



REVISTA INTERNACIONAL
DE PESQUISA EM
DIDÁTICA DAS CIÊNCIAS
E MATEMÁTICA

CONCEPCIONES DE ENSEÑANZA SOBRE LA NATURALEZA DE LA CIENCIA: OBSTÁCULOS EPISTEMOLÓGICOS QUE APARECEN EN EL PROFESORADO DE CIENCIAS



TEACHING CONCEPTIONS ON THE NATURE OF SCIENCE: EPISTEMOLOGICAL OBSTACLES THAT APPEAR AMONG SCIENCE TEACHERS

CONCEPÇÕES DE ENSINO SOBRE A NATUREZA DA CIÊNCIA: OBSTÁCULOS EPISTEMOLÓGICOS QUE APARECEM ENTRE OS PROFESSORES DE CIÊNCIAS

Agustín Adúriz-Bravo¹
Gloria Carmenza Alzate Quintero²
Alejandro P. Pujalte³
Óscar E. Tamayo Alzate⁴

Resumen: Se relevan concepciones de naturaleza de la ciencia en docentes de ciencias e identifican obstáculos epistemológicos bajo esas concepciones. La investigación analiza el lenguaje escrito y oral de profesores. Se caracterizan seis “énfasis” epistemológicos: científicista, empírico, teórico, anticientífico, cultural y equilibrado. Se revela la existencia de obstáculos epistemológicos para una comprensión de la naturaleza de la ciencia adecuada al currículo. En una tendencia mayoritaria, aparecen obstáculos relacionados con experiencia básica, lenguaje técnico y conocimiento general, constituyendo una “visión prekuhniana” de ciencia. Aflora también a una visión más reciente, que tiene en cuenta la influencia del marco histórico, social y cultural.

Palabras-clave: Naturaleza de la ciencia. Concepciones de ciencia. Profesorado de ciencias. Obstáculos epistemológicos. Tendencia poskuhniana.

¹ Doutor em Didática das Ciências Experimentais. Universidad de Buenos Aires (Argentina). ORCID: 0000-0002-8200-777X. E-mail: aadurizbravo@cefiec.fcen.uba.ar

² Mestra em Ensino de Ciências. Universidad Autónoma de Manizales (Colômbia). E-mail: gloriacarmenzalazate@gmail.com

³ Doutor em Ciências Sociais. Universidad de Buenos Aires (Argentina). ORCID: 0000-0002-8389-5641. E-mail: alejandropujalte@gmail.com

⁴ Doutor em Didática das Ciências Experimentais. Universidad de Caldas (Colômbia). ORCID: 0000-0002-6080-8496. E-mail: oscar.tamayo@ucaldas.edu.co



Abstract: We characterise conceptions about the nature of science in science teachers and identify epistemological obstacles under those conceptions. This piece of research analyses teachers' oral and written language. Six epistemological "emphases" are characterised: scientific, empirical, theoretical, anti-scientific, cultural, and balanced. We reveal the existence of epistemological obstacles for an understanding of the nature of science adjusted to the curriculum. In a dominant trend, obstacles appear related to basic experience, technical language, and general knowledge, constituting altogether a "pre-Kuhnian view" on science. A more recent view emerges, which takes into account the influence of the historical, social and cultural context.

Keywords: Nature of science. Science views. Science teachers. Epistemological obstacles. Post-Kuhnian tendency.

Resumo: Presentam-se as concepções sobre a natureza da ciência em docentes de ciências e identificam-se os obstáculos epistemológicos subjacentes a essas concepções. A pesquisa analisa a linguagem oral e escrita dos professores. São caracterizadas seis ênfases epistemológicas: científica, empírica, teórica, anticientífica, cultural e equilibrada. Revela-se a existência de obstáculos epistemológicos para uma compreensão da natureza da ciência adequada ao currículo. Numa tendência majoritária, aparecem obstáculos relacionados a experiência básica, linguagem técnica e conhecimentos gerais, constituindo uma "visão pré-kuhniana" da ciência. Emerge também de uma visão mais recente, que leva em conta a influência do quadro histórico, social e cultural.

Palavras-chave: Natureza da ciência. Concepções de ciência. Professores de ciências. Obstáculos epistemológicos. Tendência pós-kuhniana.

Submetido 02/12/2022

Aceito 10/03/2023

Publicado 13/03/2023

Introducción y encuadre teórico

En tiempos de pospandemia, la educación científica vuelve a ser, con más fuerza incluso que hace dos o tres décadas, una preocupación central para la sociedad (cf. ROTTA et al., 2022): se la considera una pieza fundamental para lograr la equidad y la justicia social y el pleno desarrollo de las potencialidades de los individuos y de las comunidades (ver TOTI, 2011; YACOUBIAN; HANSSON, 2020). Además, en diversos foros internacionales (como la pionera Conferencia Mundial sobre la Ciencia para el Siglo XXI, auspiciada por la UNESCO y celebrada en Budapest en 1999⁵), los expertos vienen señalando que, para que los países en vías de desarrollo estén en mejores condiciones de atender a las necesidades fundamentales de sus poblaciones, la enseñanza de la matemática, las ciencias naturales, la computación y las tecnologías se debería constituir en imperativo (ver WERTHEIN; CUNHA, 2009).

Una enseñanza de las ciencias de calidad debería apuntar fuertemente a un mejor conocimiento y comprensión de la ciencia y la tecnología como actividades humanas y de sus vínculos con la sociedad y la cultura (ADÚRIZ-BRAVO; PUJALTE, 2020). Este nuevo componente propuesto para la educación científica, de carácter abiertamente *metacientífico* (o sea, de reflexión crítica *sobre* la ciencia), es el que mejor contribuiría a conseguir mayores niveles de equidad y emancipación en el sistema educativo (ver ZEIDLER; SADLER, 2010; LEDERMAN; ANTINK; BARTOS, 2014; BATHGATE et al., 2015; YACOUBIAN; HANSSON, 2020).

La renovada concepción de *educación científica para todos y todas* a la que adherimos en este artículo supone que, para que la ciudadanía tome decisiones *sociocientíficas* informadas en la vida democrática, se debe fomentar el pensamiento crítico en las aulas de ciencias (ver JURECKI; WANDER, 2012; VIEIRA; TENREIRO-VIEIRA, 2016; TAMAYO ALZATE, 2017; YACOUBIAN, 2018; ADÚRIZ-BRAVO; IZQUIERDO-AYMERICH, 2021; CARPIO; SOLAZ-PORTOLÉS; SANJOSÉ, 2022). La persistente falta de concreción de estos propósitos planteados para la formación ciudadana se ha teorizado como un problema alarmante de la escuela actual: a la necesidad de una educación científica inclusiva que brinde mejores oportunidades para todos se oponen un sinnúmero de problemas y dificultades que se

⁵ El documento de resumen de este evento está disponible en: https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000122938_spa

identifican desde la investigación en educación y en didáctica de las ciencias naturales (ver COUTINHO-SILVA; RODRIGUES PEREIRA; MASCARENHAS DE PAULA, 2019).

Uno de los problemas detectados, que será el objeto del presente trabajo, es que los enfoques tradicionales de enseñanza de las ciencias siguen haciendo pie en una *concepción de ciencia* propia de las corrientes de pensamiento positivistas y neo/pospositivistas, de fuerte carácter empiroinductivista (remitirse al ya clásico texto de BURBULES; LINN, 1991). Esta concepción retrata la ciencia como una actividad elitista, ahistórica, fuertemente estática, valiosa por sí misma y sin nexos con los muy diversos actores que intervienen en su realización ni con los ricos contextos donde tiene lugar la producción de conocimiento (ver TAMAYO ALZATE, 2017). Estos enfoques de enseñanza *cientificistas* que estamos denunciando están centrados más en el *qué* de la ciencia que en el *cómo* y el *para qué*, y por tanto no ahondan en el funcionamiento de la empresa científica como actividad profundamente humana.

Los investigadores estadounidenses MCCOMAS, CLOUGH y ALMAZROA (1998) enuncian con claridad el generalizado hallazgo empírico de que la comprensión de cómo funciona la ciencia es muy pobre entre la ciudadanía; esto acontece probablemente porque en todos los niveles de la educación científica el acento se pone en los *contenidos* de la ciencia en su forma final, con total exclusión de las consideraciones de carácter histórico y epistemológico. La enseñanza de las ciencias se apoya mayoritariamente en libros de texto donde los desarrollos científicos se presentan ya elaborados y descontextualizados, transmitiéndose una visión objetiva, acumulativa y monolítica del conocimiento científico (ver AMADOR-RODRÍGUEZ; ADÚRIZ-BRAVO, 2021). El saber de la ciencia aparece como obtenido a través del empleo de un único “método científico”, universal, rígido y acrítico.

Unido a lo anterior, se ha reportado sostenidamente que los procesos de *formación* del profesorado de ciencias pocas veces logran comprensiones profundas acerca del funcionamiento de la ciencia (GONÇALVES; ADÚRIZ-BRAVO, 2022, 2023), lo cual incide en las prácticas de enseñanza en las aulas de todos los niveles educativos y, en consecuencia, en la imagen de ciencia aprendida por los estudiantes. Lo señalado parece deberse a que, en la formación docente, tienen mayor peso relativo los modelos de enseñanza bajo los cuales los futuros profesores son formados en las disciplinas científicas que ellos van a enseñar que la reflexión crítica establecida en el componente didáctico. Esos modelos de enseñanza disciplinar muchas veces se limitan a exponer formulaciones supuestamente “canónicas” de la ciencia, de

carácter fuertemente analítico y sintáctico, donde el saber científico se presenta de manera *apodíctica*, es decir, demostrado y fuera de duda (RAMOS; LEVIN; ADÚRIZ-BRAVO, 2008). En la preparación del profesorado, además, el componente metacientífico es deficitario o incluso inexistente (ver ALMEIDA, 2012), cuando desde nuestro campo se viene afirmando que tal componente es absolutamente esencial para la construcción de la profesionalidad docente (NARDI; CASTIBLANCO, 2014; ADÚRIZ-BRAVO, 2018).

Los modelos tradicionales de enseñanza de las ciencias, con énfasis en el saber declarativo y escasa reflexión establecida desde las metaciencias, no hacen más que reforzar una imagen “deformada” (FERNÁNDEZ et al., 2002) de ciencia de cuño *neopositivista*, que es la que el estudiantado trae a las aulas. Se enquistan así unos *obstáculos epistemológicos* (CAMILIONI, 1997) acerca de qué es la ciencia que hacen muy difícil a los estudiantes poder valorar los procesos de construcción del conocimiento científico y las relaciones de este con los contextos en los cuales se desarrolla, aplica y evalúa (PORLÁN; RIVERO; MARTÍN DEL POZO, 1997, 1998).

Las numerosas visiones deformadas sobre los distintos aspectos del quehacer científico que reporta la literatura especializada se suelen apoyar mutuamente, conformando un “esquema conceptual relativamente integrado” (FERNÁNDEZ et al., 2002) y asociado a una imagen común e ingenua de la ciencia, que está socialmente instalada (PUJALTE, 2014; PUJALTE et al., 2014). Tal imagen está por debajo del despliegue que hacen los profesores de ciencias en sus aulas de rutinas apoyadas en la tradición, de modos de hacer heredados de su propia biografía escolar y de implementaciones acríticas de recursos didácticos, textos e instrumentos de evaluación que no la ponen en cuestión (ver PORLÁN; RIVERO; MARTÍN DEL POZO, 1997; PUJALTE; ADÚRIZ-BRAVO; PORRO, 2015a).

En esta misma línea de crítica, y ahora desde la perspectiva de los estudios bibliométricos y meta-analíticos, Isabel FERNÁNDEZ y sus colaboradores (2002, 2003) sistematizaron siete diferentes visiones deformadas de la ciencia: empiroinductivista (ateórica); rígida (algorítmica, exacta, infalible); aproblemática y ahistórica (dogmática y cerrada); exclusivamente analítica; acumulativa (de crecimiento lineal); individualista y elitista; y socialmente descontextualizada. Los abundantísimos trabajos sobre estudiantes reportados a nivel internacional muestran, desde mediados del siglo pasado a la fecha, cómo se va estabilizando en ellos, a lo largo de la escolaridad, esa mirada estereotipada sobre la ciencia y

sobre las personas que a ella se dedican (ver un meta-análisis en DENG et al., 2011). Las investigaciones de este estilo, provenientes de diferentes campos disciplinares (entre ellos, la antropología, los estudios sociales de la ciencia y la tecnología, la comprensión pública de la ciencia y la propia didáctica de las ciencias), comúnmente se agrupan en una línea conocida con el nombre de “imágenes de ciencia y de científico” (NEWTON; NEWTON, 1998; PUJALTE, 2014; JOÃO KANGA; DOURADO, 2022).

Se suele atribuir la génesis de los estereotipos científicos que aparecen en la escuela a diferentes fuentes, como son los medios de comunicación masivos, la publicidad y, más recientemente, las redes sociales (ver FERNÁNDEZ et al., 2002, 2003; PUJALTE, 2014), aunque tales estereotipos cobran entidad merced a una enseñanza magisterial transmisiva, atravesada por “visiones simplistas sobre el aprendizaje y la enseñanza de las ciencias, como la idea docente espontánea de que enseñar es una actividad simple para la que basta con conocer la materia y tener algo de experiencia” (GIL-PÉREZ, 1994, p. 6-7).

A fines de los años 80s y en la década de los 90s, el interés investigativo de la didáctica de las ciencias se desplazó desde la indagación de meras concepciones “erradas” hacia la caracterización de genuinos obstáculos epistemológicos; se ampliaron además las poblaciones bajo estudio de estudiantes a profesores de ciencias (PORLÁN; RIVERO; MARTÍN DEL POZO, 1997). Los nuevos hallazgos pusieron de manifiesto que también el profesorado de ciencias detenta ideas ingenuas apoyadas en obstáculos que responden a conocimiento de sentido común, cotidiano o social. Tales ideas, que pueden orientar fuertemente el desempeño profesional de los profesores en el aula, se refieren no solo a los fenómenos del mundo natural, sino también a la enseñanza y al aprendizaje e, importantemente para los fines de este artículo, *a la ciencia como producto y como proceso* (ver FERNÁNDEZ et al., 2002).

Las numerosas investigaciones que siguieron acerca de las (meta)concepciones sobre la ciencia tanto en estudiantes y como en docentes (por ejemplo: ABD-EL-KHALICK; LEDERMAN, 2000; ADÚRIZ-BRAVO et al., 2001; MCCOMAS; OLSON, 1998; PORLÁN; RIVERO; MARTÍN DEL POZO, 1998) llevaron a la construcción del concepto de “naturaleza de la ciencia” (en inglés NOS: *nature of science*), que remite a una línea de investigación didáctica muy fecunda en las últimas décadas (ver LEDERMAN, 2006). Tal línea se encarga de indagar las imágenes de ciencia y de científico en diferentes audiencias y luego proponer dispositivos y estrategias para cambiar esas imágenes elitistas por otras más democráticas.

Pero la NOS también refiere a un componente emergente del currículo de ciencias; en este último sentido, la NOS es un conjunto de contenidos provenientes de la filosofía, la historia y la sociología de la ciencia (MCCOMAS; OLSON, 1998) con valor para la educación científica, *adecuadamente seleccionados y transpuestos para ser enseñados* en los diferentes niveles educativos (ADÚRIZ-BRAVO, 2006). La investigación NOS se combina, además, con aportes realizados por la psicología y las ciencias cognitivas, de modo de construir respuestas educativamente valiosas para preguntas tales como qué es la ciencia, cómo funciona, cómo operan los científicos como grupo social o cómo la sociedad influencia los esfuerzos científicos y es influenciada por ellos (ver MCCOMAS et al., 1998).

Para el didacta español Ángel VÁZQUEZ y sus colaboradores (2007), la NOS, reconocida como una línea de investigación y de formación tremendamente importante para la educación científica, debe ser considerada como uno de los principales elementos innovadores de la educación científica para todos; por tanto, ha de formar parte esencial de los currículos de ciencias. Afirmaciones tan contundentes han desatado polémica y suscitado posicionamientos encontrados (ver, por ejemplo, KHAZAEI; ROUCAU; KALMAN, 2018); ello ha dado lugar a estudios empíricos con resultados llamativamente diversos. A pesar de las divergencias surgidas, la incorporación de la NOS en la educación científica ha sido ampliamente aceptada por organizaciones internacionales como la NSTA-Asociación Nacional de Profesores de Ciencias en EEUU (NSTA, 1982, 2000) o la AAAS-Asociación Estadounidense para el Avance de las Ciencias (AAAS, 1990, 1993), desde las cuales se plantea que “una adecuada comprensión de la NOS permite un entendimiento de la naturaleza empírica y tentativa del conocimiento científico y una apropiación del papel central de la teoría y de la investigación en la ciencia” (ABD-EL-KHALICK; LEDERMAN, 2000, p. 2; la traducción es nuestra).

Obstáculos epistemológicos por debajo de la NOS del profesorado de ciencias

En la investigación que aquí se reporta, la revisión de antecedentes directos en torno a las concepciones docentes (o de enseñanza) sobre la naturaleza de la ciencia se realizó reconociendo como *ejes de análisis* cuatro líneas de trabajo: 1. estudios sobre el conocimiento epistemológico del profesorado de ciencias (e.g. FERNÁNDEZ et al., 2002; PUJALTE; ADÚRIZ-BRAVO; PORRO, 2015a) y su correlato en las imágenes de ciencia y de científico del estudiantado (e.g. PUJALTE et al., 2014; DRUMOND VIEIRA et al., 2017); 2. estudios de

las relaciones entre las concepciones sobre la naturaleza, la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias (e.g. CARVAJAL; GÓMEZ, 2002; LEDERMAN, 2006; RAVANAL; QUINTANILLA, 2010; PUJALTE, 2014); 3. estudios que relacionan la NOS con la perspectiva de trabajo centrada en las relaciones ciencia-tecnología-sociedad (CTS) (e.g. ACEVEDO DÍAZ; ACEVEDO ROMERO, 2002; VÁZQUEZ et al., 2007; VILOUTA RANDO; PORRO, 2016); y 4. estudios sobre la enseñanza explícita de la NOS en las aulas de ciencias de los distintos niveles educativos (e.g. COBERN; LOVING, 1998; VÁZQUEZ; ACEVEDO; MANASSERO, 2004; HERMAN, 2010; KHISHFE, 2014).

Atravesamos estas cuatro líneas con nuestro interés por los obstáculos epistemológicos como noción teórica para entender los procesos de construcción del conocimiento científico erudito y escolar. Tal noción se remonta a la crítica racionalista al empirismo dominante a principio del siglo XX (ver CAMPA, 2022).

Ya desde finales del siglo XIX estaba ampliamente instalada, en la comunidad científica y en la sociedad educada, la idea de que el conocimiento proviene de las sensaciones sobre los fenómenos, es decir, es externo al sujeto; se sostenía que la ciencia es un conocimiento homogéneo y estable, conectado al sentido común por un lenguaje fiscalista compartible. El programa positivista se reafirmó en esta concepción donde lo concreto, la medición y la cuantificación eran fundamentales, con lo cual se ratificó la importancia de la observación y la experimentación para el conocimiento y, por ende, para su enseñanza y aprendizaje (SILVA; FABRO; SANTOS DUARTE, 2014; GONÇALVES; ADÚRIZ-BRAVO, 2023).

Así, “ver para comprender” era, al decir del racionalista crítico francés Gaston Bachelard, el principio rector de una “extraña pedagogía” emergida al calor de este auge positivista, principio que él se dedicó a demoler en su obra. Ya durante la segunda mitad del siglo XX y lo que va del presente, y apoyándose en esa crítica racionalista, la filosofía de la ciencia produjo teorizaciones que terminaron de poner en crisis los postulados metacientíficos de la llamada “concepción heredada” científicista y elitista que, como se dijo, proveyó de cimentación epistemológica a la enseñanza de las ciencias tradicional.

BACHELARD (1993/1938) plantea el obstáculo epistemológico como un concepto teórico que debe ser tenido en cuenta para entender el acto de conocer; afirma que, “cuando se investigan las condiciones psicológicas del progreso de la ciencia, se llega muy pronto a la convicción de que hay que plantear el problema del conocimiento científico en términos de

obstáculos” (BACHELARD, 1993/1938, p. 15). Para este autor, los obstáculos *no suponen falta de conocimiento*, sino todo lo contrario: son conocimientos o saberes de gran utilidad para los sujetos, que sirven para enfrentar y resolver determinados problemas, pero que en otros contextos –específicamente al entrar en contacto con fenómenos científicos– son las primeras respuestas que aparecen y a menudo resultan inapropiadas, imprecisas o falsas. La experiencia común, concreta, real, natural e inmediata se convierte en obstáculo cuando nos enfrentamos con una “experiencia científica” del mundo natural.

A partir del clásico bachelardiano *La formation de l'esprit scientifique* (BACHELARD, 1993/1938), un número importante de autores de varios campos de conocimiento revisan y expanden el concepto de obstáculo (por ejemplo, ASTOLFI; PETERFALVI, 1993; ASTOLFI, 1999; GARCÍA CRUZ, 1998; MALISANI, 1999; TABER, 2003; ORREGO CARDOZO; TAMAYO ALZATE; LÓPEZ RUA, 2012; PÉREZ; GÓMEZ GALINDO; GONZÁLEZ GALLI, 2018; PENA; MESQUITA, 2018). Estas investigaciones nos señalan numerosos obstáculos en la educación científica, entre ellos: la permanencia de conocimientos producto de explicaciones básicas del día a día; el desconocimiento del lenguaje propio de las ciencias y su asimilación con el lenguaje cotidiano; la presencia de carga cultural y emocional; la explicación de fenómenos científicos a partir de analogías y metáforas fundamentadas en ideas familiares (ver ALZATE QUINTERO, 2013). Todos estos obstáculos epistemológicos pueden tener gran persistencia, afectando la apropiación significativa de los contenidos científicos y al mismo tiempo, como se hipotetiza aquí, *interfiriendo con los procesos de comprensión de la naturaleza de la ciencia*.

El investigador francés Jean-Pierre ASTOLFI (1999), pionero en la recuperación de los obstáculos epistemológicos para la didáctica de las ciencias, ilustra el funcionamiento de esos obstáculos a partir de indagar las concepciones que circulan entre los estudiantes sobre las transformaciones de la materia, tanto físicas, como químicas y biológicas. En esos estudios, aun cuando los estudiantes se enfrentaban a varios campos científicos diferentes, se encontraban concepciones alternativas y modos de pensamiento semejantes. El autor entonces plantea que las concepciones o nociones encontradas pueden ser “puntos de emergencia” de un mismo obstáculo, que resulta imperativo reconocer. El marco teórico, por tanto, entiende los obstáculos como “los retornos regulares del pensamiento común” (ASTOLFI, 1999, p. 156).

La llamada *persistencia del sentido común* acarrea dificultades para diferenciar el conocimiento cotidiano del científico y lograr la evolución o el cambio de las diversas concepciones inadecuadas con las que llegan los estudiantes al aula hacia los conocimientos específicos de las ciencias que deben aprender de acuerdo con el currículo. En efecto, tanto las concepciones como los obstáculos epistemológicos son muy estables y difíciles de cambiar (GUILLÉN LÓPEZ; BOHÓRQUEZ; PIRES DE FERNÁNDEZ, 2016; DRUMOND VIEIRA et al., 2017). Por tanto, la *resistencia* es considerada una de las características más relevantes de los obstáculos y de mayor influencia en la enseñanza de las ciencias en la escuela (PÉREZ; GÓMEZ GALINDO; GONZÁLEZ GALLI, 2018).

Nuestra investigación se apoya en la tesis de que, así como se identifican obstáculos epistemológicos en relación a los conceptos científicos, se puede afirmar que existen “haces” de metaconcepciones sobre la ciencia en el profesorado que pueden oficiar de obstáculos a la hora de poner en juego una imagen de ciencia acorde a las perspectivas recientes de la filosofía de la ciencia, que permita promover una enseñanza científica de calidad (PUJALTE; ADÚRIZ-BRAVO; PORRO, 2015a, 2015b). Son esos “obstáculos NOS” el objeto de análisis empírico del presente estudio.

Camino metodológico

Nuestra investigación en la línea NOS está guiada por la pregunta acerca de los obstáculos epistemológicos que están en la base de las concepciones sobre ciencia (metacientíficas) presentes en la enseñanza (ALZATE QUINTERO, 2013); estas últimas están ampliamente estudiadas en la literatura, no así los primeros.

El objetivo específico para la indagación que aquí se reporta es *inferir* algunos de esos obstáculos a partir de las concepciones NOS de un grupo de docentes de ciencias en el Departamento de Caldas, Colombia. Nuestra pesquisa empírica tuvo un carácter mixto, descriptivo e interpretativo; se complementaron métodos de análisis cuantitativos (en una primera aproximación al corpus de datos) y cualitativos (para una profundización que generara utillaje analítico).

La unidad de trabajo fue seleccionada por muestreo intencional y estuvo conformada por 31 profesoras y profesores de ciencias de secundaria caldenses que participaban, al momento del estudio, en el llamado *Programa Ondas* del Ministerio de Ciencia, Tecnología e

Innovación de Colombia. Tal programa procura, a través de una propuesta pedagógica alineada con la idea de *indagación científica*, que niños, adolescentes y jóvenes se interesen por la investigación científica y desarrollen actitudes y habilidades para encararla⁶. Nuestra muestra, por tanto, se constituye de docentes con motivación y entrenamiento -y esperablemente también prácticas- *diferentes* a las del grueso de sus colegas.

Para diseñar tanto la recogida como el análisis de datos, se partió de cuatro grandes categorías, bien extendidas en la literatura NOS: 1. la ciencia y su construcción; 2. características del conocimiento científico; 3. cualidades del científico; y 4. relaciones CTS. La aproximación al fenómeno se hizo utilizando una combinación de dos técnicas: cuestionario y entrevista. El cuestionario de 14 preguntas abiertas fue aplicado a los 31 docentes. De un primer análisis descriptivo se identificaron, por recurrencia, los temas y categorías más potentes que requerirían profundización. Para tal profundización se utilizó la técnica de entrevista, aplicada a 6 de los participantes, seleccionados porque cubrían el amplio espectro de variedad de respuestas escritas. Así, la aplicación del método *de casos* permitió un análisis más completo y complejo de la información, siendo que aquí los casos son lo que llamaremos *énfasis* y *tendencias* en las concepciones NOS del profesorado, y no los propios profesores que constituyeron la muestra. Nuestra unidad de análisis última fueron los obstáculos epistemológicos identificables para la naturaleza de la ciencia en el grupo de docentes estudiados.

Una vez organizada la información escrita y oral, se procedió a la codificación y recodificación de los datos empíricos mediante el software ATLAS.ti y se exploró la frecuencia de aparición de determinadas familias de códigos para identificar en este grupo de profesores lo que llamamos tendencias (ver STRAUSS; CORBIN, 2002). Para llegar a las tendencias propusimos unos énfasis, a modo de *perfiles epistemológicos* de los profesores (cf. FLORES CAMACHO; GALLEGOS CÁZARES; REYES CÁRDENAS, 2007).

Entonces, el tratamiento de la información para la obtención de resultados y conclusiones se realizó en dos momentos. En un primer momento se realizó un análisis estadístico descriptivo de las respuestas, en orden a observar frecuencias frente a las categorías iniciales y a las subcategorías que surgieron dentro de los énfasis construidos. Un segundo momento de análisis cualitativo más fino de las conceptualizaciones halladas en las respuestas

⁶ Ver: <https://ondas.minciencias.gov.co/>

acerca de la ciencia y los procesos ligados a ella estuvo destinado a identificar obstáculos epistemológicos que podrían estar en la base de las ideas NOS sostenidas por el profesorado.

El tratamiento *hermenéutico* (ver HERNÁNDEZ CARRERA, 2014) del lenguaje oral y escrito de los profesores participantes se realizó a partir de un análisis de contenido clásico, pero apoyado en estrategias de saturación, uso de codificación digital y estricta triangulación. Inicialmente, la interpretación se hizo sobre la base de las grandes perspectivas epistemológicas definidas por COBERN y LOVING (1998) en su capítulo, que, como dijimos, nosotros ubicamos dentro de seis énfasis que reconocimos en el corpus de datos:

1. *cientificista*, con una visión fuertemente tradicional acerca de la superioridad del conocimiento científico merced al uso del método (ver ADÚRIZ-BRAVO, 2008);
2. *empírico*, adhiriendo a un posicionamiento empiroinductivista que acentúa la importancia de la observación y la experimentación (ver ADÚRIZ-BRAVO et al., 2006);
3. *teórico*, establecido con base en una concepción racionalista dogmática del conocimiento científico (ver VÁZQUEZ et al., 2001);
4. *anticientífico*, énfasis que exagera las tesis relativistas kuhnianas (ver VÁZQUEZ et al., 2001);
5. *cultural*, correspondiente a una visión poskuhniana de orientación teórica sociologizante (ver GONÇALVES; ADÚRIZ-BRAVO, 2022); y
6. *equilibrado*, un énfasis progresista, cercano a tesis epistemológicas recientes, que busca un balance entre los aspectos internalistas y externalistas a la hora de caracterizar la ciencia (ver GONÇALVES; ADÚRIZ-BRAVO, 2022).

En una segunda iteración, se buscó definir por debajo de estos énfasis algunos obstáculos epistemológicos *lo más transversales posibles*, siguiendo de cerca las propuestas de Bachelard y Astolfi (ver CAMILLONI, 1997).

Como se indicó, se llevó a cabo una continuada triangulación de los hallazgos entre los datos obtenidos en las respuestas al cuestionario, lo visto en la entrevista en profundidad y la literatura específica revisada. Además, se fueron sometiendo las inferencias preliminares al juicio crítico de pares expertos del campo de la didáctica de las ciencias.

Análisis y discusión de los resultados

El primer procesamiento de los datos, estadístico descriptivo, nos permitió observar la frecuencia de las respuestas frente a las cuatro categorías iniciales y a las subcategorías que fueron surgiendo del análisis de contenido. Así se fue construyendo nuestra *teoría fundamentada* (STRAUSS; CORBIN, 2002): los seis énfasis epistemológicos presentados más arriba. Con todo ello se realizó una inclusión de las concepciones detectadas en el discurso escrito y oral de los 31 profesores participantes en tales énfasis.

Como resultado general, todos los profesores resaltan, para las cuatro categorías del estudio, aunque con mucha menos frecuencia en la de relaciones CTS, las siguientes cuestiones: aspectos de la ciencia como un proceso riguroso y sistemático y un producto de validez fuerte, propósitos e intereses *epistémicos* clásicos que orientan el trabajo científico, e intencionalidades formadoras para la ciencia en el aula acordes a ello, es decir, valóricamente conservadoras. Este primer resultado abarcativo se nos aparece coherente con la retórica del marco de indagación científica escolar de Ondas, que define “un conjunto de estrategias, contextos e interacciones que dinamizan el proceso enseñanza-aprendizaje utilizando el *método científico* para abordar problemas del contexto real de los estudiantes bajo la guía de un docente-orientador” (MURCIA JIMÉNEZ, 2022, p. 91, el subrayado es nuestro).

Para realizar un subsiguiente análisis interpretativo y comprensivo de la información cualitativa, se trabajó sobre la base de las subcategorías que emergieron de ese análisis inicial. El propósito final era identificar en los docentes unas tendencias con concepciones transversales que pudieran ser entendidas como genuinos obstáculos epistemológicos para la enseñanza de la naturaleza de la ciencia en el aula. Para ello se elaboraron redes semánticas “para la medición de significados connotativos” (VERA-NORIEGA; PIMENTEL; BATISTA DE ALBUQUERQUE, 2005, p. 439), organizando las subcategorías emergidas de las tendencias.

Análisis de los resultados en función de los énfasis y subcategorías

Énfasis cultural y equilibrado

Estos dos primeros énfasis son los más robustos desde el punto de vista epistemológico; se relacionan con una imagen de ciencia de cariz democrático, ajustada a las finalidades actualmente proclamadas para la educación científica, que fueron discutidas en la primera

sección de este artículo. Tales énfasis se manifiestan en las cuatro categorías analizadas (aunque con muy poca frecuencia en la de características del conocimiento científico) y representan respectivamente el 31% y el 21% del total de las respuestas a los cuestionarios y entrevistas, lo que sin duda resulta un hallazgo auspicioso. Nuestro estudio muestra así un panorama ligeramente mejor que los reiteradamente reportados en la literatura de la didáctica de las ciencias (ver una revisión en ÖZGELEN; YILMAZ TÜZÜN, 2012).

En las entrevistas aparecen, inscribibles dentro de estos énfasis, aspectos tales como el rol de la mujer en el trabajo científico y las limitaciones culturales que han impedido su acceso a él, y el impacto de la ciencia en la sociedad y la cultura. Temas como estos se asocian a una imagen de ciencia reciente, de perspectiva poskuhniiana, desde la que se rescatan sus vínculos con los contextos históricos, sociales, culturales y políticos (GONÇALVES; ADÚRIZ-BRAVO, 2022).

Sin embargo, están muy presentes en el colectivo de docentes estudiados nociones sobre los *valores* de la ciencia y los científicos (y en particular sobre aquellos que son más importantes para la formación del estudiantado) que evocan de manera muy directa las formulaciones normativas del llamado CUDEOS mertoniano (MERTON, 1968) y, yendo más atrás en el tiempo, las del propio Karl POPPER (1993/1934) cuando alude a un sujeto ideal, que opera con racionalidad categórica (moldeada sobre la lógica). Esta recurrencia a una filosofía de la ciencia científicista y elitista constituye un “ruido” en la interpretación progresista de las concepciones docentes sobre la NOS.

Aparecen también, aunque de manera un poco menos frecuente, tendencias relacionadas con el énfasis cultural, con respuestas –en las categorías de la ciencia y su construcción y características del conocimiento científico– que asumen la ciencia como una actividad profundamente humana, con influencia en nuestras vidas, relacionada con los contextos socioculturales donde se desarrolla y ligada a necesidades y problemas sociales.

Se habla por otra parte de una ciencia sujeta a procesos de revisión crítica y de comunicación entre pares para permitir su validación. En los siguientes fragmentos de discurso⁷ hay elementos que pueden leerse a partir de una las perspectivas *humanista* y *contextualista*, propias del énfasis cultural:

⁷ En las citas textuales que aparecen a partir de aquí, y en coherencia con lo expuesto en la sección metodológica, los trochos de escritura o de habla no se identifican con las profesoras y profesores que los produjeron, sino con sus etiquetas de código en las redes semánticas.

La ciencia es un proceso dinámico, es producto de la actividad humana. (641)
Es un cúmulo de realizaciones adelantadas por el hombre a través del tiempo, las cuales se han ido sistematizando y articulando en cuerpos de conocimientos que han contribuido en forma sustancial al desarrollo humano y al mejoramiento de la calidad de vida. (14)

En lo que atañe a las tendencias vinculadas con el énfasis equilibrado, en la categoría de la ciencia y su construcción aparecen con una frecuencia alta referencias al *pluralismo* metodológico, lo cual implica el reconocimiento de la diversidad de métodos en el trabajo científico (por lo menos, a nivel de la escuela). Por ejemplo:

El método científico no es solo una forma de hacer ciencia, existen otras pedagogías y maneras sencillas y también estructuradas para acceder a la ciencia. (96)

Asimismo, se reconoce una visión que inscribe la ciencia en un conjunto plural de saberes: la considera como un intento de explicar los fenómenos naturales, mas no como una forma de conocer única, o ni siquiera especialmente privilegiada. Por ejemplo, se afirma que la ciencia:

[e]s una forma de entender el mundo, para transformarlo día a día mediante el actuar humano y valiéndose de instrumentos, espacios, comportamientos, concepciones, conocimientos, experiencias que modifican el modo de vivir de los seres. (640)

Acerca de los énfasis científicista y empírico

Como se señaló, estos dos énfasis son los más positivistas y dogmáticos y, por lo tanto, los menos adecuados para la enseñanza de las ciencias actual. El énfasis científicista se revela muy claramente en las categorías de la ciencia y su construcción y características del conocimiento científico, y puede ser identificado en más del 60% de todas las respuestas escritas y orales. Ello sugiere la presencia de una concepción marcadamente tradicional sobre la actividad científica que es –de acuerdo con la literatura– deformada, *en el sentido de inadecuada a un currículo de educación científica para todos*. No habíamos asociado inicialmente respuestas encuadrables en este énfasis a la categoría de cualidades del científico, aunque en un segundo análisis (derivado de la validación a partir del juicio de expertos)

podieron inferirse aspectos científicas en el plano axiológico (i.e. relacionado con los valores), con lo cual la ponderación de este énfasis se elevó notablemente.

Por otra parte, casi no se infirieron aspectos científicas en la categoría de relaciones CTS, lo que muestra que allí se concentran las ideas más avanzadas de NOS de los profesores estudiados. Esto podría explicarse con una hipótesis ya utilizada en trabajos anteriores: la visión contextualista poskuhniana (o una más general y radical, de naturaleza constructivista) ha alcanzado a tener influencia *en el discurso del profesorado de ciencias* a través de la formación, sobre todo la continuada o en servicio (ver LÓPEZ Y MOTA; RODRÍGUEZ PINEDA; BONILLA PEDROZA, 2004; AMADOR-RODRÍGUEZ; ADÚRIZ-BRAVO, 2011).

En el énfasis científico se destacan: el método como “garantía” para alcanzar conocimiento científico de buena calidad y una noción de *verificación* sin matices, criterios ambos muy representativos del ideal positivista (ADÚRIZ-BRAVO, 2008). A ello debemos sumar el rol que los profesores adjudican a la observación y la conceptualización que hacen del científico como un sujeto epistémico ideal al estilo popperiano. A manera de ilustración, vemos los siguientes textos:

[Con] criterios objetivos [de validez]. (596)
Honesto con su quehacer experimental. (635)
Riguroso en su método, pero flexible en la operatividad. (839)

Por supuesto que esta concepción de método se sustenta en una confianza casi absoluta en la empiria como fuente de conocimiento fiable; aquí se comienza a discernir un primer obstáculo epistemológico. La exagerada importancia que los profesores dan a la observación y a la experimentación como procesos prioritarios en la construcción del conocimiento científico fundamentado (“comprobado”) se constituyen como indicador fuerte del énfasis empírico. La observación se entroniza como punto de partida de la investigación y se acepta la génesis inductiva de las teorías científicas (ADÚRIZ-BRAVO, 2008). Ejemplos de ello se encuentran en los siguientes fragmentos:

Partir de la observación, que son como los ojos que inducen a la investigación. (236)
Para mí las más importantes son la observación, porque a partir de ella salen muchos supuestos teóricos, de allí parte una investigación científica, y otro muy importante, la experimentación, porque es la comprobación de todo lo observado. (709)

Las consideraciones respecto de la importancia del método científico y los procesos algorítmicos centrados en él (ver ADÚRIZ-BRAVO, 2008) se muestran como los rezagos de una visión empiroinductivista de la ciencia, que no reconoce en ella el papel de los modelos teóricos, concepción que FERNÁNDEZ y colaboradores (2002) asumen como un *reduccionismo* y que sin duda empobrece la enseñanza de las ciencias.

La investigadora chilena Ximena VILDÓSOLA (2009) recoge en su tesis doctoral una gran cantidad de trabajos anteriores donde se muestra que profesorado y estudiantado consideran que la observación cuidadosa es el principal recurso de los científicos; esta sobredimensionada relevancia que le dan sugiere el desconocimiento de la naturaleza y función de las teorías y modelos, lo que se constituye en una dificultad mayúscula para la comprensión de los sofisticados procesos en la ciencia. Así, no aparece como tema la necesaria revisión de desarrollos teóricos previos para sugerir y conducir las preguntas de investigación. Esta imagen *ateórica y aproblemática* se refuerza con la identificación de la rigurosidad del trabajo científico con el empleo del método empírico, que, según los profesores, debe ser seguido porque es fiable. Las siguientes respuestas lo evidencian:

Los mejores científicos sí son los que siguen las etapas del método científico. (463)

Es el resultado de un proceso y un método de investigación que tiene como fin demostrar o reconocer una verdad, una afirmación, una hipótesis; esta última será convertida en tesis. (384)

De acuerdo con nuestra interpretación, se ve aquí un conjunto amplio de *concepciones alternativas* (ver DE POSADA, 2000) o incluso una genuina *teoría implícita* (COSSÍO GUTIÉRREZ; HERNÁNDEZ ROJAS, 2016) sobre la ciencia que se montan sobre este primer obstáculo reconocible de *adherencia extrema al método*.

También en el análisis de la categoría de características del conocimiento científico aparecen otras marcas positivistas del énfasis científicista; entre ellas, conceptualizaciones tales como: el conocimiento científico como objeto inmutable, verificable, comprobable, estático; la ciencia como trabajo de élites; el error como causa del retraso en la ciencia; la importancia del trabajo logicista en el *contexto de justificación* del conocimiento. Se encuentran muchas respuestas que consideran la ciencia como la forma privilegiada de descubrir la verdad sobre el mundo:

La ciencia es el campo del conocimiento que nos permite la investigación y la experimentación para encontrar un conocimiento verdadero. (643)

La ciencia solo produce teorías ciertas, verdaderas. (644)

La ciencia es conocimiento verdadero de un fenómeno. (30)

Estas concepciones de la ciencia como verdad en la tendencia empiroinductivista están emparentadas a su vez con el concepto de objetividad. La visión de naturaleza de la ciencia que subyace es que el trabajo científico está basado exclusivamente en *hechos* comprobados y demostrados. Se hace pie en una relación de correspondencia estrecha entre lo que la ciencia dice y lo que es efectivamente el mundo, que se ha dado en llamar “realismo ingenuo” (SISO PAVÓN; CUÉLLAR FERNÁNDEZ, 2017).

Hay también *monismo axiológico*, es decir, una sobresimplificación de los valores científicos, que quedan reducidos a la búsqueda de la verdad. Aparece así una supuesta *neutralidad* valórica, puntal de la ideología científicista, que contrasta marcadamente con las concepciones actuales provistas por la filosofía de la ciencia, en las que se acepta que sistemas complejos de valores epistémicos y no epistémicos moldean la actividad científica (ECHEVERRÍA, 1998). Así, en la categoría de cualidades del científico, aunque las respuestas trascienden el clásico retrato del personaje inteligente y perspicaz, los profesores siguen relacionando la ciencia con valores normativos, muchos de ellos de cuño tradicional:

Personas que se cuestionan a diario de su entorno, buscan soluciones permanentes a su quehacer, son organizadas, persistentes. (745)

Las personas que hacen ciencia trabajan en equipo para buscar una mejor comunicación y competitividad en el mundo productivo y laboral. (318)

Debe ser objetivo, no subjetivo, racional. (825)

Parte de leyes y principios científicos, es sistemático, se basa en conocimientos jerarquizados y ordenados. (826)

Otras consideraciones que emergen del análisis cualitativo

Como se dijo, las tendencias analizadas hasta aquí conforman un patrón fuerte que nos indica que, a pesar de las visiones progresistas de NOS identificadas entre los profesores bajo estudio, el énfasis científicista está aún muy anclado en ellos, sobre todo en algunos nudos temáticos clásicos, como verdad y método. En este mismo sentido, aparecen otras subcategorías, menos concluyentes, pero que resultan interesantes para nuestra argumentación, en tanto que pueden estar mostrando más aristas de las imágenes de ciencia y de científico explicables postulando la existencia de obstáculos epistemológicos. Por ejemplo, los profesores

de la muestra discuten mayormente aspectos de la ciencia como conocimiento, desdibujando su conceptualización como actividad, tal cual se evidencia a continuación:

La ciencia es un conjunto de conceptos que parte de una gran experiencia y que ha conllevado a una definición muy precisa sobre determinado tema, precisa más no exacta, ya que a medida que se avanza en este campo se van haciendo nuevos descubrimientos y por consiguiente nuevos conceptos. (872)

El tipo de análisis que realizamos permite relacionar nuestros hallazgos, que ubican muchas de las ideas de los profesores en una concepción positivista y científicista de la ciencia, con lo que sería una visión o perspectiva *prekuhniana* en la NOS. La filosofía de la ciencia “antes de Kuhn” (en términos de LEDERMAN; BELL; ABD-EL-KHALICK, 2000) estuvo signada por los aportes de las diferentes corrientes empiristas y logicistas, que proponían centrarse estrictamente en el contexto de justificación del conocimiento. A partir de ello se consolidó un enfoque internalista en el análisis de la ciencia, realizado sobre sus productos considerados objetivos. Este enfoque, tal cual se ha afirmado muchas veces en la literatura de la didáctica de las ciencias, resulta poco adecuado para una educación científica de calidad y relacionada con objetivos democráticos. En una enseñanza de las ciencias de fundamentación positivista,

las actividades educativas se desarrollan de acuerdo a un derivado de la actividad científica y su objetivo es contribuir a la formación de futuros científicos, destacando el juicio para probar la teoría de la racionalidad. Sumado a ello, las actividades en la enseñanza de la ciencia con gran frecuencia se reducen a comparar el resultado empírico con el resultado teóricamente esperado; desde esta perspectiva, el profesor guía a los estudiantes a seguir los pasos del guion establecido, generando el control de las variables, haciendo hincapié en la toma de datos, y no en la reflexión crítica de los resultados [...]. (SILVA; FABRO; SANTOS DUARTE, 2014, p. 22)

Por contrario, las tendencias *poskuhnicas* (ver GONÇALVES; ADÚRIZ-BRAVO, 2022) que emergen en el grupo bajo estudio en relación con la categoría de relaciones CTS muestran elementos sumamente *productivos* para la enseñanza. Los profesores participantes examinan, por ejemplo, la influencia de las necesidades de la sociedad en la investigación y la responsabilidad social que atañe a la actividad científica. En el discurso del profesorado de ciencias se establecen relaciones entre la ciencia, los criterios éticos, políticos, culturales,

ambientales e históricos, las tradiciones de pensamiento y los derechos humanos. A modo de ilustración:

Los impactos se causan según las mismas necesidades de los grupos sociales. (111)

Partiendo de una necesidad se plantean propuestas y avances, se crean estrategias y de allí se evalúan dichos impactos; por ello, sin diferenciar el tipo de avance, todo lo que da respuesta a necesidades se justifica. (112)

En las visiones poskuhnianas detectadas en el discurso de los profesores emerge también una subcategoría de *género y ciencia*. Se reconoce una tendencia fuerte relacionada con la apertura hacia la igualdad, apoyada en consideraciones que rescatan el papel de la mujer en la ciencia. Así:

Poco a poco, ha ido incursionando el género femenino en colectivos, tareas de investigación, semilleros, al ser conscientes de su capacidad de razonar, proyectar, analizar, comparar, hacer ciencia; puesto que el mundo actual, la globalización, la inclusión, la otredad propicia estos espacios en igualdad de condiciones académicas, científicas, políticas, ideológicas, culturales, religiosas. (795)

Profesoras y profesores logran hacer una evaluación crítica del *androcentrismo* presente a lo largo de la historia de la ciencia, que ha supuesto la diferenciación de roles por género, dejando a la mujer por fuera del mundo de la ciencia “institucionalizada” (ver SOLSONA I PAIRÓ, 2002). Los docentes estudiados tematizan esa diferenciación de roles, aunque muchas veces la deconstrucción dista mucho de ser completa:

Porque culturalmente se han definido los roles masculino y femenino. La mujer ha sido educada para las labores domésticas y para cuidar a los hijos. (759)

La mayoría de los científicos son hombres porque han sido más arriesgados y creativos, además son más desprendidos y libres en sus actuaciones, mientras que las mujeres tenemos más compromisos, mayor organización y nos cuesta ser más despegadas a todo lo que nos rodea. (757)

Por otra parte, las tendencias en la categoría de características del conocimiento científico reconocen las semejanzas y diferencias entre el conocimiento científico y el común y relevan la naturaleza tentativa que el profesorado asigna al conocimiento científico. Algunos

profesores advierten el carácter evolutivo y revolucionario de la ciencia, al asumirla como conocimiento falible, falsable, modificable y cambiante. Así:

Los conceptos no están en un estado terminal, a medida que la ciencia profundiza en su campo van surgiendo nuevas ideas; por consiguiente, lo que hoy es una verdad mañana puede tomar otro rumbo. (451)

El conocimiento científico es comprobado, expuesto a la crítica, avalado por las comunidades científicas. (559)

Esta última referencia, si bien alude a un conocimiento que se termina de validar en la comunidad científica y está sometido a la crítica, al mismo tiempo afirma que es “comprobado”, aspecto de fuerte connotación empiropositivista, al adjudicar valor de verdad unívoco a ese conocimiento (ver SILVA; FABRO; SANTOS DUARTE, 2014). Este tipo de respuestas nos lleva a pensar que muy frecuentemente el perfil epistemológico de los profesores tiende a ser fuertemente *híbrido*, llegando a veces a presentar inconsistencias internas; por tanto, resulta forzado tratar de incluir a cada profesor en un único énfasis. La hibridez epistemológica como característica del discurso del profesorado se ha discutido largamente en estudios anteriores (ver, por ejemplo, AMADOR-RODRÍGUEZ; ADÚRIZ-BRAVO, 2011).

En la categoría de cualidades del científico se revelan tanto los valores epistémicos inherentes al trabajo científico como los personales, considerados el sustento de la actividad científica. Entre los valores epistémicos clásicos –examinados en PUJALTE; ADÚRIZ-BRAVO; PORRO, 2015b– se encuentran: curiosidad, rigurosidad, honestidad, objetividad, desinterés, verdad, etc. La siguiente respuesta evidencia este tipo de mirada:

Innovadora, la persona científica se admira, se maravilla del mundo y se entrega a su quehacer. (820)

Varios profesores participantes de este estudio resaltan la importancia de los criterios axiológicos para moldear la praxis científica, pero, tal como afirmamos antes, los valores considerados tienen un componente indudablemente tradicional en muchos casos. En las respuestas, se consideran como valores sociales en la ciencia: hacer públicos los resultados, enseñables y accesibles a cualquier persona; que prime la objetividad; que se mejoren, en lo posible, los resultados anteriores (cf. ECHEVERRÍA, 1998). Aparecen en este contexto

menciones a las *habilidades comunicativas* que deben hacer parte de la ciencia, muy presentes en el racionalismo crítico popperiano.

La tendencia hacia el pluralismo axiológico añade, a la idea canónica de la actividad científica como producción de conocimiento en términos cognitivos, las implicaciones de hacer ciencia en el mundo y en la vida de las personas. En esta línea, aparecen en el corpus de datos valores exageradamente positivos, como la búsqueda del bienestar común y el poner la ciencia al servicio del progreso de la humanidad.

En la categoría de relaciones CTS, se reconoce la tendencia hacia otra forma de pluralismo científico: se resaltan la formación del espíritu científico, el fomento del pensamiento crítico y el desarrollo del sujeto como finalidades inherentes a las “responsabilidades” de la escuela como escenario de formación para fomentar la cultura científica y desarrollar actitudes favorables de cara a la comprensión de los fenómenos del mundo (ver ESTRADA MOLINA; ZAMBRANO ACOSTA; FUENTES CANCELL, 2019).

Todas estas características emergentes, mayormente identificadas en el seno de los énfasis progresistas cultural y equilibrado, contribuyen a una concepción de la naturaleza de la ciencia cercana a lo que se conoce como una *perspectiva integral y holística* (ALLCHIN, 2017), pero no exenta de “recaídas” hacia nudos científicistas y exclusores. En conjunto, esta concepción de ciencia puede ser valiosa para la enseñanza de las ciencias, al aproximarse a una imagen más curricularmente adecuada y más humanista de la actividad científica.

El posible patrón de obstáculos subyacente

Como ya adelantamos, creemos que el apego al método basado en la observación y la experimentación que aparece con mucha fuerza en el énfasis científicista tiene las características de un obstáculo epistemológico transversal a la naturaleza de la ciencia, con posibilidad de limitar en el aula la asimilación del conocimiento científico y la comprensión de la actividad científica. Estimamos que tal obstáculo se corresponde con lo que BACHELARD (1993/1938) llama la *experiencia básica*, que conduce a un conocimiento concreto, claro e inmediato que se construye acriticamente a partir de las experiencias “desnudas” de teoría.

La experiencia básica tiende a la generalización superficial en variadas situaciones; esto parece verse en la convicción del profesorado de ciencias bajo estudio de que hay un único método, fuertemente experimental, para todas las disciplinas científicas, obstáculo que habría

sido construido a partir de la experiencia social de haber visto imágenes estereotipadas de científicos “en acción” (ver KARAÇAM, 2016). Ello conecta con un segundo obstáculo epistemológico planteado por Bachelard, el del *conocimiento general*, que es un conocimiento vago, muy poco explicativo, útil para una diversidad de contextos de actuación: nuestra hipótesis es que una idea muy grosera de método se construye en interacciones sociales que instalan un “sentido común” sobre el quehacer científico.

El uso persistente de la experiencia básica puede llevar a formular conceptos imprecisos, vagos e indefinidos, que dejan de lado aspectos esenciales o detalles fundamentales, al contrario de lo que sucede con el conocimiento científico. En nuestra investigación, las tendencias encontradas en los énfasis tradicionales muestran entonces un conocimiento general, poco detallado y contextualizado, como un obstáculo epistemológico para comprender el funcionamiento de la actividad científica.

Referirse de manera indiferenciada a la ciencia utilizando términos del lenguaje común (la ciencia como campo, expresión práctica, acción, conjunto de conceptos, proceso dinámico, arte de pensar, cúmulo de realizaciones, proyecto, conjunto de conocimientos, etc.) podría en principio ser indicio de una concepción multidimensional, que atiende a distintos aspectos del proceso y del producto. Sin embargo, el hecho de que la mayoría de esos términos son poco potentes parece estar señalando más bien una dificultad para caracterizar adecuadamente la naturaleza de la ciencia, constituyéndose así también en un obstáculo epistemológico *verbal*.

En contraposición a estas concepciones “obstaculizadas”, las tendencias asociadas a los énfasis cultural y equilibrado muestran elementos novedosos que señalan una interpretación más amplia y compleja de la ciencia. Algunos docentes tienen visiones próximas a una perspectiva de ciencia integral y holística, que admite su carácter dinámico. Valorar la ciencia como “una” de las posibilidades de explicación y comprensión del mundo natural es admitir que ella no genera todas las respuestas ni es absolutamente superior a otras formas de conocimiento. Reconocer la influencia del marco histórico, político y sociocultural en la ciencia implica reinterpretar la objetividad del conocimiento científico, para asociar al individuo con toda su carga ética y valórica, la sensibilidad, creatividad e imaginación propia de la naturaleza humana, en las múltiples maneras en que todo ello se manifiesta en quienes se dedican a hacer ciencia. Para nosotros, estos hallazgos, que guardan coherencia con una concepción de ciencia

ligada a postulados poskuhnianos de naturaleza de la ciencia, son evidencias de posibles *rupturas* con los obstáculos antes mencionados.

Apuntes conclusivos

Las tendencias en torno a la naturaleza de la ciencia que alcanzamos a identificar en los profesores de ciencias colombianos que hemos estudiado conforman, en lo fundamental, un patrón fuerte característico de la visión positivista y científicista, que puede estar constituida por los rezagos resistentes de una visión empiroinductivista y atórica de la ciencia socialmente instalada, que la formación inicial y continuada de estos profesores no pudo contrarrestar. Tal visión deformada se enmarca en una perspectiva epistemológica prekuhniana y alejada de las proposiciones de NOS enunciadas para la enseñanza de las ciencias por William MCCOMAS y colaboradores (1998) a partir de la filosofía de la ciencia de las décadas de los 50s, 60s y 70s.

Las tendencias *tradicionales* sobre qué es la ciencia y cómo se desarrolla conducen a una comprensión de la naturaleza de la ciencia anticuada y poco productiva para las aulas de ciencias, que refuerza la idea de que el trabajo científico está basado exclusivamente en hechos comprobados y demostrados y conduce, en última instancia, a que muchos niños, adolescentes y jóvenes se autoexcluyan de la participación en actividades científicas. Resulta fundamental identificar y caracterizar en el profesorado en formación inicial las concepciones erradas e identificar en qué obstáculos epistemológicos de NOS están apoyadas, en tanto que a su vez pueden dar lugar a obstáculos contundentes en los planos de la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias (ver TAMAYO ALZATE; SÁNCHEZ; BURITICÁ, 2011).

Por otra parte, las tendencias de naturaleza de la ciencia, bastante extendidas, que hemos relacionado con la categoría de relaciones CTS (y, en menor medida, con la categoría de cualidades del científico) parten del reconocimiento y la importancia de los diversos tipos de ciencias y de quehaceres científicos. Elementos tematizados por los profesores bajo estudio, como los valores de las comunidades científicas y su influencia en el desarrollo del conocimiento científico y las relaciones de la ciencia con la tecnología, las artes y otras formas de explicar el mundo –por ejemplo, mito o religión (ver ADÚRIZ-BRAVO, 2021)–, son auspiciosos en tanto que pueden dar sustento a la idea de que el contexto escolar es un espacio *por excelencia* para fomentar el pensamiento crítico y una cultura científica que estimule el desarrollo de actitudes positivas hacia una comprensión de las relaciones *responsables* del ser

humano con su mundo y sus congéneres. De acuerdo con nuestro análisis, se ve que una parte del profesorado participante en la investigación está reconociendo –al menos en una primera aproximación– el carácter sociocultural de la ciencia y la influencia de valores, intereses, necesidades y problemas de las comunidades en su construcción y desarrollo. Por tanto, una fracción interesante de las ideas que hemos logrado relevar se ubica en una perspectiva epistemológica poskuhniana, más sintonizada con las ideas de NOS que la didáctica de las ciencias viene recomendando enseñar (ver, por ejemplo, LEDEN; HANSSON, 2019).

Hacer consciente y explícito entre el profesorado de ciencias el marco conceptual NOS que ellos sostienen –con toda su hibridez– acerca de la ciencia y su construcción y que subyace a la manera en que ellos configuran los procesos de enseñanza en sus aulas puede conducir, tras un tratamiento crítico, a la superación de los obstáculos epistemológicos que hemos caracterizado, obstáculos que se encuentran a la base de sus concepciones reduccionistas (ver PÉREZ; GÓMEZ GALINDO; GONZÁLEZ GALLI, 2018) sobre la ciencia. Este tipo de concepciones empobrecidas de los profesores desembocan en el arraigo y la persistencia de concepciones “alternativas” sobre el contenido científico y sobre la NOS en sus estudiantes, pero además perpetúan y anquilosan una imagen de ciencia para la educación que es elitista, exclusora, sexista y antidemocrática.

La renovación de la enseñanza de las ciencias, según las líneas de investigación didáctica actuales, debería apoyarse fuertemente en fomentar la comprensión de cómo opera la ciencia para evaluar sus fortalezas y limitaciones y analizar y comparar los diferentes tipos de conocimiento humano. Esto puede hacer que la educación científica obligatoria se torne para la ciudadanía a un mismo tiempo interesante, significativa, valiosa y emancipadora (ver MCCOMAS; CLOUGH; ALMAZROA, 1998; MCCOMAS; OLSON, 1998).

Referencias

AAAS-American Association for the Advancement of Science. **Science for all Americans: Project 2061**. New York: Oxford University Press, 1990.

AAAS-American Association for the Advancement of Science **Benchmarks for science literacy**. New York: Oxford University Press, 1993.

ABD-EL-KHALICK, F.; LEDERMAN, N. Success of the attempts to improve science teacher's conceptions of nature of science: A review of the literature. **International Journal of Science Education**, v. 22, n. 7, p. 665-701, 2000.



ACEVEDO DÍAZ, J.A.; ACEVEDO ROMERO, P. Creencias sobre la naturaleza de la ciencia: Un estudio con titulados universitarios en formación inicial para ser profesores de educación secundaria. **Revista Iberoamericana de Educación**, v. 29, n. 1, 2002. DOI: 10.35362/rie2912936

ADÚRIZ-BRAVO, A. La epistemología en la formación de profesores de ciencias. **Educación y Pedagogía**, v. XVIII, n. 45, p. 25-36, 2006.

ADÚRIZ-BRAVO, A. ¿Existirá el “método científico”? In: Galagovsky, L. (ed.) **¿Qué tienen de “naturales” las ciencias naturales?** Buenos Aires: Lugar Editorial, 2008, p. 47-59.

ADÚRIZ-BRAVO, A. Didáctica de la filosofía de la ciencia para profesores de ciencias en formación. **Tecné, Episteme y Didaxis**, n. extraordinario VIII Congreso Internacional sobre Formación de Profesores de Ciencias, p. S601, 2018. Disponible em: <https://revistas.pedagogica.edu.co/index.php/TED/article/view/9196/6908>

ADÚRIZ-BRAVO, A. Hacia una didáctica de la filosofía de la ciencia para el profesorado de ciencias en formación. In: MONROY NASR, Z.; LEÓN-SÁNCHEZ, R.; ALVAREZ DÍAZ DE LEÓN, G. (eds.) **Indagaciones cognoscitivas acerca de la enseñanza de la filosofía y de la ciencia**. Ciudad de México: Facultad de Psicología de la UNAM, 2021, p. 1-24.

ADÚRIZ-BRAVO, A.; IZQUIERDO-AYMERICH, M. Tres concepciones educativas sobre el pensamiento crítico: Notas útiles para la enseñanza de las ciencias de la vida y la salud. In: ESTANY, A.; CASACUBERTA, D. (eds.) **Epistemología e innovación en medicina**. Madrid: Plaza y Valdés Editores, 2021, p. 117-134.

ADÚRIZ-BRAVO, A.; PUJALTE, A.P. Social images of science and of scientists, and the imperative of science education for all. In: YACOUBIAN, H.A.; HANSSON, L. (eds.) **Nature of science for social justice**. Dordrecht: Springer, 2020, p. 201-224.

ADÚRIZ-BRAVO, A.; SALAZAR, I.; BADILLO, E.; MENA, N.; TAMAYO ALZATE, O.; TRUJILLO, J.; ESPINET, M. Ideas on the nature of science in prospective teachers for early childhood education. In: MONTANÉ, M.; CAMBRA, J. (eds.) **Papers of the 25th ATEE Annual Conference**. Barcelona: Col·legi Oficial de Doctors i Llicenciats en Filosofia i Lletres i en Ciències de Catalunya, 2001, p. 313-321.

ADÚRIZ-BRAVO, A.; SALAZAR, I.; MENA, N.; BADILLO, E. La epistemología en la formación del profesorado de ciencias naturales: Aportaciones del positivismo lógico. **Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciencias**, v. 1, n. 1, p. 6-23, 2006.

ALLCHIN, D. Beyond the consensus view: Whole science. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, v. 17, n. 1, p. 18-26, 2017. DOI: 10.1080/14926156.2016.1271921

ALMEIDA, L.F. História e filosofia da ciência na formação docente em ciências biológicas: Breves Considerações sobre Propostas Curriculares. In: **VI Colóquio Internacional: Educação e Contemporaneidade**, 2012, São Cristóvão. Disponible em: <https://ri.ufs.br/bitstream/riufs/10179/65/65.pdf>



ALZATE QUINTERO, G.C. Obstáculos epistemológicos en perspectiva de naturaleza de la ciencia – NOS. **Enseñanza de las Ciencias**, n. extraordinario IX Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias, p. 133-137, 2013. Disponible en: <https://raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/295253/383899>

AMADOR-RODRÍGUEZ, R.Y.; ADÚRIZ-BRAVO, A. Representaciones de ciencia en profesores: Un análisis desde presupuestos contemporáneos de la epistemología. In: **Avances en educación en ciencia y tecnología: Enfoques y estrategias: Año 2011**. San Fernando del Valle de Catamarca: UNCa, 2011, p. 68-74.

AMADOR-RODRÍGUEZ, R.Y.; ADÚRIZ-BRAVO, A. ¿Qué naturaleza de la ciencia se presenta en los libros de química para la educación secundaria en América Latina? **Enseñanza de las Ciencias**, v. 39, n. 3, p. 11-31, 2021.

ASTOLFI, J.-P. El tratamiento didáctico de los obstáculos epistemológicos. **Educación y Pedagogía**, v. XI, n. 25, p. 149-171, 1999.

ASTOLFI, J.-P.; PETERFALVI, B. Obstacles et construction de situations didactiques en sciences expérimentales. **Aster: Recherches en Didactique des Sciences Expérimentales**, n. 16, p. 103-141, 1993. DOI: 10.4267/2042/8578

BACHELARD, G. **La formación del espíritu científico**. 19 ed. México: Siglo XXI, 1993. (Edición original en francés de 1938.)

BATHGATE, M.; CROWELL, A.; SCHUNN, C.; MAC CANNADY, M.; DORPH, R. The learning benefits of being willing and able to engage in scientific argumentation. **International Journal of Science Education**, v. 37, n. 10, p. 1590-1612, 2015. DOI: 10.1080/09500693.2015.1045958

BELL, R.L.; LEDERMAN, N.G.; ABD-EL-KHALICK, F. Developing and acting upon one's conception of the nature of science: A follow-up study. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 37, n. 6, p. 563-581, 2000. DOI: 10.1002/1098-2736(200008)37:6<563::AID-TEA4>3.0.CO;2-N

BURBULES, N.C.; LINN, M.C. Science education and philosophy of science: Congruence or contradiction? **International Journal of Science Education**, v. 13, n. 3, p. 227-241, 1991. DOI: 10.1080/0950069910130302

CAMPA, R. La pandemia, il ritorno del positivismo e la lezione dimenticata del razionalismo critico. **Orbis Idearum**, v. 10, n. 1, p. 49-74, 2022. DOI: 10.26106/r1d8-jy43

CARPIO, P.; SOLAZ-PORTOLÉS, J.J.; SANJOSÉ, V. Relações no ensino médio entre crenças científicas e disposições de pensamento crítico, nível acadêmico e gênero. **Revista Internacional de Pesquisa em Didática das Ciências e Matemática**, v. 3, p. e022001, 2022. Disponible en: <https://periodicoscientificos.itp.ifsp.edu.br/index.php/revin/article/view/658>

CARVAJAL, C.E.; GÓMEZ, V.M. Concepciones y representaciones de los maestros de secundaria y bachillerato sobre la naturaleza, el aprendizaje y la enseñanza de las ciencias. **Revista Mexicana de Investigación Educativa**, v. 7, n. 16, p. 577-602, 2002.

COBERN, W.W.; LOVING, C.C. (1998). The card exchange: Introducing the philosophy of science. In: MCCOMAS, W.F. (ed.) **The nature of science in science education**. Dordrecht: Kluwer, 1998, p. 73-82.



COSSÍO GUTIÉRREZ, E.F.; HERNÁNDEZ ROJAS, G. Las teorías implícitas de enseñanza y aprendizaje de profesores de primaria y sus prácticas docentes. **Revista Mexicana de Investigación Educativa**, v. 21, n. 71, p. 1135-1164, 2016.

COUTINHO-SILVA, R.; RODRIGUES PEREIRA, G.; MASCARENHAS DE PAULA, L. (eds.) **Desafios do ensino de ciências na atualidade**. 1 ed. Rio de Janeiro: Espaço Ciência Viva, 2019.

CAMILLONI, A.R.W. (ed.) *Los obstáculos epistemológicos en la enseñanza*. Barcelona: Gedisa, 1997.

DENG, F.; CHEN, D.-T.; TSAI, C.-C.; CHAI, C.S. Students' views of the nature of science: A critical review of research. **Science Education**, v. 95, n. 6, p. 961-999, 2011. DOI: 10.1002/sce.20460

DE POSADA, J.M. El estudio didáctico de las ideas previas. In: PERALES, F. J.; CAÑAL, P. (eds.) **Didáctica de las ciencias experimentales: Teoría y práctica de la enseñanza de las ciencias**. Alcoy: Marfil, 2000, p. 363-388.

DRUMOND VIEIRA, R.; FLORENTINO DE MELO, V.; AVRAAMIDOU, L.; AVELAR LOBATO, J. Reconceptualizing scientific literacy: The role of students' epistemological profiles. **Education Sciences**, v. 7, n. 2, 2017. DOI: 10.3390/educsci7020047

ECHEVERRÍA, J. **Filosofía de la ciencia**. Madrid: Akal, 1998.

ESTRADA MOLINA, O.; ZAMBRANO ACOSTA, J.M.; FUENTES CANCEL, D.R. Acciones para fomentar una cultura científica sustentada en la concepción de Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS). **Revista Estudios de Desarrollo Social: Cuba y América Latina**, v. 7, n. 3, p. 19-30, 2019.

FERNÁNDEZ, I.; GIL-PÉREZ, D.; CARRASCOSA, J.; CACHAPUZ, A.; PRAIA, J. Visiones deformadas de la ciencia transmitidas por la enseñanza. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 20, n. 3, p. 477-488, 2002.

FERNÁNDEZ, I.; GIL-PÉREZ, D.; VILCHES, A.; VALDÉS, P.; CARRASCOSA, J.; CACHAPUZ, A.; PRAIA, J.; SALINAS, J. (2003). El olvido de la tecnología como refuerzo de las visiones deformadas de la ciencia. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 2, n. 3, 2003.

FLORES CAMACHO, F.; GALLEGOS CÁZARES, L.; REYES CÁRDENAS, F. Perfiles y orígenes de las concepciones de ciencia de los profesores mexicanos de química. **Perfiles Educativos**, v. 29, n. 116, p. 60-84, 2007. Disponible em:
http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-26982007000200004&lng=es&tlng=es.

GARCÍA CRUZ, C.M. De los obstáculos epistemológicos a los conceptos estructurantes: Una aproximación a la enseñanza-aprendizaje de la geología. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 16, n. 2, p. 323-330, 1998.

GIL-PÉREZ, D. Diez años de investigación en didáctica de las ciencias: Realizaciones y perspectivas. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 12, n. 2, p. 154-164, 1994.

GONÇALVES, M.A.C.; ADÚRIZ-BRAVO, A. Impactos epistemológicos à formação docente: O período pós-kuhniano. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação**, v. 8, n. 10, p. 1318-1330, 2022. DOI: 10.51891/rease.v8i10.7235



GONÇALVES, M.A.C.; ADÚRIZ-BRAVO, A. Epistemology in science teacher training: Conceptual tools of logical positivism and the Vienna Circle. **Publicaciones**, v. 53, n. 2, p. 309-323, 2023. DOI: 10.30827/publicaciones.v53i2.26828

GUILLÉN LÓPEZ, K.C.; BOHÓRQUEZ, H.J.; PIRES DE FERNÁNDEZ, M.E. Estrategia para superar el obstáculo epistemológico del razonamiento común en geometría. **Investigación y Postgrado**, v. 31, n. 2, p. 33-64, 2016.

HERMAN, B.C. **Teaching the nature of science: Practices and associated factors**. 2010. 342f. Tese (Doutorado em Educação) – Iowa State University, Ames, 2010.

HERNÁNDEZ CARRERA, R.M. La investigación cualitativa a través de entrevistas: Su análisis mediante la teoría fundamentada. **Cuestiones Pedagógicas**, n. 23, p. 187-210, 2014. Disponível em: https://institucional.us.es/revistas/cuestiones/23/Mis_5.pdf

JOÃO KANGA, K.P.; DOURADO, L. A imagem dos cientistas no ensino secundário angolano: Um estudo com alunos de ciências. **Revista Internacional de Pesquisa em Didática das Ciências e Matemática**, v. 3, p. e022005, 2022. Disponível em: <https://periodicoscientificos.itp.ifsp.edu.br/index.php/revin/article/view/726>

JURECKI, K.; WANDER, M.C. (2012). Science literacy, critical thinking, and scientific literature: Guidelines for evaluating scientific literature in the classroom. **Journal of Geoscience Education**, v. 60, n. 2, p. 100-105, 2012.

KARAÇAM, S. Scientist-image stereotypes: The relationships among their indicators. **Educational Sciences: Theory & Practice**, v. 16, n. 3, p. 1027-1049, 2016. DOI: 10.12738/estp.2016.3.0005

KHAZAEI, F.H.; ROUCAU, B.; KALMAN, C.S. Can learning about history of science and nature of science in a student-centred classroom change science students' conception of science? **Creative Education**, v. 9, n. 15, p. 2561-2591, 2018. DOI: 10.4236/ce.2018.915194

KHISHFE, R. Explicit nature of science and argumentation instruction in the context of socioscientific issues: An effect on student learning and transfer. **International Journal of Science Education**, v. 36, n. 6, p. 974-1016, 2014.

LEDEN, L.; HANSSON, L. Nature of science progression in school year 1-9: A case study of teachers' suggestions and rationales. **Research in Science Education**, v. 49, n. 2, p. 591-611, 2019. DOI: 10.1007/s11165-017-9628-0

LEDERMAN, N.G. Research on nature of science: Reflections on the past, anticipations of the future. **Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching**, v. 7, n. 1, 2006. Disponível em: https://www.eduhk.hk/apfslt/download/v7_issue1_files/foreword.pdf

LEDERMAN, N.G.; ANTINK, A.; BARTOS, S. Nature of science, scientific inquiry, and socio-scientific issues arising from genetics: A pathway to developing a scientifically literate citizenry. **Science & Education**, v. 23, n. 2, p. 285-302, 2014.

LÓPEZ Y MOTA, Á.D.; RODRÍGUEZ PINEDA, D.P.; BONILLA PEDROZA, M.X. ¿Cambian los cursos de actualización las representaciones de la ciencia y la práctica docente? **Revista Mexicana de Investigación Educativa**, v. 9, n. 22, p. 699-719, 2004.



MALISANI, E. Los obstáculos epistemológicos en el desarrollo del pensamiento algebraico: Visión histórica. **Revista IRICE**, n. 13, p. 105-132, 1999.

MCCOMAS, W.F., CLOUGH, M.; ALMAZROA, H. The role and character of the nature of science. In: MCCOMAS, W.F. (ed.) **The nature of science in science education**. Dordrecht: Kluwer, 1998, p. 3-39.

MCCOMAS, W.F.; OLSON, J.K. The nature of science in international science education standards documents. In: MCCOMAS, W.F. (ed.) **The nature of science in science education: Rationales and strategies**. Dordrecht: Kluwer, 1998, p. 41-52.

MERTON, R.K. **Social theory and social structure**. Revised and enlarged ed. New York: The Free Press, 1968.

MURCIA JIMÉNEZ, F. El programa Ondas Minciencias como estrategia para fortalecer capacidades y habilidades investigativas en niños, niñas y jóvenes. *Revista PACA*, n. 12, p. 87-126, 2022. DOI: 10.25054/2027257X.3496

NARDI, R.; CASTIBLANCO, O. **Didáctica da física**. 1 ed. San Pablo: Cultura Acadêmica, 2014.

NSTA-National Science Teachers Association. **Science-technology-society: Science education for the 1980s: NSTA position statement**. Washington, DC: Author, 1982.

NSTA-National Science Teachers Association. **The nature of science: NSTA Position Statement**. Arlington: Author, 2000.

NEWTON, L.D.; NEWTON, D.P. Primary children's conceptions of science and the scientist: Is the impact of a national curriculum breaking down the stereotype? **International Journal of Science Education**, v. 20, n. 9, p. 1137-1149, 1998.

ORREGO CARDOZO, M.; TAMAYO ALZATE, Ó.E.; LÓPEZ RUA, A.M. Modelos mentales y obstáculos en el aprendizaje de estudiantes universitarios sobre el sistema inmune. **Revista EDUCyT**, v. 6, n. extra, s/p., 2012.

ÖZGELEN, S.; YILMAZ TÜZÜN, Ö. A review on pre-service teachers' views on nature of science. **Energy Education Science and Technology Part B-Social and Educational Studies**, v. 4, n. 2, p. 603-616, 2012.

PENA, G.B.O.; MESQUITA, N.A.S. Caracterização de obstáculos epistemológicos na concepção de licenciandos em química que dificultam o desenvolvimento do conhecimento profissional docente, *Química Nova*, v. 41, n. 8. DOI: 10.21577/0100-4042.20170233

PÉREZ, G.; GÓMEZ GALINDO, A.A.; GONZÁLEZ GALLI, L. Enseñanza de la evolución: Fundamentos para el diseño de una propuesta didáctica basada en la modelización y la metacognición sobre los obstáculos epistemológicos. **Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias**, v. 15, n. 2, p. 2102, 2018. DOI: 10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2018.v15.i2.2102



POPPER, K.R. **La lógica de la investigación científica**. Barcelona: Circulo de Lectores, 1995. (Edición original en alemán de 1934.)

PORLÁN, R.; RIVERO, A.; MARTÍN DEL POZO, R. Conocimiento profesional y epistemología de los profesores, I: Teoría, métodos e instrumentos. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 15, n. 2, p. 55-171, 1997. Disponible em: <https://raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/21488>

PORLÁN, R.; RIVERO, A.; MARTÍN DEL POZO, R. Conocimiento profesional y epistemología de los profesores, II: Estudios empíricos y conclusiones. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 16, n. 2, p. 271-288, 1998. Disponible em: <https://raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/21534>

PUJALTE, A.P. **Las imágenes de ciencia del profesorado: De la imagen discursiva a la enactiva**. 2014. 228f. Tese (Doutorado em Ciências Sociais) – Universidad Nacional de Quilmes, Bernal, 2014. Disponible em; <https://ridaa.unq.edu.ar/handle/20.500.11807/986?show=full>

PUJALTE, A.P.; ADÚRIZ-BRAVO, A.; PORRO, S. Del discurso a la práctica de aula: Imágenes de ciencia en profesores y profesoras de biología. **Revista de Educación en Biología**, v. 18, n. 2, p. 11-19, 2015a.

PUJALTE, A.P.; ADÚRIZ-BRAVO, A.; PORRO, S. ¿Una enseñanza de la ciencia de calidad para todos y todas o para una élite?: Miradas confluyentes desde diferentes perspectivas teóricas. **Revista del Instituto de Investigaciones en Educación**, v. 6, n. 7, p. 36-49, 2015b.

PUJALTE, A.P.; BONAN, L.; PORRO, S.; ADÚRIZ-BRAVO, A. Las imágenes inadecuadas de ciencia y de científico como foco de la naturaleza de la ciencia: Estado del arte y cuestiones pendientes. **Ciência & Educação**, v. 20, n. 3, p. 535-548, 2014.

RAMOS, A.M.; LEVIN, L.; ADÚRIZ-BRAVO, A. Modelos de enseñanza y modelos de comunicación en las clases de ciencias naturales. **Tecné, Episteme y Didaxis**, n. 23, p. 31-51, 2008.

RAVANAL, E.; QUINTANILLA, M. Caracterización de las concepciones epistemológicas del profesorado de biología en ejercicio sobre la naturaleza de la ciencia. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 9, n. 1, p. 111-124, 2010.

ROTTA, J.C.G.; NASCIMENTO, T.S.; GÓIS, V.N.; AMOR, A.K.O. A humanização do ensino de ciências: estado da arte no contexto nacional. **Revista Internacional de Pesquisa em Didática das Ciências e Matemática**, v. 3, p. e022009, 2022. Disponible em: <https://periodicoscientificos.itp.ifsp.edu.br/index.php/revin/article/view/810>

SILVA, P.; FABRO, A.P.; SANTOS DUARTE, A.C. Reflexiones en relación con las influencias del pensamiento positivista y pospositivista en la formación de profesores de ciencias en Brasil. **Revista Aula Universitaria**, n. 16, p. 20-24, 2014.

SISO PAVÓN, Z.; CUÉLLAR FERNÁNDEZ, L. Relaciones entre las concepciones de naturaleza de la ciencia y la tecnología, y de la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias de profesores de química en ejercicio: Una primera aproximación al esquema conceptual del profesor. **Tecné, Episteme y Didaxis**, n. 41, p. 17-36, 2017. DOI: 10.17227/01203916.6030



SOLSONA I PAIRÓ, N. **La actividad científica en la cocina**. Madrid: Instituto de la Mujer, 2002.

STRAUSS, A.L.; CORBIN, J. **Bases de la investigación cualitativa: Técnicas y procedimientos para desarrollar la teoría fundada**. Medellín: Editorial Universidad de Antioquia, 2002.

TABER, K. The atom in the chemistry curriculum: Fundamental concept, teaching model or epistemological obstacle? **Foundations of Chemistry**, 5, n. 1, p. 43-84, 2003. DOI: 10.1023/A:1021995612705

TAMAYO ALZATE, Ó.E. Interacciones entre naturaleza de la ciencia y pensamiento crítico en dominios específicos del conocimiento. **Enseñanza de las Ciencias**, n. extraordinario X Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias, p. 521-525, 2017. Disponible em: https://ddd.uab.cat/pub/edlc/edlc_a2017nEXTRA/32_-_Interacciones_entre_Naturaleza_de_la_Ciencia_y_Pensamiento_Critico.pdf

TAMAYO ALZATE, Ó.E.; SÁNCHEZ B., C.A.; BURITICÁ A., O.C. Concepciones de naturaleza de la ciencia en profesores de educación básica. **Revista Latinoamericana de Estudios Educativos**, v. 6, n. 1, 2010, p. 133-169.

TOTI, F.A. **Educação científica e cidadania: As diferentes concepções e funções do conceito de cidadania nas pesquisas em educação em ciências**. 2011. 267f. Tese (Doutorado em Ciências Humanas) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2011.

VÁZQUEZ, Á.; ACEVEDO ROMERO, P.; ACEVEDO DÍAZ, J.A.; MANASSERO, M.A. Cuatro paradigmas básicos sobre la naturaleza de la ciencia. **Argumentos de Razón Técnica: Revista Española de Ciencia, Tecnología y Sociedad, y Filosofía de la Tecnología**, n. 4, p. 135-176, 2001.

VÁZQUEZ, Á.; ACEVEDO DÍAZ, J.A.; MANASSERO, M.A. Consensos sobre la naturaleza de la ciencia: Evidencias e implicaciones para su enseñanza. **Revista Iberoamericana de Educación**, v. 34, n. 1, 2004. DOI: 10.35362/rie3412895

VÁZQUEZ, Á.; ACEVEDO DÍAZ, J.A.; MANASSERO, M.A.; ACEVEDO ROMERO, P. Consensos sobre la naturaleza de la ciencia: La ciencia y la tecnología en la sociedad. **Educación Química**, v. 18, n. 1, p. 38-55, 2007.

VERA-NORIEGA, J.Á.; PIMENTEL, C.E.; BATISTA DE ALBUQUERQUE, F.J. Redes semánticas: Aspectos teóricos, técnicos, metodológicos y analíticos. **Ra Ximhai**, v. 1, n. 3, p. 439-451, 2005. Disponible em: <https://www.redalyc.org/pdf/461/46110301.pdf>

VIEIRA, R.M.; TENREIRO-VIEIRA, C. Fostering scientific literacy and critical thinking in elementary science education. **International Journal of Science and Mathematics Education**, v. 14, n. 4, p. 659-680, 2016.

VILDÓSOLA, X. **Las actitudes de profesores y estudiantes y la influencia de factores del aula en la transmisión de la naturaleza de la ciencia en la enseñanza secundaria**. 2009. 626f. Tese (Doutorado em Didática das Ciências) – Universitat de Barcelona, Barcelona, 2009.



VILOUTA RANDO, N.; PORRO, S. Análisis de una asignatura para la educación CTS: Biología, Genética y Sociedad. **Indagatio Didactica**, v. 8, n. 1, p. 1426-1437, 2016.

YACOUBIAN, H.A. Scientific literacy for democratic decision-making. **International Journal of Science Education**, v. 40, n. 3, p. 308-327, 2018.

YACOUBIAN, H. A.; HANSSON, L. (eds.) **Nature of science for social justice**. Dordrecht: Springer, 2020.

WERTHEIN, J.; CUNHA, C. (eds.) **Ensino de ciências e desenvolvimento: O que pensam os cientistas**. 2 ed. Brasília: UNESCO/Instituto Sangari, 2009.

ZEIDLER, D.L.; SADLER, T.D. An inclusive view of scientific literacy: Core issues and future directions of socioscientific reasoning. In: LINDER, C. et al. (eds.) **Exploring landscapes of scientific literacy: Pragmatic visions of scientific literacy**. Londres: Taylor & Francis. 2010, p. 176-192.