



Actualidades Investigativas en Educación

ISSN: 1409-4703

Instituto de Investigación en Educación, Universidad de
Costa Rica

Arias Monge, Mónica; Navarro Camacho, Marianela
Epistemología, Ciencia y Educación Científica: premisas,
cuestionamientos y reflexiones para pensar la cultura científica
Actualidades Investigativas en Educación, vol. 17,
núm. 3, 2017, Septiembre-Diciembre, pp. 1-20
Instituto de Investigación en Educación, Universidad de Costa Rica

DOI: 10.15517/aie.v17i3.29878

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=44758585030>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

UAEI
redalyc.org

Sistema de Información Científica Redalyc
Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso
abierto

**Epistemología, Ciencia y Educación Científica: premisas,
cuestionamientos y reflexiones para pensar la cultura científica**
Epistemology, science and scientific education: premises, questions and reflections to think
science culture

Volumen 17, Número 3
Setiembre-Diciembre
pp. 1-20

Este número se publica el 1° de setiembre de 2017
DOI: <http://dx.doi.org/10.15517/aie.v17i3.29878>

Mónica Arias Monge
Marianela Navarro Camacho

Revista indizada en [REDALYC](#), [SCIELO](#)

Revista distribuida en las bases de datos:

[LATINDEX](#), [DOAJ](#), [REDIB](#), [IRESIE](#), [CLASE](#), [DIALNET](#), [SHERPA/ROMEO](#),
[QUALIS-CAPES](#), [MIAR](#)

Revista registrada en los directorios:

[ULRICH'S](#), [REDIE](#), [RINACE](#), [OEI](#), [MAESTROTECA](#), [PREAL](#), [CLACSO](#)

Epistemología, Ciencia y Educación Científica: premisas, cuestionamientos y reflexiones para pensar la cultura científica

Epistemology, science and scientific education: premises, questions and reflections to think science culture

Mónica Arias Monge¹
Marianela Navarro Camacho²

Resumen: "Epistemología, Ciencia y Educación Científica" es un ensayo teórico y reflexivo que tiene como propósito revisar los referentes históricos, conceptuales y teóricos en los que se fundamenta el desarrollo de la Educación Científica, con el fin de abordar preguntas, problemas y discusiones que orientan el proceso para construir una cultura científica. En primer lugar, se revisan diversas concepciones de la ciencia que, aunque suponen necesariamente un abordaje internalista, lo que se busca es analizar su concreción en el currículo a lo largo de la historia. En segundo lugar, este artículo propone un análisis de investigaciones relacionadas con la Educación Científica y la construcción de la cultura científica. Finalmente, las reflexiones y recomendaciones que siguen a la discusión buscan repensar la ciencia en términos de qué, cómo y para qué se enseña, a la vez que se reconocen las limitaciones y desafíos que la generación y socialización del conocimiento científico enfrentan en la actualidad. Tales desafíos sugieren que la educación científica debe ser una acción orientada a la construcción de una cultura científica, con un significado más amplio que el de alfabetización científica y que comprende el conjunto de interpretaciones, creencias, significados, sentidos, experiencias y teorías que configuran las construcciones individuales y colectivas sobre la ciencia, sus métodos y prácticas.

Palabras clave: epistemología, ciencia, educación, cultura

Abstract: "Epistemology, Science, and Scientific Education" is a theoretical and reflective essay that aims to review the historical, conceptual, and theoretical referents that constitute the basis of the development of scientific education, in order to address questions, issues, and discussions that guide the process to construct a scientific culture. In the first place, several conceptions of science are revised which, in the first instance, represent an internalist approach to science. The intention is to link them to the ways in which they are concretized in the curriculum throughout history. Second, this article proposes an analysis of some research related to the scientific education and the construction of a scientific culture. Finally, the reflections and recommendations that follow the discussion seek to rethink science in terms of what, how, and why it is taught, while they recognize the limitations and challenges that generating and socializing scientific knowledge face at present. Such challenges suggest that scientific education should be an action to construct a scientific culture, one with a broader meaning than the concept of scientific literacy, and one that comprises a set of interpretations, beliefs, meanings, feelings, experiences, and theories that shape individual and collective construction of ideas about science, its methods and practices.

Keywords: epistemology, science, education, culture

¹ Directora del Programa de Doctorado en Educación de la Universidad de Costa Rica. Dirección electrónica: monica.arias@ucr.ac.cr

² Profesora y coordinadora de la Carrera de Enseñanza de las Ciencias Naturales de la Universidad de Costa Rica. Dirección electrónica: nela.navar@gmail.com

Ensayo recibido: 14 de noviembre, 2016
Enviado a corrección: 28 de marzo, 2017
Aprobado: 3 de julio, 2017

1. Introducción

En la actualidad, el desarrollo de la ciencia y la tecnología abarca los discursos, las prácticas y los contextos de la vida cotidiana de todo sujeto en toda sociedad, por lo que la educación científica adquiere gran importancia política, social, económica y cultural; y por tanto, constituye un elemento fundamental dentro del proceso de construcción de conocimiento.

En este contexto, uno de los discursos actuales concibe la educación científica desde una perspectiva instrumental y funcional, la cual procura la optimización en el uso de los recursos, la innovación científica y tecnológica para el incremento de la productividad y el desarrollo económico (Auler y Delizoicov, 2001; Cachapuz, 2011; Dagnino, 2013). Mientras, otro discurso concibe la educación científica como un proceso de construcción cultural en el que todo sujeto puede recibir, conocer y comprender la información para tomar decisiones de forma crítica y reflexiva, considerando aspectos éticos y estéticos que suponen el abordaje antropológico, sociológico e ideológico en el proceso formativo (Colucci-Gray y Fraser, 2012; De Miranda, Chrispino, Vásquez y Manassero, 2012; Gómez, 2012; Martín y Osorio, 2003; Santos, 2007).

Si bien, los discursos anteriormente mencionados, exponen las principales concepciones y tendencias de la educación científica, no exponen las premisas y supuestos en los que se configura la noción de ciencia que se enseña y los supuestos en los que se constituye la cultura científica.

En este sentido, el debate y estudio de la pedagogía y de la didáctica de las ciencias se orienta a las siguientes preguntas: ¿Qué ciencia se enseña?, ¿cómo enseñar ciencia? y ¿para qué enseñar ciencia? Las posibles respuestas a las preguntas anteriores centran la problemática en la cultura científica, por cuanto comprende las formas en las que se presenta, muestra, transmite, explica, interacciona y construye un determinado contenido en el proceso de formación. Por tanto, la problemática remite a la consideración de los marcos de referencias conceptuales, teóricos, metodológicos, praxiológicos, ideológicos y éticos que están inmersos en los discursos de la educación científica.

De manera que este ensayo teórico tiene como propósito reconocer las premisas históricas y teóricas de la educación científica y su relación con la ciencia y la cultura, así como el desarrollo de investigaciones en el campo de la educación científica para exponer dudas, inquietudes, cuestionamientos y discusiones para el desarrollo de una cultura científica.

Al respecto es pertinente aclarar que este ensayo revisa diversas concepciones de ciencia que, aunque suponen necesariamente un abordaje internalista, lo que se busca es analizar su concreción en el currículo a lo largo de la historia. Es decir, este texto no puede asumirse estrictamente desde una perspectiva filosófica por cuanto su destino se orienta a aquellos aspectos relacionados con los abordajes de la ciencia en los procesos de formación.

En primer lugar se abordan los referentes conceptuales y teóricos del desarrollo de la ciencia y la educación, para lo que se considera la historia de la ciencia, la alfabetización científica y la cultura científica como movimientos y tendencias en los procesos de formación.

En segundo lugar, se presentan abordajes teóricos y metodológicos desde los que se han realizado investigaciones vinculadas con la educación científica, así como los vacíos y líneas de desarrollo de este campo de estudio. Los estudios consultados son, en su mayoría, de Iberoamérica, se consultaron algunos artículos e informes de Inglaterra, E.E.U.U., Escocia, Turquía y Australia. Las investigaciones se ubican en un período del año 2000 al año 2012. Al final del documento se exponen algunas inquietudes, cuestionamientos y provocaciones para pensar la educación científica y orientar las investigaciones sobre prácticas educativas desde las que se considere el desarrollo de la cultura científica.

2. Ciencia y educación

2.1 Historia y trayectos de la ciencia: Premisas, imprecisiones y vacíos

La palabra ciencia tiene su origen etimológico en el latín *scientia* lo que significa "conocimiento"; no obstante, es importante distinguir y reconocer la relación entre epistemología y ciencia. Desde el punto de vista etimológico, el término griego epistemología consta de los vocablos *epistéeme* (conocimiento, saber) y *lógos* (teoría). Es el estudio del conocimiento humano y de la ciencia: sus métodos, estructura y sus criterios de demarcación (Sandín, 2003).

La ciencia refiere a la producción de conocimiento desde una fundamentación histórica, ideológica, metódica, estética, ética y teleológica. (Fourez, 2008). Es decir, propone procesos para la descripción, interpretación, comprensión, contrastación, validación, análisis, explicación, relación, modelización, transformación y descubrimiento.

En este sentido, resulta pertinente referir a las diversas concepciones que se han suscitado a través de la historia, y por tanto a los aportes específicos de algunas corrientes y de algunos grandes pensadores de la filosofía y de la ciencia.

En primer lugar, reconocemos los aportes de Aristóteles que distingue entre doxa y episteme, donde la doxa refiere a la simple opinión y el episteme refiere al conocimiento por causas (Camacho, 2013) a partir de la aplicación del método inductivo-deductivo y del establecimiento de categorías de análisis, denominadas silogismos, que permiten examinar minuciosamente los fenómenos.

En segundo lugar, reconocemos la reformulación del método inductivo de Francis Bacon y la propuesta del método deductivo de Descartes. Al respecto, Bacon propone la búsqueda de las esencias de los fenómenos a partir de la consideración de todos los hechos posibles para formular los axiomas; es decir, que la exclusión de los fenómenos que no comparten el axioma supone la eliminación de la hipótesis falsa. Descartes advierte de la pertinencia de considerar, en el método, el orden y la heurística que permitan validar el conocimiento de forma eficaz, por lo que establece las reglas de un método fundamentado en la evidencia, el análisis riguroso y la síntesis razonada que permite alcanzar la verdad (Amador y Aduriz-Bravo, 2011; Reale y Antiseri, 1988; Sanmartí, 2000).

A partir de estas posiciones, ciencia y filosofía redefinen sus lugares en los esquemas del saber (Sandín, 2003), ya que se asienta la idea de la identificación de la ciencia con el saber seguro y demostrado, en contraposición al saber común, la religión y la especulación. Mientras la filosofía toma dos vertientes, el racionalismo defiende que el criterio de verdad no es sensorial, sino intelectual y deductivo por cuanto el empirismo adopta como forma de conocimiento la comprobación minuciosa de los hechos naturales a través de la observación y la experiencia (Koyré, 2000).

Estas tendencias marcan la transición en la concepción del método y por tanto en las formas de concebir, conocer y proceder de la ciencia.

Por un lado, desde una perspectiva positivista de la ciencia, se propone un método centrado en intentos sistemáticos de verificación y falsación. Es decir, desde esta perspectiva, la ciencia se centra en la normalización de regularidades que producen generalizaciones a partir de procesos rigurosos de observación, análisis, inferencia, contrastación, correlación, comprobación y validación de hipótesis. Por otro lado, la fenomenología centra el desarrollo del conocimiento científico en los criterios de subjetividad desde los que se orienta la interpretación y la comprensión.

En tercer lugar, reconocemos, la noción de ciencia normal desde la que se proponen problemas que remiten a enunciados de hechos de la naturaleza, teóricos y empíricos que, desde la concepción de paradigma, suponen abordajes conceptuales, teóricos y

metodológicos propios de una comunidad, pero que pueden evolucionar a partir de anomalías que provocan desplazamientos y crisis denominadas revoluciones científicas (Kunh, 1986).

En cuarto lugar, reconocemos la concepción de ciencia desde los programas de investigación, los cuales tienen como objetivo probar y reforzar las hipótesis auxiliares que son el *cinturón* del núcleo firme, con un mayor número de evidencias verificadoras que refutadoras. Es decir, se asume que el problema radica en la lógica interna de la ciencia, lo que significa expulsar el razonar ingenuo o dogmático mediante la incorporación de la heurística positiva, esto implica el avance de la ciencia a partir de una unidad descriptiva, no de una hipótesis aislada, sino de un núcleo de conjeturas que proponen regresiones y progresiones con hipótesis auxiliares (Lakatos, 1989).

La evolución histórica, social y cultural, en relación con la concepción de ciencia, alude necesariamente a diferentes métodos en la generación de conocimiento, por tanto remite a diversos posicionamientos ontológicos, epistemológicos, metodológicos, praxiológicos, ideológicos y éticos, que tienen implicaciones en las formas en las que se han desarrollado los procesos de formación científica.

En este sentido, y para efectos de este artículo, se reconoce que la visión internalista de la ciencia ha permeado las concepciones de ciencia en América Latina. Así, se advierte que durante las décadas de 1960 y 1970 prevalecía una visión de ciencia neutral y benéfica más de corte positivista, fuertemente arraigada a un modelo tecnocrático que concibe la ciencia como panacea para el desarrollo (Avellaneda y Von Linsingen, 2011; Santos, 2008). Visión de ciencia que empieza a ser cuestionada por un grupo de intelectuales denominados Pensamiento Latinoamericano en Ciencia Tecnología y Sociedad (PLACTS) quienes proponen una visión de ciencia contextualizada desde una perspectiva social y cultural (Avellaneda y Von Linsingen, 2011; Dagnino, 2013). De manera que estas concepciones tanto de ciencia internalista como externalista delimitan los procesos de educación científica.

2.2 La educación científica y el desarrollo curricular

Las concepciones de ciencia, así como sus implicaciones ideológicas y éticas, han supuesto durante la historia diferentes concreciones curriculares.

Durante la Grecia clásica, la enseñanza se organizaba según las necesidades e intereses de los estudiantes desde una perspectiva participativa, se consideraban como contenidos de la enseñanza la danza, la gimnasia, la música, la retórica y la matemática,

contenidos desde los que se desarrollaba la filosofía. Es decir, no se distinguía entre conocimiento científico y saber, por lo que no existía un contenido específico que remitiera a la ciencia (Abbagnano y Visalberghi, 1992; Borsani, 2011).

En la Edad Media, la configuración del sistema escolar consideró como contenidos el trabajo manual, el trabajo intelectual y la actividad religiosa. Es decir, el cuerpo doctrinal de la teología y de la filosofía estaba lógicamente estructurado, organizado y controlado para justificar la tradición y revelación cristiana, por lo que la enseñanza y desarrollo de la ciencia quedaban subordinados a la doctrina (Abbagnano y Visalberghi, 1992; Borsani, 2011)

También en la Edad Media, con el surgimiento de las primeras universidades, se establecieron las siete artes liberales como contenidos de la enseñanza. "El primer núcleo, el *trívium*, fue el conjunto de las tres artes liberales relativas a la gramática, retórica y dialéctica. El segundo núcleo completó con el *cuadrivium*, compuesto por las cuatro artes matemáticas: aritmética, astronomía, geometría y música" (Abbagnano y Visalberghi, 1992; Borsani, 2011). Estas siete artes liberales establecen los criterios de organización, jerarquización y control de los contenidos que se enseñan y son la base constitutiva del currículo actual.

Así, en el Renacimiento, los contenidos de enseñanza se organizaban a partir de tres líneas de desarrollo: filosofía, ciencia y teología. Esta estructura y organización de los contenidos se fundamenta en el método que separa las ciencias humanas y las ciencias naturales. Lo que supone abordajes diferenciados y especializados según categorías y subcategorías de la ciencia.

La Revolución Industrial supuso la incorporación de las máquinas en los sistemas de producción, fue así como se centraron los contenidos de la enseñanza en el desarrollo de la ciencia y la ingeniería mecánica, agrícola y militar. Alrededor de 1860 en Alemania se sistematizó el estudio de las asignaturas científicas donde la estructura de los programas separaron la ciencia en tres disciplinas: física, química y biología, donde la física asume un papel preponderante sobre las otras ciencias (Sanmartí, 2000).

En el siglo XX, la evolución acelerada de la ciencia y la tecnología estuvo determinada por el desarrollo técnico y militar producto de las dos guerras mundiales y de la "carrera espacial", lo que supuso un impulso al desarrollo de la didáctica de las ciencias como una disciplina centrada únicamente en los contenidos de las ciencias naturales (Sanmartí, 2000; Cruz, Santos y Zilbersztajn, en Santos, 2008).

En 1950 surge el concepto de alfabetización científica, posición desde la que se aboga por la necesidad de la educación en ciencias naturales para toda la población. A finales de la

década de 1970 este posicionamiento era ampliamente utilizado por investigadores, diseñadores de currículo y educadores de ciencias, y para el año 1982, la Asociación Nacional de Profesores de Ciencias de Estados Unidos (National Science Teachers Association, NTSA) determina que la alfabetización científica debe ser considerada una prioridad en el proceso de formación ciudadana (Ramírez, Lapaste, Legarralde, Vilches y Matschke, 2010; Sabariego y Manzanares 2006; Sanmartí, 2000).

Actualmente, en el marco de las denominadas sociedades del conocimiento, se propone la formación de un contingente importante de profesionales que desde las ciencias básicas, la matemática, las ingenierías y la técnica realicen investigación y procesos innovadores en la industria con el fin de impactar positivamente el desarrollo de los países. En ese contexto, las demandas y necesidades de la sociedad advierten sobre la pertinencia de la educación científica para toda la población.

Es claro que la incorporación a la denominada sociedad del conocimiento requiere de una población con formación en ciencia y tecnología, y la concepción del término alfabetización científica parece estar encaminada a este único fin. No obstante, la palabra alfabetización transmite una noción restrictiva de educación científica que no parece contemplar la reflexión y el espacio para pensar la ciencia en relación con "el ser humano en su contexto, en su historia y de frente a la historia" (Fourez, 2008, p. 13).

El término alfabetización científica resulta insuficiente porque la cultura y la ciencia no pueden separarse, ya que su sentido y utilidad están necesariamente vinculados, por lo que se requiere de análisis multidimensionales desde los que se aborde la complejidad de sus interacciones en el contexto histórico-social. Por lo que el término de alfabetización por sí mismo no logra abarcar esta complejidad y más bien, parece referirse solamente a la capacidad de leer y escribir sobre ciencia y tecnología (Miller, en Díaz y García, 2011).

Si bien es cierto, la mayor parte de los autores consultados (Arteta, 2009; Auler y Delizoicov, 2001; Díaz y García, 2011; Martín y Osorio, 2003; Huyuguzel, Ozdem, Cavas, Cakiroglu y Ertepinar, 2013; Sanmartí, 2000; The Royal Society, 1985) no distinguen entre cultura y alfabetización científica, las concepciones, teorías y prácticas en las que se originan sus usos suponen la interpretación y comprensión de formas diferentes de enseñar ciencias.

En este sentido, la concepción canónica y dogmática de la ciencia que niega las anomalías, las crisis y las revoluciones, las discontinuidades y continuidades contextuales, las regresiones y las progresiones históricas, ideológicas y éticas en la generación de conocimiento, así como la fragmentación de la ciencia y de lo humano como contenidos

inconexos, determinan las concepciones y formas de la educación científica, las cuales tienden a valorar solo una única forma de ver y de hacer ciencia.

En este panorama resulta pertinente preguntarse ¿cuál es la ciencia que se enseña? ¿Cuáles son los métodos, las trayectorias e implicaciones de una concepción de ciencia dogmática y canónica? ¿Cuáles podrían ser las posibilidades y trayectorias de la educación científica?

2.3 Hacia una cultura científica como fundamento de la educación científica

Al respecto, resulta pertinente considerar algunos de los posicionamientos y usos del concepto de cultura científica:

Godin y Gingras (2000) consideran la cultura científica y tecnológica como "la expresión de todos los modos a través de los cuales los individuos y la sociedad se apropian de la ciencia y la tecnología"³ (p. 44). Esta definición toma en cuenta a los individuos, a las instituciones y la sociedad en su conjunto por lo que la definen como multidimensional.

Por su parte, Cámara y López citadas en Díaz y García (2011, p. 4) argumentan que la adquisición de una cultura científica, no solo consiste en "el enriquecimiento cognitivo [del individuo], sino también, en el reajuste de sus sistema de creencias y actitudes, especialmente en la generación de disposiciones al comportamiento basadas en la información científica". A partir de este concepto Díaz y García (2011) señalan que la construcción de una cultura científica le permite al ciudadano, que está inmerso en una sociedad altamente compleja y tecnificada, reflexionar, generar opiniones, actitudes críticas y disponer de criterios para la toma de decisiones según la información científica que posea. "Implica una comprensión profunda y significativa de los conocimientos científicos de tal manera que los pueda convertir en herramientas de la propia vida" (p. 11).

Para Gómez (2012), hablar de cultura científica en lugar de alfabetización más bien tiene que ver con una actualización del término, la cual está en sintonía con los cambios producidos en la comunicación por el uso de nuevas tecnologías, en lo pedagógico por nuevos enfoques de formación, en lo político por una sociedad civil más activa y en general por la centralidad del conocimiento experto en cualquier ámbito de la vida social. Al respecto, el informe Bodmer (1985) llamado *Public Understanding of Science (PUS)* señala la importancia del entendimiento de la ciencia, más allá de los hechos, incluye también los

³ Del original [...] is the expression of all the modes through which individuals and society appropriate science and technology.

métodos y limitaciones, así como la apreciación de sus prácticas e implicaciones sociales (The Royal Society, 1985).

Gómez (2012) identifica tres modelos de cultura científica: un modelo canónico, un modelo descriptivo y un modelo contextual, cada uno con diferentes alcances, implicaciones políticas, sociales y educativas. El modelo canónico está relacionado con el modelo dominante en el cual la cultura científica se concibe como la posesión de conocimiento erudito, descontextualizado de los hechos, que tiende a enseñarse de manera anecdótica y fosilizada, presenta una visión de ciencia estereotipada y alejada de los problemas éticos, sociales y ambientales a que da lugar.

El modelo descriptivo lo aborda desde la antropología, este nos acerca a la estructura social de la ciencia y al entendimiento de los patrones sociales de funcionamiento de la comunidad científica. Desde estudios etnográficos vinculados con la antropología social, se ha intentado comprender la cultura de un grupo de personas (comunidades científicas) que trabajan organizadamente, que socializan entre ellas y que tienen influencia e interdependencia con otros sistemas sociales (Gómez, 2012).

El modelo contextual lo describe desde un punto de vista sociológico, la ciencia es una institución que se refiere al producto, a los conocimientos que genera, a la práctica investigadora y a la comunidad científica, por tanto es uno de los campos que nutren la cultura, su función es proporcionar creencias fiables sobre el mundo social y natural en el que se vive.

Otras instituciones que nutren el campo de la cultura y giran en torno a la verdad, al sentido, la transmisión y la estética son la religión, el sistema educativo y las artes (Gómez, 2012). Según lo anterior, la ciencia entra entonces en una categoría de institución social en cuanto busca la legitimación de los saberes, las creencias y lo que se considera de valor, para una colectividad. Es así como las construcciones científicas legitimadas y altamente valoradas construyen significados y representaciones intersubjetivas que llegan a formar parte de la cultura.

En definitiva, se entiende la cultura científica como el conjunto de percepciones, creencias, concepciones, significados y construcciones individuales y colectivas sobre la ciencia, así como el desarrollo de habilidades cognitivas y destrezas que permiten la aprehensión de procesos y técnicas para hacer ciencia. Dentro de esa concepción de ciencia se involucran aspectos ideológicos, políticos, sociales, metodológicos, lógicos, praxiológicos y teleológicos que hacen de la ciencia una construcción cultural, la cual parte de un

pensamiento lógico, ha sido validada a través de un método, pero como creación humana está transversalizada por aspectos de índole ético, axiológico y estético de acuerdo con un contexto. Es una construcción subjetiva pero a la vez compartida a través de la intersubjetividad.

3. El estado de las investigaciones sobre la educación científica

Se realizó una búsqueda de artículos de investigación y algunos informes sobre tres ejes temáticos considerados fundamentales para abordar la reflexión sobre la educación científica:

- a. Investigaciones en relación con Formación de Docentes de Ciencias y Educación Científica.
- b. La Concepción de la Naturaleza de las Ciencias
- c. Alfabetización Científica y Cultura Científica

3.1 Formación docente y Educación Científica

Algunas investigaciones cualitativas como las de Barona, Paul, Moreno y Lessard (2004); Gallego, Pérez, Torres y Torres (2004); Jiménez y Wamba (2004); Peme, Longhi, Baquero, Mellado y Ruiz (2006); Vásquez, Jiménez y Mellado (2007); plantean la racionalidad técnica (propuesta por Shön, 1983) como la epistemología de la práctica docente dominante, la cual carece de un enfoque reflexivo sobre el desarrollo profesional. Estas investigaciones emplearon como métodos de investigación: el estudio de caso, la etnografía, la investigación-acción y la fenomenología para comprender la reflexión de la persona docente en la acción. Detallan el análisis en tres dimensiones. La dimensión técnica, que analiza el dominio disciplinar. La dimensión práctica, que analiza al docente en la praxis y emplea categorías como: conocimiento cotidiano del estudiantado, relaciones discursivas docentes-estudiantes, estrategias didácticas implementadas, dificultades de la comunidad estudiantil, entre otros. Finalmente, la dimensión crítica incorpora criterios morales y éticos dentro del discurso sobre la acción práctica.

Entre los resultados se encuentra que los principales obstáculos al cambio parecen estar relacionados con la concepción absolutista del conocimiento y de la ciencia. Prima una concepción de contenidos de ciencia totalmente subsidiaria del conocimiento científico al margen de la ideología. Además, se señala escasa formación y conciencia sobre aspectos como: relaciones entre saberes disciplinares y pedagógicos, lo que el docente interpreta por

saber enseñar, el reconocimiento de la fragmentación de los conocimientos, la importancia del desarrollo cognitivo del estudiantado y el reconocimiento de los saberes previos de los estudiantes. Existe relación entre las bases epistemológicas de la formación inicial y la práctica profesional. Se señala la importancia de que la persona docente logre captar el hecho educativo como hecho social, definido por complejas realidades.

También se ubicaron investigaciones cuantitativas, como la de Polino (2012) quien realiza un estudio a nivel iberoamericano donde relaciona la motivación hacia las clases de ciencias en secundaria y la escogencia de una carrera científica, el investigador encuentra que a mayor motivación hacia las clases de ciencias, mayor posibilidad de escogencia de carreras del área tecno-científica. Distingue, dentro de los obstáculos para hacer la ciencia más atractiva para los jóvenes, los siguientes aspectos: recursos y estrategias didácticas limitadas, la necesidad de mejorar los saberes y la actitud proactiva de los docentes, así como la importancia de la ciencia para la cotidianidad.

En el país, Alfaro y Villegas (2010) realizaron un análisis de los procesos de formación inicial de los docentes en Costa Rica empleando para ello el análisis documental. Entre los principales hallazgos señalan que los planes de formación de docentes de ciencias, en el país, se basan en una combinación de cursos de la especialidad y cursos de pedagogía, en contraposición con modelos internacionales donde primero se forman en una disciplina científica y luego en el área pedagógica. Este aspecto podría tener implicaciones de orden epistemológico en las construcciones y significados de ciencia que tenga el docente, sin embargo, la investigación no ahonda sobre este tema.

Otras investigaciones plantean la necesidad de formar a los docentes bajo el enfoque Ciencia, Tecnología Sociedad (CTS) con la finalidad de que realicen una representación de la ciencia como construcción humana. Las investigaciones consultadas presentan propuestas didácticas para el trabajo de CTS y Cuestiones Socio-Científicas (CSC) con docentes y estudiantes. Entre los resultados obtenidos se evidencia cómo, desde este enfoque, se mejora el interés por la ciencia por parte del estudiantado, se promueven reformas en la práctica que, a su vez, propician innovaciones educativas. Además, la vinculación de la ciencia y la tecnología con la sociedad y la cultura suscitan, por lo general, un posicionamiento crítico tanto de los docentes como de los estudiantes en cuanto al rol de la ciencia y la tecnología en la sociedad (Martín y Osorio 2003; Martínez, Parga y Gómez, 2012; Santos y Magalhães 2013).

3.2 Concepción de la Naturaleza de las Ciencias

A nivel internacional se ubicaron diversas investigaciones cualitativas relacionadas con los perfiles de Concepción de la Naturaleza de las Ciencias (CNC) de las personas docentes, encontrándose que la formación epistemológica permite al docente de ciencias una mejor comprensión y comunicación de la ciencia, su estructura, métodos, evolución, alcance, limitaciones y relaciones con la sociedad y la cultura (Aduriz- Bravo, 2006; Izquierdo, García, Quintanilla, Aduriz- Bravo (2016); Barona et al. (2004); Brown y Melear (2007); Shah (2009). La formación epistemológica permite ser conscientes de los mitos o ideas comunes en cuanto a la naturaleza de la ciencia, tales como la idea de un método único, la absolutividad de las leyes científicas, la visión fundamentalmente empirista, ahistórica, y aproblemática, el realismo entre realidad y conocimiento científico, entre otros (Aduriz-Bravo, 2001).

Desde el enfoque cuantitativo, las investigaciones revisadas realizan esfuerzos por medir de manera instrumental la CNC. Para ello, se emplean cuestionarios estandarizados y validados, como el Views of Nature of Science A, B, C, D. (VNOS-A, B, C, D) de Lederman y OMalley y Lederman y Ko citados en Vasques, Solano, Ives y Lang (2011). Cada ítem se enfoca en uno de los siete aspectos característicos de la ciencia y del conocimiento científico referenciados por Lederman en Vasques et al. (2011). Otro cuestionario es el Nott Wellington 1995 el cual se basa en una serie de incidentes críticos para simular situaciones de clase, a partir de esos incidentes se espera que los profesores sean capaces de manifestar sus concepciones sobre la ciencia (Barona, et al. 2004; Vasques, et al. 2011). Por su parte, Peme et al. (2006) y Vasques et al. (2011) emplearon el Inventario de Creencias Científicas y Pedagógicas de los Profesores (INCEPIP), el cual consta de 56 ítems para analizar las concepciones didácticas y epistemológicas de docentes de ciencias.

Las investigaciones cuantitativas en este ámbito emplean instrumentos estandarizados para medir el constructo Concepción de la Naturaleza de las Ciencias (CNC). El análisis de los datos obtenidos se realiza por métodos de estadística descriptiva e inferencial para medir el peso de las diferentes variables que definen la CNC de la persona docente. De acuerdo con los resultados obtenidos proponen procesos de capacitación y formación continua para el profesorado con el fin de pasar de una visión de ciencia de conocimientos absolutos a una más acorde con la naturaleza propia de la ciencia, que se basa en la duda y la indagación constante. En el país no se documentan investigaciones relacionadas con la Concepción de la Naturaleza de las Ciencias (CNC). Por tanto, se considera importante realizar investigaciones que permitan una primera aproximación a esta temática.

3.3 Alfabetización Científica y Cultura Científica

Las investigaciones consultadas sobre alfabetización científica se plantean desde la comunidad estudiantil y docente. Algunos de los estudios emplean principalmente métodos cuantitativos a través de la aplicación de instrumentos estandarizados para medir constructos como: la imagen de ciencia, la aplicación de los conocimientos científicos en situaciones cotidianas y el rol de la ciencia y la tecnología en la sociedad. En el caso de las investigaciones realizadas con docentes, los resultados revelan deficiencias en el vínculo ciencia, tecnología y sociedad, epistemología de la ciencia, aplicación de los conocimientos científicos a situaciones concretas de la vida cotidiana y en la concepción de la naturaleza de la ciencia (Aduriz- Bravo, 2001; Aguilar y Ortega, 2008; (Huyuguzel et al., 2013).

En cuanto al nivel de alfabetización científica del estudiantado, se encuentran estudios correlacionales sobre factores asociados al rendimiento académico en esta área. En Costa Rica, Montero, Rojas, Zamora y Ródano (2012) encontraron que factores como: el clima escolar, el liderazgo del director, las horas dedicadas a realizar tareas y el número de libros en el hogar inciden positivamente en el rendimiento obtenido en la dimensión alfabetización científica de las pruebas PISA.

Investigaciones relacionadas con el constructo "cultura científica" realizan medición de dicho constructo a través de indicadores, en los cuales se emplea como técnica el cuestionario. Cantillo-Barraza, Sanmartino, Chica y Triana (2012) realizan una consulta en cuanto a nociones y creencias sobre el Mal de Chagas en una comunidad estudiantil. Entre los resultados se encuentra que las nociones que tienen son producto de la tradición oral más que del conocimiento científico verificado. Por su parte, Arteta (2009) explora la cultura científica de la comunidad estudiantil mediante la definición de dicho constructo, principalmente con indicadores referentes a las capacidades de investigación. Los resultados obtenidos revelan deficiencias en las capacidades investigativas de los y las estudiantes.

Por otra parte, De Miranda et al. (2012) encuentra que el estudiantado universitario se identifica claramente en dos culturas: ciencias humanas y ciencias exactas, y por ello recomienda la necesidad de hacer puentes entre las ciencias exactas y naturales con el fin de fortalecer la cultura científica en general.

Rey-Herrera y Candela (2013) y Colucci-Gray y Frazer (2012) estudiaron la construcción del conocimiento científico en el aula por medio de la interacción discursiva. Dado que dicha interacción es situada y se conecta con determinados estados y tiempos, se empleó un diseño metodológico-etnográfico. Para los investigadores, la construcción de

conocimientos escolares requiere estudiarse en el contexto discursivo social y cultural en el que se produce dado que los sujetos construyen de acuerdo con lo que aprenden en su entorno. Entre los principales resultados obtenidos se encuentra que la ciencia escolar no es la misma que la ciencia de los científicos, y que se construye e interpreta en el aula de acuerdo con el contexto cultural del estudiantado, algo que también ha sido señalado por Akeinhead (2002). Por tanto, es importante reflexionar y discutir sobre el diseño de procesos de enseñanza y aprendizaje que permitan construir puentes para establecer relaciones entre la vida cotidiana y la ciencia.

Es importante señalar que los estudios que abordan el constructo cultura científica no realizan una definición clara de lo que cada autor entiende por cultura científica, más bien se encontró que cultura científica y alfabetización científica se emplean como sinónimos. Por tanto, es pertinente la reflexión y discusión en relación con la interpretación y comprensión de la cultura científica, las nociones, conceptos, teorías y prácticas que la constituyen.

4. Consideraciones finales

Las consideraciones finales que emergen luego de reconocer algunas de las premisas históricas y teóricas de la ciencia y la educación, así como del desarrollo de investigaciones en el campo de la educación científica se exponen a continuación:

A lo largo de la historia y hasta la contemporaneidad, la educación científica ha estado demarcada por las concepciones de ciencia fundamentadas en las premisas del racionalismo, el empirismo y el positivismo lógico, las cuales, a su vez, han delimitado los modelos, métodos y estrategias pedagógicas, curriculares y didácticas utilizadas en las prácticas educativas.

En este sentido, tradicionalmente las propuestas curriculares de la educación científica se han centrado en el abordaje de la ciencia como un tema disperso e inconexo de lo cotidiano, restringido al ámbito escolar. Es decir, la ciencia se ha asumido como un texto plano y estático que se replica y mecaniza.

Desde la perspectiva de la réplica y de la mecanización del conocimiento científico, la pedagogía y la didáctica se han limitado a la subordinación, instrumentalización y atomización del aprendizaje. Por lo que la generación y construcción de conocimiento científico no recae en quien enseña o en quien aprende, sino en la figura del especialista, ajeno a la escuela y a las experiencias de lo cotidiano, Es decir, no se hace la transposición didáctica que permita contextualizar la ciencia de los "científicos" en el contexto escolar.

No obstante, la reflexión, discusión y desarrollo de la ciencia y de investigaciones, en el campo de la educación científica, empiezan a proponer giros críticos y diálogos epistémicos con abordajes más filosóficos y sociológicos, los cuales se concretan en concepciones interdisciplinarias y complejas de la ciencia, desde las que se empiezan a originar nuevas propuestas pedagógicas, curriculares y didácticas en la formación.

Al respecto, las tendencias en las propuestas curriculares apuntan a la comprensión de la ciencia como contenido de lo cotidiano y de lo que acontece en el mundo; es decir, remite a una realidad diversa, flexible, compleja y abierta. De forma que los modelos curriculares tienden a estructuras interdisciplinarias y transdisciplinarias en las que la ciencia se asume como texto que se escribe y se reescribe en una práctica educativa que no se circunscribe a la escuela.

Por tanto, estas propuestas curriculares reconocen la ciencia como tejido de conocimiento en construcción, por lo que la pedagogía y la didáctica se abren necesariamente a las preguntas ¿Por qué? ¿Para qué? y ¿Para quién? Por lo que se reconocen las relaciones de transmisión y mediación como articuladoras de la teoría y de la práctica.

A partir de estas consideraciones, algunas reflexiones apuntan a cuestionar la alfabetización científica como un abordaje pertinente de la educación científica, ya que la adquisición y repetición del conocimiento científico demarcan los límites de las posibilidades de la ciencia, de sus usos, aplicaciones y transformaciones en la sociedad.

En este sentido, parece necesario pensar en la cultura científica como un abordaje más profundo de la educación científica, pues parece vincular de forma más amplia conocimientos y saberes para la interpretación, comprensión, discusión, construcción y transformación de la sociedad y del mundo.

La cultura científica se entiende como el conjunto de percepciones, creencias, concepciones, significados, sentidos, experiencias, teorías que configuran construcciones individuales y colectivas sobre la ciencia, sus métodos y prácticas. Por tanto, como construcción humana remite a aspectos de índole histórico, político, social y económico que delimitan cuestiones metodológicas, lógicas, praxiológicas, teleológicas, éticas y estéticas de acuerdo con un contexto determinado.

Por tanto, se hace indispensable pensar en la educación científica desde la articulación de la ciencia y la educación con aspectos que orienten la comprensión y configuración de trayectorias diversas de enseñanza y de aprendizaje.

De manera que, otro aspecto a cuestionar, remite a la consideración de los modelos de formación docente requeridos para que la educación científica pueda abordarse desde una perspectiva de cultura científica. Al respecto, sería pertinente considerar la formación de docentes, a partir del desarrollo de saberes disciplinares, pedagógicos, curriculares, epistemológicos y experienciales que permitan a la persona docente la transmisión y construcción del conocimiento científico a partir de lo cotidiano para la guía y acompañamiento de sus estudiantes.

Finalmente, es importante recuperar las líneas de desarrollo desde las cuales se proyecta la investigación en educación científica, tales como: la historia y la sociología de la ciencia, la educación ambiental, las relaciones entre ciencia tecnología y sociedad, los procesos de alfabetización y la cultura científica como puntos de partida pero nunca de llegada de los procesos de formación en ciencias.

En definitiva, se trata de seguir pensando la educación científica desde la crítica del lenguaje, de los métodos y técnicas de la ciencia y de las formas en las que se enseña la ciencia, así como de su argumentación y conexión con las cosas del mundo y de la vida.

Referencias

- Abbagnano, Nicola y Visalberghi, Aldo. (1992). *Historia de la Pedagogía*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Aduriz-Bravo, Agustín. (2001). *Integración de la epistemología en la formación del profesorado de ciencias* (Tesis Doctoral). Universitat Autònoma de Barcelona, Barcelona, España.
- Aduriz-Bravo, Agustín. (2006). La epistemología en la formación de profesores de ciencias. *Revista Educación y Pedagogía*, 18(45), 25-36.
- Aguilar Pérez, Martha y Ortega Pérez, José. (2008). Alfabetización Científica, Epistemología y docencia. *Enseñanza en Psicología*, 13(1), 177-185.
- Aikenhead, Glen. (2002). Renegotiating the Culture of School Science: Scientific Literacy for an Informed Public. Recuperado de <https://www.usask.ca/education/documents/profiles/aikenhead/portugal.htm>
- Alfaro Varela, Gilberto y Villegas, Luis. (2010). *Tercer Informe Estado de la Educación. La Educación Científica en Costa Rica*. Recuperado de goo.gl/oDkIZ0
- Amador Rodríguez, Rafael y Aduriz-Bravo, Agustín. (2011) ¿A qué epistemología recurrir para investigar sobre la enseñanza de las ciencias? *Revista EDUCYT*, 3, 3-18

- Arteta Bonivento, Reynaldo. (2009). Cultura científica en el sistema educativo del departamento de Guajira, Colombia. *Zona próxima. Revista del Instituto de Estudios en Educación Universidad del Norte*, (11), 102-121.
- Auler, Décio y Delizoicov, Demetrio. (2001). Alfabetização científico-tecnológica para quê? *Pesquisa em Educação em Ciências*, 3(1), 1-13
- Avellaneda, Manuel y Von Lisingen, Irlan. (2011). Popularización de la ciencia y la tecnología en América Latina. *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, 16(51), 1253-1272
- Barona Ríos, César, Paul De Verjovsky Janet, Moreno Ruiz, Marcela y Lessard, Claude. (2004). La concepción de la naturaleza de la ciencia (CNC) de un grupo de docentes inmersos en un programa universitario de formación profesional en ciencias. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 6(2). Recuperado de <http://redie.uabc.mx/redie/article/view/104/1119>
- Borsani, María José. (2011). *Adecuaciones Curriculares*. Buenos Aires: Ediciones Novedades Educativas
- Brown, Sherri y Melear, Claudia. (2007). Preservice Teachers Research Experiences in Scientists Laboratories. *Journal of Science Teacher Education*, 18(4), 573-597. DOI 10.1007/s10972-007-9044-9
- Cachapuz, Antonio. (2011) Tecnociência, poder e democracia. En Wildson Luiz Pereira dos Santos y Décio Auler (Orgs). *CTS e educação científica. desafios, tendências e resultados de pesquisa*. Brasília: UnB Editora.
- Camacho, Naranjo, Luis. (2013). *La ciencia en su historia*. San José: EUNED.
- Cantillo-Barraza, Omar, Sanmartino Mariana, Chica Vasco, Jorge, Triana Chávez, Omar. (2012). Hacia el desarrollo de una cultura científica local para hacer frente a la problemática del Chagas. Resultados preliminares con jóvenes de la Región del Caribe Colombiana. *Revista Iberoamericana de Educación*, (58), 119-133.
- Colucci-Gray, Laura y Fraser, Christine. (2012). From science as 'content' to science as 'interpretive key': experiences and reflections from a science course in teacher education. *Ethnography and Education*, 7(2), 175-195. DOI: 10.1080/17457823.2012.693692
- Dagnino, R. (2013). O que o PLCTS (Pensamento Latinoamericano em Ciência - Tecnologia - Sociedade? En Nader CTS *Ciência, Tecnologia, Sociedade - e a produção de conhecimento na universidade* (Cadernos Serie 1. Construção Social da Tecnologia 4; pp. 35-52). Brasília: Observatório do Movimento pela Tecnologia Social na América Latina. UnB/Capes Escola de Altos Estudos.
- De Miranda, Antonioli Patrick, Chrispino, Alvaro, Vásquez Alonso Angel y Manassero Mas, María. (2012). Avaliação das atitudes das duas culturas em relação à aprendizagem da ciência. *Revista Iberoamericana de Educación*, (58), 151-166.

- Díaz, Irene y García, Miryam. (2011) Más allá del Paradigma de la Alfabetización. La Adquisición de la Cultura Científica como Reto Educativo. *Formación Universitaria*, 4(2), 3-14. Doi: 10.4067/S0718-50062011000200002
- Fourez, Gerard. (2008). *Cómo se elabora el conocimiento. La epistemología desde un enfoque socioconstructivista*. Madrid: Narcea.
- Gallego Badillo, Rómulo, Pérez Miranda, Royman, Torres de Gallego y Torres, Luz Nery. (2004). Formación inicial de profesores de ciencias en Colombia: un estudio a partir de programas acreditados. *Ciencia y Educación*, 10(2), 219-234.
- Godin, Benoit y Gingras Yves. (2000). What is scientific and technological culture and how is it measured? A multidimensional model. *Public Understanding of Science*, 9(1), 43-58. DOI: 10.1088/0963-6625/9/1/303
- Gómez Ferri, Javier. (2012). Cultura sus significados y diferentes modelos de cultura científica y técnica. *Revista Iberoamericana de Educación*, (58), 15-33.
- Huyuguzel Cavas, Pinar, Ozdem, Yasemin, Cavas, Bulent, Cakiroglu, Jale y Ertepinar, Hamide. (2013). Turkish pre – service elementary science teacher's a scientific literacy level and attitudes toward science. *Science Education International*, 24(4), 383-401.
- Izquierdo Aymerich Mercé, García Martínez, Álvaro; Quintanilla Gatica, Mario y Aduriz Bravo, Agustín (2016). *Historia, Filosofía y Didáctica de las Ciencias: Aportes para la formación del profesorado de ciencias*. Bogotá: Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
- Jiménez Pérez, Roque y Wamba Aguado, Ana. (2004). ¿Podemos construir un modelo de profesor, que sirva de referencia para la formación de profesores en didáctica de las ciencias experimentales? *Profesorado, Revista de curriculum y formación del profesorado*, 8(1), 1-15. Universidad de Huelva. Recuperado de <https://www.ugr.es/~recfpro/rev81ART3.pdf>
- Khun, Thomas. (1986). *La Estructura de las revoluciones científicas*. Mexico: Fondo de cultura económica.
- Koyré, Alexandre. (2000). *Estudios de historia del pensamiento científico*. México: Siglo Veintiuno.
- Lakatos, Imre. (1989). *La metodología de los programas de investigación científica*. Madrid: Alianza Editorial.
- Martín Gordillo, Mariano y Osorio, Carlos. (2003). Educar para participar en ciencia y tecnología. Un proyecto para la difusión de la cultura científica. *Revista Iberoamericana de Educación*, (32), 165-210.
- Martínez Pérez, Leonardo, Parga Lozano, Diana y Gómez Aguilar, Dora. (2012). Cuestiones sociocientíficas en la formación de profesores de ciencias. *Revista EDUCYT, Extraordinario*, 139-151.

- Montero, Eliana, Rojas, Shirley, Zamora, Evelyn, y Rodino, Ana María. (2012). Cuarto Informe Estado de la Educación. *Costa Rica en las Pruebas PISA 2009 de Competencia Lectora y Alfabetización Matemática*. San José: Estado de La Nación.
- Peme Aranegha, Carmen, Longhi, Ana Lía, Baquero, María Elena, Mellado, Virginia y Ruiz, Constantino. (2006). Creencias explícitas e implícitas, sobre la ciencia y su enseñanza y aprendizaje, de una profesora de química de secundaria. *Perfiles Educativos*, 28(114), 131-151.
- Polino, Carmelo. (2012). Las ciencias en el aula y el interés por las carreras científico-tecnológicas: un análisis de las expectativas de los alumnos de nivel secundario en Iberoamerica. *Revista Iberoamericana de Educación*, (58), 167-191.
- Ramírez, Stella, Lapasta, Leticia, Legarralde, Teresa, Vilches, Alfredo y Matschke, Valeria (setiembre, 2010). *Alfabetización científica en alumnos de nivel primario y secundario: un diagnóstico regional*. Ponencia presentada en el Congreso Iberoamericano de Educación "Metas 2021", Buenos Aires, Argentina.
- Reale, Giovanni y Antiseri, Dario. (1988). *Historia del pensamiento filosófico y científico*. Barcelona: Editorial Herder. Recuperado de <https://es.scribd.com/doc/237048739/Giovanni-Reale-y-Dario-Antiseri-Historia-Del-Pensamiento-Filosofico-y-Cientifico-Tomo-Tercero>
- Rey-Herrera, Johanna y Candela, Antonia. (2013). La construcción discursiva del conocimiento científico en el aula. *Universidad de La Sabana Facultad de Educación*, 16(1), 41-65.
- Sabariego del Castillo, José María y Manzanares Gavilán, Mercedes. (junio, 2006). *Alfabetización Científica*. Ponencia presentada en el I Congreso Iberoamericano de Ciencia, Tecnología, Sociedad e Innovación CTS + I, México D.F.
- Sandín Esteban, M^a Paz. (2003). *Investigación cualitativa en Educación. Fundamentos y Tradiciones*. Madrid: Mc Graw Hill.
- Sanmartí, Neus. (2000). *Didáctica de las Ciencias en la Educación Secundaria Obligatoria*. Barcelona: Síntesis Educación.
- Santos Pereira, Wildson Luiz dos. (2007). Educação científica na perspectiva de letramento como prática social: funções, princípios e desafios. *Revista Brasileira de Educação*, 12(36), 474-550
- Santos Pereira, Wildson Luiz dos. (2008). Educação Científica Humanística em uma perspectiva Freireana: Resgatando a função do Ensino CTS. *Alexandria Revista de Educação em Ciência e Tecnologia*, 1(1), 109-131.
- Santos Pereira, Wildson Luiz y Magalhães Mendes, Mirian. (2013). Argumentação em Discussões Sociocientíficas. *Investigações em Ensino de Ciências*, 18(3), 621-643

- Shah Zaman, Mir. (2009). Exploring the Conceptions of a Science Teachers from Karachi about the Nature of Science. *Eurasia Journal of mathematics, Science and Technology Education*, 5(3), 305-315.
- The Royal Society. (1985). *The Public Undersstanding of Sciense*. Londres: The Royal Society.
- Vasques Brandão, Rafael, Solano Araujo, Ives, Veit, Angela y Lang da Silveira, Fernando. (2011). Validación de un cuestionario para investigar concepciones de profesores sobre ciencia y modelado científico en el contexto de la física. *Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciencias*, 6(1), 43-60.
- Vásquez Bernal, Bartolomé, Jiménez Pérez, Roque y Mellado Jiménez, Vicente. (2007). La reflexión en profesoras de ciencias experimentales de enseñanza secundaria, estudio de casos. *Enseñanza de las Ciencias*, 25(1), 73-90.