaciones, por un lado, al papel de la argumentación en la construcción de conocimiento científico, a partir de los aportes de Latour & Woolgar (1995) y, por otro, se discuten asuntos relacionados con la argumentación en la construcción de conocimiento escolar, identificando algunos aportes de la línea de investigación que privilegia la perspectiva de enseñanza y aprendizaje como argumentación.

3.1.3.1 La argumentación en la construcción de conocimiento científico: postulados de B. Latour y S. Woolgar desde la antropología de las ciencias

Latour & Woolgar (1995) en su trabajo *La Vida en el Laboratorio. La Construcción de los Hechos Científicos* se proponen develar las características eminentemente culturales del trabajo de los científicos; es decir, el carácter de actividad cultural que tiene las ciencias. En este sentido, de acuerdo con Latour y Woolgar (1995), los científicos están llamados a convencer a otros y ser convencidos de aceptar

como hechos las explicaciones que construyen, otorgándole un papel de privilegio a los procesos discursivos de debate y argumentación que entrañan sus procedimientos en la investigación científica.

Es evidente que en su trabajo buscan seleccionar un principio de organización que les permita dar una explicación en torno de las dinámicas de un laboratorio, suficientemente distinta de las que confieren los propios científicos, pero, suficientemente interesante para los científicos y los lectores que no están familiarizados con la disciplina en la que se ubica el estudio. Valga señalar que para Latour, tanto el científico como el antropólogo construyen conocimiento en un mismo contexto, con elementos propios de la cultura, para el caso, el lenguaje, las presentaciones y los símbolos, razón de más para afirmar que uno y otro gozan de dominio cultural.

Los autores encuentran que en la construcción de conocimiento científico se desempeñan dos roles diferenciados; uno, el de los técnicos, que generalmente se encargan de la producción de las inscripciones gráficas, y, dos, el de los doctores, que son quienes finalmente reciben estas inscripciones para darles un sentido, según las intenciones de la investigación. No obstante, tanto técnicos como científicos poseen una cultura disciplinar similar, pues, al estar comprometidos en la misma empresa, manejan conceptos o enunciados que son conocidos por todos y que más adelante denominaremos *enunciados tipo V* y que cumplen la misma función que los conceptos corrientes, en términos toulminianos.

Adicional a lo anterior, hay en el trabajo de los científicos una gran producción literaria, la cual está estrechamente relacionada con lo que denominan *instrumentos de inscripción gráfica*. Desde esta perspectiva, son elementos del aparato, o una configuración de esos elementos, que puede transformar una sustancia material en una figura o un diagrama que sea utilizable por los doctores y proporcione una información importante para el estudio.

Señalamos que los instrumentos de inscripción gráfica, desde esta perspectiva, son construcciones a las que subyacen procesos discursivos, en el entendido de que al igual que las leyes y principios propios de las ciencias, estos también fueron objeto de discusión. Las inscripciones gráficas, en su mayoría, provienen de instrumentos o máquinas que tienen por función generar registros que posteriormente serán analizados a la luz de las teorías o los enunciados que comparten los doctores que trabajan en el laboratorio.

En su investigación, los autores delegan un papel fundamental al lenguaje en la construcción de conocimiento científico, específicamente a la producción de artículos; así, diferencian tres líneas principales en dicha producción; la primera, obedece al aislamiento de nuevas sustancias naturales; la segunda, a su reproducción mediante síntesis y, la tercera, que pretende entender los mecanismos en virtud de los cuales interactúan diferentes sustancias. Cada uno de estos programas da cuenta del número de publicaciones que se enmarcan en cada programa, aclarando que los objetivos de cada programa cambian cada pocos meses.

Dentro de lo que se viene exponiendo acerca de la literatura, producto del trabajo científico, para el caso que nos ocupa, el concepto *fenomenotecnia* es una apropiación que se realiza de Bachelard (1975), quien, de una parte, hace referencia a la diferente producción literaria que se puede llevar a cabo en un laboratorio -la construcción de textos, imágenes y procesos, de forma oral o escrita- y, por otra, se refiere a la forma de utilización de los equipos y instrumentos que hacen parte del laboratorio. Una característica importante de la utilización de los instrumentos de inscripción en el laboratorio es que, una vez se dispone del producto final, se olvidan todas las etapas intermedias que posibilitaron su producción.

En determinado momento, los instrumentos se convierten en garantía de construcción de conocimiento, pues en ellos se evidencia una supuesta objetividad;

pero, ¿es posible que un aparato sea objetivo, a sabiendas de que fue construido por el hombre? Es claro que el aparato está atravesado por un conjunto de percepciones humanas y no cabe duda de que se trata de una elaboración científica, construida, posiblemente, en un laboratorio. Desde esta perspectiva, no puede ser identificado como un instrumento altamente objetivo, más aún cuando somos conscientes de que este puede no ser útil en otro contexto, o en otro tiempo. En suma, estos, también, son situacionales y temporales.

Siguiendo a Bachelard (1975), Latour y Woolgar (1995) se refieren al aparato como "teoría reificada", en virtud a que el instrumento de inscripción proporciona, a su vez, inscripciones que se pueden utilizar para escribir artículos o hacer afirmaciones en la literatura, sobre la base de la transformación de argumentos establecidos en elementos del aparato; a la par, esta transformación viabiliza la generación de nuevas inscripciones, nuevos argumentos y, potencialmente, nuevos elementos del aparato.

En el mismo sentido, los hechos, en cuanto producto de inscripción, tienen la capacidad y la intencionalidad de persuadir al otro, mostrándose como elementos significativos, dignos de ser financiados. La concepción de *hecho* científico que se presenta en este trabajo de investigación difiere en grado sumo de la que aportan la perspectiva empírico - positivista dado que en Latour el hecho es una construcción de las realidades, en contraste con la postura científicista en donde está dado en el lenguaje de la naturaleza.

Cabe aclarar que los científicos adquieren un carácter de escritores, en tanto, los hechos son materializados en artículos y a la vez son publicados. Cabe, entonces, afirmar que su producción es tanto científica como literaria. Ellos no manipulan variables, no manejan instrumentos ni generan inscripciones gráficas; su función específica es generar publicaciones, actividad meramente escritural. A pesar de ello, no se reconocen como sujetos escritores, sino como científicos.

De retorno a la noción de enunciado, Latour y Woolgar (1995) establecen cinco tipos de enunciados (ver figura 1), para explicar la construcción de conocimiento que se da en un laboratorio, los cuales son de gran importancia puesto que dan cuenta de la construcción de conocimiento.<sup>4</sup>

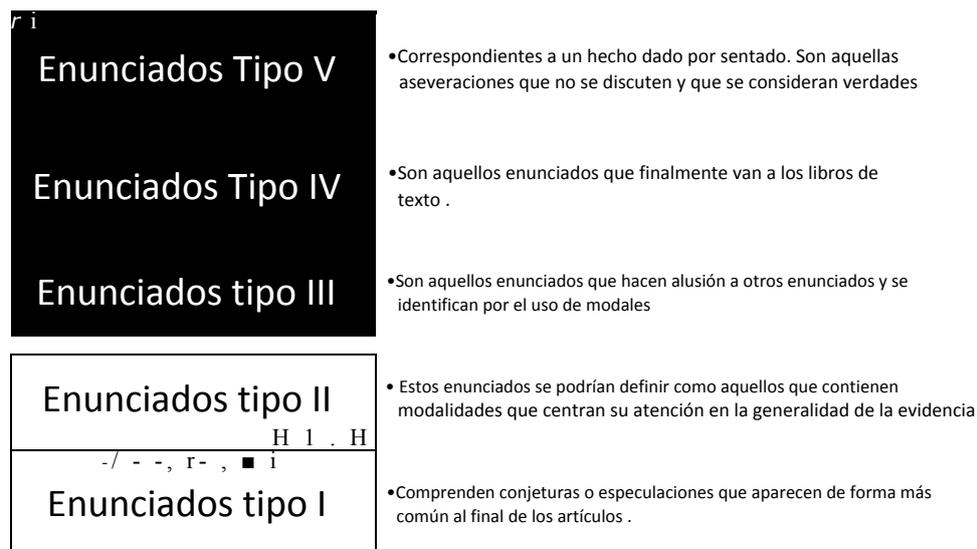


Figura 1. Enunciados desde la Perspectiva de B. Latour y S. Woolgar (1995)

Durante el proceso de acercamiento que se tiene al ingreso a un laboratorio, estos tipos de enunciados se materializan en el lenguaje articulado (oral y escrito) de todas las personas que conforman esta comunidad científica. Igualmente, es posible identificar que hay enunciados que presentan movilidad de una categoría a otra: lo que inicialmente era una conjetura (Tipo I), se lleva a procesos experimentales para su verificación (Tipo II); a esto es a lo que se refieren Latour y Woolgar (1995) al hablar de transformación del tipo de enunciado.

<sup>4</sup> Que en Kelly & Takao (2002) son llamados niveles epistémicos de la argumentación.

Con estas consideraciones es posible establecer relaciones muy estrechas entre la construcción de conocimiento científico en un laboratorio, y el papel del lenguaje en dicha construcción, en la medida en que, en términos de Latour y Woolgar (1995), los científicos se encargan más de la escritura de informes y artículos que de manipular instrumentos o instrumentos con los cuales se producen las inscripciones gráficas.

En el próximo apartado discutimos sobre la relación entre la argumentación y la construcción de conocimiento científico en el aula escolar.

### 3.1.3.2 La argumentación en la construcción de conocimiento escolar: algunos aportes de la línea de investigación que privilegia la perspectiva de enseñanza y aprendizaje como argumentación

Los aportes de Toulmin (2003, 2006) acerca de la argumentación sustantiva son retomados y articulados en investigaciones inscritas en la línea de investigación denominada *Enseñanza y Aprendizaje como Argumentación*: Kuhn, D., 1992, 1993; Jiménez-Aleixandre, Bugallo & Duschl, 2000; Driver, Newton & Osborne, 2000; Duschl & Osborne, 2002; Kelly & Takao, 2002; Jiménez-Aleixandre & Díaz de Bustamante, 2003; Erduran & Osborne, 2004; Henao & Stipcich, 2008, Jiménez-Aleixandre, 2010, entre otros.

Un acercamiento a trabajos inscritos en la línea de *Aprendizaje como argumentación* (Erduran, Simon & Osborne, 2004; Kuhn, 1993; Jiménez-Aleixandre, 2010; Sardá & Sanmartí, 2000).

Nos permite resaltar dos de sus importantes presupuestos, fuertemente relacionados entre sí; el primero, alude a que la argumentación es un proceso discursivo que implica tareas de orden epistémico, esto es, tareas

inherentes a la construcción de conocimientos; y, el segundo, hace referencia a que propiciar la argumentación en la clase permite involucrar a los(as) estudiantes en estrategias para aprender a razonar, al tiempo que sus argumentos, como externalización del razonamiento, permiten la evaluación y el mejoramiento permanente de los mismos, es decir, hacen posible una autorregulación del proceso de construcción de conocimiento (Henao, 2010, p. 101.)

Esta línea de trabajo tiene como objetivo incentivar estudios que acentúen el valor didáctico y pedagógico de propuestas centradas en la argumentación en la clase de Ciencias, como una posibilidad de alejarse de la enseñanza dogmática tradicional, mediante actividades que propicien la construcción de lo que McGinn & Roth (1999) denominan *comunidades de aprendizaje* en las que se concede importancia a propuestas de trabajo de aula basadas en la crítica, la fundamentación en buenas razones, las refutaciones y las justificaciones; esto es, actividades en las que se priorice la búsqueda de consensos a partir del discurso.

Entre algunos aportes a esta línea de investigación, se encuentran los de Simonneaux (2001), quien propone las discusiones y los juegos de rol sobre un caso ficticio, acerca de la transgénesis animal y en un contexto argumentativo. Igualmente, los trabajos de Zohar & Nemet (2002) quienes se centran en la argumentación en el contexto de dilemas sobre la genética humana. Allegamos, también, los trabajos de Jiménez & Díaz de Bustamante (2003), quienes analizan los procesos del discurso de aula, con lo cual contribuyen al conocimiento de los procesos de aprendizaje de las ciencias, particularmente, el razonamiento argumentativo de los estudiantes, con ejemplos tomados del Proyecto RODA.<sup>5</sup> Presentan, además, otras dimensiones del discurso de aula como las operaciones epistémicas y la cultura escolar.

Proyecto RODA (Razonamiento, Discusión y Argumentación), el cual se lleva a cabo en la Universidad de Santiago de Compostela desde 1994.

Finalmente, en el trabajo de Henao & Stipcich (2008) se destaca el valor y la pertinencia del aprendizaje como argumentación. Así mismo, señalan las contribuciones de la propuesta filosófica de Stephen Toulmin y el valor intrínseco de sus ideas como fundamentación epistemológica para las propuestas de investigación e innovación en la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias en el siglo XXI. Esta línea de investigación muestra la argumentación como una vía para la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias, y en ella se resalta la importancia del lenguaje en la construcción de conocimiento.

Aunque no hacen parte de esta línea de investigación, es válido mencionar los trabajos de Campaner & De Longhi (2004), quienes realizan aportes a la didáctica de las ciencias, con la intención de mejorar la calidad de las producciones argumentativas de los estudiantes. Lo dicho tiene ocurrencia en situaciones didácticas en clase, cuando se abordan temáticas ambientales que favorecen el desarrollo de la capacidad argumentativa, no sólo con el ánimo de brindar justificaciones y argumentos convincentes y coherentes, sino también para saberlos aplicar cuando se toman decisiones. Caso similar ocurre con los trabajos de Sardá & Sanmartí (2000), quienes abordan la importancia de la argumentación en la enseñanza de las ciencias y el rol que cumple en el conocimiento científico, mediados por un estudio práctico en el cual se analizan las producciones textuales de los estudiantes en el aula escolar.

La argumentación en la clase de ciencias tiene ciertas potencialidades, en tanto permite el acceso a los procesos cognitivos y metacognitivos, de una parte, caracterizando los argumentos de los científicos y, de otra, propiciando la actuación de los estudiantes. De igual manera, fomenta el desarrollo de competencias comunicativas y del pensamiento crítico, facilita la alfabetización científica y el empoderamiento de los estudiantes al hablar y escribir el lenguaje de las ciencias (Erduran & Jiménez, 2008) y facilita la concepción de la clase de ciencias como comunidad de aprendizaje (McGinn & Roth, 1999). En este sentido,

es factible pensar que la argumentación permite presentar a los estudiantes una imagen de ciencia que se aleja de las posturas científicas extremas y relativistas a ultranza y la ubica en un lugar en el cual se comprende la ciencia como una construcción social resultado de interacciones sociopolíticas.

Ahora bien, Driver & Newton (1997, citado por Sarda & Sanmartí, 2000) dan a conocer algunos objetivos de la argumentación en la clase de ciencias y plantean que ésta favorece la comprensión de los conceptos científicos, pues, con estos elementos discursivos, el estudiante va entrando en el mundo de la ciencia a medida que siente la necesidad de utilizar los conceptos que culturalmente se han ido construyendo. Así mismo, la argumentación puede propiciar en los estudiantes la idea de concebir la ciencia como una actividad humana a la que subyacen procesos discursivos para mostrar que hacer ciencia se basa en la construcción de explicaciones y argumentos, al establecer entre ellos relaciones coherentes, con el fin de interpretar los fenómenos del entorno. Esto implica enseñar a leer ciencias, a discutir teorías que han sido rechazadas o aceptadas por la comunidad científica, a explicitar los criterios de las decisiones racionales y a pensar el porqué unas teorías científicas ofrecen una mejor interpretación que otras.

### 3.2 Aportes de la Naturaleza de las Ciencias en relación con la Experimentación

Tradicionalmente, las ciencias naturales se han considerado como disciplinas de carácter estrictamente experimental, lo que afianza una visión empírico - positivista en la construcción de conocimiento científico, al plantear el experimento como un elemento verificador o contrastador de teorías. Sin embargo, en la actualidad han surgido perspectivas que incentivan una imagen sociocultural de las ciencias, en tanto muestran la experimentación no sólo como una fuente de conocimiento, sino como una forma de razonamiento comparable a la teorización.

De este modo, nos adentramos en algunas consideraciones sobre lo que hemos denominado como perspectivas científicista y sociocultural.

### 3.2.1 A propósito de las Perspectivas epistemológicas Científicista y Sociocultural

En la historia de las ciencias, el papel de la actividad experimental en la construcción del conocimiento científico se ha asumido desde diferentes perspectivas, de acuerdo con las diversas formas que ha tenido el hombre de concebir e interpretar el mundo, ya que la actividad científica determina el conjunto de expectativas, preocupaciones y angustias asociadas con la forma en que nos relacionamos con lo que llamamos mundo externo (Ferreirós & Ordóñez, 2002; García, 2010 y Romero, 2011).

Entre tales concepciones queremos resaltar dos. La primera de ellas, a través de la cual se asume una *realidad natural* que existe por sí misma, independiente de los sujetos cognoscentes. Las leyes que organizan la naturaleza son asumidas desde esta perspectiva como reglas inmutables y por tanto la ciencia se concibe como un conglomerado de verdades categóricas e irrefutables, cuya base es la observación y constatación de hechos por medio de la experimentación. En adelante denominaremos esta perspectiva *científicista*, resaltando la perspectiva clásica de lo que es el conocimiento científico aportada por la filosofía de la ciencia.

La segunda postura intenta explicar el mundo a partir de las relaciones que el hombre establece con *una realidad* que, considera, se construye, tanto a través de los procesos de configuración y delimitación de los fenómenos de estudio, como por medio de procesos dialógicos de interacción social. Es en este proceso de construcción de la "realidad natural" que adquieren sentido las condiciones y variables que la reproducen y permiten representarla. En correspondencia, desde

esta perspectiva la ciencia surge como respuesta a las exigencias de un grupo cultural, cuyo objeto de estudio se constituye en un acervo de relaciones, una búsqueda permanente de significados que continuamente son repensados, proponiendo razones, pruebas y fundamentos para establecer explicaciones más adecuadas.

En atención al carácter constructivo de la realidad natural, por medio de la organización de las fenomenologías de estudio, a esta perspectiva la denominamos *socio-cultural*. Dentro de estas dos perspectivas, inscribimos algunos pensadores; de ellos nos convoca su postura frente a la relación teoría-experimentación.

Karl Popper propone, por su parte, una forma de llegar a las teorías científicas, partiendo de problemas y empleando la falsación como criterio de demarcación para demostrar su racionalidad; de modo que todo sistema empírico debe ser falsable por medio de la experimentación, ya que es una manera de poner en riesgo una teoría, contrastarla y validarla. Para Popper los experimentos tienen un gran valor, debido a que el punto fundamental es la relación entre observación y teoría, ya que ésta antecede a las observaciones, cuyo papel, así como el de las contrastaciones experimentales, es mostrar que las teorías son falsas (Popper, 1992).

Aunque usualmente sobresale el carácter cientificista de la perspectiva popperiana, enfatizamos en tal postura la relevancia que se le otorga a algunos aspectos de la argumentación, para el caso, la discusión crítica de los enunciados científicos, así como la posibilidad de las refutaciones, en tanto conllevan a rebatir o a ratificar las teorías, otorgándoles un papel provisional en la construcción de conocimiento.

Por otra parte, está la postura epistemológica de Imre Lakatos, quien se interesó por dar un nuevo enfoque al falsacionismo, proponiendo los Programas de Investigación Científica -PIC-. La experimentación en Lakatos (1983) logra un

lugar importante, en tanto determina los progresos o los retrocesos de los PIC, ya que una teoría sólo puede ser remplazada por otra con mayor poder explicativo, si posee un exceso de contenido empírico, en contraste con el contenido teórico, que siempre debe ser mayor para mantener la teoría y así poder anticipar hechos nuevos.

Ahora bien, atendiendo a la postura socio-cultural, hacemos alusión a dos autores que trataremos más ampliamente, en razón a que inscribimos nuestro trabajo en esta perspectiva.

Reconocemos, en primer lugar, a Stephen Toulmin, quien, como lo hemos mencionado una y otra vez, plantea el conocimiento como una construcción socio-cultural y las ciencias como culturas que se transforman constantemente debido a que ocurren diferentes procesos que propician dichos cambios, como la generación de preguntas y problemas, la invención de explicaciones, el establecimiento de herramientas conceptuales y la utilización de elementos tecnológicos que a su vez determinan la racionalidad como flexibilidad intelectual y la apertura al cambio (Heno & Stipcich, 2008).

Los planteamientos de Toulmin se tornan importantes en el ámbito educativo, pues, aunque no hace alusión al mismo, es probable afirmar que para Toulmin, aprender ciencias implica compartir los significados y las posturas que se asumen en el proceso histórico de enculturación que se da dentro de una sociedad. Así mismo, la racionalidad adquiere una connotación moderada, suscitada por cuestiones como la puesta en común de las teorías científicas, la búsqueda colectiva de alternativas de explicación, la reorganización y negociación de los conceptos existentes, para indagar por otros que tengan un mayor poder explicativo.

En lo que respecta a la experimentación, la perspectiva toulminiana expone que la ciencia no se plantea cuestiones concernientes a la verdad o falsedad empírica de los principios teóricos, ya que su pertinencia empírica es un asunto de

aplicabilidad y no de verdad. Además, la relevancia intelectual de una ciencia no reside en su propia verdad empírica directa ni en la verdad empírica de sus consecuencias lógicas, sino en su poder explicativo, que a su vez se valora por el ámbito, el alcance y la exactitud de sus técnicas de representación (Toulmin, 1977).

Inscritos en la perspectiva socio-cultural, también encontramos a Latour & Woolgar (1995) quienes estudian la correspondencia entre los hechos y los instrumentos de inscripción. Afirman que aquellos no existen fuera de los instrumentos, pero tampoco fuera de las comunidades de científicos que los interpretan, a los cuales subyacen creencias, tradiciones y prácticas culturales; de ahí que la ciencia se construya como una cultura.

Como lo hemos señalado anteriormente, los instrumentos de inscripción son entendidos como un elemento del aparato o una configuración de esos elementos que puede transformar una sustancia material en una figura o diagrama, directamente utilizable por uno de los científicos (Latour & Woolgar, 1995). Por tanto, los instrumentos proporcionan información importante para las investigaciones y las inscripciones que estos generan, encarnan una estrecha relación con los fenómenos estudiados, al provenir de instrumentos o máquinas que tienen como función generar registros que posteriormente cobrarán sentido y serán analizados a la luz de las teorías o los enunciados que comparten los científicos.

En este sentido, estamos de acuerdo con Latour & Woolgar en que los fenómenos no dependen de los instrumentos materiales, sino que el escenario material del laboratorio constituye los fenómenos, y que la realidad artificial que los científicos describen como entidades objetivas, es construida utilizando instrumentos de inscripción (Latour & Woolgar, 1995).

Tal como lo indicamos en anteriores apartados, a este proceso se le denomina *fenomenotécnica*, en la medida en que dicha realidad se reviste, en el laboratorio,

como fenómeno a través de su construcción e interpretación, por medio de técnicas y procedimientos materiales, y hace referencia a dos tareas: a la *producción literaria* que se lleva a cabo en el laboratorio, idea que ya desarrollamos, y a la elaboración, utilización y manipulación de los equipos y instrumentos que hacen parte del laboratorio.

De gran importancia el lugar que tiene el lenguaje para estos autores en la actividad del laboratorio, al estar enmarcada por una gran actividad argumentativa, ya que este contexto de construcción de conocimiento es un espacio de discusiones y debates que da lugar a una producción de hechos científicos, en su doble connotación de categoría social y epistemológica (Shapin, 1991), pues no solo se manipulan variables y se manejan instrumentos, o se generan inscripciones gráficas, sino que se realizan diferentes procesos discursivos en los cuales podemos distinguir cinco tipos de enunciados que exhiben la transformación de las explicaciones sobre los fenómenos. Dichos enunciados podemos ordenarlos en un continuo amplio, de modo que los de Tipo V representan las entidades más cercanas a los hechos y los de Tipo I las aseveraciones más especulativas (Latour & Woolgar, 1995).

Insistimos que para estos autores el hecho es una construcción social, en tanto no es una entidad que existe por sí misma en la naturaleza, sino que es una construcción de una realidad a partir de lo que se percibe y se interpreta de la misma, que se convierte en producto de inscripción con la finalidad de persuadir al otro como elemento significativo.

Retomando los tipos de enunciados (figura 1), tenemos en su orden los enunciados Tipo V, que corresponden a hechos que se dan por sentado, es decir, afirmaciones que no se discuten y que se consideran verdades en el momento del estado de avance de la discusión. Los enunciados Tipo IV son aquellos que forman parte del conocimiento aceptado y diseminado por los textos de enseñanza, en tanto corresponden a conocimiento que se asume como verdad,

pero es explicado. Por su parte, los Tipo III se refieren a enunciados que contienen modales. A estos se les puede suprimir los modales para obtener enunciados Tipo IV. Los enunciados Tipo II se caracterizan por contener modales que centran su atención en la generalidad de la evidencia disponible, de modo que estos modales pueden asumir a veces la forma de sugerencias experimentales. Finalmente, los enunciados Tipo I comprenden conjeturas o especulaciones que aparecen de forma más común al final de los artículos o en discusiones privadas.

Cabe señalar que al tiempo que se va dando la construcción de conocimiento en las discusiones, va aconteciendo la construcción y deconstrucción de los instrumentos de inscripción; es decir, que va dando una transformación de los enunciados de I a V, lo que conlleva a la facticidad -hechos- en el discurso; a su vez, los instrumentos también sufren cambios en la dirección contraria, de V a I; por tanto, los enunciados ganan en facticidad y los instrumentos en *artificialidad*, como una invención que surge a partir de la teoría.

Las observaciones anteriores conducen a reflexionar sobre el papel de la experimentación en la construcción del conocimiento científico, desde una perspectiva socio-cultural, ya que puede favorecer una mayor comprensión de las ciencias, por encima de las clásicas perspectivas inductiva y deductiva.

### 3.2.2 La Experimentación Cualitativa: un escenario para la argumentación

El propósito en este apartado consiste en retomar algunos aportes de la filosofía de las ciencias en relación con la experimentación cualitativa; a la par, planteamos posibles contribuciones a la enseñanza de las ciencias, en tanto este tipo de experimentación ofrece otra alternativa para estudiar los conceptos científicos.

Es sabido que al trabajo experimental en la enseñanza se le han adjudicado algunos fines orientados a motivar y divertir, enseñar las técnicas empleadas en

el laboratorio, fomentar el aprendizaje del conocimiento científico, promover la aplicación del método científico, entre otras (Hodson, 1994).

De la misma manera, Flores, Concesa & Moreira (2009) reseñan otras intencionalidades que se han puesto en evidencia con el trabajo experimental, entre las que se destacan propósitos relacionados con la obtención de experiencia directa sobre los fenómenos, contrastación de las teorías científicas con la realidad que pretende describir y desarrollo de competencias técnicas y de razonamiento práctico. Puesto en estos términos, resiste afirmar que el trabajo experimental en la enseñanza ha estado permeado por una visión instruccionalista, en tanto se ha estipulado para desarrollar destrezas en la manipulación de materiales, adquirir técnicas de laboratorio o verificar teorías, seguir procedimientos, usar instrumentos y obtener respuestas correctas (Flores, Concesa & Moreira, 2009, citado en Hofstein & Lunetta, 2003).

Adhiriendo a la discusión, Hodson (1994) plantea que el trabajo práctico se utiliza de manera indiscriminada por los profesores, al pretender el logro de gran cantidad de objetivos de aprendizaje o la adquisición de técnicas y procedimientos, pero se desaprovecha todo el potencial educativo, en la medida que se diseña de manera inadecuada sin trascender el aspecto procedimental. Esta forma de asumir la experimentación en la enseñanza, genera dificultades en la comprensión de los fenómenos, pues no permite la exploración e indagación, etapa que consideramos fundamental en la construcción de los mismos, en tanto posibilita analizar variables, crear condiciones, estudiar situaciones contextuales, etcétera, para postular explicaciones y posibles representaciones.

Estamos de acuerdo con Romero (2011) en que esta metodología de trabajo experimental presenta graves inconvenientes en el ámbito educativo, toda vez que impide una adecuada comprensión del proceso de construcción conceptual, propia de la actividad científica, ya que, a través de ella se asume una clara separación

entre teoría y experimento al considerar que en la construcción de una teoría el aspecto experimental no interviene y que, de igual forma, para la realización de un experimento la teoría no influye, pues de lo que se trata es de tomar datos.

No obstante lo dicho, nos atrevemos a expresar que tales consideraciones provienen de concepciones inadecuadas inscritas en la historia de las ciencias, pues ha habido un notable malentendido promovido por varias generaciones de científicos y filósofos, quienes como lo manifiestan Ferreirós J. & Ordóñez J. (2002), han destacado la experimentación desde un enfoque cuantitativo y han relegado a un segundo plano los experimentos cualitativos que se han constituido en una parte fundamental de los procesos de formación de conceptos.

Dichas ideas también se han visto influenciadas por las versiones simplificadas del método científico -bien sea inductivistas o deductivistas- que sugieren que todo el proceso de elaboración de teorías científicas comienza con mediciones y datos cuantitativos precisos, lo que, por una parte, promueve una imagen simplista de la experimentación y, por otra, deja de lado la experimentación cualitativa como un componente esencial en la construcción de conocimiento.

En contraste con las ideas anteriores, proponemos la experimentación cualitativa como una alternativa que favorece una comprensión adecuada de los conceptos científicos, así como una estrategia que orienta de forma más efectiva los procesos de construcción de conocimiento en el aula.

Para caracterizar este tipo de experimentación, es necesario mencionar a Steinle (1997), quien propone la experimentación exploratoria como aquella que no está guiada por una teoría particular acerca de los efectos de un fenómeno, y su finalidad principal es formular regularidades empíricas acerca de este. Por consiguiente, la experimentación cualitativa se explica como una estrategia de

exploración e indagación de fenómenos con base en la variación de condiciones, en tanto no es necesario un diseño preestablecido ni una cuantificación y medición exacta para el estudio de los conceptos; de manera que en la construcción de explicaciones, el trabajo experimental y la interpretación teórica están situadas en el mismo plano (Ferreirós & Ordóñez, 2002).

En relación con lo anterior, la experimentación exploratoria se corresponde con el tipo de experimentación que hemos elegido para nuestra investigación, debido a que no se remite a datos numéricos o a cálculos ni alude a comprobaciones, sino que da paso a la flexibilidad metodológica y a una intensa actividad creativa, enfocadas a variar las condiciones de un modo ideal y observar lo que sucede.

En este sentido, consideramos que existe una retroalimentación entre el experimento y la teoría, ya que construir un diseño experimental encierra procesos discursivos en relación con lo que se quiere observar, lo que se percibe, lo que se va a nombrar *hecho* y lo que se pretende interpretar o representar de ese hecho.

En consecuencia, el rol del lenguaje en dicha construcción es primordial, puesto que construir explicaciones, por ende, conocimiento, implica llenar de significado la actividad experimental (García, 2010). Así, en la experimentación cualitativa diferenciamos asuntos eminentemente discursivos, tales como las discusiones que se ofrecen cuando se particularizan resultados en un contexto específico, la autonomía procedimental y la flexibilidad metodológica, lo que conlleva a la pluralidad de explicaciones en relación con los aspectos teóricos de los fenómenos.

Señalamos, además, el carácter socio-cultural en la construcción de conocimiento, en virtud a que para construir una representación adecuada de un fenómeno, es necesario identificar regularidades, construir simbologías y asegurar la comunicabilidad de tal elaboración, aspectos estos que sólo se obtendrán si es

posible llegar a una serie de acuerdos y consensos en lo que perciben en determinadas circunstancias los participantes de la construcción del fenómeno (Romero, 2011). Reconocemos, también, las implicaciones de los instrumentos o instrumentos en este tipo de experimentación, puesto que "los instrumentos deben permitir un mayor abanico de variaciones y estar abiertos a una variedad mayor de posibles resultados, incluso algunos no previsibles" (Steinle, 1997, p. 222).

En lo referente a la función del instrumento y los procedimientos, es factible afirmar que son determinantes en la estructuración y disposición de los fenómenos para su explicación, porque posibilita diversas formas de establecer interacciones con los fenómenos y, a su vez, nuevas tentativas de ser conceptualizados, en la medida que se elijan experiencias flexibles que puedan "pasar de ser sensaciones individuales a convertirse en lo que podría llamarse sensaciones colectivas, es decir, un grupo de experiencias y situaciones (relativamente estables) compartidas por algún grupo de individuos" (Romero, 2011, p.37).

Todo esto conlleva a pensar que los instrumentos también son socialmente contruidos -de acuerdo con los intereses y necesidades de un contexto-, que amplían las perspectivas de explicación del mundo y que permiten aceptar que la ciencia es una actividad colectiva, que incluye diversas variables, entre ellas, el pensamiento de los sujetos que la realizan. Así mismo, conllevan a relacionar el mundo y los pensamientos, la teoría y el experimento, el hombre y los instrumentos mismos, por ende, son condición para la construcción de conocimiento científico (Iglesias, 2004).

De acuerdo con Iglesias (2004), consideramos que en nuestra investigación los instrumentos denominados *indicadores* son importantes en la medida que permiten relacionar las manifestaciones del fenómeno electrostático con las interpretaciones que de estas se pueden hacer, debido a que una configuración de materiales, por sí misma, no se constituye en un instrumento.

De esta manera, los instrumentos son significativos a la luz de diferentes procesos de pensamiento, dado que si el organismo no posee un sentido que tenga la suficiente sensibilidad para detectar los efectos de la electrificación de los cuerpos, debe ser el indicador -instrumento en el sentido estricto, que para el caso de nuestra investigación ayuda a observar las manifestaciones del fenómeno de electrificación- el que posibilite la percepción de las interacciones en un sistema electrificado.

El instrumento es, entonces, el resultado de una concreción, de un refinamiento de la experiencia que facilita y mejora la exploración de los fenómenos eléctricos, en tanto que pueda existir variedad de indicadores que permitan nuevos acercamientos a la experiencia, así como mostrar que tales instrumentos y sus procesos permiten ver con otros ojos las experiencias eléctricas, a la vez que conllevan a resaltar el rol social en la construcción del conocimiento (Medina & Tarazona, 2010).

Llegados a este punto, podemos señalar que el enfoque experimental cualitativo es susceptible a la profundización, tanto en las explicaciones como en los instrumentos y procedimientos, cuando los estudiantes, en su interacción con los fenómenos, dan significado a la experiencia a través de distintos procesos de razonamiento.

Citando a Ayala (2008), este enfoque experimental favorece la indagación de las cualidades o propiedades del sistema considerado, así como analizar regularidades, organizar el fenómeno, hacer manifiestas las características para ser captadas por los sentidos o por el instrumento, ya que la formación de los conceptos empieza en el nivel de la información cualitativa, vía la percepción, en el que se construyen los esquemas de significado para el reconocimiento y clasificación, no solo de objetos, sino también de fenómenos y sus propiedades. En definitiva, es apremiante incentivar el tipo de experimentación que proponemos

en nuestro trabajo para la enseñanza de las ciencias, en tanto ofrece un gran potencial pedagógico para la exploración, la construcción y la explicación de los fenómenos en los que se involucran procesos argumentativos.

## 4. HORIZONTE METODOLÓGICO

### 4.1 El estudio de caso interpretativo

En coherencia con los objetivos de investigación, describimos asuntos que tuvieron lugar en las actividades pedagógicas planteadas a partir de la experimentación cualitativa, como un contexto adecuado para la construcción de conocimiento, a la luz de experiencias que privilegian la argumentación sustantiva, en el marco de la Epistemología toulminiana.

Consideramos que el ámbito de la investigación cualitativa permite responder a preguntas y hacer lectura del asunto investigado a través de soportes teóricos, de acuerdo con precisiones sobre los procesos discursivos de los docentes y en torno a actividades pedagógicas fundamentadas en la experimentación cualitativa de fenómenos electrostáticos.

En conformidad, asumimos el estudio de caso como una alternativa que admite abarcar un caso particular y describir el problema o fenómeno dentro de su contexto (Stake, 1998), que para nuestra investigación consiste en analizar las producciones argumentativas de algunos profesores de ciencias, mediante el diseño de un marco de análisis que permite valorar las características de sus argumentos, así como identificar las posibles contribuciones de las actividades pedagógicas fundamentadas en la experimentación cualitativa al campo de la Enseñanza de las Ciencias.

Nos sumamos entonces a Stake (1998), quien plantea que el estudio de caso es exhaustivo, pues se concentra en estudiar la singularidad, así como la complejidad de un caso único, de modo que se pueda llegar a comprender su dinámica en circunstancias importantes.

En relación con lo anterior, intentamos comprender las producciones argumentativas de algunos profesores de ciencias, sin incurrir en generalizaciones, en razón a que reconocemos la complejidad y la construcción social de conocimiento, además de la idiosincrasia y particularidad de las personas implicadas en nuestra investigación.

Ahora bien, en este trabajo optamos por el análisis cualitativo de contenido, ya que procura realizar la lectura de elementos que enmarcan los significados, situaciones, posturas, debates, consensos, disensos, cuando se construyen explicaciones. Todo ello a partir de los análisis de los procesos argumentativos, grupales e individuales de los profesores, los cuales se organizaron en documentos escritos y en transcripciones.

#### 4.2. Acerca del caso y su contexto

El presente trabajo de investigación se realizó en La Escuela del Maestro con un grupo de profesores que hacen parte de la Red pedagógica de Ciencias Naturales de la Secretaría de Educación de Medellín, atendiendo la convocatoria del Seminario- taller sobre "Experimentación de tipo Cualitativa", realizada en el mes de septiembre de 2011 por La Escuela del Maestro en conjunto con el grupo ECCE y con el apoyo de la Universidad de Antioquia, y el aula taller de Ciencia y Tecnología de la Secretaría de Educación Municipal (Ver anexo 1).

A la convocatoria se inscribieron treinta y cinco profesores y asistieron veintiuno, pero se seleccionó un caso conformado por nueve docentes, cuatro mujeres y cinco hombres, entre los 22 y los 30 años de edad, vinculados a instituciones oficiales y privadas del área metropolitana, de diferentes grados escolares y asignaturas (Física, Química, Biología).

Valga indicar que fueron seleccionados teniendo en cuenta su disponibilidad horaria, el interés por las ciencias, el deseo de enriquecer su formación en los aspectos experimental, argumental y conceptual sobre fenómenos electrostáticos, y el interés por fortalecer su práctica pedagógica. El seminario-taller "Experimentación de tipo Cualitativa", tuvo una intensidad de dieciséis horas distribuidas en seis sesiones, certificado por La Secretaría de Educación en convenio con el grupo ECCE y la Escuela del Maestro (Ver anexo 2).

#### 4.3 Propuesta Pedagógica e instrumentos de recolección de información

Para la implementación se organizaron seis sesiones (ver figura 2) encaminadas a registrar información a nivel grupal e individual; si bien la argumentación y el aprendizaje son una construcción social, es el individuo quien da cuenta de su proceso de aprendizaje. A propósito, para analizar las producciones argumentales grupales, diseñamos cinco actividades experimentales y dos conversatorios, estos últimos como actividades metacognitivas en las que, en conjunto con los profesores, se pusieron en consideración los análisis de sus intervenciones a la luz de los marcos teóricos de esta investigación. Por otro lado, y con el fin de analizar las producciones argumentales individuales, diseñamos tres actividades de producción escrita.

La organización de cada una de las actividades se hizo de forma cronológica (actividad experimental, conversatorio, producción escrita) teniendo en cuenta dos criterios: primero, la profundización conceptual del componente disciplinar de los fenómenos electrostáticos. Inicialmente, se propusieron actividades relativamente sencillas en relación con asuntos disciplinares para, posteriormente, alcanzar con los profesores explicaciones de mayor complejidad conceptual, tanto a nivel oral como escrito; segundo, se hizo referencia a la complejidad de los argumentos, dado que las primeras actividades pedagógicas carecían de argumentos complejos, desde la perspectiva toulminiana, mientras que las actividades finales



indudable que estos tres órdenes están presentes en la construcción de conocimiento. Eso sí, las preguntas de orden disciplinar fueron acordes con el aspecto del fenómeno de la electrificación que se estuviera tratando, mientras que las de orden social y epistémico siempre fueron las mismas.

#### 4.4 Criterios de análisis

Debemos mencionar que las discusiones llevadas a cabo en cada sesión fueron registradas en audio y posteriormente transcritas, utilizando algunas convenciones tomadas del texto de Antonia Candela (1999), *Ciencia en el aula: Los alumnos entre la argumentación y el consenso*.

Inicialmente, en las transcripciones se usaron colores para diferenciar a los participantes, pero, seguidamente, por cuestiones de orden y estética se les asignó nombres ficticios (de dos sílabas) para proteger su identidad; además, se numeraron las intervenciones. A continuación, los elementos utilizados en la transcripción y ejemplos que los ilustran.

NOTACION UTILIZADA EN LAS TRANSCRIPCIONES
Cristina (CR): Investigador 1
Juan Fernando (JF) Investigador 2
Lina
Sandra
Ana
Kelly
Iván
Pablo
Pedro
José
Luis
^ Indica elevación de la entonación
/ Indica caída de la entonación
<b>MAYUS</b> indica un pasaje de habla de mayor intensidad que el habla adyacente
* Indica ruido de fondo de los no distinguible de los participante hablando entre si
** Indica ruido de fondo de mayor intensidad
[ Indica habla sobrepuesta
::::: Indica elongación del énfasis en un sonido
<b>Subr.</b> Indica énfasis especial dentro de la frase
(3) Pausa medida en segundos, tres segundos en este caso
(.) Pausa muy corta para medirse en segundos

Figura 3. Notación Utilizada en las transcripciones de acuerdo al texto de Candela (1999)

• Color azul claro: intervenciones de la moderadora (Tallerista 1)
• Color rojo: intervenciones del moderador (Tallerista 2)
• Participante Femenina 1
• Participante Femenina 2
• Participante Femenina 3
• Participante Femenina 4
• Participante Masculino 1
• Participante Masculino 2
• Participante Masculino 3
• Participante Masculino 4
• Participante Masculino 5

Figura 4. Notación de los participantes por colores empleada en las transcripciones. (Elaboración propia)

Hay algo \*X~) importante (.) si cargamos los dos cuerpos se experimentaría lo mismo? (.J o sería diferente ¿Por qué? (3) \*\*

no por lo que estabas diciendo ahora, que igual si un cuerpo^; por lo general los cuerpos deben estar neutros (2)::: si frotamos la bomba obviamente se debe generar la atracción, pero ya si frotamos las dos bombas con el mismo material [se deben repeler debe haber una repulsión

[y& también pensaría eso si la estoy frotando con el mismo material y las dos bombas son del mismo material se supone que van a sufrir una repulsión por que van a tener la misma carga ambas.

Depende del material

Si el material está cediendo cargas o está aportando cargas, si me entiendes por ejemplo el caucho es un material (4) [\* en el cual cuando se frotaba con algo, el otro material atraería los las piezas \*de los™ otros materiales que tenemos particulados por decirlo así {.} pero hay otros materiales que no ceden tanto::: Ósea no aportan tanta carga para que los otros materiales atraigan, entonces de pronto al frotar con este elemento que si aporta bastante y con otro que no aporta mucho, ahílo (...)

Figura 5. Ejemplo de transcripción de una discusión de la sesión dos, usando colores. (Elaboración propia).

327	CR:	Bueno entonces empecemos por pensar esta pregunta (3) ¿Cómo;::: se electriza el papelito que está colgando del hilo, si nosotros no::: no tenemos contacto directo con el papelito(.) a través del pitillo? (3) Porque yo no les dije en ningún momento toquen el papelito cierto? (2) sino que lo colocaran cerca ¿Cómo se electriza ese papelito? Si nosotros no podemos observar la causa (7)
328	Pedro P7:	Eso tiene que ver con las formas como (.) se puede electrificar un cuerpo
329	CR:	¿Cuáles?
330	Pedro P7:	Por contacto (.) por frotamiento y por inducción, creo!
331	CR:	¿Y en ese caso sería cómo?
332	Pedro P7:	Inducción::: (3) porque frotamiento no fue (2) contacto tampoco (3), pues no tocamos los elementos, pero se electrificaron (...) eso se llama inducción.

Figura 6. Ejemplo de transcripción de una discusión de la sesión cinco, empleando nombres ficticios para los participantes y numerando las intervenciones de los mismos (Candela, 1999).

Siguiendo a Latour & Woolgar (1995), asumimos como unidades de registro algunos enunciados o secuencias de enunciados obtenidos, tanto en producciones escritas, como en transcripciones de las discusiones que surgieron durante la puesta en práctica del ejercicio. En este sentido, adherimos a la perspectiva de Foucault (2007), citado en Henao (2010, p. 188) para quien "Los enunciados son unidades de discurso que en sentido filosófico, hacen posible un análisis del mismo en su complejidad, discontinuidades o rupturas, correlaciones y modos de existencia; así, los enunciados son unidades no equiparables a las oraciones gramaticales, ni a las proposiciones de la lógica formal."

Dichos enunciados fueron extraídos de las discusiones de los profesores participantes registradas en audio, que posteriormente fueron transcritas, o de las actividades escritas de los participantes.

#### 4.5 Sobre las Categorías de análisis

Identificamos los enunciados o secuencias de enunciados para analizarlos en la categoría correspondiente, bien sea en los procesos epistémicos de la argumentación y sus diversas características, acorde con la propuesta toulminiana, o en la categoría de posturas epistemológicas respecto a la naturaleza de las ciencias en relación con la experimentación.

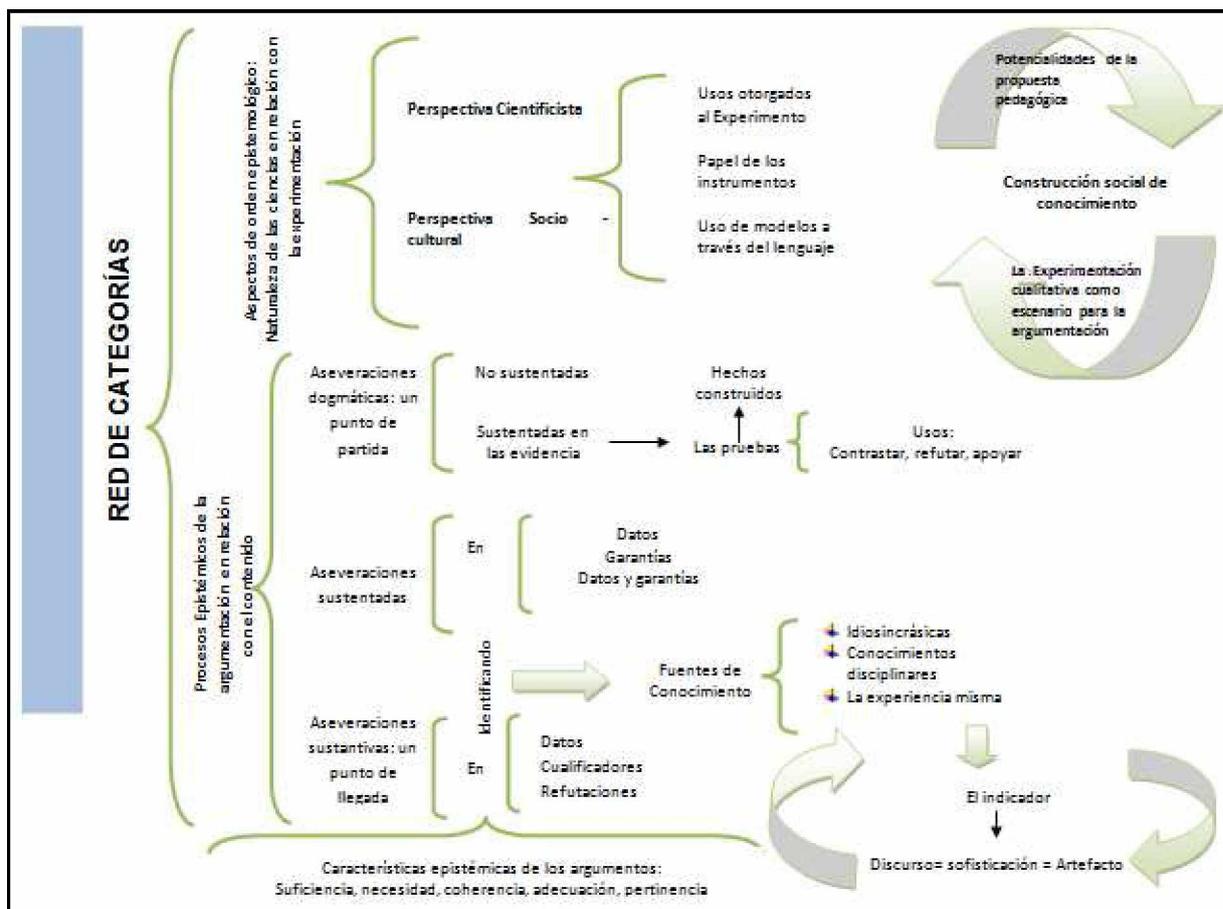


Figura 7. Red de Análisis. (Elaboración Propia).

Atinente al marco teórico y los objetivos de investigación propusimos dos macrocategorías; una centrada en los aspectos epistémicos de la argumentación, en relación con el contenido, y otra perteneciente a las posturas epistemológicas respecto a la naturaleza de las ciencias en relación con la experimentación. Es importante anotar que estas macrocategorías no son excluyentes, pues en ciertos momentos se pueden cruzar o complementar.

#### 4.5.1 Procesos epistémicos de la argumentación en relación con el contenido.

En este apartado, se puso atención a la presencia de los componentes que desde la propuesta de Toulmin se incluyen en una producción argumental (Ver anexo 4); por tanto, se caracterizaron enunciados en los cuales fue posible identificar aseveraciones que iban de perspectivas dogmáticas a posturas más "razonables", en términos toulminianos. De esta forma, se identificaron enunciados con aseveraciones dogmáticas, con aseveraciones sustentadas y con aseveraciones sustantivas.

##### 4.5.1.1 Aseveraciones dogmáticas

En el caso de esta investigación, las aseveraciones dogmáticas son enunciados que aluden a un hecho dado por sentado, es decir, aquellas aseveraciones que no se discuten y que tienen una fuerza de "verdad". Al respecto, se caracterizaron dos tipos de aseveraciones dogmáticas: una relacionada con aquellos enunciados en los cuales se pudieron identificar afirmaciones con fuerza de "verdad", a las que se denominó *aseveraciones no sustentadas*; otra, relacionada con aquellos enunciados que a pesar de estar apoyados en datos, mantuvieron un carácter dogmático por el uso que los participantes le dieron a la evidencia. A estas se les denominó *aseveraciones dogmáticas "apoyadas" en la evidencia*.

En relación con lo anterior, compartimos la diferencia que establece Jiménez (2010) entre *evidencia* y *prueba*. La primera, remite a la percepción de un evento con carácter de "obviedad", considerado como un dato primario y concreto; mientras que la segunda se refiere a "las observaciones, hechos, experimentos, señales o razones con las que se pretender mostrar que un enunciado es cierto o falso" (Jiménez, 2010; por lo tanto, al referirse a pruebas, se alude un nivel

significativo de construcción social en el que se admite el debate. Siguiendo a Toulmin (2003 y 2006), en esta investigación privilegiamos una perspectiva epistemológica en la cual no se tuvo en cuenta si un enunciado es cierto o falso, sino [un enunciado] más o menos razonable para un contexto en particular. En esta vía, el término evidencia es asumido en enunciados en los que aparecen expresiones como: "vean", "como ven [...]", "miren", para citar algunas. En estas intervenciones los participantes usan un dato como evidencia.

Hechas las anteriores salvedades, desde la propuesta de Toulmin el término empleado para referirse a evidencia y prueba es *datos*. Finalmente, Jiménez (2010) reconoce que al hablar de la evaluación de conocimiento, a veces se utilizan como sinónimos estos términos; anota, además, que la diferencia más marcada entre evidencia y prueba es el contexto de uso, puesto que la primera tiene una función establecida en la evaluación del conocimiento y, generalmente, una intencionalidad. Recuérdese, de acuerdo con las ideas de Jiménez (2010), que en esta investigación, tanto la prueba como la evidencia se consideran datos.

#### 4.5.1.2 Aseveraciones sustentadas

Concebimos como aseveraciones sustentadas aquellas afirmaciones que van acompañadas de soportes. Se trata de oraciones concatenadas entre posibles acontecimientos y sus razones o consecuencias (Henaó, 2010). En esta categoría incluimos aseveraciones sustentadas en datos, conocimientos o datos y conocimientos, identificando si las fuentes de conocimiento en las que basan sus respaldos son de tipo disciplinar, de conocimiento común o si la fuente de conocimiento es la propuesta pedagógica misma.

#### 4.5.1.3 Aseveraciones sustantivas

Por otra parte, las aseveraciones sustantivas son aquellos enunciados en los cuales es posible identificar, en el discurso de los participantes, un uso de matizaciones o la presencia de posibles refutaciones. Este tipo de aseveraciones dan cuenta de una puesta en duda por parte de quien plantea un argumento. Conviene mencionar que en los enunciados con aseveraciones sustentadas y sustantivas analizamos las características epistémicas de los componentes argumentales que se consideran en la perspectiva toulminiana. Lo anterior, a la luz de la rúbrica de Henao (2010) en la que se evalúan, en tres niveles, (notable, media/ parcial o baja/ausente) cinco cualidades de cada uno de los componentes de una producción argumental (suficiencia, coherencia, necesidad, pertinencia y adecuación) (Ver anexo 5).

#### 4.5.2 Aspectos de orden epistemológico: Naturaleza de las Ciencias en relación con la Experimentación

Consideramos enunciados o secuencias de enunciados en los que se identifican ideas relacionadas con dos posturas epistemológicas.

##### 4.5.2.1 Perspectiva Cientificista

Caracterizamos esta perspectiva por concebir la experimentación como criterio de comprobación y/o contrastación de teorías mediante la observación o como una manera por medio de la cual se asume que a través de la experimentación se llega, vía la inducción, a las diferentes conceptualizaciones teóricas. Ambos enfoques se fundamentan en una concepción de ciencia como un conjunto de verdades irrefutables.

Resaltamos que en esta perspectiva, el experimento se usa como elemento de validación del conocimiento mediante la verificación o demostración de las teorías; en afinidad, el instrumento se concibe como un dispositivo externo a las teorías destinado a obtener datos o a validar un procedimiento; los modelos explicativos se asumen como una forma de autoridad en la medida en que aquello que plantean se adopta como verdad irrefutable.

#### 4.5.2.2 Perspectiva Socio-cultural

Dentro de esta perspectiva se plantea la experimentación como un contexto de construcción colectiva de conocimiento mediada por procesos discursivos; en esta, los datos y los efectos sensibles se asumen como una construcción y no como aspectos "evidentes" y con existencia propia. También se caracteriza por considerar una forma dialéctica de asumir la relación teoría-experimentación, que hace posible la autonomía procedimental, la flexibilidad metodológica y la pluralidad de explicaciones, en tanto se pueden variar las condiciones en la organización del fenómeno, recurriendo a la creatividad y a la imaginación.

Así mismo, los instrumentos o artefactos son, desde esta perspectiva, tanto reificaciones socialmente constituidas de ciertas concepciones teóricas, como motores de construcción de nuevos intereses y necesidades para la interpretación de los fenómenos. Así, el experimento es usado como un elemento de discusión, de exploración y organización de los fenómenos; por su parte, el instrumento es una construcción colectiva, una fuente de conocimiento que permite que la actividad experimental se complemente con la teoría. Es un proceso que posibilita el vínculo entre la experiencia y las conceptualizaciones, y los modelos se elaboran a partir de consensos sobre la explicación de los fenómenos.

Estas formas de asumir la naturaleza de las ciencias en relación con la experimentación, fueron objeto de análisis a través de tres aspectos: los usos que los profesores le otorgan al experimento, el rol que juega el instrumento en la construcción de explicaciones, y el uso de modelos a través del lenguaje. Inherente a los usos del experimento, abordamos dos formas de utilizarlo; el primero, como una forma de validación del conocimiento, donde analizamos aquellos enunciados en los que se pudiera identificar que los profesores participantes consideraban que el experimento se correspondía con sus conocimientos teóricos. De modo que este se usa para verificar o demostrar conceptos. El segundo uso se relaciona con el experimento como una forma de discusión. Aquí se analizaron los enunciados que surgieron cuando los profesores participantes emplearon el experimento para generar discusiones acerca de los hallazgos u observaciones. Lo anterior se hizo posible, en tanto, en el segundo momento no se procura una correspondencia entre los saberes y la experiencia realizada, sino que el experimento connota una actividad exploratoria en la que priman las discusiones y la pluralidad de explicaciones.

En oposición, el papel del instrumento lo analizamos, por un lado, como un dispositivo externo y ajeno a las teorías, destinado a obtener datos o a validar un procedimiento; y por otro, como una construcción colectiva, como una fuente de conocimiento que permite que la actividad experimental se complemente con la teoría; es decir, como un proceso que posibilita el vínculo entre la experiencia y las conceptualizaciones.

Así mismo, procedimos con enunciados en los que identificamos el uso de modelos, a través del lenguaje, en la construcción de explicaciones, bien sea que se use como una forma de autoridad por medio de modelos o teorías ya establecidos o como una forma para llegar a consensos sobre los asuntos discutidos en las sesiones.

Todas las consideraciones anteriores, con el fin de destacar las potencialidades que encierra el diseño de nuestra propuesta pedagógica fundamentada en la experimentación cualitativa, como un escenario que favorece procesos argumentativos en la producción de conocimiento y posibilita, a su vez, la comprensión del trabajo científico, concretamente, el de la experimentación, como proceso de construcción de los fenómenos.

Precisamos que los profesores participantes firmaron un protocolo ético. Nuestra intención siempre fue mantener el compromiso ético con ellos y con la información recolectada (ver anexo 6).

## 5. LOS HALLAZGOS

Aclaremos que no todas las discusiones y producciones escritas de los profesores fueron objeto de análisis. Además, estos hallazgos corresponden a algunas interpretaciones realizadas sobre la información obtenida, por tanto, pueden presentar presupuestos teóricos o sesgos en los análisis, sin que ello implique caer en relativismos o subjetivismos.

### 5.1. Procesos epistémicos de la argumentación en relación con el contenido

#### 5.1.1 Aseveraciones dogmáticas: un punto de partida

Como se planteó anteriormente, en esta investigación las aseveraciones dogmáticas son aquellos enunciados que revisten el carácter de verdad para un contexto particular. Este tipo de aseveraciones entra en estrecha relación con una visión convencional del trabajo experimental, en la cual se considera [al experimento] como elemento que posibilita la verificación de enunciados y busca llegar a generalizaciones.

En este orden de ideas, se consideran dos tipos de aseveraciones dogmáticas; de una parte, están aquellas no sustentadas y que por su carácter de verdad, no son cuestionadas ni refutadas; de otra, están aquellas que a pesar de ser apoyadas en evidencias de tipo fáctico, no dejan de ser dogmáticas, pues llevan al cierre de la discusión y, al igual que las anteriores, tampoco son puestas en duda.

#### 5.1.1.1 Aseveraciones no sustentadas

Es posible identificar que este tipo de aseveraciones son comunes en las primeras actividades experimentales, ya que en actividades posteriores los participantes reconocieron la importancia de incluir en sus afirmaciones sustentos o respaldos que posibilitaron enriquecer las discusiones en cada una de las actividades propuestas.

En la primera actividad experimental (ver anexo 5) los participantes exploraron, con diferentes materiales, los fenómenos de atracción y repulsión. Ana<sup>6</sup> dice: "Sandra, para qué vamos a frotar eso; eso es aislante" -se refiere a una barra de plástico- "es imposible electrificar el plástico" (actividad experimental 1: 03/10/2011); a lo que Sandra responde: "Bueno, entonces frotemos esto" -se refiere a un pitillo-. En la intervención de Ana es posible considerar que el uso que le da al conocimiento que tiene sobre las propiedades eléctricas del plástico, sea de carácter dogmático, porque, de una parte, es tal la certeza que tiene sobre su aseveración, que no ve necesario frotar el cuerpo, al estar segura que es *imposible electrificarlo*; de otra, la aseveración que hace es tan contundente para Sandra, que esta no se interesa en realizar la experiencia para observar lo que pasa con la barra de plástico, sino que opta por frotar otro cuerpo, en este caso, un pitillo.

Ahora bien, "es imposible" muestra un convencimiento casi absoluto de su punto de vista, convicción a la que adhiere y "confirma" Sandra, al responder: "Bueno, entonces frotemos esto" (recuérdese que se refiere a un pitillo-- , aceptando sin reparo el punto de vista de Ana.

<sup>6</sup> Se recuerda que estos son nombres ficticios utilizados para efectos de la investigación.

En esta misma actividad, los participantes discutieron sobre las razones por las que los papeles lograban ser atraídos por el pitillo. -Durante la discusión, Sandra manifiesta: "las cargas opuestas se atraen" (actividad experimental 1: 03/10/2011) a lo que responden todos los participantes al unísono: "¡sí!". Es posible conjeturar que esta aseveración no solo no está sustentada, sino que, además, es muy contundente y no da lugar a duda, alejándose un poco de la postura privilegiada en esta investigación.

Es válido indicar que durante las primeras actividades experimentales, los participantes dieron a conocer sus ideas, sin sustento alguno, y fue el lugar común las aseveraciones dogmáticas, en la medida que no daban lugar a dudas; ideas como: "este cuerpo no está cargado", "el plástico no conduce", "el metal es conductor", "cargas opuestas se atraen y cargas iguales se repelen" (actividad experimental 1: 03/10/2011). Abiertamente, se trató de aseveraciones que aparecieron con mucha regularidad y que, en cierta medida, empobrecieron las discusiones al no permitir refutaciones y puestas en duda por parte de quienes intervinieron. En este mismo sentido formas de como "imposible", "obviamente", "es obvio", "jamás", develan dogmatismo, en razón a que el uso de estas expresiones, para acompañar sus aseveraciones, entraña el desconocimiento de otros puntos de vista, rasgo distintivo de las aseveraciones de tipo dogmático.

#### 5.1.1.2 Aseveraciones dogmáticas apoyadas en la evidencia

Como ya lo anunciamos, en las primeras actividades de la propuesta pedagógica, fueron muy frecuentes aseveraciones que, si bien están sustentadas, no dejan de ser dogmáticas, en la medida en que cierran la discusión sin conceder lugar a la duda; esto, en virtud a que se apoyan en *datos tácticos* que a modo de "evidencias" implican "acuerdos" tácitos o explícitos. A este tipo de aseveraciones se les denomina *aseveraciones dogmáticas apoyadas en la evidencia*; así, por ejemplo, durante una de las discusiones llevadas a cabo en la primera actividad

experimental, a la pregunta: "¿cómo crees que se puede evidenciar que un cuerpo está cargado eléctricamente?", Lina responde: "por la atracción que tenía con otro cuerpo; esa era la evidencia más visual que teníamos. De inmediato, Sandra agrega: "como todos vemos, hay atracción" (actividad experimental 1: 03/10/2011). Mientras realizaba su afirmación, Sandra construía de nuevo la experiencia, brindando con ello una prueba visual para todos. Al ser interrogados sobre su acuerdo o no con lo planteado por ellas, todos responden al unísono de manera afirmativa. La pregunta que se realiza está muy relacionada con este tipo de aseveraciones, reconociendo que, en cierta medida la pregunta pudo direccionar a ese tipo de respuesta; no obstante, en las siguientes intervenciones se presentaron aseveraciones de este tipo, sin que hubiera de por medio preguntas o comentarios que las pudieran generar.

Tanto el fragmento de Lina como el de Sandra son considerados enunciados dogmáticos. Según el contexto de la discusión, los participantes no consideraron necesario sustentarlos ni contra argumentarlos y, al compartir las mismas observaciones, dieron un cierre a la discusión. En ambas intervenciones es posible identificar que se remiten a una observación inmediata tan contundente, que ningún participante pone en duda. Lo expuesto, teniendo en cuenta el "sí" que los demás compañeros dan por respuesta.

Siguiendo el curso, en el mismo marco de la discusión, Kelly acota: "No está electrificado... vean" (actividad experimental 1: 03/10/2011). En su aseveración usa como dato la no atracción de los papelitos y el respaldo que ofrece es la experiencia misma: "vean"; por tanto, se podría afirmar que su aseveración es dogmática apoyada en la evidencia, ya que con su intervención se cierra la discusión y no hay posibilidad de que su afirmación sea cuestionada o discutida - características de este tipo de aseveraciones-. De la misma manera, Ana, al tratar de explicar por qué los papelitos se atraen más fácilmente con el pitillo que con la barra de vidrio, afirma: "la barra de vidrio no está cargada, en cambio, el pitillo sí" (actividad experimental 1: 03/10/2011), refiriéndose a una observación que se hizo

con anterioridad. Aquí es importante notar que mientras el enunciado anterior incluye un indicador -la palabra "vean", como apoyo, aquí es la relación enunciado- observación, lo que cierra la discusión, lo que nos permite catalogarlo como enunciado dogmático, apoyado en evidencia.

En ambas intervenciones, el dato que usan para llegar a sus conclusiones es la observación de los efectos de atracción y repulsión. Al respecto, consideramos que, posiblemente, la observación de atracción o no, es un dato que lleva a la aseveración de estar o no electrificado un material, teniendo como garantía implícita que "todo cuerpo electrificado atrae los papelitos; al no atraerlo, no está electrificado" (Conclusión de la actividad experimental 1: 03/10/2011).

A continuación se expone un MAT construido con los argumentos de los participantes, donde se aprecian aseveraciones dogmáticas.

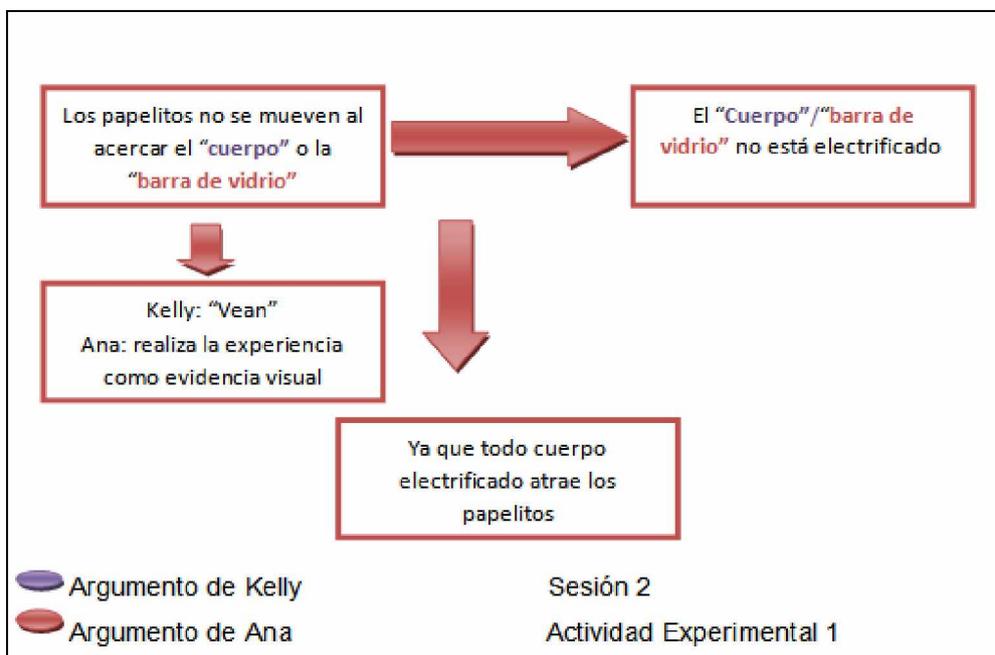


Figura 8. Modelo Argumental de Toulmin (MAT) de aseveraciones dogmáticas, "apoyadas" en la evidencia. (Elaboración propia)

Acerca de la presencia de este tipo de aseveraciones en las diferentes sesiones, tal como aparece en la figura 8, en las dos primeras actividades experimentales se presentaron con más frecuencia, en contraste con las demás actividades de la propuesta pedagógica. En la sesión cinco hubo presencia de este tipo de aseveraciones, que podríamos atribuir al uso de los péndulos electrostáticos, elementos que son muy conocidos por los profesores y que, por el conocimiento sobre el funcionamiento y las potencialidades que presentan estos indicadores, les es posible asignar a sus intervenciones carácter de verdad. Por ejemplo, cuando se pregunta por las ventajas que tienen los péndulos electrostáticos, sobre los indicadores que se han trabajado, Kelly responde: "pues, en los péndulos se electrifican más rápido; es obvio...¡miren!" (actividad experimental 4: - 28/10/2011). En su mayoría, los participantes eran conocedores, tanto del péndulo electrostático como de su funcionamiento, pues, sin dar indicaciones, todos comenzaron a brindar características y ventajas de este indicador, identificando, en sus intervenciones, enunciados con fuerza de verdad.

En esta intervención es posible identificar que, por un lado, la docente participante da cuenta de un conocimiento sobre estos instrumentos al considerar que en ellos se da una electrificación más rápida de los cuerpos, y, por otro, sustenta su aseveración en la evidencia visual, "miren". Adicionalmente, el término "obvio" es clave para remitir al dogmatismo, y acompañado de la expresión "miren" refiere "evidencia", razón por la cual este enunciado hace parte de lo que hemos nominado en nuestra investigación aseveraciones dogmáticas apoyadas en la evidencia.

Es importante reconocer que en ciertos ejemplos mencionados anteriormente no aparece expreso un término que permita catalogarlos como dogmáticos; es por el contexto de emergencia del enunciado que es posible considerar en ellos dogmatismo.

De acuerdo con el marco teórico, este tipo de aseveraciones son comunes en una postura empírico - positivista del trabajo experimental. Esto permite también dar cuenta de una sobrevaloración de los aspectos empíricos y observacionales en la experimentación, por parte de los participantes, lo que se aviene como un punto de partida en propuestas pedagógicas que abordan la experimentación.

Es dable enfatizar que en el tipo de experimentación propuesta en esta investigación se logran matizar, en gran medida, estas aseveraciones, para brindar nuevos horizontes al trabajo experimental que posibilite generar posturas más razonables en la construcción de conocimiento.

A continuación, un gráfico (figura 9) construido a partir de la identificación, -en las transcripciones de cada sesión- de las aseveraciones apoyadas en la evidencia, en donde se rastrea, igualmente, la frecuencia del uso de palabras como: "vean", "miren", "¿lo ve?", etcétera.

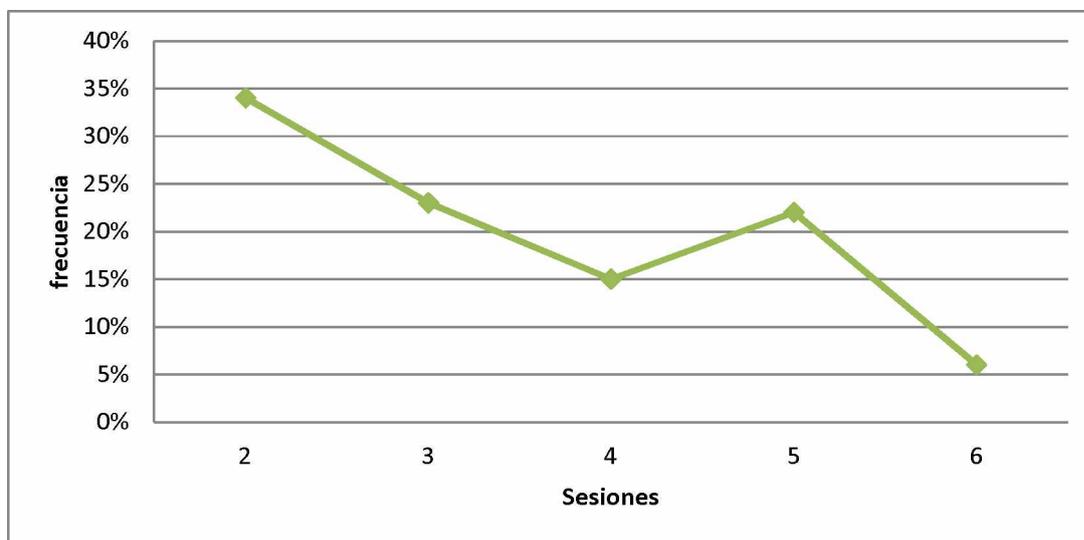


Figura 9. Presencia de Aseveraciones apoyadas en la evidencia.

### 5.1.2 Aseveraciones sustentadas

Respecto de las aseveraciones sustentadas, son aquellas que vienen acompañadas de alguna justificación -trátase de datos o garantías-, siendo posible identificar reflexiones que se alejan de posturas dogmáticas, al manifestar la necesidad de incluir sustentos en sus afirmaciones. En este apartado, discutimos sobre los usos que los participantes le otorgan a las pruebas, asignándoles a estas un rol importante en la negociación de significados, así como en la construcción de conocimiento. También se analiza la forma como los participantes usan los datos y los conocimientos para sustentar sus aseveraciones, logrando identificar, además, si estos provienen del conocimiento científico común, o si derivan de la propuesta pedagógica misma.

#### 5.1.2.1 Usos de las pruebas, más que hechos dados por sentado

Haciendo eco a los postulados de Jiménez (2010), coincidimos en que las pruebas son "observaciones, hechos, experimentos, señales, muestras o razones con las que se pretende mostrar que un enunciado es cierto o falso" (p.72). Además las pruebas pueden ser concebidas como elementos que dejan preguntas abiertas, diferencia que establecemos con lo que en nuestra investigación hemos considerado como evidencias.

Al respecto, durante la implementación de la propuesta pedagógica, los participantes dieron a sus observaciones diferentes usos; uno de ellos está relacionado con lo que describimos en el numeral anterior, específicamente, aquel mediante el cual una observación adquiere la connotación de evidencia. Este uso, posiblemente, muestra una visión convencional del trabajo experimental en el que se le confiere al dato un carácter de verdad irrefutable, asignándole a las observaciones el carácter de "obviedad".

Cabe agregar que algunos participantes también usaron las pruebas para *refutar* enunciados propuestos por otros participantes. Por ejemplo, José dice: "No... eh..., vea que a mí sí me atrajo la barra de vidrio. Tienen que frotarla más". (actividad experimental 1: 03/10/2011). La intervención de José, si bien rebate la aseveración expuesta por Ana, no surge dentro de la discusión que se dio con anterioridad, sino que es producto de una observación posterior al consenso: "el 'cuerpo'/'barra de vidrio' no está electrificado". En el momento en que Ana hizo su aseveración, José asintió, al igual que todos los participantes, a favor de la misma.

En este caso, el uso que José le atribuye a la prueba es distinto al anterior, ya que trata de mostrarle a Ana y a los demás compañeros que no es posible afirmar que la barra de vidrio no está cargada, simplemente porque no hubo movimiento de los papelitos, asignándole, de esta forma, la atracción o no a la intensidad de la frotación sobre el cuerpo. Al respecto, Ana responde: "ahh, lo voy a frotar otra vez" (actividad experimental 1: 03/10/2011), expresión que remite a suponer que la prueba que le ofrece José a Ana es suficientemente fuerte para que ella considere necesario realizar de nuevo la experiencia y buscar la atracción de los papelitos con la barra de vidrio. Sin embargo, Ana no logró electrificar la barra de vidrio y comenta: "eso depende, también, de la fuerza con la que sea frotada la barra". Esta intervención da cuenta de la presencia de una *salvedad*<sup>7</sup> (ver figura 10).

Así como los profesores para refutar enunciados ponen de manifiesto las pruebas, también buscan darles una carga teórica; así, por ejemplo, en la sesión número dos, Iván expresa: "Los cuerpos se pueden electrificar por la frotación, y por eso es que se atraen; pero esto se debe a que... eh. al frotarlo, pierde cargas negativas y queda positivo, y, al acercarlo a otro cuerpo, se atrae" (actividad experimental 2: 21/10/2011). En dicho enunciado, Iván intenta dar una explicación a lo observado y para ello recurre a un "conocimiento" que usa, a

<sup>7</sup> Esto nos ubica en las aseveraciones sustantivas, las cuales serán tratadas en el apartado 1.3 de este informe.

modo de garantía, para explicar la atracción que experimentan los papelitos al acercarle el pitillo previamente electrificado. A diferencia de Ana y Sandra que usaron las pruebas para sustentar sus aseveraciones, él ofrece una explicación de la prueba.

Recordamos que este uso de las pruebas es significativo, al considerarlas como contenidos que no son dados por sentido; al contrario, son los conocimientos de cada participante y su ecología conceptual lo que permite darles sentido, contribuyendo a concebir las pruebas como hechos socialmente construidos. Esto se presenta en el siguiente MAT.

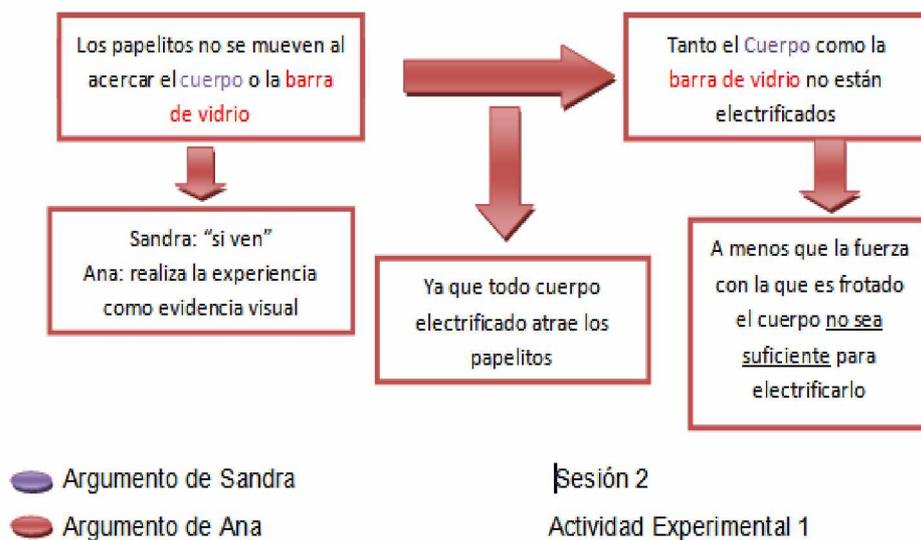


Figura 10. Modelo Argumental de Toulmin (MAT) Uso de las pruebas.

(Elaboración propia)

De acuerdo con Jiménez (2010), el uso de pruebas se relaciona también con el contexto en el que se presentan. Reconoce diferentes contextos de usos de pruebas, así: 1.contextos teóricos frente a empíricos 2. elección entre teorías o modelos explicativos, 3. elección entre varias opciones o decisiones posibles, 4. confirmación de predicciones y 5. evaluación crítica o enunciados de otras fuentes.

En este sentido, encontramos un tipo de uso de pruebas muy frecuente en la intervención de la propuesta; se trata de la elección entre varias opciones de explicación sobre un fenómeno en particular.

En la segunda sesión, la situación en particular mostraba la atracción y repulsión de dos globos; ante la pregunta sobre el porqué de esas manifestaciones, Sandra responde: "pues, eso se debe a que se frotaron los dos globos y ambos quedaron cargados" (actividad experimental 2: 21/10/2011); por otra parte, José propone una explicación distinta: "se debe al material de las bombas, pues, como son de plástico, pueden experimentar más fácilmente eso" (actividad experimental 2: 21/10/2011). Después de varias intervenciones -casi 10 minutos después- Kelly manifiesta: "profe, con lo que decían ahorita de las bombas. eh.....yo lo hice con los pitillos y no se atrajeron. O sea, que no va en que se froten los dos cuerpos, pues, vea que yo los froté. O sea que el profe tiene razón: depende es del material" (actividad experimental 2: 21/10/2011) En esta intervención, Kelly usa la prueba para asumir postura frente a dos formas de explicar un mismo fenómeno, tomando la decisión de adherirse a la explicación de José, pues, la propuesta por Sandra no se corresponde con sus pruebas.

A lo largo de la propuesta los participantes usan las pruebas, en mayor medida, para apoyar sus aseveraciones, así como para refutar algunas explicaciones que ofrecen otros participantes y, en pocas ocasiones, las usan para buscar posibles teorizaciones (ver figura 11). Aclaramos que en esta investigación el uso de pruebas relacionado con la elección de aseveraciones se diferencia de los demás, en que en esta última el participante apoya su aseveración sin que existan dos o más posibles conclusiones puestas sobre la mesa.

Sea para apoyar, refutar, elegir o teorizar, los diferentes usos de las pruebas, develan una concepción de trabajo experimental que dista de la postura epistemológica que privilegiamos en esta investigación, en la medida que en ellas se perciben las pruebas como hechos dados por sentado.

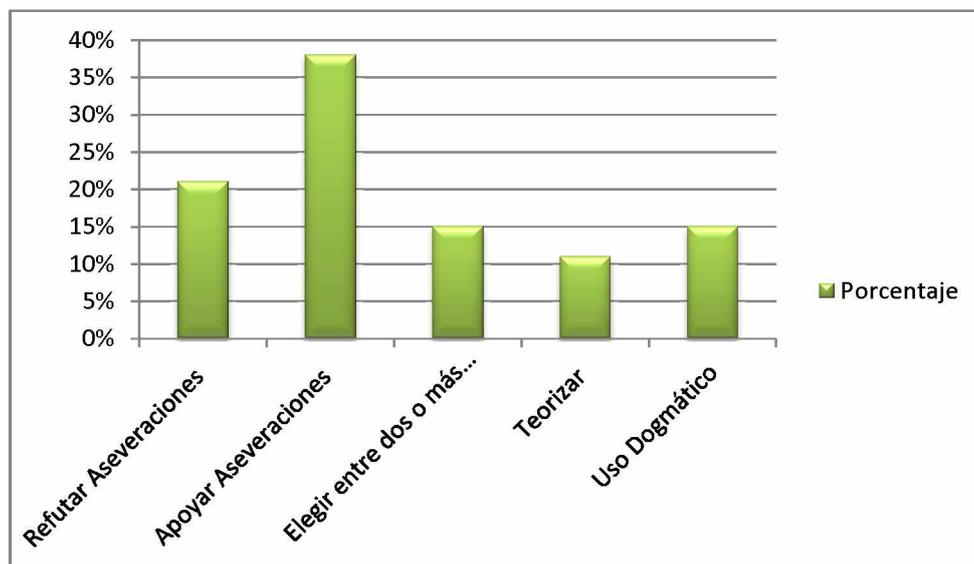


Figura 11. Usos de las pruebas en las diferentes sesiones.

Retomando lo dicho hasta aquí, proponemos el uso de pruebas desde una visión más contemporánea, en la que [el uso de pruebas] se constituye en hecho socialmente construido, que si bien puede apoyar, refutar o teorizar un enunciado,<sup>8</sup> favorece el poner en negociación los asuntos concernientes a la observación y al lenguaje. Al respecto, Iván apunta:

La barra de metal, a pesar de ser un conductor, no logró atraer los papelitos, pues, como lo dijimos anteriormente, hay ciertas condiciones que se necesitan para lograr percibir su electrificación, por lo cual podríamos decir, provisionalmente, que la barra no logró ser electrificada, diferente a decir que no conduce electricidad. Eso estamos pensando acá mi compañera y yo. Además, que nosotros no podemos poner en la mesa lo que observamos, como si fuera una verdad, pues,

<sup>8</sup> Hace referencia a los conocimientos usados por los participantes, que brinda sustentos a enunciados emergentes de pruebas.

otras personas pueden percibir otras cosas (actividad experimental 2: 21/10/2011).

En este fragmento, Iván usa la no atracción de los papelitos (prueba) para apoyar su aseveración; no obstante la forma en la que usa la prueba es mucho más cercana a la postura epistemológica que privilegiamos, pues, aparte de ser una justificación más sustantiva, deja ver la relación estrecha entre la observación y el lenguaje, para mostrar, así, una forma de concebir la prueba como hecho socialmente construido y no como hecho dado por sentido.

#### 5.1.2.2 Sobre los datos como sustento

En armonía con el pensamiento de Jiménez (2010), asumimos los datos como informaciones, magnitudes, cantidades, relaciones o testimonios que permiten llegar a la solución de un problema o a la comparación de un enunciado. Por tanto, en el trabajo experimental los datos se pueden considerar como una primera forma de acercarse a la comprensión del fenómeno, en la medida en que los diferentes procedimientos que se realizan tienen como resultados, efectos, manifestaciones o expresiones que se convierten en sustentos a las diferentes aseveraciones que los participantes comunican; que no necesariamente, hacen uso de garantías.

Para ilustrar lo dicho, en la segunda sesión se trabajó alrededor de las diferentes formas de electrificar un cuerpo, para poner en el terreno la forma de percibir las manifestaciones del fenómeno (electrificación). Frente a la pregunta por la atracción experimentada entre el pitillo y los papelitos: ¿cuál cuerpo está cargado, el pitillo o los papelitos? Pedro responde: "El que uno frota... ese es el que está cargado". Cuando se indaga el porqué, dice: "pues, igual, cuando cogemos los pitillos y los acercamos a los papelitos, igual no pasa nada entre

ellos; pero, al momento, pues, de ya usted frotar el pitillo y acercarlo a diferentes materiales, puede presenciar un movimiento y entonces, ehh... por eso diría que el que uno frota es el que está cargado (actividad experimental 1:- 3/10/2011).

El sustento ofrecido está basado sólo en datos obtenidos en la actividad experimental. Su aseveración, "el que uno frota es el que está cargado", se soporta en observaciones sobre los diferentes procedimientos hechos y se basa en la contrastación de dos pruebas: en primer lugar, la interacción de dos cuerpos no frotados en los cuales no se percibe el efecto de atracción y, en segundo lugar, en la interacción de dos cuerpos al frotar uno de ellos, situación en la cual sí se aprecia dicho fenómeno.

Ambos datos (la atracción y la no atracción en la interacción de los cuerpos) se podrían considerar coherentes en relación con la conclusión que ofrece Pedro, pues es posible llegar a la aseveración a partir de dichas observaciones. Así mismo, ambos datos son necesarios, en la medida en que son el apoyo observacional que tiene de base su aseveración; no obstante, no son suficientes. La introducción de nuevas observaciones muestra, quizás, que esta aseveración es prematura y resulta inadecuada desde el punto de vista disciplinar, justamente porque se basa en datos insuficientes.

Conviene señalar que algunos datos pueden ser recordados para sustentar una aseveración sin necesidad de realizar de nuevo la experiencia, en la cual tuvo origen dicho dato. Este tipo de datos que se evocan para sustentar una aseveración, son denominados *datos evocados*. Estos fueron muy notables en las últimas sesiones de la implementación de la propuesta pedagógica, en la que los profesores se remitían a los datos que obtuvieron en las sesiones iniciales, para sustentar alguna de sus aseveraciones. Por ejemplo, en la actividad de los electroscopios, Ana expresa: "Luis, si haces esa bolita muy grande, no podrás ver

bien lo de la atracción, pues, quedaría muy pesado. ¡Hágala más pequeña!” (actividad experimental 5: 28/10/2011cita).

En esta intervención, Luis evoca un dato de manera implícita -no atracción de cuerpos pesados-, dato que se obtuvo en la actividad experimental de los indicadores, en la que se observó que el peso es una variable que se debe tener en cuenta para poder evidenciar mejor la manifestación de los efectos. En este enunciado, es posible identificar que Ana sustenta su aseveración en un dato que se obtuvo en sesiones pasadas; es decir, se basa en un dato evocado.

Los datos evocados, como se viene planteando, adquieren relevancia en el trabajo experimental, en la medida en que a partir de ellos es posible conjeturar, predecir, y sustentar aseveraciones ofrecidas. En las últimas sesiones de la implementación de la propuesta, los participantes, constantemente, se remitieron a observaciones y manifestaciones que tuvieron lugar en las primeras actividades experimentales. Propiedades de los materiales y la observación de los efectos de atracción y no atracción les permitió imprimir más fuerza a sus intervenciones e, igualmente, desencadenar nuevas aseveraciones y puntos de discusión.

#### 5.1.2.3. Sobre los conocimientos como sustento

Las aseveraciones que ofrecen los participantes, generalmente están acompañadas de conocimientos que dan cuenta de su ecología conceptual; los mismos pueden ser disciplinares, de uso común o pueden ser elementos conceptuales brindados en la misma propuesta pedagógica.

#### 5.1.2.3.1 Uso de conocimientos disciplinares

En la primera actividad experimental se pregunta "si al frotar dos cuerpos, se experimenta atracción o repulsión", a lo que Pablo replica:

depende del material. si el material con el que se frota está cediendo cargas o está aportando cargas, ¿sí me entiendes? Por ejemplo, el caucho es un material en el cual, cuando se frota con algo, el otro material atraería las piezas de los otros materiales que tenemos "particulados", por decirlo así... es decir, aporta más carga; pero hay otros materiales que no ceden tanto... O sea, no aportan tanta carga para que los otros materiales atraigan, entonces, de pronto, al frotar con este elemento que sí aporta bastante y con otro que no aporta mucho se puede experimentar atracción o repulsión, pues, del aporte de cargas dependerá que se electrifique (actividad experimental 1: 3/10/2011).

Acerca de su aseveración "La electrificación de un cuerpo depende del aporte de cargas del material con el que se frota", se establece una dependencia y una causalidad entre el aporte de cargas sobre el cuerpo frotado y la manifestación de la electrificación. De otro lado, se puede identificar que hay una proporcionalidad directa entre la carga aportada y la electrificación del cuerpo, lo que posibilita razonar que a mayor carga aportada mayor será su electrificación.

Ahora bien, la garantía que ofrece Pablo: "los materiales al ser frotados aportan o ceden cargas", es coherente con su aseveración, ya que es posible llegar a ella con el uso de esta generalidad, además de considerarla pertinente para el caso. No obstante, hay información innecesaria; por ejemplo, su alusión al caucho, pues, la misma no le da ni le quita validez y fuerza a su argumento. Más adelante se le pregunta: "pero, ¿cómo sabes si un cuerpo está aportando o cediendo cargas?", a lo que responde: "[...] eso se sabe conociendo el material y sus propiedades, buscando información sobre esos materiales, pues, visualmente

no es posible” (actividad experimental 1: 3/10/2011). Con esta intervención, Pablo manifiesta que hay fuentes bibliográficas y teóricas en las que se puede ubicar información sobre las propiedades de los cuerpos, brindándole a su garantía respaldos que, aunque no son específicos, sí dan cuenta de su existencia, además de limitar los sentidos a la hora de percibir el aporte o no de cargas.

En consonancia con lo anterior, es posible concluir, respecto del conocimiento que Pablo ofrece para sustentar su aseveración, es de tipo disciplinar, aunque esquemáticamente representamos su argumento así:



Figura 12. Modelo Argumental de Toulmin (MAT) Sustento en conocimientos disciplinares.

En esta misma sesión (actividad experimental 1: 3/10/2011). A la pregunta: ¿cómo se podría explicar la idea de que hay materiales más fáciles o más difíciles de electrificar por frotación?; Pedro responde: "Por las características del material, por los enlaces que presenta... Yo pienso que la materia, es decir la electricidad, es algo que está en la materia, que es inherente a la materia, porque el átomo es

entonces ehh... dado a eso por una de las características del átomo cualquier materia podría ser electrificada” (actividad experimental 1: 3/10/2011)

Ante la pregunta que planteamos en la discusión, Pedro le asigna a las características del material, y a los enlaces que presentan, el efecto de electrificación. Manifiesta que dependiendo de ello los cuerpos pueden electrificarse más fácilmente que otros. Sin embargo, el sustento que propone, "la electricidad es algo que está en la materia, que es inherente a la materia", no responde a lo que se pregunta, es decir, a una diferencia; por el contrario, alude una regularidad. Al considerar que todo cuerpo puede ser electrificado, no establece una posible razón por la cual unos cuerpos se electrifican con mayor facilidad que otros.

Se podría inferir que el sustento que ofrece no presenta coherencia con la pregunta expuesta ni con la aseveración que brinda. Cuando se le pregunta: "Entonces ¿por qué hablamos de aislantes?, ¿cuál sería, entonces, la función de hablar de aislantes, si todos los cuerpos se pueden electrificar?" (en esta intervención se introduce un nuevo concepto, lo que le permite a Pedro explicar el por qué de su aseveración), responde: "Es que...eh...todos los cuerpos se pueden electrificar y, pues, los conductores se electrizan con más facilidad que los aislantes; por eso digo que depende de las características del material" (actividad experimental 1: 3/10/2011). Este nuevo sustento es más coherente con la pregunta, ya que se podría pensar que él asume que los conductores se electrizan con más facilidad que los aislantes, justificando que las características del material determinan la facilidad con la que se puede electrificar un cuerpo.

En las intervenciones anteriores los participantes hacen uso de sus conocimientos disciplinares para sustentar sus aseveraciones. Aunque no son totalmente adecuados al nivel disciplinar, es posible identificar en ellos conceptos o leyes que se materializan en generalizaciones que sirven para justificar sus conclusiones y que a diferencia de las aseveraciones sustentadas en datos

adquieren mayor poder explicativo y generan más discusiones entre los participantes.

#### 5.1.2.3.2 Argumentos que asumen como base, discusiones dadas en la implementación de la propuesta

En las actividades finales de la implementación de la propuesta pedagógica, se presentaron algunos sustentos que tuvieron como contexto de origen la propuesta pedagógica misma. Se trató de conocimientos que no hacían parte de los saberes previos o de la ecología conceptual de los docentes participantes; o si existían no fueron relacionados con los fenómenos de electrificación. Fue a partir de las discusiones generadas en las diferentes sesiones como los docentes se apropiaron de conceptos o procedimientos que más adelante usaron para sustentar alguna aseveración. Es importante resaltar que a diferencia de los datos evocados en los que se trae una observación, en estos enunciados se encuentra una generalidad que podría dar cuenta de un conocimiento a modo de garantía. En una de las evaluaciones de la jornada, Iván interviene de la siguiente manera:

Es importante para nosotros, como docentes, este tipo de actividades, porque permite que los estudiantes comprendan mejor los fenómenos de electrificación de los cuerpos, pues, la percepción de un fenómeno de estos no es fácil; es necesario el uso de indicadores que logran (sic) observar mucho mejor la manifestación del fenómeno, asunto que muchos profes no tienen en cuenta a la hora de abordar estos contenidos temáticos (actividad experimental 3. - 24/10/2011).

En esta intervención, Iván usa un conocimiento, "los indicadores permiten una mayor percepción del fenómeno", para argumentar sobre la necesidad de tenerlo en cuenta en la enseñanza de esta temática. Cabe anotar que esta connotación fue construida con los profesores en las primeras sesiones, a partir de algunas discusiones que también emergieron en las primeras actividades experimentales.

El sustento que ofrece Iván es de tipo definición y, a diferencia de los sustentos disciplinares, este es un conocimiento que toma como base las discusiones que surgieron en la implementación de la propuesta.

En lo que respecta a las aseveraciones sustentadas en conocimientos, en su mayoría, los sustentos son de tipo disciplinar. Aunque no es objeto de la investigación, analizar los aspectos relacionados con la adecuación de estos saberes, identificamos dificultades acerca de la idea de carga eléctrica. Una posible razón es que la mayoría de participantes no tienen formación en la asignatura de física.

#### 5.1.2.4 Aseveraciones sustentadas en datos y conocimientos

Es común encontrar el uso de datos y conocimientos, de forma simultánea, para sustentar una aseveración. Así mismo, es particularmente interesante analizar la situación en la cual un dato no se corresponde con algún conocimiento del acervo disciplinar de los participantes. ¿Qué hacer?, ¿ignorar el dato y poner fe en los conocimientos teóricos?, o al contrario: ¿dar validez al dato por encima de los conocimientos? En nuestra investigación es posible considerar ambas situaciones.

##### 5.1.2.4.1 Aseveraciones sustentadas: una puesta en duda de las observaciones

Cuando discutíamos sobre los materiales conductores y aislantes, a la luz de las observaciones hechas en la actividad experimental uno, Kelly dijo: "Aunque esta barra de metal no atrae los papelitos, no podemos afirmar que no es (sic) una conductora, pues, como sabes, el metal es conductor. Y con relación al vidrio, es

normal que no atraiga, pues, es considerado como un aislante; por lo menos, yo así lo he entendido toda la vida (actividad experimental 1: 3/10/2011).

En esta intervención, Kelly considera que "no es posible afirmar que la barra de metal no es conductora", a pesar de las observaciones que ella y sus compañeros realizan sobre la ausencia de la manifestación de los efectos; es decir, *no valida la observación hecha* sobre la no atracción de los papelitos, pues, de base, hay un conocimiento sobre las propiedades del metal que no se corresponde con sus observaciones. Por su parte, Lina apunta: "pero, la teoría no se corresponde con lo que estamos viendo. Vea que esa barra<sup>9</sup> no atrae", a lo que Kelly responde: "Pues, si no atrae, debe ser que necesita ser frotada con más fuerza, pues, no todos los cuerpos se electrifican de la misma forma; algunos necesitan más fuerza para lograr afectar su estado neutro y que se manifieste su electrificación, (actividad experimental 1: - 3/10/2011).

A pesar del llamado de Lina a darle validez a la observación, Kelly, en ningún momento, duda de su conocimiento; para ella, la barra de metal sí es un material conductor. Incluso logra dar una explicación, a manera de justificación, en la que le asigna la causa de no atracción a una nueva variable como la fuerza de frotación sobre el cuerpo.

En ciertas ocasiones, algunos participantes le dan más validez a sus conocimientos que a las observaciones que se pueden presentar sobre un fenómeno en particular. Pese a las pruebas que se le ofrecieron a Kelly, en ningún momento puso en duda su conocimiento y procuró sustentos estructurados sobre la razón por la cual no se lograba evidenciar la atracción de los papelitos al acercarle la barra de metal. En este caso, se podría considerar que la puesta en duda por parte de ella no está en sus conocimientos, sino en la observación del fenómeno.

<sup>9</sup> Se refiere a la barra de metal.

#### 5.1.2.4.2 Aseveraciones sustentadas: una puesta en duda de sus conocimientos

A diferencia de la postura de Kelly frente a las observaciones y los conocimientos, Lina le da más validez a los sustentos disciplinares empíricos, que a los teóricos. En relación con la discusión anterior, Lina se pronuncia: "Pues, yo, a partir de lo que veo, puedo afirmar que esta barra<sup>10</sup> no está electrificada. Y aunque también he escuchado lo de los metales, podría decir que la barra no está electrificada, a causa de que el material no logra sostener las cargas tanto tiempo, como para poder atraer los papelitos (actividad experimental 1: 3/10/2011).

En el sustento que comparte Lina, identificamos que tiene los conocimientos requeridos sobre las propiedades físicas de los metales, pero, en su argumento le otorga más validez a la observación, considerando que la barra no está cargada y le asigna una posible razón a este fenómeno, como la permanencia de la electrificación.

En ambos argumentos se establece coherencia entre las aseveraciones expuestas y los sustentos que ambas ofrecen, en tanto es posible llegar a esas conclusiones usando dichas garantías. También las consideramos pertinentes para el caso y ambos sustentos son necesarios para fundamentar sus aseveraciones. No obstante, existe una diferencia ya mencionada entre la valoración de sustentos empíricos y sustentos teóricos.

Cabe establecer una diferencia entre garantías disciplinares, tipo definiciones y tipo procedimiento. En los anteriores fragmentos, los participantes usaron un conocimiento tipo definición, en razón a que usaron una generalización, ley o modelo para sustentar sus aseveraciones. Sin embargo, en la propuesta se pudo identificar algunas garantías que ofrecieron los participantes, a modo de

<sup>10</sup> | *ibíd.*

procedimiento. Tal es el caso de Iván; en la tercera actividad experimental sobre los indicadores, expresó: "el alfiler no puede clavarse en cualquier parte. Debemos tener en cuenta que el alfiler debe ser clavado así" y muestra a los demás compañeros de su grupo el procedimiento que considera más adecuado para percibir una mayor manifestación del fenómeno; "[...] debe estar en la mitad para que quede en el centro de masa y quede equilibrado" (actividad experimental 3: 24/10/2011). Al tratar de darle sustento a su aseveración, "el alfiler debe estar en el centro de masa", Iván ofrece un conocimiento procedimental, al explicarle a los demás compañeros de su grupo el *paso a paso* para lograr atravesar el alfiler, para obtener con ello una mejor percepción de la manifestación del fenómeno, haciendo uso de conceptos de Ciencias como *el centro de masa*. Valga destacar que la forma de sustentar su aseveración, a pesar de hacer uso de un conocimiento específico, se centra más en la forma de hallar el centro de masa que en la misma definición del concepto.

Llegados a este punto, se puede concluir que así como hay aseveraciones sustentadas en datos y conocimientos, o ambos, hay algunas que, además, incluyen en sus explicaciones una puesta en duda de estos componentes, acompañando sus aseveraciones de calificadores modales o adelantándose a posibles refutaciones, posibilitando, así, llegar a argumentos más razonables.

A continuación, abordaremos algunos de los fragmentos en los que, a más de un conocimiento, allegan otros componentes. Tal es el caso de calificadores y refutadores que desde la perspectiva toulminiana permiten acercarnos a una postura más razonable y a unos procesos de argumentación sustantiva. De otro lado, consideraremos el papel de los indicadores en la emergencia de este tipo de aseveraciones.

### 5.1.3 Aseveraciones sustantivas: posible punto de llegada

Son aquellos enunciados en los que se identifica, en el discurso de los participantes, el uso de matizaciones o la presencia de posibles refutaciones. Este tipo de aseveraciones da cuenta de una puesta en duda por parte de quien plantea un argumento. Estas tuvieron mayor presencia en las últimas actividades experimentales y en las discusiones que se realizaron con los docentes participantes (ver Figura 13). Para desarrollar esta categoría, hicimos referencia a la presencia de calificadores y su relación con el uso de indicadores, para finalmente discutir sobre la presencia de refutaciones y su relación con este tipo de aseveraciones.



Figura 13. Presencia de aseveraciones sustantivas.

### 5.1.3.1 Uso de cualificadores modales: el papel de los indicadores en la construcción de argumentos sustantivos

Según Bello (2004) los cualificadores modales le confieren fuerza a las garantías y permiten dudar de ellas al ponerlas en entredicho con un contraargumento o una refutación. Se representan con expresiones como "presumiblemente" "probablemente", "aproximadamente", entre otras. Estas le proveen un carácter sustantivo a las aseveraciones que ofrecen los profesores en sus discursos. Del mismo modo, los cualificadores modales posibilitan identificar en quien los usa una postura más razonable, al reconocer otras posibles explicaciones sobre un fenómeno en particular, razón por la cual en la presente investigación este componente del modelo argumental de Toulmin cobra especial valor.

Dando una mirada general a la implementación de la propuesta, ratificamos que este componente aparece con mayor frecuencia en los discursos alrededor de las actividades experimentales en las que se abordó la construcción de los indicadores. Al respecto, en la primera actividad experimental Kelly afirmó: "ese cuerpo no está cargado... ¡miren!" (actividad experimental 1: 3/10/2011) para referirse a una barra de metal que después de mucho frotarla no lograba atraer los papelitos. Más adelante, en la implementación de la propuesta y específicamente en la cuarta sesión, Kelly volvió a frotar la barra de metal y logró percibir la manifestación del fenómeno; es decir, hubo atracción, sin que sus resultados fueran cuestionados. Ella misma evoca las observaciones hechas en la primera actividad experimental - la primera vez que frotó la barra, no logró evidenciar el fenómeno de atracción-: "ah, la barra de metal sí atrae. Con este indicador, sí hay atracción" (actividad experimental 3: 24/10/2011). En primer lugar, y respecto a este enunciado, es posible considerar que la aseveración que dio a conocer en la actividad de exploración y que afirmó con tanta certeza, pierde fuerza al lograr percibir los efectos de la electrificación de ese material bajo otras condiciones. Al

preguntarle de nuevo si la barra de metal se podría electrificar, ella responde: "No se puede afirmar que un cuerpo está cargado o no, con una simple observación. Es necesario mirar cómo se comporta al ponerlo en contacto con otros indicadores más especializados, pues, puede ser que esté electrificado y que no se logró ver porque el instrumento no tiene la sensibilidad necesaria para percibir el movimiento de los papelitos" (actividad experimental 3: 24/10/2011).

Apreciamos en esta última intervención, una *matización* de la aseveración que dio al principio, pues reconoce explícitamente que no es posible afirmar que un cuerpo está cargado, o no, con una simple observación, poniendo en duda la carga empírica de la actividad experimental que tuvo en cuenta a la hora de dar a conocer su aseveración en la primera sesión.

Adviértase que ella tiene en cuenta que para afirmar que un cuerpo está, o no, electrificado, es necesario ponerlo en contacto con otros indicadores. A partir de esto es posible inferir que ella reconoce la necesidad de generar instrumentos y pruebas para constatar o refutar la observación inicial.

En este proceso de matización de la aseveración presentada por Kelly en un principio, es notable el papel del indicador en la sustantivación de su discurso; es necesario reconocer que las nuevas observaciones hechas sobre el fenómeno son las que admiten que ella ponga en duda su aseveración inicial.

En este trabajo, los *indicadores* son importantes, en tanto nos permiten relacionar las manifestaciones del fenómeno electrostático con las interpretaciones que de estas se pueden hacer, debido a que una configuración de materiales por sí misma no se constituye en un instrumento, sino que estos son significativos a la luz de diferentes procesos de pensamiento. Lo dicho, porque el organismo no posee un sentido que tenga la suficiente sensibilidad para detectar cuerpos electrificados; debe ser el indicador -instrumento, en el sentido estricto, que para el caso de nuestra investigación permite observar las manifestaciones del fenómeno

de electrificación- el que permita la percepción de las interacciones en un sistema electrificado.

Por consiguiente, el instrumento es el resultado de una concreción, de un refinamiento de la experiencia que facilita y mejora la exploración de los fenómenos eléctricos, en tanto que pueda existir variedad de indicadores que permitan nuevos acercamientos a la experiencia, así como mostrar que tales instrumentos y sus procesos permiten observar con otros ojos las experiencias eléctricas, a la vez que conllevan a resaltar el rol social en la construcción del conocimiento. (Medina & Tarazona, 2010).

En relación con lo anterior, y nominando así los indicadores, es viable relacionar su uso con la presencia de argumentos sustantivos, ya que al permitir nuevos acercamientos a la experiencia, exige a los participantes, por un lado, una mayor solvencia conceptual, en términos de conocimiento sobre el fenómeno; es decir, demanda *sustentos a sus aseveraciones*. Por otro, les indica que observar el fenómeno de la electrificación depende de diferentes variables, entre otras, el tipo de indicador que se use, lo que soporta que *maticen sus aseveraciones* y reconozcan la posibilidad de encontrar resultados diferentes entre un escenario experimental y otro, asunto que se detalló anteriormente con las intervenciones de Kelly.

En este orden de ideas, constatamos que con el uso de indicadores los participantes usaron en sus discursos elementos para matizar sus aseveraciones de manera más permanente. Por ejemplo, Ana indicó: "Creo que es necesario ubicar mejor el alfiler para poder percibir la atracción. pues, por la mitad.. Pues, el peso puede ser que afecte que sea vea o no la atracción, específicamente en este instrumento, porque en el otro el peso no importa; como el movimiento era horizontal y no vertical, el peso se desprecia" (actividad experimental 3: 24/10/2011).

Por otro lado, Pedro expuso: "Considero que hay varias razones para que en tu indicador no se haya manifestado el fenómeno, pues posiblemente no tuviste en cuenta o el peso o el ángulo de inclinación del alfiler y falta a ver si frotaste bien el pitillo, recuerda que las manos húmedas afectan esto y debes tener en cuenta todo esos elementos de los que hemos hablado" (actividad experimental 3: 24/10/2011).

En ambas intervenciones identificamos, en primer lugar, un posicionamiento de quien habla; es decir, reconocen la importancia de expresar sus ideas como asuntos particulares y no generalizables, ya que referirse a "creo" y "considero", revela en ambos participantes una valoración a sus observaciones como elementos de construcción propia, que no invalidan otras posibles explicaciones; en segundo lugar, en ambas intervenciones es posible encontrar elementos de matización o puestas en duda de sus propias aseveraciones: "puede ser" y "posiblemente" son expresiones lingüísticas que permiten suavizar sus enunciados y le dan un carácter más razonable a los argumentos en ambas intervenciones.

Durante las actividades experimentales en las que se usaron indicadores, preguntamos a los participantes sobre la connotación designada a estos instrumentos y sobre las potencialidades de los mismos. Al respecto, Sandra formuló: "Yo no sé si será pertinente, pero algo que yo he visto como otro indicador es el cabello, pues, porque uno ve que se utiliza un peine para frotarlo y ahí mismo siente la electrificación o, bueno, como que la percibe y puede ver el efecto de cuando el cabello se levanta" (actividad experimental 4: 28/10/2011).

Sandra concibe que un indicador puede ser cualquier objeto que permite apreciar los efectos de la electrificación como cuando esto se ve en el cabello. Sin embargo, esta noción resulta muy vaga, porque es necesario establecer ciertas condiciones para determinar, en este caso, el cabello como un indicador, en tanto este existe como tal, en la medida que a través de él se percibe el fenómeno para

el cual fue elaborado, es decir, que el indicador por sí solo no existe, sino que es el resultado de una concreción del pensamiento.

Las ideas de Sandra son comprensibles, en la medida en que estas discusiones se adelantaron cuando apenas iniciábamos la sesión de indicadores. Posteriormente, Pedro apuntó: "Yo creo que todos estos materiales que hemos utilizado le permiten ver a uno, el efecto de atracción, como los papelitos o la bomba que usamos anteriormente, cuando uno le altera el estado neutro con la frotación. Luego, ya con estos aparaticos sencillos de papel, diseñados para ser más sensibles o, bueno, más exactos diría yo, nos muestran más el efecto, incluso la repulsión que no vimos con las otras cosas" (actividad experimental 4: 28/10/2011).

Al respecto, conviene decir que tanto Pedro como Sandra tienen una noción de indicador como un objeto que hace posible apreciar los efectos de la electrificación, como lo manifiesta él en relación con la bomba y los papelitos. Sin embargo, menciona el aspecto de la sensibilidad y, de alguna manera, la intencionalidad con la cual se construyen los indicadores, para apreciar de forma más fina los efectos. De ahí que traiga a colación el efecto de repulsión. Por tanto, Pedro elabora más el concepto de indicador, a medida que se avanza en el trabajo con los mismos.

Acercas de este proceso de conceptualización es importante mencionar la connotación que Iván le concedió a un indicador: "Yo creo que los indicadores permiten eliminar variables. Sí, variables como la cuestión del peso, porque, de pronto, el peso es el que no deja atraer los papelitos. Por esto uno no puede afirmar, como hicimos en la primera sesión, que un cuerpo no se atrae si no está cargado. Para esto se diseñan los indicadores" (actividad experimental 4: 28/10/2011).

Es evidente que Iván ha logrado refinar la idea de indicador, pues, cuando se inició la sesión de indicadores con una pregunta sobre los mismos, él manifestó la idea de que un indicador podía ser cualquier objeto que permitiera percibir sus efectos; pero, en esta sesión manifiesta que estos permiten eliminar variables, dejando observar un refinamiento en sus explicaciones al nivel conceptual, cuando expresa: "uno no puede afirmar, como hicimos en la primera sesión".

Haciendo memoria de las anteriores intervenciones, es posible reparar que a medida que se avanzaba en el trabajo con los indicadores, los participantes fueron refinando la connotación que le asignaron a estos instrumentos. Así mismo, incluyeron cualificadores modales, lo que allanó el camino para así llegar a posibles argumentos más sustantivos.

#### 5.1.3.2 Uso de refutaciones: hacia posturas más razonables

Aunque en el marco teórico ya se confirió alguna connotación a este componente del Modelo Argumental de Toulmin (MAT), es necesario mencionar que este elemento, junto con los cualificadores y respaldos a datos, son tal vez los menos conocidos por los profesores que participaron en esta investigación, ya que no tuvieron un acercamiento a los componentes del modelo argumental de Toulmin y, en ningún momento, se conceptualizaron de forma explícita.

El resto de elementos son incluidos en sus argumentos, aún sin conocer la connotación que para este trabajo tienen. Anotamos que este componente es fundamental para comprender que la lógica sustantiva implica rigurosidad, por un lado, y da privilegio al carácter provisional y plural de las explicaciones científicas, por el otro.

Al analizar la presencia de refutaciones durante la implementación de la propuesta pedagógica, estas no fueron muy recurrentes; sólo en las dos últimas

sesiones se lograron rastrear algunos elementos refutadores. Al respecto, durante la actividad experimental sobre indicadores, los participantes trataron de identificar las razones por las cuales en uno de los electros copios construidos no se lograba manifestar el efecto de repulsión. Varios de los participantes afirmaron que uno de los cuerpos no estaba siendo electrificado; es decir, si no hay manifestación del efecto de atracción es a causa de la no electrificación de alguno de los dos cuerpos. A propósito, Iván respondió: "Vea, el fenómeno de la repulsión se presenta, si se logra cargar ambos cuerpos, tanto el frotado como este"; - se refiere al electros copio. "no se puede asegurar que uno de los cuerpos no está electrificado, pues, puede ser que el cuerpo sí esté electrificado, sólo que la carga esté siendo disminuida por tu cuerpo. Recuerda que nuestro cuerpo es conductor", concluye Iván (actividad experimental 4: 28/10/2011).

En la misma dirección, es posible darle forma a esta intervención y señalar que Iván mencionó una situación en la cual no se dio la relación entre los datos (no observación del efecto de repulsión) y la conclusión (uno de los cuerpos no está electrificado) a la que habían llegado sus compañeros; es decir propuso una objeción. Específicamente, reconoció que esta relación de datos y conclusión fue correcta, a menos que la carga que obtiene el cuerpo frotado sea disminuida por la interacción con nuestro cuerpo que es un conductor, lo que podría ocasionar la no manifestación del efecto.

Más adelante, en esta misma actividad experimental, algunos participantes discutieron sobre la capacidad que tiene un cuerpo para mantener la electrificación, pues, a partir de sus observaciones, identificaron que en unos cuerpos la manifestación de este fenómeno se mantenía más que en otros. Al respecto, Ana afirmó: "Los materiales tiene diferentes propiedades, y que se mantenga más en uno que en otros....pues, creo que depende de eso mismo, de las propiedades del material, pues, como ya dijimos, hay conductores y aislantes ". En esta intervención, Ana le asigna la permanencia de la electrificación en un cuerpo a sus propiedades. Por su padre, Pedro dice: "Pero, Ana, mira, no estamos

hablando de si un cuerpo se electrifica o no; estamos hablando de que si dos cuerpos se electrifican...ehhh...por qué se mantiene la electrificación más en un cuerpo que en el otro, pues, uno pensaría que si dos cuerpos son electrificados con una misma carga, estos deberían mantener su estado de electrificación el mismo tiempo” (actividad experimental 4: 28/10/2011). A la intervención de Pedro, Sandra responde: "pues, eso depende, ya que si el contexto de frotación no es el mismo, no se cumple eso". Al preguntarle a que se refería cuando alude el contexto, ella responde: "pues, por ejemplo, la humedad del lugar y la forma de frotación". Finalmente, Pedro afirma: "ahh..., pues sí debería la electrificación mantenerse el mismo tiempo, si el contexto de frotación es el mismo”.

En esta secuencia de fragmentos, Sandra ofrece una refutación al argumento que da a conocer Pedro; él afirma que dos cuerpos que sean electrificados con la misma carga deben mantenerla el mismo periodo de tiempo. Parafraseando a Sandra, lo dicho se cumple, *a menos que* el contexto de electrificación de los cuerpos sea diferente. Es importante resaltar que la refutación adquiere valor para Pedro, en la medida en que, al final, él mismo reconoce que lo descrito sucede siempre y cuando el contexto de frotación de los cuerpos sea el mismo.

Es factible decir, según lo analizado, que las refutaciones brindan, por un lado, un carácter mucho más sustantivo y razonable a sus argumentos, en términos toulminianos, al reconocer las situaciones en las cuales no se da la relación entre datos y conclusiones y, por otro, permite observar el conocimiento conceptual sobre el fenómeno, al predecir bajo qué condiciones esa relación no sucede.

En general, las aseveraciones sustantivas revisten gran valor en nuestra investigación, en la medida en que se acercan más a la perspectiva epistemológica privilegiada. Tanto los cualificadores como las refutaciones potencian una transformación de argumentos formales a construcciones mucho más sustantivas, en las que es plausible reconocer otras explicaciones, aparte de

la propia, logrando un giro importante en la argumentación, en el contexto de este tipo de actividades experimentales.

Lo nominamos como punto de llegada, ya que nuestra propuesta tiene la pretensión de mostrar que en las prácticas experimentales de tipo cualitativo es posible otorgarle un papel primordial al lenguaje, lo que enriquece no sólo la capacidad argumentativa de los estudiantes; sino también la comprensión conceptual de los fenómenos físicos.

## 5.2 Aspectos de orden epistemológico: Naturaleza de las Ciencias en relación con la experimentación

Para analizar esta categoría, se eligieron, principalmente, enunciados o secuencias de enunciados correspondientes a las sesiones de discusión y puesta en común de las actividades, en el entendido de que es en estas en donde se pueden identificar expresiones de los profesores participantes que dejan ver la apropiación de cuestiones alusivas a la temática de fenómenos electrostáticos. A continuación, mostramos las interpretaciones de algunos ejemplos de enunciados correspondientes al ejercicio anunciado.

### 5.2.1 Perspectiva Cientificista del experimento: Ciencia como conocimiento verdadero

En esta categoría asumimos dos características de la Perspectiva Cientificista que es posible vislumbrar en las expresiones de los profesores; una que concibe la experimentación como criterio de comprobación y/o contrastación de teorías, mediante la observación; y otra, como única manera de llegar, vía la inducción, a las diferentes conceptualizaciones teóricas. De igual manera, asumimos como fuente de análisis, ideas de las socializaciones finales de las sesiones, puesto que

fue en estas en donde encontramos enunciados más extensos en los cuales se pudieron apreciar representaciones que dilucidan las posturas epistemológicas de los profesores.

Es así como en la sesión número dos, correspondiente a la indagación de los efectos de la electrificación con diferentes materiales, averiguamos acerca de su valoración en torno de la actividad propuesta para abordar tales efectos. Al respecto, Kelly expresó:

La experiencia es excelente, pero, no sé::: yo tengo mis dudas de::: por qué a veces dicen que si froto el ámbar o la varilla de vidrio con el paño se obtiene carga positiva y::: el otro negativa, entonces por eso se atraen, pero yo nunca he podido entender cómo me doy cuenta si es positiva o negativa; la cuestión y es la pregunta que los estudiantes le hacen a uno y es triste no saber cómo demostrar los ejemplos de los libros(actividad experimental 1: 3/10/2011).

Consideramos que Kelly tuvo dificultades para comprender la explicación que ofrece el modelo de cargas sobre los efectos de la electrificación, ya que le costó entender el asunto de las cargas positivas y negativas, así como los ejemplos típicos de la frotación del ámbar con el paño, planteados en los libros de texto. Por tanto, podemos decir que aunque para esta profesora no es inteligible la situación experiencial, privilegia como fuente de conocimiento el modelo explicativo de cargas que aparece en los libros de texto. Por consiguiente, las ideas de Kelly tienden a identificarse con una postura científicista sobre las ciencias, en tanto considera que el modelo se puede "demostrar" a través de la experimentación, otorgándole así un papel instrumentalista a la experimentación. De la misma manera, Sandra planteó que la actividad realizada

Permite que el estudiante logre evidenciar que::: a partir de materiales de la vida cotidiana y del entorno común, puede lograr evidenciar el fenómeno como tal, porque siempre los llevamos al laboratorio::: pero ellos no logran relacionar la teoría con la práctica.

En cambio, de esta manera, lo pueden relacionar, porque ya no van a ver solamente el material del laboratorio, sino que con las cosas que normalmente se utilizan, lo van a lograr evidenciar como se les explica en la teoría (actividad experimental 1- 3/10/2011).

Admitamos que pese a que Sandra resalta que no son necesarios materiales sofisticados para percibir la manifestación de los fenómenos, sino que se puede trabajar con elementos de la vida cotidiana, para percibir los efectos, ella colige que son estos materiales los que admiten **evidenciar** los fenómenos de forma directa, tal como son concebidos y explicados en la teoría. Para ella, la experimentación es subsidiaria de la teoría y tiene como objeto poner en evidencia los efectos de forma real. Cuando expresa que los estudiantes "van a lograr evidenciar como se les explica en la teoría", la afirmación devela nociones que tienden a una postura epistemológica empírico - positivista, en la que el instrumentalismo y la verificación de las teorías es una característica esencial.

Nada lejano a lo que ocurre con Sandra, quien concibe el laboratorio como un espacio para experimentar en el sentido convencional: un sitio cerrado, provisto de instrumentos, donde se verifican y se demuestran las teorías. Adicionalmente, le adjudica cierta autoridad a los modelos explicativos. Por lo tanto, nada improbable que el uso que le otorga al experimento, sea en términos de verificar o demostrar los fenómenos.

Resaltamos que en esta sesión, en las discusiones de los docentes participantes predominaron ideas relacionadas con una postura epistemológica científicista, en tanto primaron expresiones que develaron características de la ciencia como conocimiento verdadero, dado por sentado, que no se discute y que debe ser demostrado o verificado a través de la experimentación.

La experimentación, vista desde esta perspectiva tiene poco impacto en la comprensión de los conceptos científicos por parte del estudiante, en razón a que sólo entraña un elemento externo, verificador de teorías o indicador de efectos.

#### 5.2.1.1 El experimento: elemento de verificación de teorías

Durante la primera sesión, cuando discutíamos acerca de los efectos de la electrificación con los diferentes materiales, Lina expuso: "Cuando uno frota un cuerpo, pues, le altera la carga, porque, por lo general, los cuerpos están neutros; pero si, por ejemplo, como hicimos aquí, si frotamos la bomba, obviamente se genera la atracción, pero, ya, si frotamos las dos bombas con el mismo material, se genera una repulsión" (actividad experimental 1: 3/10/2011).

Lina utilizó el experimento para demostrar los efectos de la electrificación y ofrecer, así, una explicación sobre la manera de generar ambos efectos, aunque su explicación no permitió comprender lo que sucedía en la bomba cuando la frotaba; además, la explicación ofrecida en aquel momento corresponde a un modelo que ha aceptado, pero no ha cuestionado, pues sus ideas no fueron suficientes para explicar los efectos explorados. Por tanto, para esta profesora, el experimento es un elemento externo y verificador de teorías.

En la misma discusión, José expresó: "Yo también pensaría eso. Si la estoy frotando con el mismo material y las dos bombas son del mismo material, entonces van a sufrir una repulsión, porque van a tener la misma carga ambas; pero si se frotan con un material diferente, van a sufrir atracción, pues, debido a que la carga que se adquiere es opuesta" (actividad experimental 1: 3/10/2011).

En esta experiencia, José atribuyó los efectos de la electrificación al tipo de material que se frotaba; si el material era el mismo, se experimentaría repulsión, y, si era diferente, habría atracción. Con sano criterio, se puede pensar que José explicó lo sucedido en la experiencia, a partir de un modelo que reconoce como verdad, el cual demostró a través de la experiencia que realizó con sus compañeros.

En definitiva, ambos profesores expresaron ideas que guardan cierta correspondencia con una postura científicista frente al uso que se le puede dar al experimento como elemento comprobador de teorías.

#### 5.2.1.2 El instrumento como elemento externo a la construcción de conocimiento

En la sesión de indagación sobre los efectos de la electrificación, Ana planteó: "Con esto de la electrificación, se puede dar una redistribución de iones, ahí en la parte externa de un objeto, por algo que se haga ::: o hay propiedades de los cuerpos:: por ejemplo, papel y plástico que tienen la propiedad y la pasan a otros y hacen que se atraigan o se repelan y para eso está el instrumento ::: para ver lo que sucede, como medir o leer algo que muestre una señal de lo que pasa con los iones" (actividad experimental 1: 3/10/2011).

Para esta profesora, la distribución de iones o de la carga es la causa de los efectos de la electrificación, es decir, que esta es una consecuencia que sobreviene de lo que sucede con los iones cuando los materiales interactúan. Visto así, ella privilegia un modelo teórico sobre la experiencia y, por ende, no considera una relación dialéctica entre ambas, sumado a que el instrumento se torna en un dispositivo que puede ser usado para medir, tomar datos o detectar indicios que pongan en evidencia la ocurrencia del fenómeno y, por tanto, es externo al mismo, en la medida en que no interviene en el proceso de construcción de los efectos de la electrificación.

### 5.2.1.3 Modelos de las ciencias: explicaciones con carácter de verdad sobre los fenómenos

En la quinta sesión, en la que tuvo ocurrencia la actividad con los electroscopios, a la solicitud que se les hiciera a los docentes participantes, de explicar cómo creían que el electroscopio podía detectar los efectos de la electrificación, Iván expresó:

Es que, precisamente, los aislantes en su estructura tienen huecos y ahí es donde los electrones tienen que saltar en su camino en el átomo; entonces, por eso, los electrones, al tener que saltar van muy lento, mientras que en los metales, los electrones brincan de un átomo a otro, entonces, eso es lo que les permite ir muy rápido y por eso, por ejemplo, si yo pongo barritas de aluminio, aluminio, aluminio, aluminio y cedo un electrón en un punto, entonces, la corriente eléctrica de ese electrón va a saltar acá, acá, acá, acá y eso va a hacer una reacción en cadena y así se explica que el electroscopio detecte la electricidad de los objetos (actividad experimental 5: 28/10/2011).

Iván explicó la detección de la electrificación por el electroscopio, usando un modelo atómico que reconoció como cierto y válido, en la medida en que brindó una explicación que, al parecer, le fue satisfactoria. Además, utilizó términos propios de este tipo de modelos: aislantes, electrones, átomo y corriente, en oposición a expresiones como "los electrones saltan", que hacen alusión al fenómeno de la electrificación como un flujo de carga eléctrica, explicación que igualmente alude a los principios expuestos por modelos atómicos de la física clásica.

En las ideas de Iván se advierte una tendencia hacia una postura científicista en relación con el uso de modelos atómicos, para explicar la electrificación de los cuerpos; por eso, no hizo referencia a la pregunta realizada, en tanto no expresó la relación entre "flujo de electrones" -modelo explicativo usado por él- y el mecanismo de detección del electroscopio que, como pudimos apreciar en la

actividad experimental, ocurre por la interacción entre los materiales electrificados y los componentes del electroscoPIO que se electrifican por inducción o contacto.

Ahora bien, en la sesión de indagación sobre los efectos de la electrificación, Ana intervino: "Con esto de la electrificación, se puede dar una redistribución de iones, ahí en la parte externa de un objeto por algo que se haga ::: o hay propiedades de los cuerpos:: por ejemplo, papel y plástico que tienen la propiedad y la pasan a otros y hacen que se atraigan o se repelan" (actividad experimental 1: 3/10/2011).

La profesora trajo a colación principios del modelo atómico para explicar los efectos de la electrificación, cuando expresó que para que tales efectos ocurran, se da una redistribución de iones en la parte externa de los cuerpos al realizar acciones que alteren los iones. Además planteó que esta es una propiedad de los cuerpos que puede ser transferida a otros para que haya repulsión o atracción.

Al respecto, podemos decir que Ana argumentó la electrificación de los cuerpos a partir de dos ideas. Por una parte hizo referencia a la estructura eléctrica de los átomos que puede ser alterada cuando se "pierden o ganan electrones" -partículas fundamentales del modelo atómico- generando así la ionización, es decir, el cambio del estado neutro de los átomos o moléculas; y, por otra, mencionó que la electrificación es una propiedad de los cuerpos, lo que establece consonancia con nociones del modelo que rezan que la carga eléctrica es una propiedad física de la materia, con signo negativo (electrón) o positivo (protón), que se manifiesta como atracción o repulsión, dependiendo de las partículas que interactúen.

En síntesis, para Ana, los modelos explicativos de las ciencias tienen autoridad y carácter de verdad, aún a riesgo de tornarse ininteligibles.

### 5.2.2 Perspectiva Socio-cultural: Ciencia como actividad de construcción de conocimiento

En la segunda sesión se realizó la socialización sobre los efectos de la electrificación de los diferentes materiales. Inquiridos por su apreciación sobre la actividad propuesta, para abordar tales efectos, Iván respondió:

Personalmente, me parece muy importante esta parte de la experimentación, sobre todo con los materiales que se utilizan uno::: no siempre tiene como la posibilidad en las aulas de tener todo un equipo completo para explicarles a los estudiantes, pues, ::: para ellos es muy difícil abstraerse y pensar "es que yo no veo un electrón". Entonces, ¿yo cómo se que eso sí está pasando? Y con esto uno les puede, pues, como mostrar los efectos, y ya, a partir como de::: la discusión y la puesta en común, también se pueden aclarar muchas dudas que todos tenemos (actividad experimental 1: 3/10/2011).

Consideramos que Iván reconoce un cambio en las formas de ver y representar el fenómeno de la electrificación, ya que es difícil construirlo por su nivel de abstracción, en tanto, según lo expresó, no contamos con un sentido que nos permita percibirlo de forma directa y por eso debemos usar los instrumentos - para el caso, los indicadores -. Igualmente, le es difícil comprender los modelos atómicos que se han creado para explicar el fenómeno, ya que, generalmente, en las clases de ciencias son presentados de forma descontextualizada de los problemas que se resuelven a través de ellos; además, requieren un gran nivel de abstracción, así como la comprensión de otros conceptos implicados en estos.

Por consiguiente, en la enseñanza debemos empezar por introducir a los estudiantes en actividades de exploración e indagación sobre los efectos de la electrificación y, poco a poco, ir profundizando en su construcción y explicación, de manera que estos modelos atómicos puedan comprenderse, a medida que se van entendiendo las relaciones, las condiciones y las variables implicadas.

La consideración de Iván relativa a la importancia de construir explicaciones a partir de discusiones sobre los efectos y no sobre las causas de los mismos, de alguna manera destaca la trascendencia del lenguaje al plantear que a través de discusiones también es posible aclarar dudas respecto al tema estudiado. Puesto en estos términos, las ideas que expuso Iván pueden tender a una postura Socio-cultural. Sin embargo, aunque Iván puso de manifiesto los efectos y no las causas del fenómeno, para él son importantes los modelos atómicos con los que se logran explicar los efectos de la electrificación, en la medida en que sean inteligibles, adecuados, pertinentes y, ante todo, mientras exista una adecuación entre la teoría y la práctica que permita una mejor comprensión, pues estamos conscientes de que la exploración de los fenómenos favorece en los estudiantes avanzar en la organización de explicaciones, extraer conclusiones más significativas, enriquecer la percepción y contrastar sus hallazgos con el conocimiento que han aceptado.

Ahora bien, respecto de Iván, éste logra acentuar sus ideas relacionadas con la postura Socio-cultural, cuando en la tercera sesión (relativa a la actividad experimental de los indicadores) frente a la solicitud hecha a los profesores para evaluar la actividad, y teniendo en cuenta que las discusiones exigían mayor elaboración de sus argumentos y explicaciones más rigurosas respecto al componente disciplinar, concluye: "El hecho de que uno vaya llevando al estudiante a construir el conocimiento y no mostrarlo como verdadero, sino poder decir que se perciben los fenómenos, pero no se sabe qué es a ciencia cierta lo que pasa, entonces, vamos ayudando al estudiante a conocer cómo son las cosas, por medio de la experimentación, y que él vaya construyendo sus propios conocimientos a través de su propia experiencia" (actividad experimental 3: 24/10/2011).

Resulta claro que Iván, al momento de esta intervención, continuaba expresando ideas que tienen tendencia a una postura de carácter socio-cultural, al argumentar que los estudiantes pueden construir conocimiento a través de su

propia experiencia y al destacar que el conocimiento se puede elaborar a partir de la construcción de los fenómenos. Lo anterior permite inferir que este profesor otorga una connotación especial a la experimentación, al asumirla como una manera de estudiar los fenómenos y construir explicaciones, y no como un medio de verificación o contrastación de teorías, en tanto la experimentación cualitativa se establece como una forma alternativa de hacer significativo el conocimiento. En esta misma discusión, la profesora Lina planteó: "Este tipo de actividades son una forma de hacerle ver al estudiante cómo se hace la ciencia::: porque uno a veces no::: pone en uso la creatividad para inventarse formas de estudiar los fenómenos y acercar a los estudiantes a otros tipos de explicaciones o ideas" (actividad experimental 3: 24/10/2011).

En la misma línea del profesor Iván, la profesora Lina considera que la ciencia es una actividad de construcción de explicaciones, al expresar que "se hace ciencia" empleando elementos como la creatividad, capacidad que es esencial para variar las condiciones cuando se intenta explicar un fenómeno. De manera que ambos logran señalar que existen diferentes explicaciones, lo que da a entender que poseen una concepción sobre la naturaleza de las ciencias que se aleja de posturas científicas que le restan importancia a estos aspectos.

#### 5.2.2.1. Un acercamiento a consideraciones sobre el experimento como construcción social

En la sesión seis, durante la evaluación de la propuesta pedagógica, Pablo dijo:

Yo creo que cuando estábamos trabajando estos experimentos en los que no teníamos que realizar medidas ni tomar datos, era lo que posibilitaba cuestionarnos más, dejar las puertas abiertas a otras relaciones, pensar otras explicaciones y no ceñirse a la teoría, porque uno en el transcurso de la universidad hizo muchos experimentos de los cuales casi ninguno resultaba exacto, entonces uno se quedaba

con los interrogantes, porque si estamos (sic) en la universidad con materiales y profesores buenos, entonces por qué no se daban las cosas. Por eso estos experimentos en los que no se toman datos son los que posibilitan argumentar y plantear otras explicaciones que uno, por lo general, con lo numérico no hace, porque se basa solamente en los datos o si dio o no dio (actividad experimental 5: 04/11/2011).

Apreciamos en las ideas de Pablo una concepción de experimento tendiente a una postura socio-cultural, en virtud a que manifiesta la importancia de preguntarse por el fenómeno, al recordar los cuestionamientos que se hacía en la universidad acerca de los experimentos que no resultaban como se esperaban; así mismo, cuando resalta la importancia de ofrecer otro tipo de explicaciones y de establecer otras relaciones en la ocurrencia de los fenómenos, sin regirse necesariamente por una teoría previa establecida.

De la misma manera, consideramos que para Pablo fue importante el tipo de experimentación realizada en las actividades, ya que para él se desvirtúa la experimentación convencional, donde se toman datos y medidas y se evalúa el éxito de la misma en términos de si se logra demostrar lo que se pretende, para dar paso a otro tipo de experimentación que ampara la argumentación y admite otras posibilidades de significación de la experimentación, en donde cobra especial relevancia el carácter discursivo en la construcción de fenómenos.

Para terciar en la discusión, en esta ocasión Lina intervino así:

Es que a mí me cuestiona que, precisamente, lo que vemos acá, con todos estos materiales, es contrario a lo que dice la teoría, porque los que están presentando electrificación son los que se dice que son aislantes a nivel teórico ::: se dice que el vidrio es aislante, se dice que el plástico es aislante y esos fueron los que vimos que tenían como mayor facilidad para atraer o repeler. Además, en el metal que se dice que es conductor, no pudimos observar la electrificación, sabiendo que, normalmente, vemos que uno siente la corriente

cuando se acerca a un cable pelado o a algo de metal que esté cargado. Entonces, ¿cuál es el experimento que me puede garantizar que lo que dicen las teorías se puede verificar?, porque si lo dicen, y es lo que a uno le enseñan, es porque lo comprobaron (actividad experimental 5: 04/11/2011).

Para el caso, Lina presentó argumentos que dejaron traslucir su inconformidad respecto a la adecuación de los modelos teóricos sobre los materiales aislantes y conductores con lo que de modo regular se manipula en la experimentación, ya que en la actividad con algunos de esos materiales apreció efectos contrarios, en tanto no logró demostrar sus propiedades como está establecido en los mismos. De ahí que se preguntara sobre el tipo de experimento que permita verificar lo que siempre supo, dando lugar a un cuestionamiento importante sobre el tipo de experimento verificacionista característico de la postura científicista.

5.2.2.2 Los instrumentos: elementos mediados por el lenguaje para la construcción de fenómenos

En la tercera sesión -correspondiente a la actividad de construcción de indicadores para la percepción de los efectos de la electrificación-, cuando los profesores fueron solicitados para explicar por qué creían que se pueden percibir dichos efectos de la electrificación con estos instrumentos tan sencillos (indicadores de papel), y luego de discutir acerca del peso como una variable importante que incide en la percepción de la electrificación, Luis se adelantó a decir:

Yo pensaría que más que eliminar variables, es crear las condiciones para que el efecto del peso no sea tan evidente. Eso es también empezar a construir el fenómeno; es decir los efectos:::: a simple vista, en la naturaleza no se presentan, porque yo quiero que aparezca un efecto. Simplemente observándolos en la naturaleza no se me van a dar

los efectos; para estos (sic) hay que crear las condiciones para que se den” (Actividad Experimental 3- 24/10/2011).

En esta ocasión, el profesor concibe que los efectos (hechos) se construyen socialmente a través del discurso y reconoce la importancia de la sofisticación del instrumento cuando manifiesta, de una parte, que el instrumento se construye acorde con una intención del experimentador y, de otra, que los efectos de un fenómeno no existen, simplemente, en la naturaleza por sí mismos, sino que el experimentador es quien debe establecer las condiciones para explorar el fenómeno. Así mismo, acentúa la relación dialéctica entre el objeto y el sujeto, en tanto es este último quien tiene la intención de proponer explicaciones y crear las condiciones para estudiar los fenómenos, idea que tiende a una postura Socio-cultural. Así lo manifestó:

Una de las condiciones, es eso; es tratar de mirar y construir el fenómeno de tal manera que no intervenga o intervenga poco el problema del peso. Entonces, eso es como ir delimitando el fenómeno y ya es una intención del experimentador y ahí es importante. Usualmente, nos dicen que la experimentación es solamente observar::: la experimentación ahí también está sesgada por una intención de quien hace la experimentación y ese instrumento eh::: está construido con una intención particular y es::: evitar la influencia del peso; entonces, tiene una:: carga subjetiva importante que es el papel del experimentador que está ahí presente, que es también parte de::: la idea de experimentación que se quiere::: poner en evidencia aquí.

Experimentar no es simplemente observar, sino también es construir las condiciones para que algún efecto se dé (actividad experimental 3: 24/10/2011).

Llegados a la quinta sesión, correspondiente a la actividad experimental con los péndulos electrostáticos, surgieron discusiones más profundas a nivel disciplinar y se construyeron argumentos más elaborados que contenían

componentes como refutaciones y modales (de cierta forma los profesores se habían apropiado de algunos elementos de nuestro discurso), solicitamos a los profesores evaluar la actividad. Al respecto, Pedro expresó:

Yo con los estudiantes trabajé otro:: electroscopio también muy refinado:: Era dentro de la botella y se hizo con el papel aluminio y::: haciendo la experiencia directa entre los papeles de aluminio más el material que nosotros estamos cargando, digamos que hay una atracción y también repulsión ::: bueno, interacción; y cuando ya teníamos todo el sistema y::: acercábamos esto a la parte superior que asoma afuera del tarro, los papelitos de aluminio se paraban, permitiendo apreciar la electrificación. Por eso, yo digo que era semejante a esta experiencia; solo que no teníamos claro que son interacciones y no propiedades solamente, y por eso, pues, podemos pensar que hay muchas maneras de ver los efectos de la electricidad por relaciones entre distintos instrumentos y los fenómenos. (actividad experimental 4: 28/10/2011).

Siguiendo lo dicho por Pedro, él ha logrado construir sus explicaciones sobre los fenómenos electrostáticos, fundamentado en una concepción de interacción entre los cuerpos electrificados y la idea de electrificación como condición o estado de los mismos, al evocar experiencias pasadas en las que no tenía claridad sobre lo que ocurría; pero, con esta experiencia es posible percibir los efectos de la electrificación por interacciones, cuando se refiere a los efectos de atracción y repulsión. Esto permite inferir que el profesor expresa ideas relacionadas con una postura Socio-cultural, con base en el uso que se le puede dar a los instrumentos, en tanto plantea que estos permiten establecer relaciones con las manifestaciones de los fenómenos, para el caso la electrificación.

En la misma sesión preguntamos al grupo de profesores por el papel que juega el instrumento en la explicación del fenómeno; a propósito, de nuevo Pedro tomó la palabra e indicó:

Es que el instrumento como que está implícito en el proceso. Por ejemplo, yo tenía la duda de cómo hacer posible que este sea el indicador y no el fenómeno, porque yo decía, bueno, ese es un simple instrumento, pero ¿qué es lo que me indica que está ocurriendo?, ¿el fenómeno de que hay atracción o repulsión?, o el fin con el que se hizo el indicador. Entonces, de alguna manera, los dos no se pueden separar. El uno no funciona sin el otro (actividad experimental 4: 28/10/2011).

Acéptese que Pedro destacó, ante todo, el proceso asociado a los efectos del fenómeno de la electrificación, más que la atracción o la repulsión como manifestaciones del mismo, privilegiando, así, el establecimiento de la relación dialéctica entre el instrumento y la intención de quien lo realiza, donde se ocasiona hay una reciprocidad entre ambos, en tanto expresó: "el uno no funciona sin el otro".

A tenor de lo dicho por el profesor, es válido afirmar que sus ideas se articulan con una postura Socio-cultural, en lo que respecta al papel del instrumento, en donde este es un elemento fundamental en la construcción del fenómeno y, en consecuencia, de las explicaciones sobre el mismo, al especializarse o refinarse a medida que el estudio sobre el fenómeno adquiere mayor rigurosidad.

#### 5.2.2.3 Modelos explicativos de los fenómenos: regularidades expresadas a través del lenguaje

En la quinta sesión, durante la actividad experimental con los electroscopios, Luis se refirió al tema en los siguientes términos: "Yo creo pues que los péndulos electrostáticos, o bueno los instrumentos que se usen, entre más sensibles o más especializados, pueden ayudar más a entender el efecto de la electrificación que cuesta tanto estudiarlo, porque en los metales y en otros materiales es muy rápido

el efecto y por eso se pierde, por las interacciones entre los mismos materiales” (actividad experimental 4: 28/10/2011).

La concepción de Luis acerca de la electrificación tiende a una postura Socio-cultural, pues, para explicar el fenómeno, expresó que los efectos de tal fenómeno son difíciles de estudiar, ya que su duración es corta, debido a las interacciones entre los materiales; es decir, que no se centra en las causas, sino en posibles relaciones que pueden establecerse para estudiarlo. Esto nos permite expresar que el profesor Luis comprende la electrificación de los cuerpos, mediante los efectos que son producidos por interacciones.

Así mismo, en la segunda sesión, correspondiente a la indagación de los efectos de la electrificación con distintos materiales, podemos encontrar en las ideas de Pedro una tendencia hacia una perspectiva sociocultural cuando dice: "Creo que cuando acercamos los papelitos y el pitillo, los dos se alteran y por eso permitieron la manifestación del fenómeno, porque si uno solo no estuviera electrificado y el otro si, entonces no se lograría evidenciar el fenómeno al acercar el material que yo electrifiqué, ya que no habrían efectos en ambos y no se daría el resultado de esos efectos que es pues como la atracción en este caso” (actividad experimental 1:3/10/2011).

En últimas, para Pedro, el fenómeno de electrificación de los cuerpos se explica a partir de los efectos que se dan entre los cuerpos que interaccionan, en tanto expone que para que se pueda percibir la manifestación del fenómeno -para el caso, la atracción de los papelitos por el pitillo- ambos materiales deben estar electrificados; de lo contrario, no se logra apreciar la manifestación del mismo. Visto de esta manera, para el profesor, la electrificación consiste en interacciones y no en condiciones de los materiales.

De acuerdo con los planteamientos anteriores, podemos concluir que las actividades experimentales permitieron a los profesores adelantar algunas reflexiones en torno al fenómeno electrostático, tanto a nivel disciplinar como procedimental. Además, conllevaron a explicitar algunos aspectos relacionados con su postura epistemológica frente a las ciencias.

## 6. ALGUNAS CONSIDERACIONES SOBRE LAS POTENCIALIDADES PROPUESTA PEDAGÓGICA

Nos convoca la necesidad de resaltar algunas consideraciones relacionadas con las dinámicas de la implementación de la propuesta, en tanto se constituye como una alternativa para abordar la enseñanza de las ciencias.

### 6.1 Potencialidades de la propuesta en los ámbitos pedagógico, procedimental y disciplinar

En el conversatorio de la sesión final, los profesores participantes destacaron algunos aspectos que les parecieron importante de la propuesta pedagógica que se implementó. Esto fue lo que expresó el profesor Pablo:

El nombre del taller me llamó mucho la atención, porque se hablaba de argumentación, pues, siempre me ha parecido que en las ciencias, la argumentación tiene mucho sentido para comprender y explicar los conceptos. Además, generar estos espacios que promueven la experimentación, pero no de tipo cuantitativo o de resultados matemáticos, sino de forma cualitativa, me parece muy viable como para trabajar en un aula de clases (Conversatorio final: 4/11/2011).

En el aporte del profesor notamos, por una parte, el valor que le otorga a la argumentación en las clases de ciencias, en relación con dos procesos importantes como son el proveer explicaciones y el comprender los conceptos; y, por otro, la mención sobre la propuesta no convencional de experimentación que fue trabajada en el taller, resaltando específicamente el enfoque cualitativo.

De la misma manera, Luis planteó:

Realmente me siento satisfecho de haber participado en este taller y valoro mucho que a la argumentación se le pueda dar un espacio fuerte dentro del aula de clase, ya que le permite a uno conocer los procesos de pensamiento de los muchachos y no, simplemente, hallar resultados, datos o medidas, sino que a través de este tipo de experimentación se vayan dando cuenta de lo que está ocurriendo con los fenómenos, para poder argumentar los procesos. Y me parece que eso es, pues, un acercamiento a lo que realmente ocurre dentro de un individuo cuando construye conocimiento a partir de este tipo de experimentación en clases (Conversatorio final: 4/11/2011).

En esta oportunidad, Luis realizó una evaluación a la luz de aspectos pedagógicos, procedimentales y conceptuales, en tanto reconoció esta forma de experimentar como una oportunidad de abordar los conceptos de modo alternativo, al permitirle al estudiante construir conocimiento sobre los fenómenos de una manera más consciente y no sólo dedicarse a tomar datos, sino plantear condiciones para observar regularidades, crear situaciones para apreciar efectos, establecer relaciones entre variables, que en sí posibilitan construir explicaciones y evaluar el conocimiento establecido en las ciencias, además de la riqueza que encuentra en la argumentación, cuando manifestó que le permite como profesor acercarse a los procesos de pensamiento de los estudiantes.

En esta misma línea, Sandra manifestó:

Yo venía bastante motivada por el nombre del taller y finalizo hoy con esa satisfacción de haber encontrado lo que esperaba, porque en ocasiones que puedo hacer trabajo experimental con los estudiantes, les exijo que argumenten y justifiquen sus ideas, pues, siento que la falencia va desde nosotros los docentes, ya que nos ceñimos mucho a un libro y creemos y les hacemos creer a los estudiantes que lo que dice en el libro es lo adecuado, lo real, y por eso les enseñamos que de esa forma es que se hace el procedimiento. Y haciendo este trabajo de argumentación sobre experimentación, he encontrado otra alternativa

para la formación de estudiantes con una visión de ciencia más reflexiva (Conversatorio final: 4/11 /2011).

Las cuestiones planteadas por la profesora Sandra significan que de cierta forma ha adoptado una postura crítica respecto de las propuestas de enseñanza en las cuales subyace una visión dogmática acerca de las ciencias. A la par, reconoce la importancia de procesos como la argumentación que posibilitan evaluar las teorías expuestas en las ciencias, para construir otras explicaciones más adecuadas sobre los fenómenos. No es desestimable que para esta profesora la propuesta pedagógica encarna un avance muy significativo a sabiendas de que es factible visualizar y poner en práctica otra perspectiva de trabajo en el aula, que liga aspectos como la experimentación y la argumentación en las dinámicas de grupo.

## CONSIDERACIONES FINALES

Recapitulemos. Acorde con los planteamientos epistemológicos de Stephen Toulmin (2003) o, dicho en otros términos, en coherencia con el carácter Socio-cultural de las ciencias, el trascendental papel del lenguaje en la construcción de conocimiento científico, y la valoración de las lógicas sustantivas, inscribimos el presente trabajo en la línea de investigación de Aprendizaje como argumentación.

Desde esta perspectiva, dirigimos nuestras consideraciones a resaltar el valor pedagógico y didáctico de una propuesta que concede un lugar de privilegio al papel del lenguaje en la construcción de conocimiento, estableciendo como escenario la experimentación cualitativa, como forma de abordar prácticas experimentales en las que el disenso, el consenso, la pluralidad de explicaciones dispensen un lugar a la flexibilidad intelectual y al aprendizaje crítico, elementos centrales de la propuesta toulminiana.

En este sentido, y a partir de las indagaciones y hallazgos en esta investigación, indefectiblemente, una propuesta de enseñanza que privilegia la argumentación sustantiva, posibilita, de suyo, la construcción de conocimiento desde una perspectiva humanista en la que cobra valor la razonabilidad. Quiere decir que da paso al uso de las buenas razones que, a su vez, favorecen la aceptación de explicaciones o el surgimiento de otros puntos de vista que develan un reconocimiento de la pluralidad explicativa que puede coexistir alrededor de un proceso de indagación y discusión sobre las ciencias.

Igualmente, consideramos que poner en diálogo la perspectiva de Toulmin con el trabajo experimental de tipo cualitativo se constituye en una posibilidad de construcción de conocimiento, en tanto espacio para la discusión de teorías y puesta en común de ideas y explicaciones. Además, nutre la participación y

fomenta la apropiación de valores -como el respeto por el pensamiento y la palabra del otro, el reconocimiento de otros puntos de vista-. Estimula, además, la formación crítica de los estudiantes, tanto en su manera de relacionarse con los instrumentos y procedimientos propios de la experimentación, como con los discursos que subyacen al trabajo experimental.

En lo que se refiere a los aspectos de orden epistemológico, manifestamos que fue notable el cambio operado en las posturas de los profesores, en virtud a que en las primeras sesiones los discursos tendían a la postura científicista, pues prevalecían ideas de verificación de las teorías mediante la experimentación, concepciones de ciencia como verdades incuestionables que pueden ser demostrados mediante la experimentación; mientras que en las sesiones finales se aprecian ideas tendientes a una postura socio - cultural, al expresar que los estudiantes pueden construir conocimiento a través de su propia experiencia, ya que éste no es verdadero, sino que se puede construir a partir de la percepción de los fenómenos.

Con relación a los aspectos de orden epistémico, podemos decir que las aseveraciones dogmáticas se presentan más en las primeras sesiones, mientras que las sustantivas se aprecian en mayor medida en las sesiones finales. Además creemos que hay una estrecha relación entre el uso de indicadores y la inclusión de refutadores y matizaciones en los discursos, lo que nos lleva considerar que una sofisticación en los instrumentos exige a los participantes una sofisticación en sus argumentos.

En este sentido, la experimentación cualitativa permitió establecer una relación entre los aspectos de orden epistémico y los de orden epistemológico, ya que a medida que avanzaban las sesiones, los participantes mostraban cambios tanto en sus argumentos, como en sus ideas acerca de la naturaleza de las ciencias sobre experimentación, en tanto adoptaban posturas más críticas,

reconocían la importancia de evaluar las teorías expuestas en las ciencias para construir otras explicaciones más adecuadas.

Por tanto, aludimos a la experimentación cualitativa como un escenario en el que la argumentación cobra valor y se convierte en una herramienta para generar procesos de construcción de conocimiento, al considerar que la misma potencia el valor pedagógico de las prácticas experimentales, en tanto conlleva a reflexionar y poner en duda el conocimiento sabido. Además, coadyuva a la apertura de otros rumbos de la experimentación, la valoración por la riqueza conceptual que ella entraña. Lo expuesto, en el entendido de que saber una disciplina implica también conocer los procedimientos que le son propios y llenar de sentido los instrumentos y instrumentos que hacen parte del trabajo experimental, de ahí que un propósito importante de estas propuestas es fomentar reflexiones en torno al carácter construido de las *evidencias* y al papel que de los instrumentos.

Ahora bien, a modo de síntesis señalamos algunas contribuciones muy puntuales acerca de la propuesta pedagógica.

- El valor pedagógico y didáctico en tanto, rescata un tipo de experimentación que ha sido relegada y a la que le son inherentes procesos discursivos en la construcción de explicaciones.
- El llamado a la reflexión y a la crítica acerca de los modelos curriculares imperativos que destacan una concepción empírico - positivista de las ciencias, a partir de la relevancia de cuestiones como los disensos, los consensos, la diversidad de explicaciones; que son posibles cuando se implementan prácticas experimentales cualitativas.
- La relación que se establece entre la propuesta epistemológica de Toulmin y el trabajo experimental cualitativo, en tanto se constituye

en un opción de formación con un enfoque sociocultural, en la medida que favorece la construcción y evaluación de otros puntos de vista, da lugar a la crítica y a la toma de postura, pero a la vez conlleva a valorar el pensamiento de los demás y reconocer la pluralidad de explicaciones.

- En consonancia con Toulmin, la propuesta permite evaluar los argumentos propios y los de los demás, haciendo uso de refutaciones, matizaciones, justificaciones, que conducen a procesos socioculturales en la apropiación de la cultura científica.
- ayuda a fomentar el acercamiento a las dinámicas propias de la construcción de conocimiento, de modo que se enseña a hacer ciencia y se enseña sobre la ciencia.
- Posibilita develar las complejas acciones que enmarca el trabajo del laboratorio y se promueve otra imagen más humana y razonable del mismo.
- Incentiva la formación en valores como el respeto por el pensamiento y la palabra del otro, por las formas de proceder para plantear y sustentar las explicaciones, generando así apertura al diálogo.
- Permite darle otro uso a la experimentación a través de la interacción con los demás y vinculando procesos discursivos.
- Puede ser una alternativa para iniciar a los estudiantes en el estudio de fenómenos que encierran otro nivel de abstracción - en nuestro caso la electrificación- a partir de la indagación, la percepción, el establecimiento de regularidades, las relaciones entre variables, entre otras.
- admite cuestionamientos en torno a las concepciones de ciencia que tienen tanto, profesores, como estudiantes, movilizando sus posturas epistemológicas, al enfatizar en el estudio de los fenómenos a partir de experiencias sencillas.

- Favorece la reflexión acerca de la práctica pedagógica de los profesores, de manera que por un lado, se puedan examinar sus formas de proceder y enriquecerla con otras estrategias para experimentar o para evaluar las formas de acercarse al pensamiento de los estudiantes a través del análisis de sus argumentos.
- Se constituye en un reto para la educación en ciencias, pues lleva a pensar sobre otras formas de propiciar espacios formativos que faciliten la apropiación de las culturas científicas.

Sin embargo reconocemos dos posibles limitaciones de este tipo de propuestas, ya que requieren más tiempo y dedicación, lo que va en contra del diseño de los currículos actuales enfocados en la enseñanza de contenidos que apuntan a pruebas saber, así como exige concentrarse en contenidos procedimentales de forma abierta y no en contenidos establecidos, lo que puede incidir en una comprensión más paulatina de los conceptos y teorías.

Finalmente queremos destacar que un gran aporte a nuestro marco teórico y por tanto, la construcción de conocimiento, se constituyó en la elaboración de la RED DE CATEGORÍAS, en la medida que puede ser un referente para futuras investigaciones.

## BIBLIOGRAFÍA Y WEBGRAFÍA

Ayala, M. (1992). La Enseñanza de la Física para la Formación de Profesores de Física. *Revista Brasileira de Ensino de física*, 14 (3), 153 - 157.

Ayala, M. (2008). Las prácticas experimentales en el aula de clase. Construcción de una problemática. Bogotá, Colombia, Universidad Pedagógica Nacional, 1-16.

Bello, L. (2004). El modelo argumentativo de Toulmin en la escritura de artículos de investigación educativa. *Digital Universitaria*, 5 (1), 2-18.

Caamaño, A. (2005). Trabajos prácticos investigativos en química en relación con el modelo atómico - molecular de la materia, planificados mediante un diálogo estructurado entre profesor y estudiantes. En: *Educación química* (16). 10 - 19.

Campaner, G. & De Longhi, A. (2004). *Enseñar a argumentar. Un aporte a la didáctica de las ciencias*. Tercer Encuentro de Investigadores en Didáctica de la Biología. Córdoba: Universidad Nacional de Córdoba.

Campaner, G. (1997). *La Educación Ambiental en el currículo escolar* (Tesis de Maestría no publicada). La Serena: Universidad de La Serena y Alcalá de Henares: Universidad Alcalá de Henares.

Campaner, G. (2004). *La argumentación en clases de Educación Ambiental*. Trabajo de investigación tutelado para la obtención del Diploma de Estudios Avanzados. Madrid: Universidad Autónoma de Madrid.

Camps, A. & Dotz, J. (1995). Introducción: enseñar a argumentar, un desafío para la escuela actual. En: *Comunicación, Lenguaje y Educación*, 25, 23-40.

Candela, A. (1999). *Ciencia en el aula: los alumnos entre la argumentación y el consenso*. México: Paidós.

Cuenca, M. (1995). Mecanismos lingüísticos y discursivos de la argumentación. En: Duschl & R. Grandy (Eds.) *Teaching Scientific Inquiry: Recommendations for Research and Implementation* (pp. 99-117; 288-291). Rotterdam: Sense Publishers.

Driver, R., Newton, P. & Osborne, J. (2000). Establishing the norms of scientific argumentation in classroom. [Versión electrónica] *Science Education*, 3(84), 287-312. Extraído el 28 de Octubre de 2010. Recuperado de <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/%28SICI%291098-237X%28200005%2984:3%3C287::AID-SCE1%3E3.0.CO;2-A/pdf>

Driver, R., Newton, P. & Osborne, J. (2000). Establishing the norms of scientific argumentation in classrooms. *Science Education*, 84, pp. 287-312.

Duschl, R. & Osborne, J. (2002). Supporting and promoting argumentation discourse in science education. *Studies in Science Education*, 1(38), 39-72.

Duschl, R., Ellenbogen, K. & Erduran, S. (1999). Understanding dialogic argumentation. Paper presented at the annual meeting of American Educational Research Association, Montreal, Canadá.

Erduran, S. & Jiménez-Aleixandre, M.(Eds.) (2008). *Argumentation in Science Education. Perspectives from Classroom-based Research. Science & Technology Education Library*, 35. Dordrecht: Springer.

Ferreirós J. & Ordóñez J. (2002). Hacia una filosofía de la experimentación. *Crítica. Revista Hispanoamericana de Filosofía*, 34(102), 47-86.

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.

Galindo, E. (2007). ¿Qué es argumentar?: Retórica y lingüística. *Revista del Instituto de la Judicatura Federal*, (24), 31 - 67.

García, E. (2010). *Filosofía de las prácticas experimentales y enseñanza de las ciencias*. Cali: Universidad del Valle.

Henao, B. & 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*, 7, 47- 62.

Henao, B. (2010). *Hacia la construcción de una ecología representacional: aproximación al aprendizaje como argumentación, desde la perspectiva de Stephen Toulmin*. Programa Internacional de Doctorado. Enseñanza de las Ciencias. Departamento de Didácticas Específicas. Burgos. Universidad de Burgos.

Henao, Stipcich & Moreira (2010). La educación en ciencias desde la perspectiva epistemológica de Stephen Toulmin. *Lat. Am. J. Phys. Educ.*, 5 (1), 232-248.

Hodson, D., (1994). Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio. En: *Enseñanza de las ciencias*, 12 (3), 299-313.

Hofstein A. & Lunetta V. (2003). The Laboratory in Science Education: Foundations for the Twenty-First Century. *Wiley Periodicals Inc.*, 28-54.

Hottecke, D. & Silva, C. (2010). Why Implementing History and Philosophy in School Science Education is a Challenge: An Analysis of Obstacles. *Science Education*, 9285 (4), 1-25.

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.

Jiménez, A., M. P. (2010). 10 ideas clave, competencias en argumentación y uso de pruebas. En: Grao, de IRIF, S.L.

Jiménez, A. & Díaz De Bustamante, J. (2003). Discurso de aula y argumentación en la clase de ciencias: cuestiones teóricas y metodológicas. *Enseñanza de la Ciencias*, 21 (3), 359-370.

Jiménez, A. (2003). Comunicación y lenguaje en la clase de ciencias. En: A. Jiménez (coord.), Caamaño, Oñorbe, Pedrinaci, De Pro. *Enseñar ciencias*. Barcelona: Graó.

JiménezAleixandre, M. P. & Erduran, S. (2008). *Argumentation in Science Education: an overview*. In S. Erduran & M. P. Jiménez-Aleixandre (Eds.), *Argumentation in science education: perspectives from classroom-based research* (pp. 3-27). Dordrecht: Springer.

Jiménez-Aleixandre, M. P., Bugallo, A. & Duschl, R. (2000). "Doing the lesson" or "doing science": Argument in high school genetics. *Science Education*, 6(84), 757-792.

Kelly, G. & Takao, A. (2002). Epistemic levels in argument: An analysis of university oceanography students' use of evidence in writing. *Science Education*, 3 (86), 314-342.

Koponen, T. & Mántylá, T. (2004). Generative Role of Experiments in Physics and in Teaching Physics: A Suggestion for Epistemological Reconstruction. *Science & Education*, 15, 31-54.

Kuhn, D. (1992). Thing as argument. *Harvard Educational Review*, 66, 155-178.

Lakatos, I. (1983). *La metodología de los programas de investigación científica*. Madrid: Alianza Editorial.

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

Lemke, J. (1997). *Aprender a hablar ciencia. Lenguaje, aprendizaje y valores*. Barcelona: Paidós.

Matthews, M. (1994). The Rapprochement between History, Philosophy and Science Education. En: *Science Teaching. The Role of History and Philosophy of Science*, 1-9.

McGinn, M. y Roth, W.M. (1999). Preparing Students for competent scientific practice: Implications of recent research in Science and Technology Studies. *Educational Researcher*, 28 (3), pp. 14-24.

Medina J. & y M. Tarazona (2010). *El papel del experimento en la construcción del conocimiento físico, el caso de la construcción del potencial eléctrico como una magnitud física. Elementos para propuestas en la formación inicial y continuada de profesores de física*. (Tesis de maestría no publicada). Medellín, Colombia, Universidad de Antioquia.

Popper, K., (1992). *Conocimiento objetivo*. Madrid, Editorial Tecnos.

Rodríguez, C. & Pliego, O. (2003). *La argumentación científica en los procesos de enseñanza y aprendizaje de la química*. (Tesis de Maestría no publicada). San Luis, Argentina.

Romero, A. (2011). *La experimentación y el desarrollo del pensamiento físico: un análisis histórico y epistemológico con fines didácticos*. (Informe de investigación). Medellín, Colombia. Universidad de Antioquia.

Sampson V. & Clark D. (2008). Assessment of the Ways Students Generate Arguments in Science Education: Current Perspectives and Recommendations for Future Directions. En: *Science Education* 447 - 472

Santibáñez, C. (2001). La argumentación. Variantes y ejemplos. *Revista de Lingüística*, 30, 183-201.

Sardá, J. & Sanmartí, N. (2000). Enseñar a argumentar científicamente: un reto de las clases de ciencias. *Enseñanza de las ciencias* 18 (3), 405-422.

Shapin, S. (1991). Una bomba circunstancial. La tecnología literaria de Boyle. En: Callon, M. & Latour, B. (orgs.). *La science telle qu'elle se fait, La découverte*, (Germán Pineda, trad.) Santafé de Bogotá. Universidad Nacional de Colombia.

Simonneaux, L. (2001). Role-Play or debate to promote students' argumentation and justification on an issue in animal transgenesis. *International Journal of Science Education*, 9(23), 903-927.

Stake, R. (1998). *Investigación con estudio de casos*. Madrid: Morata.

Steinle, F. (1997). Introducción de nuevos campos de exploración: usos de la experimentación. *La Filosofía de la Ciencia* 64 (Actas) S65-S74.

Sutton, C. (1997). Ideas sobre la ciencia e ideas sobre el lenguaje. *Alambique*, 12, 8-32.

Toulmin, S. (1977). *La comprensión humana: el uso colectivo y la evolución de los conceptos*. Madrid: Alianza Editorial.

Toulmin, S. (2003). *Regreso a la razón*. Barcelona: Península.

Toulmin, S. (2006). *Os usos do Argumento*. Sao Paulo: Martins Fontes.

Toulmin, S. (2007). *Los usos de la argumentación*. Barcelona: Península.

Walton, D. (2009) *Informal Logic: A Pragmatic Approach*. Cambridge University Press, Cambridge, 6.

Zohar, A. y Nemet, F. (2002). Fostering students' knowledge and argumentation skills through dilemmas in human genetics. *Journal of Research in Science Teaching*, 39, 35-62.

**ANEXOS**

**Anexo 1. Convocatoria al Seminario -Taller**

**Convocatoria**

**Red Pedagógica Ciencias Naturales**

La Red Pedagógica de Ciencias Naturales y Educación Ambiental de la Escuela del Maestro y el Grupo: Estudios Culturales de las Ciencias Experimentales y su Enseñanza - ECCE, de la Facultad de Educación de la Universidad de Antioquia,

**Tienen el gusto de invitar a todos los maestros de ciencias naturales a participar del curso:**

**Experimentación de Tipo Cualitativa**

Objetivo del curso: Abordar experimentos de tipo cualitativo, en el contexto de los fenómenos electrostáticos.

Lugar Aula Taller de Ciencia y Tecnología, Escuela del Maestro  
Horario Lunes de 4 00 a 600 p m,  
Intensidad: 16 horas

inicia el próximo lunes 26 de septiembre

115 cupo» dj\*po\*lbk\*l

Alcaldía de Medellín

Con el apoyo de.



IMVKKSIHJ»  
Dfc ANTKXIL LA

Ciencia X

informes:  
d»anae.fallego\$medellin gov.co  
Tel. 3857144

**Secretaría de Educación**

Cofl» il Ho 40-155  
**T.D\*MUS**  
ncuela.moeitro&medittim. QOV. CO

## Anexo 2. Modelo de certificado del Seminario-Taller



## Anexo 3. Propuesta pedagógica

Describimos las actividades que se desarrollaron en cada una de las sesiones y que constituyen la propuesta pedagógica concebida para abordar la temática de electrificación, a partir de un enfoque fenomenológico que puede favorecer procesos argumentativos y, por tanto, conocimiento que se construye socialmente.

A continuación, presentamos las preguntas correspondientes a los aspectos epistémico y social que fueron planteadas durante todas las sesiones, pues estas no sufrieron ninguna variación.

**Preguntas de orden Epistémico**

¿En qué te apoyas para dar esa explicación?

¿Crees que es coherente y suficiente la explicación de tus compañeras? Si o no y ¿F'or qué?

¿En qué situaciones la explicación no es adecuada? (sea propia o de otro participante).

¿Bajo qué condiciones tu explicación sería más o menos válida?

**Preguntas de orden Social**

¿Estás o no de acuerdo con tu compañero?

¿Qué tienes que decir acerca de lo que acaba de explicar tu compañero?

¿Con cuál explicación estás más de acuerdo?



**Sesión 1**

**Presentación del seminario-taller**

Iniciamos la sesión con la presentación del seminario-taller, explicando la metodología, la temática a tratar y la manera como se daría la participación de los profesores, en las diferentes sesiones, así como las características del mismo.

- Presentación del proyecto. Presentamos el Proyecto de Investigación al grupo de profesores inscritos en el taller con el fin de contextualizarlos y dar a conocer las posibles potencialidades pedagógicas y didácticas de la experimentación y la argumentación en la enseñanza de las Ciencias.
- Acercamiento conceptual a la Experimentación cualitativa. Expusimos la perspectiva de experimentación cualitativa a los profesores, con base en una

presentación del grupo de investigación ECCE, como una alternativa experimental en la construcción de conocimiento en el aula.

- Discusión del protocolo ético. Acordamos con los profesores, las circunstancias en las que participarían del proyecto, como apoyo a la investigación.

## Sesión 2

### ***Actividad experimental 1***

Problemática: exploración de la electrificación con diferentes materiales

Objetivo: analizar las producciones argumentales que se construyen cuando se discute acerca de las interacciones entre cuerpos electrificados.

Generalmente, se dice que la electricidad es un fenómeno físico asociado a interacciones entre cuerpos electrificados, cuyas manifestaciones se observan en la naturaleza como, por ejemplo, en las tormentas. No obstante, resulta difícil percibir de forma directa la existencia de dichas interacciones, pues, a veces, se hace necesario usar instrumentos que permitan identificar si un cuerpo está o no electrificado.

Aclarado lo anterior, para esta actividad dispusimos, por mesa, varios elementos: distintos tipos de telas (algodón, poliéster, seda, látex, etcétera); limadura de hierro, limadura de vidrio, aserrín, cuero, trozos de madera, diferentes tipos de papel (block, celofán, globo, cartulina, cartón); plástico, barras de metal y de vidrio, globos, lapiceros, pitillos, caucho. Con todos estos elementos se pudo identificar si un cuerpo estaba o no electrificado. Antes de la exploración, les solicitamos a los participantes que pensarán en posibles esclarecimientos para los siguientes cuestionamientos, con base en los materiales que tenían en su mesa:

¿Cómo identificas cuando un cuerpo está en estado de electrificación?

¿Cómo crees que se puede evidenciar que un cuerpo está en estado de

A medida que los participantes realizaban las experiencias que fundamentaban sus explicaciones, los investigadores fuimos planteando preguntas que orientaron la discusión en torno a aspectos disciplinares, epistémicos y sociales de la argumentación.

### Sesión 3

#### **Actividad experimental 2**

Temática: construcción de indicadores

Objetivo: analizar el discurso de los participantes en la construcción de indicadores, en la identificación de la electrificación de los cuerpos.

La manifestación de los fenómenos electrostáticos no es posible evidenciarla a través de los sentidos, debido a que no se cuenta con uno que nos permita percibir cuando un cuerpo está electrificado. Por consiguiente, es necesario disponer de un indicador que haga posible tal identificación. Antes de su construcción, planteamos las siguientes preguntas:

¿Cuál crees que puede ser un buen indicador para detectar el estado de electrificación de los cuerpos?

¿Qué condiciones crees que son necesarias para que un indicador detecte la electrificación de un cuerpo?

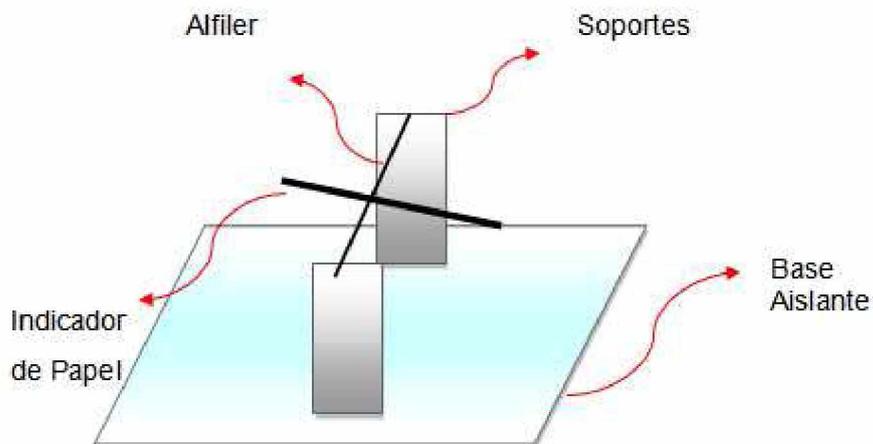
¿Por qué es necesario un indicador que permita evidenciar la electrificación de un cuerpo?

¿Qué características debe tener un indicador para que se pueda evidenciar el estado de electrificación de los cuerpos -Clase de material, formas de electrificación, otras variables-?

¿Cuál crees que es el papel de los instrumentos en las manifestaciones de la electrificación?

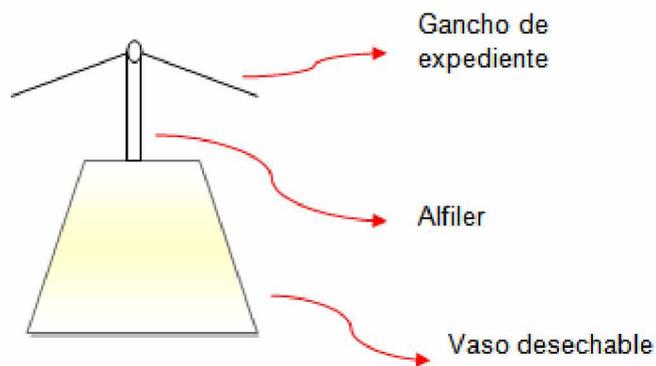
Seguidamente, les pedimos que diseñaran un indicador o una forma de detectar el estado de electrificación de los cuerpos; así mismo, que explicaran cómo procederían y cuál sería la justificación para que el indicador mostrara que el cuerpo estaba en estado de electrificación. Posteriormente, se les pidió que construyeran los indicadores que se les mostró en las figuras, con los materiales que les fue suministrado. Se les dio la posibilidad de construir el que ellos dispusieran.

Materiales: cartulina, alfileres, tijeras o bisturí, pitillo, vaso desechable, clavo, gancho de expediente.



**Indicador 1.**

Sugerimos que el alfiler atravesara el indicador de cartulina por su centro de masa y que las dos columnas que estaban sosteniendo el alfiler estuvieran a la misma altura.



**Indicador 2.**

Luego de construir y explorar con los indicadores, generamos una discusión sobre los siguientes cuestionamientos:

**Preguntas de orden disciplinar**

¿Qué otra clase de indicador se puede usar para evidenciar la electrificación en los cuerpos?

¿Cómo explicas el hecho de que se diga que existen dos clases de estados de electrificación?

¿Cuál efecto de la electrificación crees que se evidencia con los indicadores propuestos? Explica.

¿Se podrá decir que el pitillo al ser frotado queda electrificado positivamente y que no puede electrificarse con las dos clases de electrificación?

¿Cómo explicas que hay dos efectos por la electrificación de los cuerpos?

¿Cómo se puede evidenciar la atracción a través de un indicador?

¿Cómo se puede evidenciar la repulsión a través de un indicador?

**Producción argumental escrita 1**

Una de las intenciones que tuvo este taller fue analizar cómo los participantes confieren explicaciones y argumentan en torno a asuntos de Ciencias de forma oral y escrita. Por ello, solicitamos que generaran un texto breve en el que argumentaran a favor o en contra de la siguiente afirmación, teniendo en cuenta elementos como datos, justificaciones, respaldos a dichas justificaciones, entre otros. Así mismo, que tuvieran en cuenta las conclusiones de la actividad realizada en la segunda sesión.

-I- "Todos los cuerpos se pueden electrificar, pero en diferente grado y no de la misma forma".

## Sesión 4

### **Conversatorio**

Temática: la relación entre la experimentación cualitativa y la argumentación

Objetivo: discutir sobre las conclusiones, cuestiones y debates que se han tejido en las sesiones anteriores acerca de la relación entre la experimentación cualitativa y la argumentación.

En esta sesión, propusimos realizar un conversatorio con el profesor Ángel Romero Chacón sobre la experimentación cualitativa, como un escenario que permite diferentes procesos argumentativos en la enseñanza de las ciencias, aprovechando las conclusiones surgidas en las discusiones, en las sesiones anteriores, respecto al fenómeno de la electrificación de los cuerpos.

1. "El contacto entre materiales diferentes produce el efecto de la electrificación y la forma de contacto es la fuerza de fricción".
2. "Para que ocurra la interacción eléctrica entre dos cuerpos, ambos deben estar electrificados".
3. "Todos los cuerpos se pueden electrificar a través de distintas formas y con diferente intensidad".

### Actividad experimental 3

Temática: sensibilidad de los diferentes indicadores

Objetivo: considerar la razonabilidad de las producciones argumentales mediante el análisis de las variables implicadas en cada indicador de papel.

En esta actividad analizamos las diferencias de los dos indicadores construidos en la sesión anterior, teniendo en cuenta las variables y características de cada uno, los que, a su vez, influyen en su sensibilidad para poder percibir los efectos de la electrificación. En esta oportunidad, se invitó al profesor Julián Medina Tarazona, quien construyó nuevamente los indicadores y promovió la discusión con los profesores, cuyo centro fue el análisis de los efectos de la electrificación.

### ***Producción argumental escrita 2***

De acuerdo con la intención de continuar analizando los argumentos y explicaciones de los participantes acerca de los fenómenos electrostáticos, generaron un texto corto en el que respondieron la siguiente pregunta, teniendo en cuenta elementos como: datos, justificaciones, respaldos a dichas justificaciones, entre otros; así mismo, tuvieron en cuenta las conclusiones de la actividad realizada en la sesión anterior.

I ¿Cómo argumentaría que para poder percibir los dos efectos de la electrificación (atracción/repulsión) ambos deben estar electrificados?

## Sesión 5

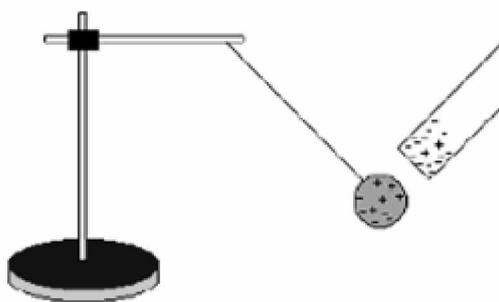
### ***Actividad experimental 4***

Temática: Péndulos electrostáticos

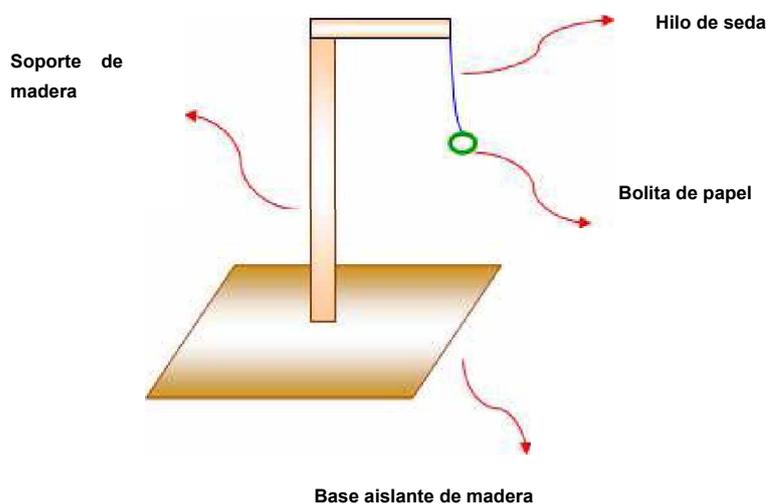
Objetivo: analizar las producciones argumentales que se construyen en las discusiones grupales sobre los efectos de la electrificación.

Esta fue la instrucción para esta actividad:

En las actividades anteriores, abordamos aspectos del fenómeno de la electrificación, entre ellos, los efectos que se producen y las clases de electrificación. A continuación, trataremos aspectos relacionados con las formas de electrificar un cuerpo y sus efectos. Para ello, construiremos dos péndulos electrostáticos sencillos y generaremos el debate en torno a las siguientes preguntas:



**Péndulo 1.**



**Péndulo 2**

**Preguntas de orden Disciplinar**

- ¿Cómo se electriza el papelito que cuelga del péndulo si no se puede observar la causa?
- ¿Se puede ligar el fenómeno a una causa de electrificación?
- ¿Qué evidencias respaldan esto?
- ¿Cómo se explica en este caso la interacción teniendo en cuenta las conclusiones de las actividades anteriores?
- ¿Por qué se percibe el efecto?
- ¿A qué manifestación del fenómeno de electrificación se debe la apertura del papelito en el segundo péndulo?
- ¿Cómo se explica que cuando se tocan con la mano la cartulina y el papelito se pierde el efecto de la electrificación en el segundo péndulo?

**Sesión 6**

***Actividad experimental 5***

Temática: argumentación de una situación experimental de la "Sala Física Viva" del Parque Explora

Objetivo: analizar la producción argumental de los participantes, teniendo en cuenta los elementos de un argumento en relación con un experimento.

Solicitamos a los profesores que eligieran un experimento de la "Sala Física Viva" en el Parque Explora y que dieran una explicación, teniendo en cuenta los elementos que caracterizan un buen argumento. Dicha explicación debían entregarla por escrito para luego socializarla con los demás participantes. Posterior a la exposición de cada experimento, los demás participantes realizaron preguntas, expresaron contraargumentos y/o dieron nuevas explicaciones.

## Conversatorio

Temática: valoración del taller

Objetivo: apreciar los aprendizajes adquiridos durante la implementación de las actividades, en cuanto a la relación entre argumentación y experimentación cualitativa.

En esta oportunidad, tuvo lugar un conversatorio para evaluar el desarrollo, la metodología y la pertinencia del taller en la sala MAE del Parque Explora.

Los asuntos tratados fueron los siguientes:

Aspectos a destacar de la experimentación cualitativa

- Aspectos a destacar de la argumentación en la clase de ciencias
- Importancia de la relación entre experimentación cualitativa y argumentación

Finalmente, agradecemos la asistencia y la participación en el taller e hicimos entrega de los certificados.

#### **Anexo 4.** Descripción de los elementos del MAT

COMPONENTE	DESCRIPCIÓN
Conclusión	Es la tesis que se va a defender, el asunto a debatir, a demostrar o a sostener en forma oral o escrita. Se llega a través del uso de expresiones como "por lo tanto", "por consiguiente".
Datos	Son los hechos o fenómenos que constituyen la afirmación sobre la cual se construye el texto argumentativo; pueden ser suministrados u obtenidos. Por otro lado, se puede considerar que el dato es el argumento que sostiene la aserción; es la prueba. Existen diferentes tipos de evidencias: estadísticas, citas, reportes, evidencias físicas, experimentales o teóricas.
Garantías	Son razones, reglas o principios que se proponen para justificar las conexiones entre los datos y la conclusión. Se hace alusión a ellas a través de expresiones como: "a causa de", "debido a".
Soportes, respaldos o principios	Hace referencia a los fundamentos o bases en las que se sostienen las garantías de inferencia. Se identifican con expresiones como: "teniendo en cuenta que", "fundamentados en" y develan las creencias epistemológicas y ontológicas de la ecología intelectual.
Cualificadores modales	Le confieren fuerza a las garantías y permiten dudar de ellas y ponerlas en entredicho con un contraargumento o una refutación. Se representan con expresiones como: "presumiblemente", "probablemente", "aproximadamente".
Refutadores	Son aquellas expresiones que ponen en entredicho las conclusiones. Se identifican con el uso de expresiones como: "a menos que", "excepto que".

Anexo 5. Indicadores de calidad del MAT<sup>11</sup>

RUBRICA PARA EL ANÁLISIS DE LOS MATS

Nivel		Notable		Media/parcial		Baja o ausente	
Cualidad							
Pertinencia	P	La información viene al caso, oportuna o pertinente.	p	Una parte de la información viene al caso o es concerniente al mismo.	pp	La información no se ajusta al caso	rp
Suficiencia	S	La información es óptima, Atiende lo requerido	5	-No aplica término medio -		La información no es Óptima, no atiende lo requerido	is
Hece dad	N	La información es relevante, imprescindible, conveniente o muy útil.	n	Una parte de la información es relevante, imprescindible, conveniente o útil	pn	La información es superflua o irrelevante.	in
Coherencia	C	La información es* muy concordante o tiene relación explícita con la del componente en cuestión	c	Solo una parte de la información es concordante o hay relación implícita con la del componente en cuestión	pe	La información no tiene relación con la del componente en cuestión	ic
Adecuada	A	Desde el punto de vista disciplinar, la información es apropiada - precisa, completa y actualizada -	a	Desde el punto de vista disciplinar, sólo una parte de la información es apropiada.	pa	La información no es apropiada desde el punto de vista disciplinar	ia

<sup>11</sup>Rúbrica para el análisis de los MAT (Henao B., 2010).

## Anexo 6. Protocolo ético

### PROTOCOLO DE COMPROMISO ETICO Y ACEPTACION DE LOS Y LAS PARTICIPANTES EN LA INVESTIGACIÓN\*

GRUPO ECCE  
Estudios culturales de las ciencias y su enseñanza

**Nombre Jajwgsflijgrajón:** El Devenir de procesos argumentativos de profesores de ciencias en el marco de la experimentación cualitativa.

**Investigadores:** Juan Fernando Guzmán Restrepo  
Cristina Restrepo Olaya

*Angel Enrique Romero Chacón*  
*Berta Lucia Henao Siena*

Ante esta instancia como investigadores presentamos nuestro compromiso ético con los participantes en esta investigación. Entendemos como imperativo y deber, hacer uso adecuado y discrecional de la información registrada en el marco de este trabajo con el único fin de lograr los objetivos del estudio en cuestión y en la perspectiva de contribuir por una parte con aportes para el mejoramiento de la educación en ciencias en los contextos del caso elegido para el estudio y por otra, con cuestiones teóricas y metodológicas a la línea de investigación sobre argumentación en la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias.

El uso discrecional y adecuado de la información registrada y de su análisis implica que la misma sólo será utilizada para los propósitos enunciados en el marco de este trabajo investigativo que se evitará la alusión a nombres propios y se valorará con respeto >1 responsabilidad los aportes de cada uno de los participantes. Los análisis y resultados serán dados a conocer en primera instancia a algunos de estos participantes para su valoración

Desde esta perspectiva, las personas que firman este documento autorizan a los investigadores para que las fuentes de información como escritos, entrevistas, foros de discusión, observaciones, talleres, 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 a los investigadores.

Nombre **Firma**

Sugerencia o recomendación:

\* Proyecto financiado con recursos del patrimonio autónomo fondo nacional de fin andamiento para la ciencia, tecnología y la innovación, Francisco José de Caldas.

**Anexo 7.** Cronograma de intervención

SESION	ACTIVIDAD	OBJETIVOS DE LAS ACTIVIDADES
	Presentación del taller	
1	Presentación del proyecto	Familiarizar a los participantes con el proyecto, identificando las potencialidades pedagógicas y didácticas de la experimentación y la argumentación en la enseñanza de las Ciencias.
	Acercamiento conceptual a la Experimentación cualitativa	Presentar la perspectiva de experimentación cualitativa exploratoria, destacando los beneficios en la construcción de conocimiento.
	Discusión del protocolo ético	Acordar los compromisos éticos con los participantes.
2	Actividad Experimental 1 <i>Exploración de electrificación con diferentes materiales</i>	Analizar las producciones argumentales que se construyen cuando se discute acerca de las interacciones entre cuerpos electrificados.
	Actividad Experimental 2 <i>Construcción de indicadores</i>	Analizar el discurso de los participantes al construir indicadores para identificar la electrificación de los cuerpos.  Profundizar en las explicaciones de los participantes durante las discusiones grupales.
3	Producción argumental escrita 1	Discutir la producción argumental escrita de los participantes a partir de las conclusiones del encuentro anterior.
	Conversatorio	Discutir sobre las conclusiones,

	<p><i>La experimentación cualitativa</i>                  Invitado Ángel Romero Ch.</p>	<p>discusiones y debates que se han tejido en las sesiones anteriores.</p>
4	<p>Actividad experimental                  3  <i>Sensibilidad de los diferentes indicadores</i>                  Invitado Julián Medina T.</p>	<p>Considerar la razonabilidad de las producciones argumentales, diferenciando elementos que caracterizan explicaciones más adecuadas que otras.</p>
	<p>Producción argumental escrita 2</p>	<p>Valorar la producción argumental escrita de los participantes, a partir de conclusiones del encuentro anterior.</p>
5	<p>Actividad experimental                  4  <i>Péndulos electrostáticos</i></p>	<p>Analizar las producciones argumentales que se construyen en las discusiones grupales sobre los efectos de la electrificación.</p>
6	<p>Actividad experimental                  5  <i>Argumentación de una situación experimental de la sala física viva del Parque Explora</i></p>	<p>Analizar los componentes que incorporan los participantes en sus explicaciones, a partir de la elección de algún experimento del Parque Explora.</p>
	<p>Conversatorio</p>	<p>Valorar los aprendizajes adquiridos durante la implementación de las actividades, en cuanto a la relación entre argumentación y experimentación cualitativa.</p>

**Anexo 8. Registro fotográfico**

Actividad experimental 1: 03/10/2011



Actividad experimental 4: 28/10/2011



*Procesos Argumentativos de Profesores de Ciencias en el Marco de la Experimentación Cualitativa*

Actividad experimental 5: 04/11/2011



Conversatorio: 04/11/2011

