



La experimentación en la clase de ciencias naturales en primaria: Aportes de la historia y la epistemología de las ciencias

Cruz Andrea Sosa Rivera
Universidad de Antioquia
Colombia

andsosa@gmail.com

Grupo Estudios Culturales sobre las Ciencias y
su Enseñanza -ECCE

Olga Luz Dary Rodríguez Rodríguez
Universidad de Antioquia
Colombia

oldrodriguez@gmail.com

Grupo Estudios Culturales sobre las Ciencias y
su Enseñanza -ECCE

ABSTRACT

We present an alternative focus on science experiments in primary school from our analysis, from a historic and epistemological focus in the Masters of Education in natural sciences from the University of Antioquia in Colombia. We identify two variables for this experiment. First as magic used in ludic places, parallel to the class. The other shows concepts, the natural behavior is discovered. In fact, these versions promote the same concept of science: it is a sole subject of absolute and historical definitions. There is only a truth, and changes is the didactic: the form to show results in science. From epistemological and historical reflexions of the sciences, the concept is questioned. It is concluded that there is no absolute to proceed in science. Exists divergent points of view regarding nature. Therefore, science is not an irrefutable truth. This analysis leaves the teachers to identify the subject of knowledge. There is a displacement of the student towards the subject. The conclusion is that to count with an epistemological posture that is conscious, from the teacher. A concept of common knowledge, of experimental science, etc. This is a condition to forward the critique of the praxis.

RESUMEN

Presentamos un enfoque alternativo sobre la experimentación en ciencias para la escuela primaria como producto de nuestros análisis, desde el enfoque histórico epistemológico, en la Maestría en Educación en ciencias naturales de la Universidad de Antioquia en Colombia. Identificamos dos variantes para el experimento. Una, como *magia*, usada en espacios lúdicos paralelos a la clase; y otra, que muestra *conceptos*, el comportamiento natural se *descubre*. No obstante, estas versiones promueven la misma concepción de ciencia: es un único conjunto de definiciones absolutas, ahistóricas. Solo hay una *verdad* y lo que varía es la didáctica: la forma de mostrar los resultados de la ciencia. Desde reflexiones histórico-epistemológicas de las ciencias, esta concepción se cuestiona, se concluye que no hay una única manera de proceder en ciencias: existen puntos de vista divergentes sobre la *naturaleza*; por lo tanto, la ciencia no es una verdad irrefutable. Este análisis lleva a que el docente se identifique como sujeto de conocimiento, ocurre un desplazamiento de los niños a él. Se concluye que contar con una postura epistemológica consciente por parte del profesor: una concepción de conocimiento común, de ciencia, de experimento, etc., es una condición para adelantar una crítica de su praxis.

Palabras claves:

Experimentación, experimento, historia y epistemología, ciencias en primaria, relación historia enseñanza.



Palavras-chave:

Experimentação, experiência, história e epistemologia, ciência no ensino primário, relação história-ensino.

Keywords:

Experimentation, experience (experiment), history and epistemology, science in elementary school, history-teaching connection.

CONCEPCIÓN ABSOLUTA DE CIENCIA Y SIGNIFICADO DE EXPERIMENTACIÓN

Introducción: Relación Enseñanza de las Ciencias y Concepción de Ciencia

Los seres humanos manifestamos nuestras maneras de entender el mundo, mediante nuestras acciones y a través del lenguaje. El docente como ser humano exhibe en sus diferentes espacios de interacción sus particulares concepciones. De tal modo que, dentro del espacio escolar y la interrelación que establece con los estudiantes y con sus colegas, deja ver la imagen que tiene respecto a un campo específico del saber. Nos interesa referirnos, específicamente, a la concepción de ciencia que el docente evidencia a través de sus prácticas educativas. Así partimos del presupuesto que las particulares maneras de enseñar ciencias reflejan modos particulares de concebir la ciencia.

De tal forma, que si el docente asume que la ciencia es absoluta, acabada e irrefutable; esa es la imagen que transmitirá a través de su ejercicio docente, es decir, esta postura se verá reflejada en cada una de las actividades cotidianas dentro del aula.

Sin embargo, este nexo entre las prácticas de enseñanza de las ciencias y la concepción de ciencia generalmente no es consciente, en tanto no es objeto de reflexión. La existencia de diversidad de concepciones de la ciencia no tiene lugar; en cambio se asume que solo existe una, la verdadera, y que por lo tanto, todas las personas tienen esa forma de significar la ciencia.

¿Cuál es el fundamento de quienes optan por una imagen de ciencia en la que el conocimiento científico no se reflexiona? ¿Qué sentido construye una clase en la que se traza una ruta para garantizar que todos los estudiantes lleguen a las mismas conclusiones, las cuales están preestablecidas desde los libros texto de ciencias naturales? ¿Qué implicaciones tiene centrarse en memorizar y reproducir teorías producidas por otros?

Noción de *Experimento* como generador de asombro

A continuación presentamos un ejemplo de experimento para la clase de ciencias naturales (figuras 1 y 2) (Fundación secretos para contar, 2011: 134-135). En el que podemos ver que el objetivo es despertar el asombro, causar sorpresa y admiración.

En este ejemplo, se puede observar en la segunda página, un apartado que se titula “¿Qué hay detrás?”, en éste se presenta una información, que pretende mostrar de una manera enunciativa el porqué de los resultados obtenidos en los experimentos 1 y 2. Vale la pena decir, que el planteamiento que se hace no resulta tan claro y o no conserva alguna relación con experiencias cotidianas del estudiante, de tal manera que resulta difícil para el estudiante su comprensión.



En este contexto el experimento no pasa del hacer mismo. Y al final, se concluye con algún tipo de enunciado, ya sea contenida en el libro o en la exposición del profesor, que no pasa de nombrar una serie de términos “de la ciencia”. Nos encontramos frente a la corroboración de una verdad científica, de la cual no se admiten dudas, ni replanteamientos.

La clase de ciencias se centra principalmente en ilustrarse de la *información científica*, depositada en los libros textos, en las enciclopedias, etc.; contenidos sobre los que no es posible admitir una reflexión. No hay lugar para reflexionar por la categoría experimentación, o por la de ciencia. El *experimento*: montaje, es una caja negra externa, ajena tanto al profesor como al estudiante, ellos son pasivos, contemplan, prima el efecto de asombro.

Frente a un *montaje* el maestro emite una *explicación* que en últimas se reduce a la causa de lo sucedido, causa frente a la cual no hay lugar duda.

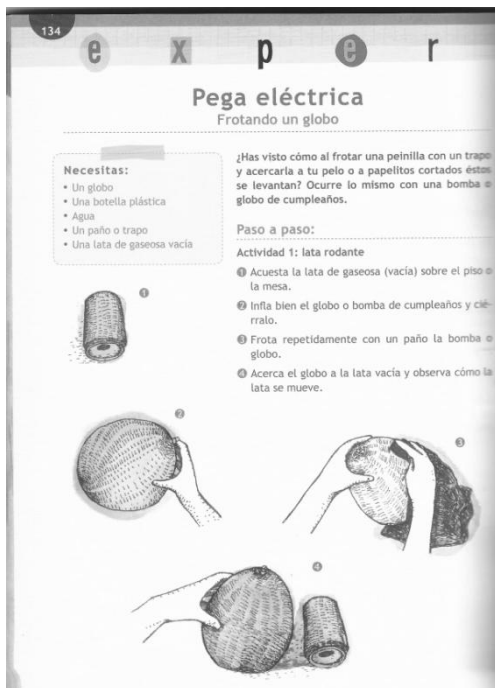


Figura 1



Figura 2

Concepción de *experimento* como reflejo de la naturaleza

Otra de las maneras de concebir el experimento en la clase de ciencias, es una en la que se va más allá del asombro. Pues se pretende guiar al estudiante en un proceso en el que paso a paso vaya llegando a unas conclusiones, las cuales son orientadas por un tipo de preguntas de corte cerrado, que tienen una única respuesta desde este formato, que permite delimitar el camino y las conclusiones a las que debe llegar. Esta ruta casi siempre está diseñada como una guía, tipo receta, en la que si se siguen los pasos de la manera indicada, se puede llegar al resultado; de lo contrario, el procedimiento tendrá que ser repetido hasta obtener los resultados que previamente se han delimitado. Los términos empleados reflejan un comportamiento natural.



Estudiantes y profesores ejecutan procedimientos, pero no son reflexivos frente a ellos. Podríamos decir que no hay conciencia de las concepciones que se tienen (experimentación, ciencia). El centro es la didáctica, sobre la cual tampoco se reflexiona. Nos encontramos aún en la concepción de ciencia absoluta.

La figura 3 (Álvarez, 2000:54) ilustra esta manera de significar el experimento, allí se enuncian paso a paso las actividades que se deben seguir, para evidenciar los *cambios de estado* de la parafina (de sólido a líquido y viceversa). Es una guía para realizar después de haber explicado el tema de “los cambios en los objetos”. Se trata de un texto para docentes en el que aparecen en letra más pequeña las respuestas que son consideradas válidas, se trata de un único camino, la verdad. De tal forma que si el estudiante no llega a esa conclusión se considera que no se ha logrado el objetivo de la guía.

Se trata de hacer una clase didáctica, en la que el estudiante interactúa con unos materiales y sigue unas instrucciones para llegar a un resultado; sin embargo, no hay reflexión sobre los contenidos, ni por parte del profesor, ni por parte de los estudiantes, pues incluso, las respuestas aparecen dadas para que el profesor haga el control de que respondan esto que se espera. Es decir, el experimento se usa como estrategia para comprobar teorías dadas con anterioridad. De tal manera, que el estudiante termina pensando que esas son las únicas conclusiones a las que se puede llegar.

Malagón (2012) plantea que para este contexto el experimento y la teoría se relacionan en la medida, en que el primero se utiliza como juez del segundo, es decir, se lleva la actividad al aula con el fin de comprobar una teoría preestablecida y, la ejecución de ésta, tiene la única intención de demostrar la validez de la teoría. Por lo tanto, se asumen como elementos independientes.

Para aproximarte al conocimiento como científico (a) natural... Experimenta

Cambios en los objetos

Mediante la siguiente experiencia podrás reconocer los cambios que ocurren en un objeto por causa de la acción del calor.

¿Qué necesitas?

- Una vela.
- Fósforos.

¿Cómo lo haces?

1. Toma una vela. Observa su forma y el estado en que se encuentra.
Proponga que dibujen los cambios observados en cada etapa.

2. Pide a tu profesor que encienda la vela. ¿Qué cambios observas en la vela después de unos minutos de estar encendida? La parafina se derrite, es decir, pasa de estado sólido a estado líquido.

3. Apaga la vela. ¿Qué cambios observas en la vela después de cinco minutos de apagada? El cambio de la parafina de estado líquido a estado sólido.

- ¿Qué cambios de estado observaste en la vela durante la experiencia?

Figura 3

La experimentación y la concepción absoluta de la ciencia

De esta manera el proceso enseñanza aprendizaje se ve limitado a la transmisión de unos contenidos cargados de un corte informativo. Lo que lleva a que los docentes se conviertan en transmisores de un saber que ha sido reflexionado por otros, y los estudiantes se ubiquen en una posición de receptores de



ese conocimiento, sobre el que no se permiten objeciones. No se ve la necesidad de reflexionar, de contar con objetos de estudio. Ahora bien, ¿son los estudiantes únicamente receptores de contenidos?

De la misma manera, ~~no~~ se ve como imposible o innecesario pensar en los contextos en los cuales dichos postulados fueron desarrollados por sus creadores, pues bajo esta mirada carece de utilidad pensar en la historia, ya que, como no hay reflexión sobre los contenidos de la ciencia, se asume de inmediato un criterio de validez preestablecido e incuestionable. Por lo tanto, no se piensa sobre los contenidos, sino que se hace una ejecución “ciega” a través de una transmisión de los mismos.

Tal postura lleva a que se asuma una experimentación que apunta a la ejecución para la comprobación o para causar asombro.

APORTES DE LA HISTORIA Y LA EPISTEMOLOGÍA DE LAS CIENCIAS

Una nueva concepción de Ciencia

Las sociedades se identifican por sus tradiciones, idioma, idiosincrasia y un sin número de características que los identifica y diferencia de otras. En síntesis, por un conjunto de elementos que se ha denominado cultura. Así que esta es un fenómeno colectivo que se transforma (UNICEF, Conferencia *El hecho religioso en cultura*), que no es inmutable, pues a través de los tiempos debido a diversos factores como: las relaciones con otros, las conclusiones producto de reflexiones entre colectivos que se dan en la sociedad, entre otros; se van transformando con el tiempo estos aspectos culturales que han identificado a dicha comunidad. Por eso, se dice que no puede juzgarse a una comunidad o criticar sus costumbres desconociendo el contexto histórico en el cual éstas se han producido, para poder comprenderlas hay que conocer su historia.

La tendencia ha sido apartar a la ciencia de este conjunto de entramados que conforman la cultura. De tal manera que “La ciencia casi siempre está sobre o subvalorada y llega a ser un campo aparte, diferente. La ciencia raramente es considerada como una totalidad de la cultura humana” (Elkana, 1977:2). Por ello, al no ser valorada como parte de la cultura, no se le trata como tal: No se reconoce su historicidad, su carácter mutable.

En otras palabras, se reconoce que la cultura sufre cambios, pero no se asume la misma postura para la ciencia, ya que se ha tenido la tendencia a considerarla como algo establecido desde los pensadores y los grandes científicos, así que el resultado de sus trabajos es lo que debemos replicar de generación en generación, sobre los resultados de esta tradición no se duda, no se hacen cuestionamientos.

Ante esta postura, no se reconoce que “la ciencia se debe conocer por su historia” (Fleck, 1986: 3) por lo tanto, si no se admite ese nexo existente entre la ciencia y su historia: entre el hecho científico y su historia, seguiremos replicando de manera ciega concepciones e ideas que tuvieron un contexto histórico muy diferente al actual.

Si se asume que el hecho es una construcción social, entonces se asume también que es el sujeto el que pone todo el peso en la constitución de éste, pues es el sujeto quien hace la lectura de las teorías y por lo tanto determina los hechos comunes. Esto nos lleva a concluir que si nos encontramos frente a



contextos históricos diferentes al actual, necesariamente hay una transformación y producción de significados.

Partiendo de la premisa de que los hechos hay que construirlos, pues no están dados, obedecen a la interpretación del investigador, en este caso papel es asumido por el docente; a nivel curricular sería muy importante confrontar teorías versus hechos, para mirar varios puntos de vista en diferentes teorías que permita determinar hechos comunes. ¿En el contexto de la enseñanza de las ciencias, de qué *hechos* estaríamos haciendo referencia?

En la mayoría de los casos se toman en consideración sólo los hechos del texto guía o los de la vida cotidiana como insumos de investigación los cuales resultan poco apropiados para la investigación epistemológica, pues están naturalizados: se asumen como dados y por lo tanto no es necesario reflexionar en torno a ellos. En el primer caso reflexionado arriba, en “la experimentación como asombro”: la carga eléctrica, las cargas positivas, las cargas negativas, la atracción, se asumen como *hechos científicos* dados; que no permiten ser apropiados o resignificados por docentes y estudiantes, son simples etiquetas vacías de significado.

Esto demanda la necesidad de que los *hechos* sean objetos de estudio, es decir, que como sujetos culturales los construyamos, los incorporemos a nuestros modos propios de ver, en tanto que somos sujetos sociales. Por ejemplo, la significación del término sífilis y su connotación como enfermedad, el papel que jugó Wassermann, muestran que fue una construcción social (Fleck, 1986: 44)

Si se pensara más en la historia que hay detrás de la construcción del hecho científico, se podría reconocer cómo en la historia han existido controversias científicas que han servido para delimitar hechos, como es el caso de la existente entre Pouchet y Pasteur acerca de la generación espontánea (Latour, 1989), entre Boyle y sus detractores de la época, entre los que se hallaba Hobbes, acerca de la bomba de vacío (Shapin, 1991), entre otras; que han sido perennes en la historia, ya sea por el legado histórico que marcó una época o por las concepciones científicas que se instauraron a partir de ellas. Por lo tanto, reconocer la posibilidad de controvertir posturas, permite también un acercamiento a la visión de una ciencia que se mantiene en construcción.

A partir de la controversia histórica Pasteur vs Pouchet, Latour hace la reflexión sobre la perspectiva histórica de las ciencias: sobre el hecho de la generación espontánea que se instaura o se construye, mediante la serie de situaciones que postula Pouchet, desde su punto de vista, si bien Pasteur debate este planteamiento sobre la problemática del origen de la vida, desde una perspectiva distinta, históricamente estamos frente a dos maneras distintas de abordar la problemática. Desafortunadamente, se termina anulando totalmente la mirada de Pouchet y se instaura el punto de vista de Pasteur al punto que se convierte en la verdad a ser transmitida como contenido de verdad en los actuales currículos de Ciencias Naturales.

Podríamos concluir que es más enriquecedor pedagógicamente contar con dos puntos de vista, en tanto algunos estudiantes podrían sentirse identificados con el planteamiento de Pouchet. Diríamos que restringirse al resultado de la controversia, anulando la misma, nos ubica en un plano netamente informativo y no reflexivo.



De esta forma, vemos que el análisis en un contexto histórico-epistemológico nos muestra una imagen de ciencia enriquecida, y nos da elementos para cuestionar la imagen de ciencia usual.

IMPLICACIONES PARA EL AULA

Del contexto precedente deducimos que la incorporación de *experimentos* en las clases de ciencias naturales está influenciada de manera determinante por la forma en que el docente conciba la enseñanza, el aprendizaje y la ciencia misma. La concepción usual de asumir la ciencia como absoluta, desde la que implica considerar al profesor y los estudiantes como transmisor y receptor, lleva a que la reflexión sobre la *experimentación* en la clase, en muchas instituciones, aún carezca de profundización, en los mejores casos cuando se inician reflexiones al respecto.

Actualmente, la reflexión sobre la experimentación, que se adelanta en instituciones como la Escuela Normal Superior María Auxiliadora de Copacabana (Antioquia), apunta a asumir la enseñanza de las ciencias como una posibilidad de interacción en el aula, entre los sujetos de conocimiento (docentes y estudiantes) y la ciencia misma.

Dicha institución educativa se ha preocupado por propiciar elementos que favorezcan la reflexión sobre las prácticas de enseñanza-aprendizaje de las ciencias naturales. Por ello ha buscado fundamentarse a partir de las experiencias de otras instituciones que han avanzado en el camino por reflexionar la ciencia que se enseña.

Es el caso de las relaciones académicas que se establecieron con la institución alemana Forscherstation, en Heidelberg, que se encarga de *capacitar* docentes interesados en enseñar física para niños y en reflexionar sobre los modos de esta interacción transversal entre docentes, estudiantes y ciencia. La cual propicia dicha interrelación a partir del diseño e implementación de experimentos.

En este sentido la experimentación viene a jugar un papel importante dentro de la clase de ciencias naturales, en el sentido que permite debatir; a partir de las experiencias que se suscitan, dentro del aula y en la vida misma. De tal manera que, por una parte, se asume la ciencia como una construcción activa, que toma como punto de partida la experiencia, y por otra, se instaura la socialización como espacio para dinamizar el pensamiento crítico, reflexivo y propositivo.

El experimento es una construcción del sujeto

Pueden existir insumos externos (internet, cajas de experimentos, libros, televisión), pero la comprensión se logra cuando el sujeto se *apropia* y produce su propia versión. Es decir, en la medida en que la experiencia adquiere significado, sentido.

Favorecer procesos en vez de resultados, se convierte en una propuesta alternativa para los profesores al momento de enfrentar los contenidos en la clase de ciencias naturales, en cambio de ocuparse por la memorización de resultados científicos. Esto lleva a iniciar reflexiones en torno al camino que emprendieron los autores de dichos resultados. Esto favorecería el énfasis en el proceso más que en el resultado como tal. Centrarse procesos posibilita la construcción propia de conceptos.



La experimentación situada en este contexto va más allá de la mera repetición de procedimientos. La propuesta de talleres en torno a conceptos como el de fuerza del grupo de Paolo Guidoni (1990) que reivindica el papel del conocimiento común de los estudiantes podemos situarla en esta perspectiva.

La interrelación entre las experiencias que se ofrecen en el aula y el conocimiento común brinda herramientas para que el estudiante pueda ir más allá de la mera manipulación. Este espacio que se genera permite que el estudiante se asuma constructor de sus propias situaciones experienciales, las cuales le permiten construir objetos de estudio.

De esta manera, la experimentación se concibe como posibilidad de construcción de conocimiento a partir de hechos concretos o posibles.

Multiplicidad conceptual. Conceptualizaciones divergentes

Los niños en su *curiosidad* buscan dar sentido a muchas de las situaciones diarias, por ello se hacen múltiples preguntas y buscan caminos para hallar respuestas a sus planteamientos. La propuesta de plantear problemáticas al interior del aula sobre los contenidos de las ciencias, permite dilucidar una intención de enseñar una ciencia en construcción. Donde las problemáticas no son realizadas de manera caprichosa, sino que están cargadas de toda una intencionalidad conceptual por parte del profesor, pues se supone que es él quien las debe diseñar, de una manera consciente, que resulten favorables para movilizar en los estudiantes procesos que lo lleven a la construcción de conocimiento.

En otras palabras, una propuesta para el aula, en la que a través del planteamiento de situaciones, de preguntas, se motive y se permita que los estudiantes se asuman así mismos como sujetos de conocimiento. Claro está, que es una transformación que debe ocurrir primero en el profesor, porque de lo contrario, se estaría cayendo en lo mismo de ser ejecutor de las reflexiones de otros y que por lo tanto, al no asumirse el profesor como sujeto de conocimiento, tampoco se sentiría en la facultad de elaborar guías o situaciones didácticas que favorezcan la visión de una ciencia en construcción.

Por lo general, los docentes nos hemos asumido como sujetos que nos relacionamos con los objetos o fenómenos desde una barrera, es decir, como observadores de lo que han hecho y dicho otros. De esta crítica surge la propuesta por enseñar una ciencia a partir de las experiencias del sujeto, que le permitan interrelacionar con sus objetos de interés y que a partir de allí, sea parte activa de la construcción de su propio conocimiento, como un proceso que es inherente a la persona.

En esta línea, comparto la reflexión que hace la profesora Rodríguez, al decir que

Concebimos entonces que el conocimiento no existe en la naturaleza en forma de enunciados, de leyes, sino que en cambio es una construcción del sujeto, es una actividad humana que implica que el sujeto organiza sus experiencias tanto nuevas como anteriores mediante estrategias que surgen como una necesidad del pensamiento y no de los hechos mismos (Rodríguez, 1998: 16).

Para llevar a cabo este tipo de propuestas, se hace necesario dar relevancia a ciertos espacios como la socialización y la propuesta de situaciones nuevas en el desarrollo de una misma actividad (ibíd.).

Está claro que a partir de la interrelación con el otro, de manifestar las propias ideas y conclusiones y de escuchar las de los demás, es que se enriquece el discurso, los conceptos. Cuando el docente asume una



nueva forma de ver la ciencia, en la que tanto él como el estudiante son sujetos activos de la construcción del conocimiento, necesariamente se modifican también otros conceptos articuladores como son la enseñanza, la escuela, la formación.

Para que dicha construcción sea posible, los sujetos deben tener un punto de partida; éste está dado por la experiencia, puesto que docentes y estudiantes poseen un conocimiento común (Op. Cit.), el cual está mediado por la experiencia y por el lenguaje; por la tanto no son actores pasivos, sino que también construyen significados desde sus propias experiencias y desde sus contextos; de tal manera que, son sujetos de conocimiento.

Asumir que las controversias no solo pueden darse entre científicos, sino que el aula misma puede servir de escenario, para este tipo de prácticas, aporta a una visión más democrática al interior del aula. Con esto se entiende, que a partir de los debates se pueden generar situaciones que permitan que los estudiantes argumenten para distanciarse o acercarse a ciertas posturas, con la libertad de sentir que no tienen que ser las mismas del profesor. Posibilitar las controversias al interior del aula, privilegia el proceso más que el producto en sí.

REFERENCIAS

Álvarez, C. (2000). *Integrado activo 3*. Bogotá: Santillana.

Arcà, M., Guidoni, P. & Mazzoli, P. (1990). *Enseñar ciencia. Cómo empezar: reflexiones para una educación científica de base*. Barcelona: Paidós.

Avendaño, Claudia.(2014, septiembre 23). *El hecho religioso en cultura*. Conferencia en el marco de la resignificación del plan de estudios de la I.E. Escuela Normal Superior María Auxiliadora, Copacabana, Colombia.

Elkana, Y. (1983). *La ciencia como sistema cultural. Una aproximación antropológica*. En boletín de epistemología, Vol. III. N°1, 1983

Fleck, L. (1986). *Génesis y desarrollo de un hecho científico*. Alianza Editorial.

Fundación secretos para contar (2011). *Tan distintos y parientes. Las relaciones de las cosas*. Medellín: secretos para contar.

Latour, B. (1998). *Pasteur y Pouchet: heterogénesis de la historia de las ciencias*. En Serres, M. *Historia de las ciencias*, Madrid: Ed. Cátedra.

Malagón, F. (2012). *Teoría y experimento, una relación dinámica: implicaciones en la enseñanza de la física*. *Revista Física y Cultura. Cuadernos sobre Historia y Enseñanza de las Ciencias*. [en línea]. Mayo 2014, N° 8 [fecha de consulta:]. Pag. 95-104. Disponible en http://issuu.com/fondoeditorialupn/docs/revista_fyc_8_20140723_web. ISSN: 1313-2143



Rodríguez, M.L. (1998). *Construcción de una alternativa para la enseñanza de la óptica: las sensaciones y su organización como eje estructurante*. Trabajo de grado de licenciatura no publicado. Universidad Pedagógica Nacional, Santafé de Bogotá, Colombia.

Shapin, S. (1991). *Una bomba circunstancial. La tecnología literaria de Boyle*. Tomado de Callon, Michel y Latour, Bruno, *La scientetellequ'elle se fait, La découverte*, París, 1991. Traducido por Germán Pineda, Universidad Nacional, Santafé de Bogotá, 1995.