

Ciencia, tecnología y sociedad

1. El currículo de ciencias naturales en Colombia: algunas cuestiones epistemológicas

Yisnet Nathaniela Álvarez Tobón

Universidad San Buenaventura

yisneth89@gmail.com

Dora Inés Arroyave Giraldo

Universidad San Buenaventura

dora.arroyave@usbmed.edu.co

Resumen

Los actuales contextos de hiperinformación, sobreexplotación, consumismo de los productos de la ciencia y la tecnología sugieren una necesaria educación en ciencias naturales que brinde herramientas científicas conceptuales, procedimentales y actitudinales para que los estudiantes se enfrenten de forma crítica y participativa a sus diferentes contextos. Desde esta perspectiva, se consideró relevante el análisis de los lineamientos curriculares que sirven de ruta para el desarrollo del currículo en ciencias naturales del nivel de educación básica y media en Colombia. Desde una metodología interpretativa, se optó por la técnica de análisis textual discursivo con apoyo en el *software* NVivo para la revisión documental. El objetivo se basó en la reflexión respecto de los referentes epistemológicos planteados desde el componente ciencia, tecnología y sociedad, y se evidenció mayor

tratamiento en los aspectos relacionados con la naturaleza del conocimiento científico y tecnológico y, en menor medida, con la sociología o campo social-institucional de la ciencia y la tecnología.

Palabras clave: educación científica, lineamientos curriculares, ciencia, tecnología y sociedad, análisis textual del discursivo.

Introducción

Las diversas líneas de investigación en la didáctica de las ciencias promueven la necesidad de una educación científica, sobre todo, en la escolar (básica primaria, secundaria y media) que responda a dos pilares generales, a saber: una educación del conocimiento científico y acerca del conocimiento científico (Vázquez-Alonso y Manassero, 2016), y que tenga como objetivo posturas críticas, argumentadas (Archila et al., 2020) y participativas de los estudiantes no solo frente a los problemas sociales o ambientales, sino también de la vida cotidiana desde la comprensión de las relaciones entre la ciencia, la tecnología y la sociedad (CTS). Los estudios en este campo revelan, sin embargo, que hay un gran énfasis en los contenidos disciplinares (biología, física y química), aumentando la brecha entre los objetivos generales planteados y lo que realmente se hace en las escuelas referente al conocimiento científico y tecnológico.

El objetivo se centra en CTS debido a que son contenidos interdisciplinares que profusamente alertan la literatura sobre sus implicaciones para superar el énfasis en los conceptos propios de las disciplinas (Hodson y Wong, 2017), puesto que son metaconocimientos producto de la interacción desde la filosofía, historia y sociología de la ciencia y la tecnología, la economía, entre otras, para la reflexión respecto de qué es la ciencia, y cómo funciona y se legitima el conocimiento científico y tecnológico. A esta relación CTS se le conoce como naturaleza de la ciencia y la tecnología (NdCyT), y se ha consolidado como un campo disciplinar importante para una educación científica para la ciudadanía (Acevedo Díaz, 2017).

En Colombia, el currículo de ciencias naturales planteado desde los lineamientos curriculares (Ministerio de Educación Nacional [Min Educación], 1998), los estándares básicos de ciencias naturales (MinEducación, 2004) y los derechos básicos de aprendizaje (DBA) de ciencias naturales (MinEducación, 2016) plantean un grupo de estándares: conocimientos propios de las ciencias naturales en que se establecen aquellos contenidos que permiten a los estudiantes comprender los conceptos propios del área. Esos estándares están organizados en tres ejes, a saber: entorno vivo, entorno físico y CTS, los cuales se deben trabajar de forma conjunta hasta grado noveno, pero en décimo y undécimo son abordados de forma independiente desde las asignaturas de biología, física y química. El interés del estudio se centra en el eje CTS por el relegamiento en los contextos escolares en nuestro país al ser tomados como temas optativos a pesar de encontrarse al mismo nivel epistémico del entorno vivo y físico dentro de los lineamientos.

En contextos internacionales, se han realizado estudios relevantes de análisis documentales sobre CTS en los currículos de ciencias naturales, tal es el caso de Lederman y Lederman (2019) quienes realizan una minuciosa revisión conceptual de la forma en que se plantea la naturaleza de la ciencia en los nuevos estándares de ciencia de la próxima generación (NGSS, por sus siglas en inglés) de Estados Unidos, y plantean que, aunque existen mejoras respecto de la versión anterior de los estándares, son insuficientes al no generar una ocupación realmente explícita de la NdCyT.

En Europa, Vázquez-Alonso y Manassero (2016) ya habían identificado también que los contenidos sobre CTS en el nuevo currículo español (2015) son más amplios que en la anterior versión, pero sigue presentando ambigüedades con los procesos científicos. En Taiwán, por ejemplo, se investigó la coherencia frente a la naturaleza de la ciencia en los documentos de los planes de estudio de ese país y se determinó que hay un excesivo tratamiento de los aspectos cognitivo y epistémico, y muy superficialmente los relacionados con la ciencia como institución social (Yeh et al., 2019).

En Colombia también se han realizado aproximaciones importantes desde el análisis de algunos aspectos sobre la naturaleza de la ciencia y la tecnología en los documentos del MinEducación, revelando que se insiste en el uso del término *método científico*, el cual ha sido ampliamente discu-

tido (Medina Talero y Urazán Benítez, 2017), esto es, que en la didáctica de la ciencia se han analizado disciplinas como la biología, fisicoquímica o astronomía, que, por ejemplo, plantean diversidad de metodologías de investigación. Beltrán Castillo (2019), por su parte, indagó el racismo científico en textos escolares de Colombia, quien halló que los conceptos que más lo presentan son diversidad biológica, razas y genética. Teniendo como contexto el problema descrito y los antecedentes mencionados, se planteó el análisis de los documentos rectores; en este caso, se tomaron solo los lineamientos curriculares en tanto son la base epistemológica, pedagógica y didáctica de la educación científica para la básica y media en Colombia.

Referente teórico

Las relaciones CTS se denominan en la didáctica de las ciencias como aquellos metaconocimientos desde los cuales se producen reflexiones interdisciplinarias sobre la ciencia y la tecnología, y a pesar de considerarse la ciencia un campo complejo y dinámico, se puede entender de forma general como “todo aquello que la caracteriza como una forma particular de construcción de conocimiento sobre el mundo físico o natural” (Acevedo Díaz y García-Carmona, 2016). Aunque existen diferentes enfoques para el abordaje de las CTS en las clases de ciencias naturales, son de relevancia la tradición europea de visión de consenso (Vázquez-Alonso y Manassero-Mas, 2019) y la línea norteamericana de enfoques de familia (Erduran et al., 2019; Van Driel et al., 2014).

Con uno de los principios del paradigma de la complejidad que es la dialógica¹ (Morin, 2006), se asumen estos dos enfoques como complementarios, puesto que, si bien la visión de consenso hace énfasis en los aspectos epistemológicos, el enfoque de familia, por su parte, sugiere mayor atención a los aspectos no epistémicos. En este sentido, esos metaconocimientos

¹ Morin (2006) define la dialógica como uno de los principios de la complejidad, en ese sentido, afirma que es una “unidad compleja entre dos lógicas, entidades o instancias complementarias, concurrentes y antagonistas que se alimentan la una a la otra, se complementan, pero también se oponen y combaten” (p. 230).

incluyen cuestiones que son epistemológicas (cognitivo-epistemológicas) referidas a las definiciones entre la ciencia y la tecnología, además, aborda la naturaleza del conocimiento científico; y cuestiones no epistémicas (social-institucionales) desde las cuales se plantean las relaciones CTS como tal, desde la sociología interna y externa, para abordar aspectos como la influencia de la sociedad, de la ciencia y la tecnología en la sociedad, de la ciencia escolar en la sociedad, características de los científicos, construcción social del conocimiento científico y de la tecnología. Estas cuestiones fueron los dispositivos teóricos que se tuvieron en cuenta para la revisión de los documentos.

Metodología

Este estudio responde a una metodología interpretativa (Vasilachis de Gialdino, 2006) por cuanto se plantea como objetivo reflexionar sobre los referentes epistémicos en los lineamientos curriculares de ciencias naturales (MinEducación, 1998), específicamente en el componente CTS. A través del análisis textual del discurso (Moraes y Galiazzi, 2006) se definieron las tres fases: a) la codificación se realizó según el contexto teórico sobre CTS descrito en el referente conceptual, b) la unitarización responde a la definición de las unidades de análisis (palabras, conceptos, frases) y c) la categorización en la cual se hizo un proceso de revisión y reflexión sobre las categorías planteadas inicialmente a la luz de los núcleos de significación creados a partir de la unitarización; todo este proceso se llevó a cabo con ayuda del *software* NVivo.

Resultados

Los resultados se describen a continuación, teniendo en cuenta los criterios teóricos mencionados.

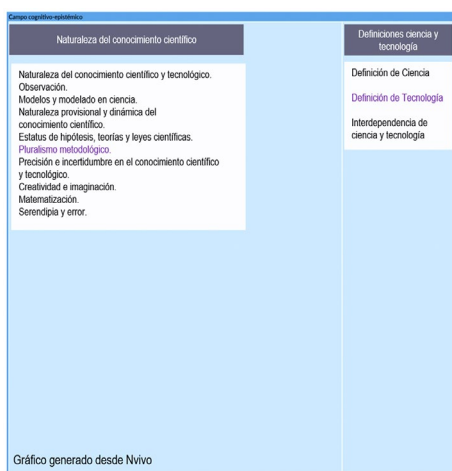
Categoría: referentes epistemológicos

Los lineamientos curriculares de ciencias naturales (MinEducación, 1998) son todas aquellas consideraciones de orden referencial respecto de las condiciones filosóficas, epistemológicas, sociológicas, psicocognitivas y pedagógicas del conocimiento científico y tecnológico, y su relación con la sociedad. Se plantean algunas afirmaciones desde las cuales se pretende declarar los fundamentos desde los cuales se concibe la ciencia y la tecnología.

Se expone como punto de partida el mundo de la vida de Husserl (1936) y se aborda desde dos principios: 1) “cualquier cosa que se afirme dentro del contexto de una teoría científica (algo similar puede decirse de sistemas de valores éticos o estéticos), se refiere, directa o indirectamente, al Mundo de la Vida en cuyo centro está la persona humana” (p. 6), es decir, que se debe reconocer el carácter social de la construcción del conocimiento científico y esa misma condición social aplica para la construcción social de la tecnología; 2) “la segunda, y tal vez más importante para el educador, es que el conocimiento que trae el educando a la escuela (que, contrariamente a lo que se asume normalmente), es de una gran riqueza” (p. 6). Refleja esta segunda distinción la prioridad que se da a trascender esas ideas de las escuelas como reproductoras del conocimiento, a considerarse como generadoras de un conocimiento escolar válido en cuanto a que es producto de las relaciones entre los conocimientos de profesores, estudiantes, y, por supuesto, el saber científico y tecnológico.

El resultado del análisis realizado a cada una de las categorías planteadas se describe en las figuras 1 y 2. Estas fueron elaboradas a partir del *software* Nvivo, en el cual se puede evidenciar a través de la codificación realizada el tratamiento dado a la relación CTS desde el documento ministerial analizado. En la figura 1, se abordó el campo cognitivo epistémico en que cada uno de los enunciados y el tamaño de las categorías representan la codificación y frecuencia de los datos.

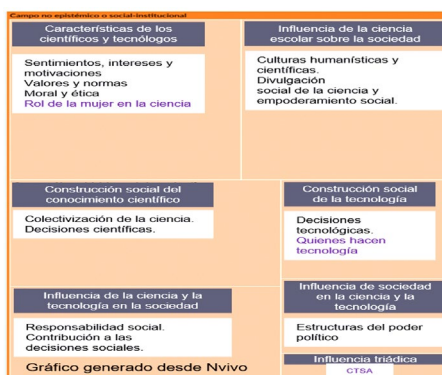
Figura 1. Codificación campo cognitivo-epistémico



Fuente: elaboración propia.

La figura 2 hace referencia al campo no epistémico o social institucional, desde el cual, siguiendo los parámetros descritos sobre la codificación, evidencian por tamaño de los recuadros las veces en que se cita desde los lineamientos curriculares.

Figura 2. Codificación campo no epistémico o social-institucional



Fuente: elaboración propia.

En la tabla 1, se materializa las diferentes categorías CTS, y se hace un análisis de las afirmaciones o enunciados propuestos.

Discusión y conclusiones

La linealidad por sí sola, por más desplazamiento que produzca, seguirá siendo el mismo camino. Cuando pensamos en la inflexión, el tejido, las redes y la multidimensionalidad, los caminos son diversos e insospechados. (Álvarez Tobón, 2020, p. 62)

Un hallazgo positivo en los lineamientos curriculares para el área de ciencias naturales es el planteamiento de los referentes epistemológicos desde afirmaciones o enunciados que responden a las características poliédricas y complejas de los metaconocimientos de la ciencia y la tecnología (Lederman y Lederman, 2019). Se explicitan contextos de reflexión desde la historia, filosofía y sociología de la ciencia que se convierten en dispositivos didácticos para que los profesores de ciencias naturales comprendan los enunciados planteados.

El análisis desde los constructos teóricos puestos en diálogo entre los planteamientos del enfoque parecido de familia y la visión de consenso permitió evidenciar que hay mayor énfasis en los aspectos cognitivo-epistémicos, sobre todo, en los relacionados con la naturaleza del conocimiento científico. Aunque esta prioridad es criticada en algunos contextos académicos (Erduran et al., 2019), no es necesario censurar su uso, en tanto una adecuada comprensión de esta sirve de progresión para entender los otros aspectos no epistémicos: “tiene valor *per se* en la cultura científica deseable para la ciudadanía” (García-Carmona y Acevedo Díaz, 2017, p. 67).

Respecto de los aspectos social-institucionales, es decir, aquellos referidos a las dimensiones de la sociología externa e interna de la ciencia y la tecnología, cabe resaltar que se da mayor importancia al rol de la ciencia escolar en la sociedad (Martínez Rivera, 2017), lo que es positivo porque busca ratificar el papel de la educación científica para participar de la transformación del entorno en pos de la ciudadanía argumentada. Dentro de esta categoría, se encuentran también las relaciones triádicas CTS, pero no

Tabla 1. Categorías, aspectos CTS y enunciados

Campo CTS	Categorías CTS	Aspecto CTS	Enunciado o afirmación
Cognitivo-epistémico	Definiciones Ciencia Tecnología	Definición de ciencia Interdependencia	"La ciencia y la tecnología se fundamentan en principios y supuestos explícitos en tanto que el conocimiento común no requiere de este tipo de fundamentos" (p. 12). El documento define la ciencia como una forma de construcción de conocimiento que está en constante evolución, se explicita la diferencia entre ciencia y tecnología: "La diferencia entre ciencia y tecnología se encuentra en las perspectivas de aplicación de los conocimientos a la solución de problemas prácticos" (p. 13).
	Naturaleza del conocimiento científico	Naturaleza provisional y dinámica del conocimiento científico Modelos y modelado en ciencia Serendipia y error Precisión e incertidumbre	"La ciencia es un juego que nunca termina, en el que la regla más importante dice que quien crea que algún día se acaba, sale del juego" (p. 14). El enunciado se relaciona con una característica fundamental de la actividad científica y es que ese tipo de conocimiento es provisional, pero confiable, además que la provisionalidad no se toma como algo momentáneo porque puede ser por periodos muy extensos. "Quien entiende un modelo o una metáfora entiende que esta semejanza es muy relativa y que hay que saber interpretarla" (p. 27). Es común que los estudiantes y hasta algunos profesores piensen que los modelos son representaciones fidedignas del mundo natural, por eso, es valioso encontrar esta acotación. "El juego de la ciencia consiste en acercarse indefinidamente a la verdad eliminando errores" (p. 14). Este supuesto se refiere a que en las ciencias naturales los errores no siempre se consideran de forma negativa o puntos de inflexión, sino que más bien muestra que no hay un camino lineal en la actividad científica, sino ramas, espirales o redes que nunca alcanzan la verdad absoluta. Esto va ligado con el siguiente enunciado: "En la ciencia, por cada puerta que se cierra se abren diez" (p. 16).
Social-institucional	Características de los científicos	Valores y normas que guían a los científicos	"Quien juega a la ciencia debe ser consciente de que la autocrítica y la crítica de los demás jugadores son las únicas estrategias de juego que garantizan una aproximación a la verdad" (p. 17). Aunque los científicos son seres humanos que tienen creencias religiosas e ideologías, es importante resaltar que dentro de la actividad científica se esfuerzan por la rigurosidad de sus investigaciones.

Campo CTS	Categorías CTS	Aspecto CTS	Enunciado o afirmación
	Construcción social del conocimiento científico	Colectivización de la ciencia	"Quienes no están dispuestos a exponer sus ideas a la aventura de la refutación no toman parte en el juego de la ciencia" (p. 16). Las comunidades científicas son importantes para la validación y legitimación de avances en la ciencia, es precisamente esto lo que debe entenderse como objetividad, en tanto la información que sugieren las investigaciones debe someterse a pruebas, críticas y contraargumentos que pueden enriquecer los hallazgos científicos o invalidarlos.
	Construcción social de la tecnología	Tecnología	"Existe una clara diferencia entre tecnología y practicidad" (p. 13). Se aborda detalladamente cómo se confunde en diferentes contextos al tecnólogo como una persona con menor rango que el científico; sin embargo, es sesgado el argumento frente a lo que hacen los científicos en tanto argumentan: "la ciencia sería una actividad creativa en la que se 'descubren' nuevos principios, nuevas leyes o nuevos fenómenos por el amor mismo al conocimiento" (p. 13). Esta consideración ha sido ampliamente debatida y se argumenta que no siempre la actividad científica responde a intereses puramente de vocación por los descubrimientos.
	Influencia de la sociedad en la ciencias y tecnología	Estructuras del poder político y factual	"Por una parte el propósito y valoración que tienen los científicos y tecnólogos de sus aportes para el bien social es diferente al uso que hacen los dirigentes políticos o grupos con intereses económicos particulares. Este hecho causa muchas veces alteración en el orden social y natural" (p. 20). Tal como se describe, los productos de la ciencia y la tecnología siempre ponen en tensión las discusiones no solo académicas, sino políticas y económicas porque no todo lo que se genera desde ellas será utilizado para el beneficio de todos; por ejemplo, existen avances de los que solo tiempo después se pudo comprender sus consecuencias ambientales.
	Influencia triádica	Relaciones CTS	Aunque no hay un enunciado general para hablar de las influencias (CTS) en los lineamientos, sí mencionan implícitamente el necesario tratamiento de la tríada: "Solo de la reflexión racional y de la conciliación entre las leyes sociales, y de la adecuación y respeto hacia las leyes naturales, dependería la conservación de los ecosistemas y la supervivencia de la humanidad" (p. 21).
	Influencia de la ciencia y la tecnología en la sociedad	Resolución de cuestiones sociales Responsabilidad social	"El conocimiento científico y el tecnológico no tendrían razón si no tuvieran entre sus objetivos la búsqueda de respuestas que conllevan al mejoramiento de la calidad de vida" (p. 12). Se hace alusión a la responsabilidad social que implica la ciencia y la tecnología frente a problemas específicos.
	Influencia de la ciencia escolar sobre la sociedad	Culturas humanísticas y científicas Caracterización escolar de la ciencia	"El conocimiento común, la ciencia y la tecnología, son formas del conocimiento humano que comparten propiedades esenciales, pero se diferencian unos de otros por sus intereses y por la forma como se construyen" (p. 11). Se argumenta la importancia de poner en relación dialógica los diferentes tipos de conocimiento, sobre todo, en contextos de aula en que se explicita una validez de las ciencias naturales respecto de las humanidades, por ejemplo. "La escuela, en cuanto institución social y democrática, promueve y realiza participativamente actividades que propician el mejoramiento y desarrollo personal, sociocultural y ambiental" (p. 20). Los lineamientos describen a través de estos enunciados el rol transformador de la escuela para que los estudiantes puedan hacer frente a las complejas situaciones que se enfrentan día a día.

Fuente: Elaboración propia según Erduran et al. (2019), MinEducación (1998) y Vázquez-Alonso y Manassero-Mas (2019).

se hace alusión explícita a las cuestiones que desde esta se pueden abordar. Este hallazgo se convierte en una oportunidad para reflexionar y plantear un referente de CTS de acuerdo con los actuales consensos investigativos, pero también que responda a los contextos educativos, sociales, ambientales y de desarrollo científico y tecnológico en que se encuentran los estudiantes en este momento, y es justamente lo que se quiere proponer con esta tesis de doctorado.

Referencias

- Acevedo Díaz, J. A. y García-Carmona, A. (2016). “Algo antiguo, algo nuevo, algo prestado”: Tendencias sobre la naturaleza de la ciencia en la educación científica. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 13(1), 3-19.
- Acevedo Díaz, J. (2017). Reflexiones sobre las finalidades de la enseñanza de las ciencias: Educación científica para la ciudadanía. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 1(1), 3-16.
- Aikenhead, G. S. y Ryan, A. G. (1992). The development of a new instrument: “Views on science-technology-society” (VOSTS). *Science Education*, 76(5), 477-491.
- Álvarez Tobón, Y. (2020). Modos de percepción. En D. I. Arroyave Giraldo (comp.), *Estudios multirreferenciales sobre educación y currículo: Lecturas desde la complejidad* (pp. 51-69). Editorial Bonaventuriana.
- Archila, P. A., Molina, J. y Truscott de Mejía, A.-M. (2020). Using historical scientific controversies to promote undergraduates’ argumentation. *Science y Education*, 29(3), 647-671.
- Beltrán Castillo, M. J. (2019). *Racismo científico en los textos escolares de ciencias naturales en Colombia* [tesis de doctorado, Universidad Distrital Francisco José de Caldas].
- Dagher, Z. R. y Erduran, S. (2016). Reconceptualizing the nature of science for science education. *Science y Education*, 25(1), 147-164.
- Erduran, S., Dagher, Z. R. y McDonald, C. V. (2019). Contributions of the family resemblance approach to nature of science in science education. *Science y Education*, 28(3), 311-328.
- García-Carmona, A. y Acevedo-Díaz, J. A. (2017). Understanding the nature of science through a critical and reflective analysis of the controversy between Pasteur and Liebig on fermentation. *Science y Education*, 26(1), 65-91.

- Hodson, D. y Wong, S. L. (2017). Going beyond the consensus view: Broadening and enriching the scope of NOS-oriented curricula. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 17(1), 3-17.
- Instituto Colombiano para la Evaluación de la Educación. (2019). *Prueba de ciencias naturales Saber 11*.
- Lederman, N. y Lederman, J. (2019). Teaching and learning nature of scientific knowledge: Is it Déjà vu all over again? *Disciplinary and Interdisciplinary Science Education Research*, 1(1), 1-9.
- Martínez Rivera, C. A. (2017). *Ser maestro de ciencias: Productor de conocimiento profesional y de conocimiento escolar*. Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
- Medina Talero, N. y Urazán Benítez, R. (2017). La naturaleza de las ciencias y la metodología de trabajo científico: Una lectura a través de la normatividad colombiana. *Bio-grafía*, 134-145.
- Ministerio de Educación Nacional. (1998). *Ciencias naturales y educación ambiental*.
- Ministerio de Educación Nacional. (2004). *Estándares básicos de competencias en ciencias naturales y ciencias sociales*.
- Ministerio de Educación Nacional. (2016). *Derechos básicos de aprendizaje: Ciencias naturales*.
- Moraes, R. y Galiuzzi, M. do C. (2006). Análise textual discursiva: Processo reconstrutivo de múltiplas faces. *Ciência y Educação*, 12(1), 117-128.
- Morin, E. (2006). *El Método 6: Ética*. Cátedra.
- Van Driel, J. H., Berry, A. y Meirink, J. (2014). Research on science teacher knowledge. En N. G. Lederman y S. K. Abell (eds.), *Handbook of research on science education* (vol. 2, pp. 862-884). Routledge.
- Vasilachis de Gialdino, I. (coord.) (2006). *Estrategias de investigación cualitativa*. Gedisa.
- Vázquez-Alonso, A. y Manassero-Mas, M. A. (2019). Un modelo conceptual y taxonómico para estructurar el campo ciencia-tecnología-sociedad (o naturaleza de la ciencia y tecnología, o como se llame). *Indagatio Didactica*, 11(2), 121-139.
- Vázquez-Alonso, A. y Manassero, M. A. (2016). Los contenidos de ciencia, tecnología y sociedad en los nuevos currículos básicos de la educación secundaria en España. *Sciences Indagation Didactica*, 8, 1017-1032.
- Yeh, Y.-F., Erduran, S. y Hsu, Y.-S. (2019). Investigating coherence about nature of science in science curriculum documents. *Science y Education*, 28(3-5), 291-310.