



Enseñanza de la Astronomía en los diferentes niveles Educativos

La enseñanza de la astronomía como medio para articular la formación científica y la formación ciudadana: una propuesta fundamentada en reflexiones metacientíficas

Astronomy teaching as a means to articulate scientific education and citizen training: a proposal based on metascientific reflections

O ensino da astronomia como meio de articular a formação científica e a formação cidadã: uma proposta baseada em reflexões meta-científicas

Natalia Muñoz Candamil¹
Ángel Enrique Romero-Chacón²

Resumen

Se presenta algunos fundamentos teóricos y metodológicos de una propuesta de cualificación de profesores de ciencias, surgida en el marco de un Trabajo de Investigación en el programa de Maestría en Educación en Ciencias Naturales, de la Universidad de Antioquia (Medellín, Colombia). El trabajo de investigación tuvo como objetivo general comprender la relación entre la construcción de conocimiento científico y cultura ciudadana en maestros de ciencias naturales, mediante una propuesta pedagógica centrada en el estudio de la astronomía y contextualizada en reflexiones metacientíficas. En particular, tomando como fundamento los aportes de las reflexiones metacientíficas en la enseñanza de las ciencias, se expone cómo el análisis pedagógico de episodios históricos de la astronomía, tales como los de Galileo en sus *Diálogos* y Foucault con su experimento del péndulo, permiten comprender el carácter socio-cultural de la actividad científica, y simultánea y complementariamente visibilizar y poner en práctica el ejercicio de la autonomía, la deliberación, y la tolerancia en la clase de ciencias.

Palabras clave: Conocimiento científico, educación en Ciencias, Enseñanza de la Astronomía, formación ciudadana, reflexiones metacientíficas.

Abstract

It presents some theoretical and methodological foundations of a proposal for qualification of science teachers, which arises in the setting of a Research Work in the in the master's program in Education in Natural Sciences, of the University of Antioquia (Medellín, Colombia). The main objective of the research work was to understand the relationship between the construction of scientific knowledge and civic culture in natural science teachers, through a pedagogical proposal focused on the study of astronomy and contextualized in meta-scientific reflections. In particular, it was based on the contributions of meta-scientific reflections in the teaching of science, it exposed how the

¹ Universidad de Antioquia. Medellín, Colombia. Contacto: natalia.munozc@udea.edu.co

² Universidad de Antioquia. Medellín, Colombia. Contacto: angel.romero@udea.edu.co

	<p>pedagogical analysis of historical episodes of astronomy, such as those of Galileo in his Dialogues and Foucault with his pendulum experiment, allow us to understand the socio-cultural nature of the scientific activity, at the same make visible and put into practice the exercise of autonomy, deliberation, and tolerance in the science class.</p> <p>Keywords: Astronomy teaching, citizen education, scientific knowledge, metascientific reflections, citizenship education.</p> <p>Resumo</p> <p>Alguns fundamentos teóricos e metodológicos de um projeto de qualificação de professores de ciências, que surgem no contexto de um trabalho de investigação no Mestrado em Educação em Ciências Naturais da Universidade de Antioquia (Medellin, Colômbia) apresentou. Teve como objetivo geral compreender a relação entre a construção do conhecimento científico e da cultura cívica em professores das ciências naturais, através de uma proposta pedagógica voltada para o estudo da astronomia e contextualizada em reflexões meta-científicas. Em particular, tomando como base as contribuições dos reflexos meta-científicas sobre o ensino da ciência, estabelece a forma como a análise pedagógica dos episódios históricos da astronomia, como Galileu em seus Diálogos e Foucault com seu experimento pêndulo, nos permitem compreender o desenvolvimento sócio-cultural da atividade científica e, simultaneamente e de forma complementar visualizar e implementar o exercício do caráter autonomia, deliberação e tolerância na aula de ciências.</p> <p>Palavras-chave: Ensino de astronomia, Educação cidadã, Educação Científica, Conhecimento científico, reflexões meta-científicas.</p>
--	--

INTRODUCCIÓN

La investigación asume el estudio y la enseñanza de la astronomía como una herramienta de grandeza social, mediante la cual la capacidad de comprensión de la naturaleza y la humanidad permite –desde las prácticas transformadoras– la reflexión del individuo en torno a su posición en el mundo y a su capacidad de tomar decisiones frente asuntos de su contexto (Piedrahita y Gómez, 2014). Se considera igualmente, que el estudio de la astronomía aumenta la curiosidad, el deseo de saber y una actitud investigativa de estudiantes y maestros, fomentando su participación en clase, enriqueciendo la mirada acerca de la ciencia y el valor de su enseñanza (Castañeda, 2014). Es una disciplina que promueve el cuestionamiento del entorno y lo que ocurre en él, instaura relaciones entre el universo y el individuo fomentado la capacidad de asombro, y propicia el planteamiento de problemas de enseñanza y aprendizaje potenciando así su importancia educativa (Camino, 2011), (García, Martínez, Mondelo y Vega, 1997). Dentro de esta perspectiva ha de considerarse la Astronomía como una disciplina que entusiasma a un sin número de personas y

fomenta interés por los acontecimientos que ocurren en el cielo; la mayoría de estos hechos, suscitan preguntas y con ellas, la búsqueda incansable de explicaciones.

En el actual contexto de postconflicto que vive Colombia se configura una oportunidad histórica para dinamizar la reflexión de la educación en ciencias, en particular en el contexto de formación de profesores. Teniendo en cuenta que, contribuir a la formación de una cultura de convivencia y de paz ha de ser propósito y deber de todo el sector educativo en su conjunto, surgen preguntas como: ¿Cuál es el aporte de la educación en ciencias a la formación de una comunidad democrática que favorezca los procesos de reconciliación y respeto por la diferencia? ¿Qué perspectivas y enfoques de la enseñanza de las ciencias son adecuados y pertinentes para favorecer una cultura democrática? En este sentido, una educación en ciencias contextualizada se configura hoy en un reto ineludible. No sólo porque es necesaria para que, a través suyo, las nuevas generaciones se pongan a tono con las perspectivas del mundo contemporáneo, sino también porque se constituye en una necesidad inseparable de la formación del hombre como sujeto social, respetuoso de las diferencias, sensible al cuidado de la naturaleza y abierto al pluralismo.

A pesar de este desafío, en nuestro contexto la articulación entre formación científica y formación ciudadana no se ha visto reflejada en las prácticas pedagógicas de las instituciones educativas. Usualmente la formación ciudadana se limita a ser tratada por medio de algunos contenidos en las cátedras de Constitución Política y Educación de ética y valores, que si bien son importantes en los procesos de formación, no son suficientes para las acciones y preparación de los estudiantes (Chaux, Lleras y Velásquez, 2004). Así mismo, se aprecia un débil desarrollo en la formación científica, pues los profesores, sin darse cuenta, continúan enseñando de una forma enciclopedista, en la que se asume que la función del profesor es transmitir un saber acabado a los estudiantes, llenar contenidos, solucionar y memorizar fórmulas, o simplemente tener un artificial control en aspectos relacionados con dificultades de comportamiento y disciplina, (Sanchez, Gil, y Martinez, 1987) (Ordoñez y Ordoñez, 2004).

A juicio de los investigadores, esta ausencia de nexos y relaciones entre la formación científica y la formación ciudadana puede resultar favorecida cuando se asume un modo dogmático y ajeno a la realidad social de significar la ciencia. Según tal perspectiva, los procesos, actitudes y valores científicos no requieren enseñados ya que –se considera– lo que se debe aprender son sus productos (conceptos, leyes y teorías), en el sentido de que hay una apuesta clara en la transmisión de contenidos declarativos, y no en la comprensión de las problemáticas que los suscitaron, ni en los procesos desarrollados para alcanzar tales resultados. Esto se traduce en la formación de ciudadanos intolerantes, autoritarios, inflexibles y conservadores, con una resistencia al cambio como medio para mantener intacta su ilusión de certeza (Moreira, 2005)

En este orden de consideraciones, adquiere gran pertinencia adelantar propuestas de enseñanza de las ciencias, dirigidas a la formación de profesores, que contribuyan a la construcción de una visión crítica de su propio conocimiento disciplinar que les permita comprender la naturaleza histórica y social de la actividad científica, y que –simultánea y complementariamente– visibilicen y pongan en práctica el ejercicio de la autonomía, la deliberación, la convivencia y la tolerancia. La elaboración de esta relación, configurada como problemática, es precisamente el propósito general de esta investigación.

La pregunta que orienta la investigación es: ¿De qué manera una propuesta pedagógica centrada en el estudio de la astronomía, contextualizada con reflexiones metacientíficas, puede favorecer la articulación entre la construcción de conocimiento científico y la cultura ciudadana en profesores de ciencias naturales? Y dentro de sus objetivos específicos se encuentran: i) Indagar los aportes de una concepción de ciencia fundamentada en reflexiones metacientíficas a la relación entre la construcción de conocimiento científico y la cultura ciudadana, y ii) Analizar los discursos y las prácticas de profesores de ciencias naturales alrededor de la relación entre la construcción de conocimiento científico y la cultura ciudadana, a la luz de una propuesta pedagógica orientada en el estudio de la astronomía (Muñoz, 2018).

METODOLOGÍA

Este trabajo se llevó a cabo bajo un paradigma cualitativo, con un enfoque histórico hermenéutico. Se considera adecuado este enfoque en la medida que pretende dar fortaleza a la historia de los fenómenos analizados, atribuyéndoles un carácter sociocultural y comprendiendo por qué llegaron a convertirse en fenómenos sociales (Herrera, 2010). Se ha asumido el estudio de caso (Stake, 2010) como el tipo de investigación más apropiado, dada la función que adquiere el investigador como interprete al reconocer y confirmar significados nuevos. Este enfoque y tipo de estudio permite examinar e interpretar un problema, esperando poder relacionarlo con fenómenos ya conocidos y encontrar así nuevas formas de hacer más comprensible la problemática inicial. La investigación con estudio de caso comparte el supuesto de clarificar las descripciones y de dar solidez a las interpretaciones (Stake, 2010).

El estudio se desarrolló en cinco fases: fundamentación teórica, caracterización de la relación entre formación científica y formación ciudadana, diseño e implementación de la propuesta pedagógica, análisis y sistematización de la información, y construcción del informe final. Para efecto del presente artículo se muestran algunos resultados de las tres primeras fases.

La investigación se llevó a cabo con un grupo de seis profesores de ciencias naturales de los niveles básico y medio, de la Institución Educativa Santo Tomás de Aquino del Municipio de

Titiribí, Antioquia. El trabajo de campo se desarrolló a través de ocho sesiones presenciales, de dos horas cada una, con una frecuencia de dos sesiones a la semana.

Las técnicas de recolección de información fueron talleres investigativos, que involucraban tanto actividades experimentales como producciones escritas de los profesores, grupos de discusión y entrevistas semiestructuradas. En la implementación se tuvo en cuenta que, en la sesión siguiente de cada taller investigativo, se realizaba una socialización y discusión de los resultados y conclusiones precedentes. La sistematización e interpretación de la información recogida (discursos, explicaciones e interpretaciones orales y escritas de los participantes) se llevó a cabo por medio de ciertas categorías conceptuales, identificadas y fundamentadas en reflexiones metacientíficas. Algunas de estas categorías y sus correspondientes nexos con los aspectos de formación ciudadana, así como las actividades pedagógicas diseñadas para su explicación, son presentadas en la Tabla 1.

Se contempló como procedimiento para el análisis de la información la triangulación entre métodos, instrumentos y estamentos en el tiempo, entendida la triangulación como la acción de reunión y articulación dialéctica de toda la información surgida de la investigación por medio de las técnicas e instrumentos correspondientes (Cisterna, 2005).

RESULTADOS

La propuesta, inspirada en Romero, Aguilar y Mejía (2015) consiste en la selección y estudio de algunos episodios históricos de las ciencias, problematizados a la luz de ciertos contextos o dimensiones de análisis. Los episodios históricos seleccionados corresponden a fragmentos de narrativas científicas (textos de primera fuente), cuyo contenido –se considera– está en estrecha correspondencia con la temática objeto de investigación: la enseñanza de la astronomía y su relación con reflexiones metacientíficas. Para su implementación, se diseñaron tres dimensiones de análisis: la metacientífica, la de formación científica y la de formación ciudadana. La dimensión metacientífica es aquella en el cual se examinan reflexiones históricas, epistemológicas, o sociológicas que pueden ser identificadas en el episodio. En la dimensión de formación científica se destacan los contenidos científicos que presenta el episodio, en nuestro caso de astronomía, analizando el rol formativo que puede atribuírseles en la enseñanza de las ciencias y la formación de profesores. En la dimensión de formación ciudadana, por su parte, se reflexiona sobre los diferentes ámbitos de la ciudadanía que pueden ser intencionalmente asignados al episodio y a las reflexiones que suscita en las dimensiones precedentes, cuando se toma como fundamento para el diseño de una propuesta pedagógica que propende por una formación democrática.

La tabla 1 describe algunos episodios históricos seleccionados, analizados a la luz de ciertas categorías (metacientíficas) identificadas, y puestos en explícita relación tanto con aspectos y contenidos de la enseñanza de la astronomía como con competencias ciudadanas propuestas por el Ministerio de Educación Nacional (MEN, 2001). Esta articulación es permeada desde un enfoque epistemológico de las ciencias, fundamentada en autores como Elkana (1983), Shapin (1995) y Fleck (1986) quienes asumen la ciencia como una actividad eminentemente social e histórica. De acuerdo con esta perspectiva, el conocimiento científico es provisional y convencional, aspectos que implican, a su vez, un carácter controversial y cuestionable de las explicaciones científicas. Es precisamente esta imagen contextual de la ciencia la que permite comprenderla como una construcción humana y social, ligada compromisos epistemológicos, interés, estrategias de convencimiento y movilización de consensos, permeados por diferentes estilos y colectivos de pensamiento.

Tabla 1. *Categorías conceptuales*

Episodios Históricos	Aspectos Metacientíficos	Formación Científica	Formación Ciudadana	Contexto pedagógico
Galilei, G. (1632) Diálogo sobre los dos máximos sistemas del mundo Ptolemaico y copernicano	Estilos de pensamiento y perspectivas del mundo físico Concepción de ciencia y carga teórica de la observación	Diversas explicaciones acerca de los modelos de Ptolomeo y Copérnico.	Pluralidad, identidad y valoración de las diferencias	Preguntas orientadoras: ¿Cómo enseñar? ¿Qué enseñar? ¿Para qué o por qué enseñar? ¿A quiénes y en qué contexto enseñar?
Foucault, L. (1851) Demostración física del movimiento de rotación de la Tierra por medio del péndulo.	Experimentación como escenario de construcción social de explicaciones Los instrumentos como discursos y prácticas rectificadas. Convencionalidad del modo de hablar de la naturaleza	Reproducción y análisis de algunas experiencias realizadas con el péndulo de Foucault	Debate y confrontación de pensamientos Convivencia	Instrumentos: Importancia del observador para la identificación de algunos fenómenos astronómicos. Observación y registros constantes de efectos y fenómenos

Fuente: Elaboración propia de los autores

A continuación, se presentan dos de los episodios históricos seleccionados a la luz de los propósitos e interés de la investigación.

El primer episodio es un fragmento de la obra de Galileo Galilei (1632) *Diálogos sobre los dos máximos sistemas del mundo Ptolemaico y Copernicano*. Allí, Galileo pone en escena

ciertas bases teóricas de la observación y cómo esta es permeada por diferentes estilos de pensamiento; así mismo, este episodio muestra cómo estos estilos de pensamientos han determinado el desarrollo histórico de los conocimientos científicos y la forma de ver, aceptar y valorar el mundo (Fleck, 1986). En este sentido, se presentan los fundamentos preponderantes sobre dos razonamientos acerca del movimiento de la Tierra. El primero, expresa las opiniones tendientes a determinar que las sustancias de los cuerpos celestes son disímiles a los de la Tierra. El otro, por su parte, argumenta que la Tierra presenta las mismas perfecciones que los demás cuerpos que integran el universo y, por tal motivo, se presume que es una esfera errante al igual que la luna y los demás planetas. No obstante, Galileo –quien defiende los pensamientos de Copérnico– no pretende ser imperioso con sus ideas; por el contrario, expone sus puntos de vista en relación con los razonamientos ptolemaicos y copernicanos poniendo de manifiesto la inmovilidad o movilidad de la tierra a juicio del otro:

“Ya alcanzo y reconozco el sentido de nuestro camino. Pero antes de que prosigamos, debo decir algo al respecto a esas últimas palabras que habéis dicho, de que se había concluido que la opinión que mantiene que la tierra está dotada de las mismas condiciones que los cuerpos celestes era más verosímil que la contraria. Porque eso no lo he concluido yo, como tampoco he concluido ninguna otra posición contraria. Sino que mi intención era sólo plantear, tanto desde una como de la otra parte, los argumentos y respuestas, objeciones y soluciones que hasta ahora se les han ocurrido a otros, con alguna que otra que, pensando largamente en el tema, me ha venido a la mente, dejando después la decisión al juicio ajeno”. (p. 95)

El segundo episodio es un fragmento de la memoria de Foucault (1851) titulada *Démonstration physique du mouvement de rotation de la terre au moyen du pendule*, donde presenta y explica su famoso experimento según el cual la invariabilidad del plano de oscilación de un péndulo, respecto a un marco de referencia inercial, proporciona una evidencia sensible del movimiento diurno del globo terrestre. El análisis de este experimento proporciona importantes reflexiones sobre la relación entre teorización y experimentación, así como sobre el rol que desempeña el experimento en la construcción (social) de las explicaciones científicas. De acuerdo con Foucault, si se lleva un péndulo simple al polo de tal forma que su punto de suspensión quede en la prolongación del eje de rotación de la Tierra, y asumiendo que las partes sólidas que lo soportan no participan del movimiento diurno.

“[...] se produce un movimiento oscilatorio de la masa pendular siguiendo un arco de círculo cuyo plano está netamente determinado, y al cual la inercia de la materia asegura una posición invariable en el espacio. Si estas oscilaciones se perpetúan un cierto tiempo, el movimiento de la tierra, que no cesa de girar de occidente a oriente, devendrá sensible por el contraste de la movilidad del plano de oscilación cuya traza sobre el suelo parecerá animada de un movimiento conforme al movimiento aparente de la esfera celeste; y si las oscilaciones se pudieran perpetuar durante veinticuatro horas, la traza de su plano ejecutará en el mismo tiempo una vuelta entera alrededor de la proyección vertical del punto de suspensión.” (p. 4)

Este fragmento, y en general el episodio del cual es extraído, resalta el rol de la experimentación en la forma de ver y hablar de la naturaleza. Poniendo en evidencia algunas características del movimiento pendular, tales como la no variación del plano de oscilación, Foucault diseña ciertas construcciones experimentales con la intención de contribuir a la consolidación de la perspectiva teórica que promulga el movimiento de rotación de la tierra. En este sentido, los instrumentos científicos y los procesos experimentales no son usados desde una perspectiva empirista e inductiva, sino que –intencionalmente– exponen una mirada dialógica entre teorización y experimentación.

Es de aclarar que la dimensión de formación ciudadana no está explícitamente presente en el contenido de los episodios mencionados, pues es una dimensión que depende fundamentalmente de la intención formativa que el profesor-investigador le asigna cuando re-contextualiza estos episodios en el marco de una propuesta pedagógica en la clase de ciencias. Este encuentro de intercambio de conocimientos se convierte en un espacio potente para resignificar acciones que apunten a una reflexión que vayan más allá del trabajo de campo, propicia actitudes y comportamientos basados en el respeto, participación, pensar coherentemente y expone pensamientos buscando un consenso.

Bajo estas perspectivas, la historia de las ciencias, el lenguaje y la experimentación desempeñan un papel fundamental en torno a las reflexiones que se generan a partir del concepto de espacio cosmológico y las observaciones de los fenómenos del cielo, con el fin de propiciar ambientes de participación democrática, convivencia y paz y valoración de las diferencias; asimismo, favorece el desarrollo del pensamiento científico, rescata la importancia de un enfoque sociológico de la ciencia y el desarrollo de la capacidad crítica de la ciencia.

CONCLUSIONES

La ciencia es una forma de comprensión del mundo, es el puente entre el desarrollo de actividades científicas y los contextos socio-culturales, dado que estos se han venido construyendo históricamente y en este proceso, ha forjado también valores comunes, tradiciones y formas de pensar. Siguiendo estas consideraciones, propuestas pedagógicas del estudio de la astronomía con un enfoque metacientífico no sólo generan impacto en el sector educativo, sino que también en los contextos socioculturales, debido a que esta disciplina trae consigo un gran acervo cultural que ha llevado producir gran cantidad de explicaciones de los fenómenos astronómicos, y con esto, producción de modelos teóricos y perspectivas epistemológicas en torno a un mismo fenómeno.

La propuesta no sólo presenta ventajas en el mejoramiento de prácticas educativas desde conceptos claves de las ciencias naturales, sino que también tiende a favorecer ambientes de sana convivencia, pues es el escenario de compartir con el otro desde la puesta en común de ideas y observaciones; es la oportunidad de debatir ideas, significar hechos y fenómenos posibilitando la construcción de conocimiento científico y la formación ciudadana.

Las reflexiones en torno a los episodios contribuyen en gran medida a discutir asuntos claves en la enseñanza de las ciencias, a través de la interpretación de argumentos y observaciones de las unidades de análisis se puede evidenciar la transformación del pensamiento mediante el proceso comunicativo y dialógico, a la vez que potenciar la mirada crítica de la ciencia agregando nuevos elementos a las prácticas educativas.

AGRADECIMIENTOS

La presente propuesta está inscrita en la línea de investigación Epistemología, historia y enseñanza de las ciencias, del grupo ECCE (Universidad de Antioquia), y se desarrolla en el marco del proyecto de investigación *Hacia un Enfoque socio-cultural de la enseñanza de las ciencias. Contribuciones de la formación científica a la cultura de la paz (Paz-ciencias)*, financiado por el Comité para el Desarrollo de la Investigación (CODI) de la Universidad de Antioquia (proyecto 2016-13092).

REFERENCIAS

- Camino, N. (2011). La didáctica de la astronomía como campo de investigación e innovación educativas. *I Simpósio Nacional de Educação Em Astronomia – Rio de Janeiro*, 1–13.
- Castañeda, C. A. (2014). Ideas, preguntas y explicaciones de los niños sobre el cielo de Bogotá. *Nodos y Nudos*, 4(36), 91–104.
- Chaux, E., Lleras, J., y Velásquez, A. M. (2004). *Competencias Ciudadanas: De los Estándares al Aula Una propuesta de integración a las áreas académicas* (Uniandes). Bogotá. DOI: <https://doi.org/10.7440/2004.01>
- Cisterna, F. (2005). Categorización y triangulación como procesos de validación del conocimiento en investigación cualitativa. *Theoria*, 14(1), 61–71.
- Elkana, Y. (1983). La Ciencia como sistema cultural: Una aproximación antropológica. *Coedición UNESCO- Scientia*, III(10–11), 65–80.
- Fleck, L. (1986). Qué es un hecho. *La Genesis y El Desarrollo de Un Hecho Científico*. DOI: <https://doi.org/10.1128/MCB.00093-14>
- Foucault, L. (1851). Démonstration physique du mouvement de rotation de la terre au moyen du

- pendule. *C.r. Hebd. Séances Acad. Sci*, 32, 135–138.
- Galilei, G. (1994). *Diálogos Sobre los Máximos Sistemas del Mundo Ptolemáico y Copernicano*. Madrid: Alianza Editorial.
- García, S., Martínez, C., Mondelo, M., y Vega, P. (1997). La astronomía en textos escolares de educación primaria. *Enseñanza de Las Ciencias: Revista de Investigación y Experiencias Didácticas*, 15(2), 225–232.
- Herrera, J. D. (2010). La formación de docentes investigadores: el estatuto científico de la investigación pedagógica. *Revista Internacional de Investigación En Educación*, 3(5), 53–62.
- Ministerio de Educación Nacional de Colombia. (2001). Estándares básicos de competencias en Ciencias Naturales y Ciencias Sociales. La formación en ciencias: ¡el desafío! *Estándares Nacionales de Educación*, 96–147.
- Moreira, M. (2005). Aprendizaje significativo crítico. *Indivisa*, 6, 83–102. DOI:
- Muñoz, N. (2018). *La enseñanza de la astronomía como medio para articular la formación científica y la formación ciudadana: una propuesta fundamentada en reflexiones Metacientíficas*. Universidad de Antioquia, Medellín-Colombia.
- Ordoñez; Claudia; Ordóñez, T. (2004). Cuando el cambio pedagógico es sólo metodológico. *Revista Estudios Sociales*, (19), 33–50. DOI: <https://doi.org/10.7440/res19.2004.02>
- Piedrahita, L., y Gómez, V. (2014). Sociedad cultura y astronomía: dinamizadores de prácticas educativas para la paz. Una mirada crítica. *Ra Ximhai*, 10(2), 195–215.
- Romero, A., Aguilar, Y., y Mejía, L. (2017). Naturaleza de las ciencias y formación de profesores. El caso de la experimentación. In A. Romero, C. Morcillo, E. García, E. Tobón, J. Quinto, L. S. Mejía, ... Y. Aguilar (Eds.), *La experimentación en la clase de ciencias: aportes para una enseñanza de las ciencias contextualizada con reflexiones metacientíficas* (pp. 2–14). Medellín-Colombia: Universidad de Antioquia. Retrieved from web: <http://editorial.udea.edu.co>
- Sanchez, M., Gil, D., y Martinez, J. (1987). Concepciones espontaneas de los profesores de ciencias sobre la evaluación: obstáculos a superar. *Enseñanza de La Física*.
- Shapin, S. (1995). Una bomba circunstancial. La tecnología literaria de Boyle. *Cuadernos Del Seminario*, 1, 41–84.
- Stake, R. E. (2010). *Investigación con estudio de casos* (Morata). Madrid.