

# Procesos argumentativos de profesores de ciencias. Una propuesta pedagógica centrada en la experimentación y fundamentada en reflexiones acerca de la naturaleza de las ciencias\*

- ARGUMENTATIVE PROCESSES OF SCIENCE TEACHERS. A CENTERED PEDAGOGICAL APPROACH BASED ON EXPERIMENTATION AND REFLECTIONS ABOUT THE NATURE OF SCIENCE
- PROCESSOS ARGUMENTATIVOS DE PROFESSORES DE CIÊNCIAS. UMA PROPOSTA PEDAGÓGICA CENTRADA NA EXPERIMENTACIÓN E FUNDAMENTADA EM REFLEXÕES A RESPEITO DA NATUREZA DAS CIÊNCIAS

Miriam Cristina Restrepo Olaya<sup>\*\*</sup> / [cristinarpo1225@yahoo.es](mailto:cristinarpo1225@yahoo.es)

Juan Fernando Guzmán Restrepo<sup>\*\*\*</sup> / [cpe.juanguzman@gmail.com](mailto:cpe.juanguzman@gmail.com)

Ángel Enrique Romero Chacón<sup>\*\*\*\*</sup> / [aeromero@ayura.udea.edu.co](mailto:aeromero@ayura.udea.edu.co)

## Resumen

---

En el presente artículo se sintetizan los fundamentos teóricos y las contribuciones pedagógicas de una propuesta de cualificación de profesores de ciencias, surgida en el marco de un Trabajo de Investigación (Tesis) en el programa de Maestría en Educación, línea de Educación en Ciencias Naturales, de la Universidad de Antioquia (Medellín, Colombia). La propuesta tuvo como propósito principal, resaltar los aportes de una perspectiva de formación de profesores que abordara el problema de la experimentación en estrecha relación con reflexiones surgidas sobre la Naturaleza de la Ciencias. A través de ella, en particular, se propuso incentivar la argumentación en torno a la construcción de explicaciones en relación con la experimentación cualitativa y exploratoria, como formas de construcción de conocimiento que se oponen a prácticas verificacionistas e instrumentalistas y que, por el contrario, favorecen el desarrollo de procesos discursivos para una mejor comprensión de los fenómenos.

## Summary

---

In this paper the theoretical foundations and educational contributions of a proposed qualification of teachers of science that emerged in the context of a Research Project (Thesis) in the Master of Education Online Education in Natural Sciences are synthesized, University of Antioquia (Medellín, Colombia). The proposal had as its main purpose, to highlight the contributions from the perspective of teacher training to address the problem of experimentation closely with reflections arising on the Nature of Science. Through it, in particular, it was proposed to encourage the argument about the construction of explanations regarding the qualitative and exploratory experimentation as ways of building knowledge that oppose verificationists and instrumentalists practices and, conversely, favor the development of discursive processes for a better understanding of the phenomena.

## Resumo

---

No presente artigo sintetizam-se os fundamentos teóricos e as contribuições pedagógicas de uma proposta de qualificação de professores de ciências, surgida no marco de um Trabalho de Investigação (Tese) no programa de Maestría em Educação, linha de Educação em Ciências Naturais, da Universidade de Antioquia (Medellín, Colômbia). A proposta teve como propósito principal, realçar os contribuas de uma perspectiva de formação de professores que abordasse o problema da experimentación em estreita relação com reflexões surgidas sobre a Natureza da Ciências. A través de ela, em particular, se propôs incentivar a argumentación em torno da construção de explicações em relação com a experimentación qualitativa e exploratoria, como formas de construção de conhecimento que se opõem a práticas verificacionistas e instrumentalistas e que, pelo contrário, favorecem o desenvolvimento de processos discursivos para um melhor entendimento dos fenómenos.

Fecha de recepción: 12 de agosto de 2013 / Fecha de aprobación: 17 de octubre de 2013

## Introducción. Sobre la inclusión de reflexiones acerca de la naturaleza de las ciencias en la Educación en Ciencias

\* Este artículo hace parte de los resultados de la investigación *La Argumentación en las clases de ciencias y su contribución a la construcción de ciudadanía* (Colciencias, Cod. 111552128678), financiada con recursos de El patrimonio Autónomo, Fondo Nacional de Financiamiento para la Ciencia, la Tecnología y la Innovación, Francisco José de Caldas.

\*\* Magister en Educación, Línea Educación en Ciencias Naturales. Universidad de Antioquia.

\*\*\* Magister en Educación, Línea Educación en Ciencias Naturales. Universidad de Antioquia.

\*\*\*\* Profesor Titular, Grupo de Estudios Culturales sobre las Ciencias y su Enseñanza -ECCE-, Facultad de Educación, Universidad de Antioquia. PhD. en Epistemología e Historia de las ciencias y las Técnicas, Université Paris VII.

### Palabras clave

Naturaleza de las ciencias, argumentación, experimentación cualitativa, formación de profesores de ciencias.

### Key words

Nature of science, argumentation, qualitative testing, training of science teachers.

### Palavras chave

Natureza das ciências, argumentação, experimentação qualitativa, formação de professores de ciências.

Desde hace décadas se viene resaltando la necesidad de incluir reflexiones acerca de la historia, la filosofía y la sociología de las ciencias en el currículo de la Educación en Ciencias y, en particular, en los programas de formación de profesores (Duschl, 1994; Mathews, 1994; Driver, et al., 1996; Hodson, 2003). De hecho, esta necesidad se ha venido estableciendo como uno de los propósitos centrales en las propuestas de diseños curriculares de la Educación en Ciencias (Mathews, 1994; Hodson, 2003). En el marco de estas reflexiones, se ha empezado a consolidar en la comunidad de investigadores de la Educación en Ciencias, el término de *Naturaleza de las Ciencias* (NdC).

Como lo señala Acevedo-Díaz (2008), si bien este término es polisémico, hace alusión a un metaconocimiento sobre la ciencia surgido de reflexiones interdisciplinarias realizadas desde la filosofía, la historia y la sociología de la ciencia, que en un sentido amplio aborda cuestiones relacionadas con: ¿qué es la ciencia?; ¿cómo se diferencia de otras actividades humanas?; ¿cómo se construye, valida y difunde el conocimiento que produce?; ¿cuáles son los valores implicados en esta actividad?; ¿cuáles son las relaciones entre el sistema tecnocientífico y la sociedad?

Aunque se advierte un consenso en la comunidad de investigadores en Educación en Ciencias, sobre la importancia y necesidad de la inclusión de reflexiones acerca de la NdC, en dicha área, se han identificado dificultades y obstáculos en cuanto a cómo implementarla efectivamente. Dentro de estos obstáculos se destacan la propia significación de la NdC como contenido multidisciplinar, dialéctico, complejo y cambiante, y la carencia de formación del profesorado de ciencias, dado que no suele hacer parte de la formación inicial de esta área (Acevedo-Díaz, et al., 2007; Hottecke y Silva, 2010).

Surgen, en este sentido, interrogantes como: ¿cuáles de los enfoques a cerca de la NdC resultan ser los más adecuados para las reflexiones sobre la Educación en Ciencias?; ¿cuál es la imagen de ciencia, y de su dinámica socio-histórica, más adecuada para la formación de una cultura científica sólida y con posibilidades de interlocución con otras comunidades científicas?; ¿cuáles son los aportes de la historia, la filosofía y la sociología de las ciencias en la construcción de dicha concepción de ciencia?

El presente artículo presenta los fundamentos teóricos y las contribuciones pedagógicas de una propuesta de cualificación de profesores de ciencias, surgida en el marco de una investigación que tuvo como propósito principal fundamentar y resaltar los aportes de una perspectiva de formación de profesores de ciencias, que abordara en problema de la experimentación en estrecha relación con reflexiones surgidas acerca de la NdC. La investigación hace parte de las propuestas alternativas de la formación de profesores y de trabajo en el aula, en las cuales se reconoce que enseñar ciencias es más que la transmisión de conceptos, términos y procedimientos, a la vez que resaltan la importancia del lenguaje y de los aspectos socio-culturales en la construcción de conocimiento.

## Referentes teóricos y conceptuales

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

Como punto de partida esta investigación privilegia una perspectiva constructivista, socio-cultural y pluralista sobre el conocimiento, considerando, las ciencias como actividades socio-culturales a las que les son inherentes procesos de cambio y transformación, y en cuya búsqueda permanente de explicaciones adecuadas y pertinentes se da un devenir estrechamente relacionado con procesos de flexibilidad intelectual y crítica, los mismos que, de acuerdo con Toulmin (1977), están estrechamente relacionados con los procesos de argumentación.

Para Toulmin (1977), las disciplinas científicas tienen formas propias de razonamiento y criterios específicos para valorar las explicaciones. Así, la construcción de conocimiento en cada una de estas disciplinas se puede comprender como una búsqueda de maneras de ver y entender el mundo a la que subyacen preguntas, cuestionamientos y procesos de validación particulares. Estas reflexiones son propuestas en estrecha relación con el concepto de “razonabilidad” y los procesos argumentativos ligados a su desarrollo. Dicho concepto puede considerarse como la disposición a examinar y modificar puntos de vista y perspectivas explicativas a través de la búsqueda, construcción y explicitación de “buenas razones”, es decir, argumentos que atienden a evidencias, garantías y justificaciones (Toulmin, 2003).

La argumentación se constituye así como una posibilidad de materializar los elementos que, desde esta perspectiva, podrían ser abordados en la enseñanza de las ciencias. Esto significa considerar que procesos epistémicos como codificar información, relacionar datos y conclusiones, 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. La argumentación, en este sentido, es un proceso implícito a la construcción de conocimiento, tanto de orden científico como escolar.

Toulmin insiste en que el papel de los científicos debe caracterizarse por construir representaciones y procedimientos explicativos que den cuenta de los aspectos importantes del mundo, y en ese proceso es preciso discernir sobre las condiciones y las variables por medio de las cuales una representación puede ser adecuada y pertinente como explicación. Retomando a Toulmin, autores como Jiménez-Aleixandre y Díaz de Bustamante (2003), resaltan la argumentación sustantiva, no formal, y afirman que los argumentos son situacionales, están permeados por una cultura y que pueden establecerse criterios para comparar enunciados alternativos y escoger el más adecuado. Un argumento puede considerarse como una estructura

compleja de datos que involucra un movimiento que parte de una evidencia y llega al establecimiento de una conclusión. Así, todas las afirmaciones o aseveraciones acerca del mundo, pueden encajar en un modelo (Modelo Argumental de Toulmin-MAT), que contiene seis componentes claves: conclusión, datos, garantías, respaldos, calificadores modales y refutaciones. Éstos se describen en la Tabla 1.1.

De acuerdo con este modelo, a partir de un dato se formula un enunciado; una garantía conecta los datos con el enunciado y se ofrece un soporte teórico, práctico o experimental (el respaldo). Los calificadores indican el modo en que se interpreta el enunciado como verdadero, contingente o probable. Finalmente, se consideran sus posibles reservas y objeciones (refutaciones).

**Tabla 1.1.** Componentes constitutivos del MAT

|                               |  |
|-------------------------------|--|
| <b>Conclusión</b>             | Es la tesis que se va a defender, el asunto a debatir, a demostrar o a sostener en forma oral o escrita                        |
| <b>Datos</b>                  | Son los hechos o informaciones que constituyen las evidencias o pruebas sobre la cual se construye el argumento                |
| <b>Garantías</b>              | Son razones, reglas o principios que se proponen para justificar las conexiones entre los datos y la conclusión                |
| <b>Soportes, respaldos</b>    | Hacen referencia a los fundamentos o bases en las que se sostienen las garantías de inferencia                                 |
| <b>Cualificadores modales</b> | Le confieren fuerza a las garantías y permiten dudar de ellas y ponerlas en entredicho con un contraargumento o una refutación |
| <b>Refutadores</b>            | Son aquellas expresiones que ponen en entredicho las conclusiones  |

Desde esta perspectiva, la Educación en Ciencias puede considerarse como un proceso de *enculturación*, es decir un proceso por el cual ciertas habilidades explicativas se transfieren -usualmente con modificación- de la generación más vieja a la más joven. Según Toulmin (1977), dicho contenido a ser aprendido, probado, aplicado, criticado y cambiado en esta transferencia es, precisamente: “el repertorio de técnicas, procedimientos y habilidades intelectuales y métodos de representación que se emplean para ‘dar explicaciones’ de sucesos y fenómenos dentro del ámbito de la ciencia involucrada” (p. 169). En la medida en que este proceso implica tanto el compartir significados, como adquirir la capacidad de asumir posturas críticas, el aprendizaje también se constituye en una *apropiación cultural* que demanda flexibilidad intelectual y apertura a la crítica.

## 2.2 La perspectiva socio-cultural de la dinámica científica

A lo largo de la historia han surgido diversos modos de asumir la naturaleza de la actividad científica, éstos han contribuido a configurar, a su vez, diversas maneras de considerar las dimensiones propias de esta actividad<sup>1</sup>. Por ser particularmente relevantes para analizar aspectos concernientes al rol de la experimentación en su relación con la construcción de conocimiento -propósito de la investigación-, resaltamos dos de tales perspectivas. La primera, se caracteriza por asumir que [lo que llamamos] el “mundo natural” tiene existencia en sí mismo, independiente de los sujetos cognoscentes. Desde esta perspectiva, la ciencia se concibe como

<sup>1</sup> Ver a este respecto Ferreirós y Ordóñez (2002), Iglesias (2004), García (2011), Romero y Aguilar (2012).

un conjunto de productos (conceptos, leyes, teorías) que reflejan la estructura, naturaleza y dinámica del mundo exterior, expresados a través de verdades categóricas e irrefutables, en cuya base se encuentra la observación y contrastación de hechos por medio de la experimentación. Denominamos esta perspectiva *cientificista*, resaltando el enfoque clásico de lo que es el conocimiento científico aportado por la filosofía de la ciencia.

La segunda perspectiva asume e 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. Desde esta perspectiva, la ciencia se asume como una actividad que surge como respuesta a las exigencias y dinámicas de un grupo cultural, mediante la cual se precisa el conjunto de representaciones, expectativas y problemáticas asociadas con la forma en que nos relacionamos con lo que llamamos “mundo externo”. Las teorías científicas ya no reflejan la estructura subyacente del mundo, sino que aportan los discursos y relatos que edifican el sentido de la existencia de una comunidad, pues reflejan nuestras propias formas de interacción con la comunidad y el mundo. En atención al carácter constructivo de la realidad natural y de las fenomenologías que lo constituyen, denominamos a esta perspectiva *socio-cultural* (Romero y Aguiar, 2012).

En razón a que el presente trabajo de investigación asume como fundamento el carácter socio-cultural de la actividad científica, se presentan a continuación algunos aportes de autores que asumen y desarrollan esta perspectiva.

En primer lugar los aportes de S. Toulmin, quien considera el conocimiento como una construcción socio-cultural. Las disciplinas científicas, en particular, son vistas por él como (sub)culturas que se transforman constantemente debido a que en su dinámica ocurren diferentes procesos, tales como la generación de preguntas y problemas, la invención de explicaciones, el establecimiento de herramientas conceptuales y la utilización de elementos tecnológicos, aspectos que a su vez determinan su razonabilidad (Henao y Stipich, 2008).

En lo que respecta al rol asignado a la experimentación, Toulmin (1977) considera que 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, valorado por el alcance y la exactitud de sus técnicas de representación. Estos planteamientos se tornan importantes en el ámbito educativo, en la medida en que para Toulmin el aprendizaje de una disciplina científica implica compartir las formas de ver los significados, las problemáticas, las formas de representación y los procedimientos metodológicos de validación a través de los cuales esta disciplina se ha constituido históricamente como tal.

Inscritos en la perspectiva socio-cultural, destacamos también autores como S. Shapin y B. Latour, quienes reivindican el carácter discursivo y socio-histórico del conocimiento científico. De acuerdo con Shapin (1991), éste -tomado como fundamento de lo que vale como conocimiento-, es una categoría epistemológica y sociológica, “producto de la comunicación y de la forma social necesaria para sostener y favorecer tal comunicación” (p. 4).

Por su parte, Latour y Woolgar (1995) resaltan el rol fundamental de los procesos de debate y argumentación en la construcción y validación de los conocimientos científicos. En su detallado estudio sociológico sobre el laboratorio como espacio privilegiado para el análisis de la construcción de conocimientos científicos, estos autores ponen en evidencia que el hecho de que los científicos estén constantemente abocados a convencer y ser convencidos de aceptar como *hechos* los enunciados y explicaciones que ellos mismos construyen, es parte constitutiva de la dinámica científica.

Para dar cuenta de estos procesos de debate y argumentación, Latour y Woolgar (1995) adelantan un análisis de la forma en que son expresados y modificados los enunciados que constituyen los diversos escritos producidos por un grupo de científicos (notas, informes, borradores, artículos). Reivindicando el conocimiento científico y la importancia del lenguaje en los procesos de construcción social, estos autores tipifican en su análisis cinco clases de enunciados, cuya significación depende de las modalidades de los procesos discursivos en los cuales son presentados. Proponen, así, enunciados que van desde los asumidos como conjeturas o especulaciones (Tipo I), hasta aquellos considerados como “hechos” dados sin discusión (Tipo V). Estos tipos de enunciados se sintetizan en la *Tabla 1.2*.

**Vilma Martínez Rivera** » Título: Nacimientos: tejidos por el mismo hilo.  
» Año: 2010 » Fotografía: Gustavo Gutiérrez



**Tabla 1.2.** Clasificación de enunciados según Latour y Woolgar (1995)

|                            |   |
|----------------------------|---|
| <b>Enunciados Tipo V</b>   | Correspondientes a un “hecho” dado por sentado. Aseveraciones que no se discuten y que se consideran “verdades” |
| <b>Enunciados Tipo IV</b>  | Enunciados con alto grado de facticidad. Son los que usualmente van a los libros-texto                          |
| <b>Enunciados Tipo III</b> | Enunciados que hacen alusión a otros enunciados y se identifican por el uso de modales                          |
| <b>Enunciados Tipo II</b>  | Enunciados que contiene modalidades que centran su atención en la generalidad de la evidencia                   |
| <b>Enunciados Tipo I</b>   | Comprenden conjeturas o especulaciones, que aparecen de forma más común al final de los artículos               |

Es importante resaltar que en la medida en que se va dando una transformación en el “grado de facticidad” de los enunciados (del Tipo I al Tipo V), se presenta a su vez un cambio en el “grado de artificialidad” de los *instrumentos de inscripción* de los cuales provinieron tales enunciados (del Tipo V al Tipo I)<sup>2</sup>. En este sentido, los instrumentos de inscripción mantienen una estrecha relación con los efectos y fenómenos objeto de estudio de los científicos: tales efectos y fenómenos no sólo dependen de los aspectos materiales, sino que no podrían adquirir “realidad objetiva” fuera de los procesos discursivos producidos a partir de la utilización de estos instrumentos (Latour y Woolgar, 1995).

## Aspectos metodológicos de la investigación

### Ruta metodológica

La investigación se enmarcó en el enfoque cualitativo-interpretativo, y utilizó el *estudio de caso* como estrategia metodológica (Stake, 2008). Se asume, en

<sup>2</sup> La noción de *instrumento de inscripción* es entendida por Latour y Woolgar (1995), como un elemento o una configuración de elementos cuya función es transformar una sustancia material en una figura, diagrama o enunciado directamente utilizable (discursivamente) por los científicos. Ver a este respecto Romero, et al., 2012.

este sentido, que las concepciones, los presupuestos y las perspectivas de los sujetos se expresan en sus representaciones externas; un análisis cualitativo de contenido sobre lo que los participantes (profesores de ciencias) comuniquen, escriban y pongan en escena en relación con la ciencia y su enseñanza, brindará indicios sobre sus formas de razonar y argumentar (Krippendorff, 1980).

Se adelantaron estrategias de recolección y organización de información que hicieron énfasis en las explicaciones, el trabajo colaborativo y la recolección de datos con base en entrevistas semi-estructuradas y protocolos de observación (Sturman, 1997). Se privilegió en este estudio el análisis cualitativo de contenido, en tanto que esta estrategia investigativa pretende desentrañar significados, posturas, consensos, disensos y tensiones, con base en diversos registros y documentos que recogen la producción escrita y oral que han elaborado los participantes en el trascurso de la intervención (Piñuel, 2002).

La propuesta pedagógica diseñada se implementó en La Escuela del Maestro (Medellín, Colombia), con un grupo de 21 profesores de la Red Pedagógica de Ciencias Naturales de la Secretaría de Educación de Medellín. Los análisis adelantados a través de ella, hacen parte de

un Trabajo de Investigación (Tesis) en el programa de Maestría en Educación, línea de Educación en Ciencias Naturales, de la Universidad de Antioquia (Medellín, Colombia).

Para analizar las producciones argumentales de los profesores, se diseñaron cinco actividades experimentales y dos conversatorios, estos últimos como actividades meta-cognitivas en las que se pusieron en consideración los análisis de las intervenciones a la luz de los marcos teóricos de esta investigación. Por otro lado, y con el fin de analizar las producciones argumentales individuales, se propiciaron tres actividades de producción escrita. La organización de las actividades se realizó de forma cronológica (actividad experimental, conversatorio, producción escrita), teniendo en cuenta dos criterios: la profundización conceptual del componente disciplinar (los fenómenos electrostáticos) y la complejidad de los argumentos. En todas las sesiones se plantearon preguntas que orientaron las discusiones, que obedecieron a diferentes intencionalidades, de modo que se generaran posturas capaces de incluir aspectos de orden disciplinar, epistémico y social.

Siguiendo a Latour y Woolgar (1995), se asumieron 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 implementación de la propuesta. Dichos enunciados fueron extraídos de las discusiones de los profesores participantes registradas en audio o de las actividades escritas de los participantes, que posteriormente fueron transcritas.

### **3.2 Categorías de análisis y propuesta pedagógica**

Para efectos de analizar las producciones argumentales de los profesores participantes, se propusieron dos macro-categorías: una centrada en los aspectos epistémicos de la argumentación, y otra relacionada con las posturas epistemológicas respecto a la NdC en su relación con la experimentación.

La primera de ellas retoma los aportes del MAT, a través de los cuales es posible caracterizar los enunciados según van de perspectivas dogmáticas a posturas más “razonables”. Para este propósito, se identificaron

enunciados con aseveraciones dogmáticas, sustentadas y sustantivas. Las aseveraciones dogmáticas son asumidas como enunciados que aluden a un hecho que no se discute y que tienen una fuerza de “verdad”; las aseveraciones sustentadas son aquellas afirmaciones acompañadas de soportes, incluyendo las aseveraciones sustentadas en datos, conocimientos o datos y conocimientos, dependiendo de 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. Por último, las aseveraciones sustantivas son aquellos enunciados en los cuales es posible identificar un uso de matices o la presencia de posibles refutaciones; este tipo de afirmaciones da cuenta de una puesta en duda por parte de quien plantea un argumento.

A través de la segunda macro-categoría se consideraron enunciados o secuencias de enunciados en los que se identifican ideas relacionadas con dos posturas epistemológicas: la perspectiva científicista y la perspectiva socio-cultural. La científicista está caracterizada por asumir una concepción de ciencia como un conjunto de verdades irrefutables, en ella el experimento es visto como único elemento que permite la verificación o demostración de las teorías. La perspectiva socio-cultural hace énfasis en una construcción colectiva de conocimiento científico mediada por procesos discursivos; se caracteriza igualmente por defender un enfoque dialéctico de la relación teoría-experimentación, en la que el experimento es visto como un espacio de construcción discursiva, de discusión, exploración y organización de los fenómenos. Estas formas de asumir la NdC 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.

Esta red de categorías se constituyó en el referente que orientó el diseño e implementación de una propuesta pedagógica, fundamentada en la experimentación cualitativa y exploratoria, como un escenario que favorece procesos argumentativos en la producción de conocimiento. En la *Tabla 1.3* se describen las actividades que se desarrollaron en cada una de las sesiones de la implementación de la propuesta.



**Tabla 1.3.** Actividades pedagógicas desarrolladas

| Temática abordada  | Situaciones pedagógicas centradas en la argumentación  | Situaciones pedagógicas centradas en la NdC  | Preguntas de orden disciplinar   | Preguntas de orden social y epistémico   |
|--|--|--|--|--|
| <p>Actividad experimental 1. Experimentación exploratoria como escenario para la argumentación</p>   | <p>Producciones argumentales construidas cuando se discute acerca de las interacciones entre cuerpos electrificados</p> <p>Análisis de los argumentos atendiendo al MAT:<br/>Construcción de datos y “evidencias”<br/>Caracterizaron enunciados según su respaldo (aseveraciones dogmáticas y sustentadas)</p> | <p>Exploración de la electrificación con diferentes clases de materiales</p> <p>Construcción de explicaciones (orales y escritas) sobre formas de electrificación</p>  | <p>¿Todos los cuerpos son susceptibles de ser electrificados?</p> <p>¿Cuáles son las formas o procedimientos para ello?</p> <p>¿Cómo identifica o evidencia cuando un cuerpo está electrificado?</p>     | <p>De orden social:<br/>¿Está de acuerdo con la explicación de su compañero?<br/>¿Qué tiene que decir acerca de la explicación de su compañero?<br/>¿Con cuál explicación está más de acuerdo?<br/>De orden epistémico:<br/>¿En qué se apoya para dar la explicación?<br/>¿Cree que es coherente y suficiente la explicación de sus compañeros?, ¿por qué?<br/>¿En qué situaciones la explicación no es adecuada?<br/>¿Bajo qué condiciones sería más o menos válida la explicación?</p> |
| <p>Actividad experimental 2. La experimentación cualitativa como escenario para la argumentación</p> | <p>Producción argumental escrita: texto argumentativo sobre la afirmación: “Todos los cuerpos se pueden electrificar, pero en diferente grado y forma”</p> <p>Análisis del discurso de los participantes en la construcción y uso de indicadores: su sensibilidad y pertinencia</p>                            | <p>Diseño, construcción y uso de “indicadores” de electrificación</p> <p>Discusión sobre sensibilidad de los instrumentos construidos y su pertinencia para evidenciar los efectos electrostáticos (atracción y repulsión)</p> | <p>¿Qué condiciones y características son necesarias para que un indicador detecte adecuadamente la electrificación de un cuerpo?</p> <p>¿Qué características debe tener un buen indicador?</p>          |  |
| <p>Actividad experimental 3. El papel de los instrumentos en la construcción de fenomenologías</p>   | <p>Conversatorio sobre la relación entre la experimentación cualitativa y la argumentación</p> <p>Producción argumental escrita: texto argumentativo sobre condiciones para que se den los efectos de la electrificación</p>   | <p>Análisis de la sensibilidad de los diferentes indicadores construidos</p> <p>Producción de fenomenologías asociadas a la electrificación de los cuerpos (atracción y repulsión)</p>   | <p>¿Cuál considera que es el papel del instrumento en la identificación de la electrificación de los cuerpos?</p> <p>¿Cómo evidenciar los dos efectos de la electrificación (atracción y repulsión)?</p> |  |

|  |  |   |   |  |
|--|--|---|---|--|
|  | <p>Análisis del grado de razonabilidad de las producciones argumentales, mediante el análisis de las variables implicadas en cada indicador (uso de calificadores modales, uso de refutaciones)</p>  | <p>Construcción de explicaciones (orales y escritas) sobre efectos de la interacción de cuerpos electrificados: atracción y/o repulsión</p> <p>Discusión sobre el significado de la interacción eléctrica</p>   |   |  |
| <p>Actividad experimental 4. Los instrumentos como discursos y prácticas reificadas</p>          | <p>Análisis del discurso de los participantes sobre el uso otorgado al experimento en la construcción de conocimiento:</p> <p>Identificación de perspectivas epistemológicas de base (cientificista vs socio-cultural)</p>   | <p>Construcción y uso de péndulos electrostáticos.</p> <p>Usos y transformación de los “indicadores” en la producción de efectos electrostáticos</p>  | <p>¿Es posible electrificar un cuerpo sin tocarlo?, ¿cómo?</p> <p>¿Cómo explica que cuando se toca la base del indicador (electroscopio), se pierde el efecto de electrificación?</p> |  |
| <p>Actividad experimental 5. El experimento en la clase de ciencias como construcción social</p> | <p>Visita a la sala Física Viva del Parque Explora:</p> <p>Elección y explicación de una actividad experimental</p> <p>Análisis del discurso de los participantes sobre el uso otorgado al experimento en la construcción de conocimiento: (verificación cita vs generador).</p> | <p>Discusión sobre los usos otorgados al experimento en la construcción de conocimiento</p> <p>Conversatorio sobre el rol de la experimentación en la enseñanza de las ciencias y la dialéctica teoría-experimento</p> <p>Aspectos a destacar de la argumentación en la clase de ciencias</p> |   |  |

## Hallazgos y discusión

Se enuncian a continuación algunos hallazgos de la propuesta pedagógica diseñada e implementada, discutidos a la luz de la red de categorías propuesta.

### 4.1 Importancia de la experimentación cualitativa y exploratoria en la construcción de una perspectiva socio-cultural

En primera instancia es necesario destacar que en las discusiones correspondientes a las primeras sesiones de la propuesta, predominaron ideas relacionadas con una postura epistemológica científicista, en tanto primaron expresiones que caracterizan la ciencia como conocimiento verdadero, no susceptible de discusión y que debe ser demostrado o verificado a través de la experimentación. La experimentación, por su parte, fue vista como hecho de poco impacto en la comprensión de los conceptos científicos, debido a que sólo implica un elemento externo, verificador de teorías o indicador de efectos, como se muestra a continuación. Así, durante la primera sesión, cuando se discutía acerca de los efectos de la electrificación con los diferentes materiales, Lina<sup>3</sup> expresa:

“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 utiliza aquí el experimento para demostrar los efectos de la electrificación (atracción y repulsión) y ofrecer una explicación sobre la manera de generarlos. Su explicación corresponde a un modelo que ha aceptado pero no comprendido, pues sus ideas no fueron suficientes para explicar los efectos explorados. Por tanto, para esta profesora el experimento es visto como un elemento externo y verificador de teorías. En la misma discusión, Iván 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 frotran 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, Iván atribuyó los efectos de la electrificación al tipo de material que se frotaba: si el material era el mismo, se experimentaría repulsión; si era diferente, habría atracción. Con sano criterio, se puede pensar que Iván explicó lo sucedido en la experiencia a partir de un modelo que reconoce como verdadero, el cual “demostró” a través de la experiencia que realizó con sus compañeros.

Ambos profesores expresaron ideas que guardan cierta correspondencia con una postura científicista frente al uso otorgado al experimento como elemento comprobador de teorías. Sin embargo, en sesiones posteriores los profesores mencionados manifestaron cambios hacia ideas más acordes con una postura sociocultural; cambios que al parecer se dieron por el tipo de experiencias planteadas y por las discusiones realizadas.

Es el caso de Iván, quien 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).

<sup>3</sup> Se han asignado a los participantes nombres ficticios para proteger su identidad.

De igual manera, en esta misma discusión, Lina planteó que:

“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).

**Imagen 1.** Actividades desarrolladas durante el proyecto



En el mismo sentido de 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 esta manera, ambos señalan 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, contrario a lo que manifestó en la primera sesión cuando expresó ideas alusivas al experimento como elemento externo y verificador de teorías, concepción propia de una postura científica.

De igual forma, Lina presenta argumentos que dejan entrever su inconformidad respecto a la adecuación de los modelos teóricos establecidos. De ahí que se pregunte 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 científica, y a un replanteamiento sobre sus concepciones iniciales:

“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).

#### 4.2 Importancia de la experimentación cualitativa y exploratoria en la construcción de argumentos sustantivos

La propuesta pedagógica puso en evidencia, igualmente, que los profesores fueron cambiando sus aseveraciones, las cuales fueron inicialmente dogmáticas, por otras sustentadas hasta llegar la utilización de unas de tipo más sustantivo. Al principio de la implementación de la propuesta pedagógica, se presentó un alto nivel de aseveraciones de tipo dogmático, 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 la primera actividad experimental, los participantes exploraron con diferentes materiales los efectos de atracción y repulsión. Al respecto, Ana dice:

“Sandra, para qué vamos a frotar eso; eso es aislante [se refiere a una barra de plástico] es imposible electrificar el plástico [A lo que Sandra responde] Bueno, entonces frotemos esto [refiriéndose a un pitillo]” (actividad experimental 1, 03/10/2011).

En la intervención de Ana es posible considerar que el uso dado al conocimiento que tiene sobre las propiedades eléctricas del plástico es de carácter dogmático; esto porque, por una parte, es tal la certeza que tiene sobre su aseveración, que no ve necesario frotar el cuerpo, al estar segura de que “es imposible electrificarlo”; por otra, la aseveración que hace es tan contundente para Sandra, que ella 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. La expresión “es imposible” muestra un convencimiento casi absoluto de su punto de vista, convicción a la que adhiere y “confirma” Sandra, al responder: “Bueno, entonces frotamos esto” (recuérdese que se refiere a un pitillo, aceptando sin reparo el punto de vista de Ana).

Así, durante las primeras actividades experimentales, los participantes dieron a conocer sus ideas sin sustento alguno, y las aseveraciones dogmáticas fueron un lugar común, en la medida en que no había posibilidad a dudas. Enunciados 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), son aseveraciones que aparecieron con mucha regularidad y que, en cierta medida, empobrecieron las discusiones al no permitir refutaciones y dudas por parte de quienes intervinieron. En este mismo sentido, formas verbales 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.

En las sesiones posteriores fue posible identificar aseveraciones sustentadas, aquellas que vienen acompañadas de alguna justificación –trátase de datos o garantías-, siendo posible identificar reflexiones alejadas de posturas dogmáticas, al manifestar la necesidad de incluir sustentos en sus afirmaciones. Es común encontrar en estas aseveraciones simultáneamente el uso de datos y conocimientos para sustentarlas. Es el caso de Kelly, quien, cuando se discutía sobre los materiales conductores y aislantes, a la luz de las observaciones hechas en la actividad experimental uno, expresa:

“Aunque esta barra de metal no atrae los pape-  
litos, no podemos afirmar que no es (sic) una

conductora, pues, como sabes, el metal es con-  
ductor. 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 posi-  
ble 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>4</sup> no atrae”, a lo  
que Kelly responde:

“Pues, si no atrae, debe ser que necesita ser frota-  
da 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).

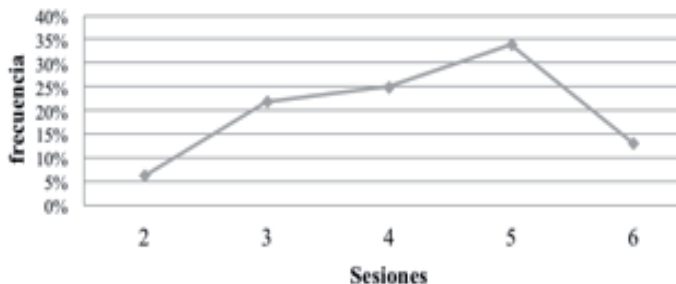
A pesar del llamado de Lina a dar validez a la obser-  
vación, Kelly en ningún momento duda de su conoci-  
miento; para ella, la barra de metal sí es un material  
conductor. Incluso logra dar una explicación, a manera  
de justificación, en la que asigna la causa de no atrac-  
ción a una nueva variable como la fuerza de frotación  
sobre el cuerpo.

La *Figura 1.2* permite apreciar la presencia de tales  
aseveraciones sustantivas a medida que se avanzó en  
el trabajo experimental propuesto. Estas consideracio-  
nes ponen en evidencia el cambio en los argumentos  
de los participantes, hacia explicaciones que incluyen  
una puesta en duda de enunciados, acompañando sus  
aseveraciones de cualificadores modales o adelantán-  
dose a posibles refutaciones, aspectos característicos  
de argumentos más razonables. Consideramos, en este  
sentido, que las aseveraciones sustantivas se constitu-  
yen en un posible punto de llegada, ya que nuestra  
propuesta tiene la pretensión de mostrar que en las  
prácticas experimentales de tipo exploratorio y cualita-

<sup>4</sup> Se refiere a la barra de metal.

tivo, es posible otorgar un papel primordial al lenguaje, lo que enriquece no sólo la capacidad argumentativa de los estudiantes, sino la comprensión conceptual de los fenómenos físicos.

Figura 1.2. Presencia de aseveraciones sustantivas



### 4.3 Los instrumentos: elementos mediados por el lenguaje para la construcción de fenómeno

Complementando lo señalado, en la implementación de la propuesta, los argumentos sustantivos aparecieron con mayor frecuencia durante los discursos alrededor de las actividades experimentales en las que se abordó la construcción de los indicadores. 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 frotarla mucho 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, y 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 preguntársele 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 logre 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 inicio, 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. Advértase 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, 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 posibilitan que ella ponga en duda su aseveración inicial. En este proceso, los *indicadores* son importantes, en tanto permiten relacionar las manifestaciones del fenómeno electrostático con las interpretaciones que de éstas se pueden hacer, debido a que una configuración de materiales por sí misma no se constituye en un instrumento, sino que éstos son significativos a la luz de diferentes procesos de pensamiento. Lo dicho, porque nuestro organismo no posee un sentido que tenga la suficiente sensibilidad para detectar cuerpos electrificados; debe ser el uso del indicador lo que permita la percepción de las interacciones en un sistema electrificado.

Complementariamente, en sesión correspondiente a la actividad de construcción de indicadores, luego de discutir acerca del peso como una variable importante que incide en la percepción de la electrificación, se resalta la importancia del instrumento en la construcción del fenómeno. En esta sesión, Luis expresa:

“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 éstos hay que crear las condiciones para que se den” (Actividad Experimental 3, 24/10/2011).

Así mismo, este participante resalta la relación dialéctica entre el objeto y el sujeto:

“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 [...] 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).

En relación con lo anterior, es viable relacionar el uso de los indicadores 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. Es precisamente en este sentido que constatamos que con el uso de indicadores los participantes incluyeron en sus discursos elementos para matizar sus aseveraciones de manera más permanente; estos indicadores se constituyen así en *instrumentos de inscripción*.

## Potencialidades de la propuesta y perspectivas de trabajo

Acorde con los análisis realizados, podemos decir que esta propuesta encierra un gran potencial, en tanto permite reflexionar acerca del conocimiento y adquirir así posturas más razonables; como lo expresa Luis, uno de los profesores que participaron el taller, quien a través de su expresión da cuenta del trabajo realizado en esta propuesta pedagógica

“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).

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 permitir 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. Durante la sexta sesión, en la evaluación de la propuesta pedagógica, Pablo expresa:

“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 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 6, 04/11/2011).

Expresiones como estas nos permiten considerar que la propuesta discutida encierra un gran valor pedagógico y didáctico, en tanto rescata un tipo de experimentación que ha sido relegado y al que le son inherentes procesos discursivos en la construcción de explicaciones; así mismo, hace un llamado a la reflexión y a la crítica acerca de los modelos curriculares imperativos que destacan una concepción empírico-cientificista 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.

De otro lado, podemos decir que la propuesta pedagógica posibilita develar las complejas acciones que enmarca el trabajo del laboratorio y que promueve otra imagen más humana y razonable del mismo, permitiendo darle otro uso a la experimentación a través de la interacción con los demás y vinculando procesos discursivos, lo que a su vez se refleja en 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.

También se constituye como una alternativa para iniciar a los estudiantes en el estudio de fenómenos que encierran un cierto 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. A la vez, favorece la reflexión sobre la práctica pedagógica misma, al posibilitar la realización de cuestionamientos en torno

a las concepciones de ciencia que tienen los profesores, movilizándolo sus posturas epistemológicas. Finalmente, el trabajo realizado es un reto para la educación en ciencias, en tanto lleva a pensar sobre otras formas de propiciar espacios formativos que faciliten la apropiación de las culturas científicas.

## Referencias

- Acevedo-Díaz, J. A. (2008). El estado actual de la naturaleza de las ciencias en la didáctica de las ciencias. *Revista Eureka. Enseñanza y Divulgación Científica*, 5 (2), 134-169.
- Acevedo-Díaz, J. A., Vázquez, A., Manassero, M. A., y Acevedo, R. P. (2007). Consensos sobre la naturaleza de la ciencia: aspectos epistemológicos. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 4 (2), 202-225.
- Driver, R., Leach, J., Millar, R., & Scott, P. (1996). *Young People's Images of Science*. Buckingham, UK: Open University Press.
- Duit, R., y Confrey, J. (1996). Reorganizing the curriculum and teaching to improve learning in science and mathematics. En Treagust, D. F., Duit, R., y Fraser, B. F. (Eds.). *Improving teaching and learning in science and mathematics* (pp. 79-93). New York: Teachers College Press.
- Duschl, R. (1994). Más allá del conocimiento: los desafíos epistemológicos y sociales de la enseñanza mediante el cambio conceptual. *Enseñanza de las ciencias*, 13 (1), 3-14.
- Erduran, S., y Jiménez-Aleixandre, M. P. (2008). *Argumentation in Science Education. Perspectives from Classroom-Based Research*. Dordrecht: Springer.
- Ferreirós J., y Ordóñez J. (2002). Hacia una filosofía de la experimentación. *Crítica. Revista Hispanoamericana de Filosofía*, 34 (102), 47-86.
- García, E. (2011). Filosofía de las prácticas experimentales y enseñanza de las ciencias. *Praxis Filosófica*, 31, 7-24.
- Hodson, D. (1994). Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio. *Enseñanza de las ciencias*, 12 (3), 299-313.
- Hodson, D. (1996). Practical work in school science: Exploring some directions for change. *International Journal of Science Education*, 18 (7), 755-760.
- Hottecke, D., y Silva, C. (2010). Why Implementing History and Philosophy in School Science Education is a Challenge: An Analysis of Obstacles. *Science & Education*.
- Henao, B., y Stipcich, M. (2008). Educación en ciencias y argumentación: la perspectiva de Toulmin como posible respuesta a las demandas y desafíos contemporáneos para la enseñanza de las Ciencias Experimentales. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 7, 47- 62.
- 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-Aleixandre, M. P., y Díaz de Bustamante, J. (2003). Discurso de aula y argumentación en la clase de ciencias: cuestiones teóricas y metodológicas [Versión electrónica]. *Enseñanza de las Ciencias: Revista de Investigación y Experiencias Didácticas*, 16, 3 (21), 359-370.
- Koponen, I., y Mäntylä, T. (2006). Generative Role of Experiments in Physics and in Teaching Physics: A Suggestion for Epistemological Reconstruction. *Science Education*, 15, 31-54.
- Krippendorff, K. (1980). *Content Analysis: An Introduction to Its Methodology*. Beverly Hills, Calif.: Sage Publications.
- Latour, B., y Woolgar, S. (1995). *La vida en el laboratorio. La construcción de los hechos científicos*. Madrid: Alianza Editorial.
- Malagón, J. F., et ál. (2011). *El experimento en el aula: comprensión de fenomenologías y construcción de magnitudes*. Bogotá: Fondo Editorial Universidad Pedagógica Nacional.
- Mathews, M. R. (1994). Historia, filosofía y enseñanza de las ciencias: la aproximación actual. *Enseñanza de las Ciencias*, 12 (2), 255-277.
- Osborne, J., Collins, S., Ratcliffe, M., Millar, R., y Duschl, R. (2003). What "ideas-about-science" should be taught in school science? A Delphi study of the expert community. *Journal of Research in Science Teaching*, 40, 692-720.
- Piñuel, J. L. (2002). Epistemología, metodología y técnicas de análisis de contenido. *Estudios de Sociolingüística*. 3 (1), 1-42. Madrid: Universidad Complutense de Madrid. Obtenido el 16 de Enero de 2006, desde <http://web.jet.es/pinuel.raigada/A.Contenido.pdf>
- Romero, A., y Aguilar. (2012). *La experimentación y el desarrollo del pensamiento físico. Un análisis histórico y epistemológico con fines didácticos*. CIEP. Informe de investigación.
- Segura, D. (1993). *La enseñanza de la física. Dificultades y perspectivas*. Manizales: Fondo Editorial Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
- Steinle, F. (2002). Challenging established concepts. Ampere and exploratory experimentation. *Teoría*, Vol. 17, No 44, 291-316.
- Shapin, S. (1991). Una bomba circunstancial. La tecnología literaria de Boyle. En: Callon, M., y Latour, B. (Orgs.). *La science telle qu'elle se fait, La découverte*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- Steinle, F. (1997). Introducción de nuevos campos de exploración: usos de la experimentación. *La Filosofía de la Ciencia* 64 [Actas] S65-S74.
- Stake, R. (2008). *Investigación con estudio de casos*. Madrid: Morata.
- Tamayo, A., y Orrego, C. M. (2005). Aportes de la naturaleza de la ciencia y del contenido pedagógico del conocimiento para el campo conceptual de la educación en ciencias. *Revista Educación y Pedagogía*, 17 (43), 13-25.
- Tamayo, O. (2009). *Didáctica de las ciencias: la evolución conceptual en la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias*. Manizales: Editorial Universidad de Caldas.
- 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: Ediciones Península.
- Watson, J., et al. (1995). Diseño y realización de investigaciones en las clases de Ciencias. *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, V. 2, 57-65.

## **Diálogo del conocimiento**

---

La construcción de conocimiento como bien lo refiere el texto, es un proceso socio cultural, en el cual intervienen formas de pensar, actuar y percibir el mundo. De este modo, la educación en ciencias necesariamente está atravesada por el encuentro con los otros, por la construcción de diálogos entre pares, -desde la primera infancia hasta programas avanzados- lo que implica un reconocimiento de sí mismo y del otro como sujetos de aprendizaje permanente.

El texto propone unas preguntas interesantes en relación con la naturaleza de las ciencias, las cuales presentan una postura amplia con respecto al sentido de la ciencia en la sociedad, e intenta preguntarse de qué manera esa naturaleza interviene en la enseñanza de la misma. En ese sentido, el equipo de investigación realizó un trabajo interesante en tanto identificó algunas ideas de los maestros con respecto a la enseñanza de las ciencias, y encontró diferentes obstáculos en estos procesos, los cuales se relacionan con diferentes formas de pensar con respecto a cómo debe enseñarse, cómo se aprende ciencias, cuál es el papel del experimento, y la manera en que se comunican los resultados.

La investigación se centró en las habilidades argumentativas y la importancia de éstas en la construcción de pensamiento científico, lo cual es realmente interesante dado que existen diferentes posturas entre los maestros frente a la manera de construir discursos a partir del análisis de un fenómeno que puede ser observable a través de la actividad experimental. Algunas de las formas de proceder de los profesores de ciencias son comunes en los estudiantes, lo que permite intuir algunas respuestas con relación a las preguntas planteadas en el artículo sobre la manera en que se desarrollan los procesos de enseñanza de las ciencias, y cuál es el valor de la comunicación en ese aprendizaje. Si bien, se ha reconocido la importancia de la interacción con otros para hacerlo posible, también es importante comprender, que ser capaz de elaborar y comunicar explicaciones científicas de manera oral y escrita utilizando el lenguaje propio de las ciencias, da cuenta de la manera en que los sujetos construyen su conocimiento y cómo lo usan. Esto se constituye en una evidencia fundamental para que el maestro reflexione y tome decisiones sobre su práctica pedagógica.

*Marisol Roncancio López*