

# Contribución al desarrollo de concepciones contemporáneas sobre Tentatividad del Conocimiento Científico en estudiantes de educación media

Contribution to the development of contemporary conceptions about Tentative Scientific Knowledge in high school students

Contribuição para o desenvolvimento de concepções contemporâneas sobre Conhecimento Científico Tentativo em estudantes do ensino médio

Fabio Andrés Amaya-Martínez<sup>1</sup>, Luis-Alfonso Ayala-Villamil<sup>1</sup>, Álvaro García-Martínez<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá, Colombia

**Resumen:** La alfabetización científica ha sido uno de los principales objetivos de estudio en los currículos de ciencias en todos los niveles de formación, por lo tanto, en la educación científica se ha propuesto que la ciencia escolar debe considerar la enseñanza de la Naturaleza de la Ciencia (*NOS, por sus siglas en inglés*), ya que generalmente los currículos de ciencias en diferentes partes del mundo se han centrado en enseñar contenidos conceptuales guiados por la lógica interna de la ciencia, olvidando la propia construcción del conocimiento científico, es decir, sobre qué es ciencia y cómo se hace ciencia. Por tal razón, el presente artículo socializa un avance de investigación que busca promover concepciones contemporáneas sobre Tentatividad del Conocimiento Científico (TdCC) en los estudiantes de grado décimo del colegio Gimnasio “Nueva América” a través de una unidad didáctica (UD) ambientada en la Historia de la Ciencia (HC). Para esto, se diseña una UD basada en referentes teóricos del aprendizaje significativo la cual consta de tres etapas: la etapa uno consiste en la revisión bibliográfica, la dos en la construcción del mapa de diseño curricular (MDC) y la tres, en el diseño de las diferentes actividades. Las categorías de investigación son: Conocimiento Científico Confiable, Conocimiento Científico Duradero, Conocimiento Científico Nunca Absoluto y Conocimiento Científico Certero. Se proyecta diseñar una entrevista semiestructurada, diarios de campo, encuesta Likert y actividades de la unidad didáctica, así como un proceso de triangulación de instrumentos para analizar los cambios en las concepciones de los estudiantes sobre TdCC generada mediante la UD y poder elucidar como los estudiantes construyen concepciones auténticas e informadas de la ciencia y del carácter tentativo del conocimiento científico.

**Palabras clave:** Alfabetización Científica, Currículos de Ciencias, Enseñanza de las Ciencias, Naturaleza de la Ciencia, Tentatividad del Conocimiento Científico.

Forma de citar este artículo: Amaya-Martínez, F. A., Ayala-Villamil, L-A. y García-Marquéz, A., (2023). Contribución al desarrollo de concepciones contemporáneas sobre Tentatividad del Conocimiento Científico en estudiantes de educación media. Revista Latinoamericana de Educación Científica, Crítica y Emancipadora (LadECiN), 2(2), 35-56. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.10440151>

Contacto: [faamayam@correo.udistrital.edu.co](mailto:faamayam@correo.udistrital.edu.co), [luisalfonsoayalavillamil@gmail.com](mailto:luisalfonsoayalavillamil@gmail.com), [alvaro.garcia@udistrital.edu.co](mailto:alvaro.garcia@udistrital.edu.co)

F. A. Amaya-Martínez, L-F., Ayala-Villamil,  
A. García-Martínez

**Abstract:** Scientific literacy has been one of the main objectives of study in science curricula at all levels of education, therefore, in science education it has been proposed that school science should consider the teaching of the Nature of Science (NOS), since generally science curricula in different parts of the world have focused on teaching conceptual content guided by the internal logic of science, forgetting the construction of scientific knowledge itself, that is, what science is and how science is done. For this reason, this article socializes a research advance that seeks to promote contemporary conceptions of Tentativeness of Scientific Knowledge (TdCC) in tenth grade students of the Gimnasio "Nueva América" school through a didactic unit (UD) set in the History of Science (HC). For this purpose, a DDU is designed based on theoretical references of meaningful learning, which consists of three stages: stage one consists of a bibliographic review, stage two in the construction of the curriculum design map (CDM) and stage three, in the design of the different activities. The research categories are: Reliable Scientific Knowledge, Enduring Scientific Knowledge, Never Absolute Scientific Knowledge, and Certain Scientific Knowledge. It is planned to design a semi-structured interview, field diaries, Likert survey and activities of the didactic unit, as well as a process of triangulation of instruments to analyze the changes in the students' conceptions of TdCC generated through the UD and to elucidate how students construct authentic and informed conceptions of science and the tentative nature of scientific knowledge.

**Keywords:** Science literacy, Science Curriculum, Science Education, Nature of Science, Tentativeness of Scientific Knowledge.

**Resumo:** A alfabetização científica tem sido um dos principais objetivos de estudo nos currículos de ciências em todos os níveis de ensino, portanto, na educação científica tem sido proposto que a ciência escolar deve considerar o ensino da Natureza da Ciência (NOS), já que geralmente os currículos de ciências em diferentes partes do mundo têm se concentrado no ensino do conteúdo conceitual orientado pela lógica interna da ciência, esquecendo a construção do próprio conhecimento científico, ou seja, o que é ciência e como a ciência é feita. Por esta razão, este artigo socializa um progresso de pesquisa que procura promover concepções contemporâneas de Tentatividade do Conhecimento Científico (TdCC) em alunos da décima série da escola Gimnasio "Nueva América", através de uma unidade didática (UD) estabelecida na História da Ciência (HC). Para este fim, uma UD é projetada com base em referências teóricas de aprendizagem significativa que consiste em três estágios: o estágio um consiste na revisão da literatura, o estágio dois na construção do mapa de projeto curricular (CDM) e o estágio três, no projeto das diferentes atividades. As categorias de pesquisa são: Conhecimento Científico Confiável, Conhecimento Científico Permanente, Nunca Conhecimento Científico Absoluto e Certo Conhecimento Científico. Está planejado projetar uma entrevista semiestruturada, diários de campo, pesquisa da Likert e atividades da unidade didática, bem como um processo de triangulação de instrumentos para analisar mudanças nas concepções dos estudantes sobre o TdCC geradas através da UD e para elucidar como os estudantes constroem concepções autênticas e informadas sobre a ciência e a natureza experimental do conhecimento científico.

**Palavras-chave:** Alfabetização científica, Currículo científico, Educação científica, Natureza da ciência, Tentatividade do conhecimento científico.

**Fecha de recepción:** 21 de Noviembre de 2022

**Fecha de aceptación:** 24 de Agosto de 2023



## Introducción

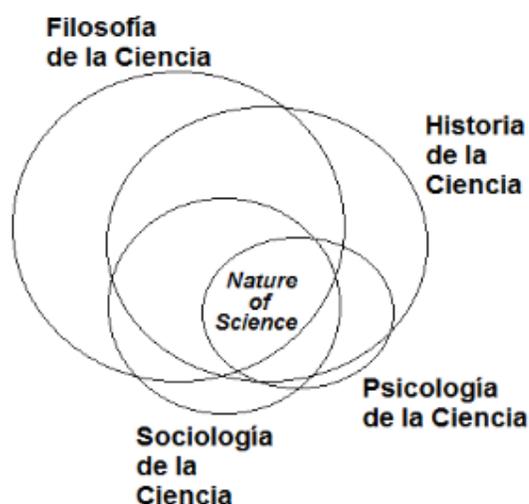
La conceptualización de Naturaleza de la Ciencia (Nature of Science, NOS por su acrónimo en inglés), o Naturaleza del Conocimiento Científico como fue ampliamente conocida antes de 1980 (Lederman et al., 2014b), es un constructo complejo e interesante, analizado por los diferentes didactas de la ciencia debido a que actualmente se siguen presentando dificultades para comprender qué es ciencia y cómo funciona la ciencia, los métodos que usa para la validación de su conocimiento y los aportes que realiza la ciencia a la cultura y progreso de la sociedad (Ryan y Aikenhead, 1992; Acevedo et al., 2005). Por esta razón, la comprensión del constructo NOS recibe atención desde la didáctica de las ciencias, ya que es considerado un factor estructural en la alfabetización científica (Izquierdo-Aymerich et al., 2016; Ayala-Villamil y García-Martínez, 2022). En este sentido, uno de los objetivos que se ha buscado en las últimas décadas es que el estudiantado en todos los niveles de formación adquiera una comprensión contemporánea de NOS (Acevedo et al., 2005; Abd-El-Khalick y Lederman, 2000; Lederman et al., 2014a; Ayala-Villamil, 2019).

En concordancia con lo anterior, NOS es considerado un constructo muy valioso en el ámbito educativo, debido a que como lo sostienen Driver et al., (1996), el conocimiento de NOS permite mejorar el aprendizaje del Conocimiento Científico gracias a su valor intrínseco, además, porque genera interés en la ciencia y promueve el desarrollo para la toma de decisiones socio-científicas en los estudiantes.

Por consiguiente, NOS es una construcción multifacética, compleja y diversa como la ciencia misma (Lederman et al., 2014a; Ayala-Villamil, 2020). Por lo tanto, la conceptualización de NOS dista de ser universal y consensuada. En este orden de ideas, McComas et al., (1998) definen NOS cómo:

“Un campo híbrido fértil que combina aspectos de varios estudios sociales de la ciencia, incluida la historia, la sociología y la filosofía de la ciencia, combinados con investigaciones de las ciencias cognitivas, como la psicología, en una rica descripción de qué es la ciencia, cómo funciona, cómo operan los científicos como grupo social y cómo la sociedad misma dirige y reacciona a los esfuerzos científicos” (McComas, 1998) (pág. 4).

Así, diferentes meta-ciencias contribuyen en mayor o menor medida al constructo NOS. McComas y Olson (1998) en su revisión de estándares internacionales en educación científica señalan que NOS no es sinónimo de Filosofía de la Ciencia (FC), por el contrario, la Historia de la Ciencia (HC), la Sociología de la Ciencia (SC) y la Psicología de la Ciencia (PS) permiten realizar aportes a la comprensión del funcionamiento de la ciencia (McComas y Olson, 1998; Ayala-Villamil y García-Martínez, 2021). En la Figura 1, se representan por medio de circunferencias el aporte que realiza cada meta-ciencia al constructo NOS.



**Figura 1.** Representación del Aporte de cuatro metaciencias en la comprensión de NOS (Tomado de: McComas y Olson, 1998, p.50).

Si bien hay más de 50 años de investigación sobre NOS en la investigación internacional (Lederman et al., 2014a), en las últimas dos décadas han emergido interesantes debates sobre la conceptualización de NOS (Ayala-Villamil, 2020) de los cuales se pueden identificar dos enfoques, denominados el enfoque de dominio general y de dominio específico.

### **Enfoque de Dominio General**

En el enfoque de dominio general están las denominadas “visiones de consenso” o aspectos generales de NOS, pensados para promover una alfabetización científica de los ciudadanos en diferentes niveles de formación. De acuerdo con la

visión de consenso, NOS refiere a las características que se derivan intrínsecamente de la forma en que se produce el conocimiento científico, es decir la investigación científica (Lederman, 2007; Abd-El-Khalick, 2012; Lederman et al., 2014b; Bartos y Lederman, 2014).

Según la opinión de consenso, debemos enseñar a los estudiantes las características que son ampliamente aceptadas, ya sea en los documentos de estándares científicos, en la filosofía, historia, sociología de la ciencia y/o literatura educativa, por ello, son los aspectos menos controvertidos de NOS. En este sentido, presentan una lista de aspectos denominados tenets o principios, que contribuyen en las reflexiones NOS en el contexto de la educación científica, estos se presentan a continuación en la Tabla 1.

**Tabla 1.** Lista de Aspectos del Enfoque de Dominio General

Tenets o principios	Elementos Teóricos Identificados
Tentatividad del Conocimiento Científico	El conocimiento científico es confiable pero tentativo, es decir cambia con el tiempo
Observaciones e Inferencias	Las observaciones son declaraciones que describen los fenómenos naturales del mundo, mientras las inferencias son afirmaciones obtenidas a partir de las observaciones
Teorías Científicas y Leyes	Las leyes científicas son declaraciones relacionadas con el mundo natural, por el contrario, las teorías son inferencias que permiten la explicación de las observaciones
Creatividad e Imaginación	El conocimiento científico necesita de la creatividad e imaginación humana para el adecuado diseño de metodologías
Subjetividad en la Ciencia	El conocimiento científico está influenciado por las creencias, prejuicios, experiencias y expectativas de cada científico
Integración Social y Cultural en la Ciencia	El conocimiento científico se encuentra arraigado por el contexto social y cultural
Naturaleza Empírica del C.C	El conocimiento científico es empírico, esto significa que se basa en observaciones y experimentos

**Fuente:** Tomado y adaptado de Ayala-Villamil (2020).

Así mismo, se cree que la opinión de consenso presenta algunas deficiencias, dentro de las cuales se tiene que:

- El conocimiento científico no puede caracterizarse a partir de simples declaraciones.
- Las características NOS del dominio general no son exclusivas de la ciencia.
- No se reconocen diferencias en el desarrollo de conocimiento científico de diferentes disciplinas (Hodson y Wong, 2017; Kampourakis, 2016).

Por ende, el enfoque de dominio general provoca una visión NOS restrictiva, atemporal y estática (Ayala-Villamil, 2020). Como alternativa emerge el enfoque de dominio específico con el fin de superar las dificultades del enfoque de dominio general.

### Enfoque de Dominio Específico

En la Tabla 2 se presentan las conceptualizaciones NOS que hacen parte del dominio específico.

**Tabla 2.** Conceptualizaciones del Enfoque de Dominio Específico

<i>Conceptualización</i>	<i>Elementos Teóricos</i>
<i>Preguntas Metateóricas clásicas de NOS de Adúriz-Bravo (2005)</i>	Se propone abordar NOS desde cuestiones Metateóricas clásicas debido a su potencial didáctico, las cuales permiten promover reflexiones genéricas de las disciplinas en todos los niveles educativos (Amador y Adúriz-Bravo, 2017).
<i>Práctica Científica de Wong y Hodson (2009)</i>	Intenta reflejar aspectos importantes obtenidos desde la literatura sobre Historia y Filosofía de las Ciencias (HPS), por lo que desde esta perspectiva se concibe NOS desde las características de la investigación científica (Hodson y Wong, 2014).
<i>Características de la Ciencia "FOS" de Matthews (2012)</i>	Se plantea un marco teórico para conceptualizar e investigar NOS, a partir de un cambio en la terminología y enfoque de investigación, desde una NOS esencialista y epistemológicamente centrada hacia las características de la ciencia (FOS – Features of Science) (Matthews, 2012).

<p><i>Ciencia Integral de Allchin (2011)</i></p>	<p>Pretende replantear NOS desde la confiabilidad en la práctica científica, para esto propone un conjunto de tres dimensiones epistémicas (observacional, conceptual y sociocultural) sobre cómo la comunidad científica alcanza y preserva la fiabilidad a medida que se desarrolla el Conocimiento Científico (Allchin, 2011; 2017).</p>
<p><i>Enfoque de parecido familiar "FRA" de Irzik y Nola (2011, 2014)</i></p>	<p>El enfoque de aproximación familiar intenta repensar NOS de forma más sistemática y unificadora. Dentro de esta perspectiva, se asumen dos sistemas, el primero, ciencia como sistema cognitivo-epistémico el cual incluye hacer observaciones, plantear problemas, obtener y clasificar datos, mientras el segundo, denominado ciencia como sistema Socio-institucional considera las actividades que elaboran los científicos, como escribir documentos, realizar investigaciones, entre otras (Irzik y Nola, 2011; 2014).</p>
<p><i>Conceptualización de Naturaleza de la Ciencia, Tecnología y Taxonomía VOSTS de Vásquez-Alonso y Manassero-Mas (2017a, 2017b)</i></p>	<p>Desarrollan esta conceptualización inspirados en el modelo de los tres mundos ontológicos para describir la ciencia. La complejidad es resumida desde un marco taxonómico que se estructura en cuatro aspectos básicos, I) definiciones, II) sociología externa de la Ciencia y Tecnología (CyT), III) sociología interna de la CyT y IV) epistemología.</p>
<p><i>Reconceptualización del enfoque familiar "RFR" de Erduran y Dagher (2014)</i></p>	<p>En la reconceptualización del enfoque de parecido familiar (RFR, Reconceptualised Family Resemblance) para la enseñanza de las ciencias, se proponen tres categorías sobre el desarrollo de Conocimiento Científico, que son relevantes para una adecuada alfabetización científica escolar, estas categorías son, a) las organizaciones e interacciones sociales, b) las estructuras de poder político y c) los sistemas financieros (Erduran y Dagher, 2014).</p>

**Fuente:** Tomado y adaptado de Ayala-Villamil (2020).

Teniendo en cuenta lo anterior, se puede evidenciar que dentro de la conceptualización de NOS hay una gran producción de reflexiones y contenido; sin embargo, se han esgrimido ideas en contra y a favor de los mencionados enfoques asociadas a los procesos de enseñanza y de aprendizaje de las ciencias en los diversos niveles educativos.

Así, la opinión de consenso es criticada porque según sus detractores, retrata una imagen estrecha de la ciencia, por ejemplo, no se mencionan cuáles son los

F. A. Amaya-Martínez, L-F., Ayala-Villamil,  
A. García-Martínez

objetivos, métodos y metodologías utilizadas en el desarrollo de conocimiento científico; además, estos aspectos generan una enseñanza declarativa de NOS cuando lo ideal es que sea una enseñanza funcional (Allchin, 2011).

Por el contrario, algunas ideas asociadas a una enseñanza de las ciencias desde el enfoque de dominio específico son:

- permite a los estudiantes comprender cómo funciona la ciencia y, a interpretar la fiabilidad de los enunciados científicos,
- facilita el diseño de material didáctico que promueva la práctica científica contemporánea, con el fin de propiciar una alfabetización científica cívica,
- ayuda a que los estudiantes afronten cuestiones socio-científicas de manera informada, segura y crítica desde la comprensión de conocimiento,
- integra características epistemológicas, históricas, psicológicas, sociales, tecnológicas y económicas que hacen parte del desarrollo de conocimiento científico,
- comunica y declara la importancia de los sistemas cognitivo-epistémico y Socio-institucional en la ciencia escolar (Allchin, 2011; Wong y Hodson, 2009; Matthews, 2012; Irzik y Nola, 2011).

Por otro lado, es importante que los educadores posean concepciones contemporáneas de NOS y sepan promoverlas en el estudiantado. Para lograr este cometido se ha recomendado la incorporación de la Historia de la Ciencia (HC) en la educación científica escolar, con el fin de mejorar la comprensión de aspectos NOS (Izquierdo-Aymerich et al., 2016).

En este sentido, autores como Benilacqua y Bordoni (1998) mencionan que la HC tiene un papel fundamental en el aprendizaje de aspectos NOS, incluso mencionan que parte de esta metaciencia ya se encuentra dentro de los planes de estudio y se hace presente en los libros de texto, no obstante, señalan que la integración realizada no es suficiente para comprender adecuadamente el constructo NOS (Niaz, 2012). Por tal motivo, se ha demostrado que su efectividad requiere plantear de manera crítica, explícita y reflexiva en los estudiantes la identificación de aspectos NOS (McComas, 2008; Acevedo-Díaz et al., 2017).

Por lo tanto, pueden ser de interés las narraciones históricas (casos y controversias) que han mantenido los científicos, ya que, principalmente ofrecen un ambiente



motivador de aprendizaje y permiten tanto a docentes como estudiantes aprender cómo se ha desarrollado el Conocimiento Científico, reconociendo los aciertos y desaciertos del mismo; por lo que el uso didáctico de estas narraciones requiere de una adecuada adaptabilidad al contexto educativo.

Para ello, se debe realizar una selección que simplifique en parte los hechos históricos, cuidando de no caer en una pseudohistoria (Allchin, 2004) y evitando así una imagen deformada de la ciencia (Acevedo-Díaz et al., 2017). Del mismo modo, de acuerdo con Izquierdo-Aymerich et al. (2016), se debe evitar la hagiografía y el anacronismo, el primero de ellos consiste en seleccionar una figura histórica vista como un "héroe o heroína" en el desarrollo de Conocimiento Científico y concentrar en ella todos los méritos de los logros científicos de una época, dejando de lado los aportes, sugerencias, preguntas y conocimientos relevantes de una comunidad científica, y el segundo, se refiere a una historia que interprete el pasado de las ciencias desde una perspectiva y lenguaje actual descontextualizado con la época que corresponde (Izquierdo-Aymerich et al., 2016, p. 24).

Ahora bien, una adecuada HC debe procurar que las narraciones incluyan palabras de los científicos para resaltar el lado humano de la ciencia y dotar de autenticidad a las ideas de NOS que se desean ilustrar (Clough, 2011; Izquierdo-Aymerich et al., 2016). También, es importante promover una HC diacrónica, es decir, una historia "presentista" en la cual se podrán evaluar los logros y fracasos en el desarrollo de conocimiento científico solo en relación con el contexto de la época en que acontecieron tales episodios (Izquierdo-Aymerich et al., 2016).

## Metodología

En esta sección se plantea los aspectos teóricos que deben ser tenidos en cuenta a la hora de diseñar una Unidad Didáctica (UD), la cual permitirá promover un enfoque explícito y reflexivo de enseñanza de TdCC en los estudiantes. Para esto, la UD se fundamentará en los referentes teóricos del aprendizaje significativo que propone Ausubel et al. (1997).

## La Unidad Didáctica (UD) y su Diseño:

La UD es entendida como un sistema producto del diseño del profesor, en donde se relacionan los actores y los elementos que intervienen en el proceso de enseñanza y de aprendizaje, contenidos, propósitos, evaluación e interacciones con una alta coherencia metodológica interna (García-Martínez et al., 2018). La UD se plantea como instrumento de planeación, programación y orientación de la práctica profesional docente y se estructura mediante un conjunto de actividades que se desarrollarán en un espacio y tiempo determinado para cumplir con unos objetivos didácticos.

En la estructura y diseño de la UD es importante contemplar varios aspectos, los cuales no se pueden ver de forma aislada, sino por el contrario, conforman un sistema en el que se relacionan, articulan y crean interdependencia. A continuación, se presentan los aspectos que García-Martínez et al. (2018), consideran relevantes:

- **Objetivos/Competencias:** los objetivos y competencias deben presentarse explícitamente en la UD para que los estudiantes identifiquen lo que se espera que aprendan. Para esto, se debe especificar las acciones que el estudiante debe realizar analizando el marco de los contenidos conceptuales, procedimentales, actitudinales y comunicativos (Caamaño, 2011).
- **Selección de contenidos:** la selección de contenidos puede hacerse por: a) conceptos estructurantes y/o fundamentales, b) aspectos históricos y c) por proyectos para dar respuesta a una pregunta de investigación escolar.
- **Secuenciación de contenidos:** la secuenciación se ha establecido a lo largo de los años siguiendo dos grandes criterios: la organización que presentan los libros y las orientaciones curriculares o estándares curriculares del gobierno local o nacional. Por ende, se considera necesario que todas las actividades deben diseñarse, estructurarse y desarrollarse de manera articulada cumpliendo con los objetivos y competencias propuestos, comenzando por las concepciones que tiene cada estudiante.
- **Actividades:** el diseño de las actividades y su puesta en marcha dependerá del nivel de desarrollo de los estudiantes, sus intereses y necesidades. Por lo tanto, es importante mencionar que las actividades deben generar interés en el estudiantado, en donde se promueva la reflexión, el análisis y el desarrollo de habilidades de pensamiento de orden básico y superior.

- **Recursos:** en esta sección se establecen todos los recursos y/o materiales técnicos, económicos, espaciales y humanos. Es preciso que para cada una de las actividades a desarrollar se describan cada uno de estos.
- **Adaptaciones Curriculares:** en este apartado se establecen aspectos del contexto cultural, como las necesidades e intereses de la población. Asimismo, este elemento acoge también a los estudiantes con baja visión, ciegos, población sorda y con diferentes problemas de aprendizaje.
- **Seguimiento y Evaluación:** corresponde a un proceso, que debe ser continuo, integral, flexible, abierto, holístico, en donde los estudiantes puedan aprender a aprender, es decir, un proceso que contribuya a la autorregulación de los estudiantes. En este sentido, es revelante que el docente promueva y oriente actividades de coevaluación y autoevaluación con miras de la autorregulación efectiva (García-Martínez et al., 2018).

Teniendo en cuenta lo anterior, el diseño de la UD se divide en tres etapas.

### **Etapa 1.** Revisión de la literatura

Una revisión de literatura es un método sistemático, explícito y reproducible para identificar y evaluar trabajos terminados y publicados que tienen relación con el problema de investigación que se quiere abordar, esto con el fin de identificar qué se ha hecho y cómo se ha hecho en un tema particular (Fink, 2019). En consecuencia, para la selección de la información se realiza una búsqueda cumpliendo con los siguientes filtros:

- ✓ **Bases de Datos Seleccionadas:** Scopus, Scielo, Realy, Springer Link, Eric.
- ✓ **Palabras de Búsqueda:** Nature of Science, History of Science, Tentative of Scientific Knowledge, Teaching Science.
- ✓ **Fuentes:** revistas de divulgación científica.
- ✓ **Idioma de Publicación:** inglés, español y portugués.

Posteriormente, se identifican y obtienen los artículos seleccionados para el propósito de la investigación.

### **Etapa 2.** Construcción del Mapa de Diseño Curricular (MDC)

El MDC es un instrumento diseñado por los docentes para guiar su trabajo profesional porque permite trazar posibles rutas de trabajo didáctico que puede seguir para orientar el aprendizaje en sus estudiantes. Además, el MDC se

F. A. Amaya-Martínez, L-F., Ayala-Villamil,  
A. García-Martínez

establece como un instrumento que orienta: a) el desarrollo de la UD en términos conceptuales, procedimentales, actitudinales y comunicativos y b) la manera como se establecen relaciones entre los conceptos que se abordarán (García-Martínez et al., 2005; García-Martínez et al., 2018).

La construcción del MDC se fundamenta desde perspectivas constructivistas sobre la enseñanza y el aprendizaje, puesto que tiene en cuenta: I) los propósitos de formación (objetivos, competencias, habilidades, entre otros) que se han previsto a nivel institucional y del espacio académico del profesor, II) las ideas previas del estudiantado, ya que cuando el profesor las conoce son el punto de partida pues identifica los conceptos o procedimientos en los cuales debe profundizar, III) el C.C escolar en el que se ubica lo que desea que sus estudiantes aprendan y, IV) los conocimientos y la práctica profesional del maestro, ya que podrá reconocer cuales son los conceptos más difíciles o sencillos para los estudiantes a la hora de abordarlos en clase, los tiempos más adecuados y las estrategias o metodologías más acertadas para desarrollarlos (García-Martínez et al., 2018).

### **Etapas 3.** Diseño de las Actividades

Las actividades son un aspecto importante que determina la trascendencia de los objetivos en el diseño de la UD. Por lo tanto, es primordial que el docente sea metódico a la hora de establecer los criterios de selección y secuenciación, sus objetivos y la manera como se articulan en la UD. A continuación, se señalan cuatro tipos de actividades consideradas y que corresponden a la tipología propuesta y desarrollada por Sanmartí (2000), García-Martínez et al., (2018) y Amaya-Martínez y García-Martínez (2018), en donde se describen sus características, las cuales, se direccionan de alguna manera de acuerdo a los objetivos y competencias que se desean alcanzar.

#### **a.** Actividades de Iniciación o de Exploración.

Son actividades motivadoras, que promueven el planteamiento de preguntas o problemas de investigación significativos y la comunicación de diversos puntos de vista. Se caracterizan por promover el análisis de situaciones simples y concretas, cercanas a las vivencias e intereses del alumnado. A través de este tipo de actividades, el profesorado puede: I) motivar a los estudiantes; II) explorar el objeto de aprendizaje a través de situaciones reales y concretas; y III) reconocer las ideas previas que tienen los estudiantes sobre un tema específico.

#### **b.** Actividades de Introducción a Nuevos Conceptos



Este tipo de actividades pretenden que el estudiantado enriquezca su visión inicial del problema y su explicación, ya sea a partir de la realización de nuevas experiencias, del establecimiento de nuevas analogías y nuevas relaciones. Todo ello, en función de que se produzca una reestructuración en la forma de mirar, de pensar, de sentir y de hablar en relación al fenómeno o tema de estudio (Sanmartí, 2000). En general, este tipo de actividades pueden ser de todo tipo, observaciones e investigaciones experimentales, simulaciones, comparación con explicaciones dadas a lo largo de la HC, lecturas, vídeos, entre otros. Las actividades de este tipo están orientadas a favorecer que el estudiante pueda identificar nuevos puntos de vista, a las formas disímiles de explicar, de analizar y observar el objeto de estudio y a la construcción de distintos modelos de interpretación de los hechos, conceptos o fenómenos.

#### c. Actividades de Síntesis

Este tipo de actividades favorecen la explicación de los aprendizajes obtenidos por los estudiantes, por tal razón, se pueden identificar los cambios en sus puntos de vista, aportes y conclusiones. En este sentido, son actividades que fomentan la abstracción de las ideas importantes, formulándolas de forma descontextualizada y general. Es importante que éstas esten enfocadas a la organización, sistematización, reflexión y determinación de las conclusiones sobre los nuevos aprendizajes.

Estas actividades serán inevitablemente provisionales, ya que los aprendizajes contruidos no pueden considerarse como puntos finales sino como etapas de un proceso que transcurre a través de toda la vida (Sanmartí, 2000), por lo que cada estudiante debe encontrar su propia forma de expresar sus conocimientos.

#### d. Actividades de Aplicación y Transferencia

Son actividades encaminadas al uso y aplicación de los nuevos conocimientos en situaciones reales para los estudiantes. También se conocen como actividades de generalización. Se considera que, para conseguir que el aprendizaje sea significativo, se deben ofrecer oportunidades a los estudiantes de manera que apliquen sus concepciones revisadas a situaciones o contextos nuevos y diferentes. Además de esto, es relevante mencionar que este tipo de actividades se pueden desarrollar a partir juegos de rol, planteamiento de problemas, proyectos, entre otros.

De acuerdo a lo anterior, es fundamental que las actividades sean motivadoras y susciten el interés en cada uno de los estudiantes, con el fin de promover un aprendizaje significativo. Además, es necesario que favorezcan el trabajo colaborativo, el autoaprendizaje y la autorregulación, así como el desarrollo de

F. A. Amaya-Martínez, L-F., Ayala-Villamil,  
 A. García-Martínez

habilidades cognitivo-lingüísticas (HCL) (García-Martínez et al., 2018; Amaya-Martínez y García-Martínez, 2018).

## Resultados y Análisis de la Información

El análisis de la información derivada de la aplicación de la UD se realiza a través del análisis de contenido. El propósito de este análisis es la identificación de unidades de análisis obtenidas a partir de los diferentes instrumentos (Fernández, 2002), que para esta investigación son entrevistas semiestructuradas, grabaciones de clases, diarios de campo, encuesta likert y las actividades de la unidad didáctica.

Posteriormente se realiza la triangulación de instrumentos, con el fin de identificar las concepciones que poseen los estudiantes de grado décimo del colegio Gimnasio Nueva América y a partir de estas, promover concepciones contemporáneas sobre TdCC. La triangulación dentro del marco de una investigación cualitativa comprende el uso de varias estrategias al estudiar un mismo fenómeno (Okuda y Gómez, 2005).

Una de las ventajas de la triangulación es que cuando con dos instrumentos se obtienen resultados similares, se corroboran los hallazgos, pero cuando ocurre lo contrario, la triangulación ofrece una oportunidad para elaborar una perspectiva más amplia de la interpretación del fenómeno en cuestión, porque señala su complejidad y esto a su vez enriquece el estudio. De esta forma, la triangulación no sólo sirve para validar la información, sino que se utiliza para ampliar y profundizar su comprensión (Okuda y Gómez, 2005).

**Tabla 3.** Categorías de Investigación sobre TdCC

<b>Categorías de Investigación</b>	Conocimiento Científico Confiable
	Conocimiento Científico Duradero
	Conocimiento Científico Nunca es Absoluto
	Conocimiento Científico Certero

**Fuente:** Elaboración propia (2022).



Finalmente, tanto la obtención de unidades de análisis como la triangulación de instrumentos se realiza teniendo en cuenta las categorías de investigación propuestas en la tabla 3.

Es importante mencionar que la conceptualización de cada una de las anteriores categorías de investigación se presentarán en un próximo artículo que actualmente se encuentra sometido a evaluación por pares académicos.

## Consideraciones finales

La adecuada incorporación de la HC como vehículo para la comprensión de NOS en estudiantes y docentes de todos los niveles de formación permite ilustrar cuestiones: a) epistemológicas, porque se fomenta el desarrollo de conocimiento científico e investiga las características y los métodos que usa para su validación, b) ontológicas, porque permite comprender el conocimiento científico desde su naturaleza (McComas, 2008) y c) sociológicas, debido a que la ciencia se entiende como una actividad cultural y social, que responde a necesidades, intereses, problemas sociales, políticos, económicos e ideológicos.

Adicionalmente, se resalta que el uso de la HC presenta potencial didáctico para la enseñanza de NOS, debido a que esta metaciencia: a) promueve un ambiente motivador de aprendizaje, b) facilita la comprensión de conceptos y procedimientos de la ciencia, c) reconoce el carácter provisorio y situado de las teorías científicas, d) contribuye al avance de la ciencia, mostrando los complejos procesos de cambio científico y presentando el conflicto, como algo propio y natural de la ciencia (Acevedo-Díaz et al., 2016a). Asimismo, se resalta que su efectividad depende de la forma como se incorpora, plantenando así, que para promover la reflexión crítica se debe utilizar un enfoque explícito y reflexivo.

Por último, se recalca que el promover el desarrollo de concepciones contemporáneas y explícitas sobre TdCC en el estudiantado permite:

- (i) comprender NOS de una forma más contextualizada, porque se logra identificar que la ciencia está influenciada por contextos sociales, históricos y culturales,

F. A. Amaya-Martínez, L-F., Ayala-Villamil,  
A. García-Martínez

- (ii) desarrollar concepciones auténticas e informadas de la ciencia y del carácter tentativo del conocimiento científico,
- (iii) el desarrollo de pensamiento crítico y la toma de decisiones sociocientíficas informadas.

## Referencias

Abd-El-Khalick, F. (2012): Examining the Sources for our Understandings about Science: Enduring Conflations and Critical Problems in Research on Nature of Science in Science Education. *International Journal of Science Education*, 34(3), 353-374. <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/09500693.2011.629013>

Abd-El-khalick, F. y Lederman, N. (2000). Improving science teachers' conceptions of nature of science: A critical review of the literature. *International Journal of Science Education*, 22(7), 665-701. [https://www.researchgate.net/publication/248974984\\_Improving\\_ScienceTeachers'Conceptions\\_of\\_Nature\\_of\\_Science\\_A\\_Critical\\_Review\\_of\\_the\\_Literature](https://www.researchgate.net/publication/248974984_Improving_ScienceTeachers'Conceptions_of_Nature_of_Science_A_Critical_Review_of_the_Literature)

Acevedo, J., Vázquez, Á., Martín, M., Oliva, J., Acevedo, P., Paixão, F. y Manassero, M. (2005). Naturaleza de la Ciencia y educación Científica para la participación ciudadana. Una revisión crítica. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las ciencias*, 121-140. <https://revistas.uca.es/index.php/eureka/article/view/3912>

Acevedo-Díaz, J.A., García-Carmona, A. y Aragón-Méndez, M.M. (2016a) Un caso de Historia de la Ciencia para aprender Naturaleza de la Ciencia: Semmelweis y la fiebre puerperal. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 13(2), 408-422. <http://hdl.handle.net/10498/18297>

Acevedo-Díaz, J. A., García-Carmona, A. y Aragón, M. D. M. (2017). Historia de la ciencia para enseñar naturaleza de la ciencia: una estrategia para la formación inicial del profesorado de ciencia. *Educación química*, 28(3), 140-146. <https://revistas.unam.mx/index.php/req/article/view/63994>



- Adúriz-Bravo, A. (2005). *Una introducción a la naturaleza de la ciencia, la epistemología en la enseñanza de las ciencias naturales*. Buenos Aires, Argentina: Fondo de cultura económica.  
<http://isfdmacia.zonalibre.org/La%20epistemolog%C3%ADa%20de%20las%20ciencias%20naturales%20%20-%20Bravo.pdf>
- Allchin, D. (2004). Pseudohistory and pseudoscience. *Science & Education*, 13(3), 179-19. <https://eric.ed.gov/?id=EJ925129>
- Allchin, D. (2011). Evaluating knowledge of the nature of (whole) science. *Science Education*, 95(3), 518-542.  
<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/sce.20432>
- Amaya-Martínez, F. y García-Martínez, A. (2018). 1A002 Estudio del concepto de biodiversidad a través del desarrollo de habilidades cognitivo lingüísticas en estudiantes de secundaria. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*.  
<https://revistas.pedagogica.edu.co/index.php/TED/article/view/8683>
- Ausubel, D., Novak, J. y Hanesian, H. (1997). *Significado y aprendizaje significativo*. Psicología educativa: un punto de vista cognoscitivo. México: Editorial Trillas.
- Ayala-Villamil, L-A. (2019). Unidad didáctica para la enseñanza explícita de un aspecto de la naturaleza de la ciencia. *Latin American Journal of Science Education*, 6(1), 12002. [http://www.lajse.org/may19/2019\\_12002.pdf](http://www.lajse.org/may19/2019_12002.pdf)
- Ayala-Villamil, L-A. (2020). Conceptualización de naturaleza de la ciencia: el desarrollo de dos enfoques. *Noria Investigación Educativa*, 2(6), 105-128.  
<https://revistas.udistrital.edu.co/index.php/NorialE/article/view/16653>
- Ayala-Villamil, L-A. y García-Martínez, A. (2021). VNOS: A historical review of an instrument on the nature of science. *Interdisciplinary Journal of Environmental and Science Education*, 17(2), e2238.  
<https://www.ijese.com/article/vnos-a-historical-review-of-an-instrument-on-the-nature-of-science-9340>
- Ayala-Villamil, L-A. y García-Martínez, A. (2022). Caracterización de concepciones sobre Naturaleza de la Ciencia en profesores de preescolar. *Educación y Humanismo*, 24(42), 163-183.

F. A. Amaya-Martínez, L-F., Ayala-Villamil,  
A. García-Martínez

<https://revistas.unisimon.edu.co/index.php/educacion/article/view/4556/5584>

Bartos, S. y Lederman, N. (2014). Teachers' knowledge structures for Nature of Science and Scientific Inquiry: Conceptions and classroom practice. *Journal of Research in Science Teaching*, 51(9), 1150–1184. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/tea.21168>

Caamaño, A. (2011). Enseñar química mediante la contextualización, la indagación y la modelización. *Alambique: Didáctica de las ciencias experimentales*, 17(69), 21-34 <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3693498>

Clough, M. P. (2011). The story behind the science: Bringing science and scientists to life in post-secondary science education. *Science & Education*, 20(7-8), 701-717.

Driver, R., Leach, J., Millar, R. y Scott, P. (1996). *Young people's images of science by Rosalind Driver John Leach Robin Millar and Buckingham*. UK: Open University Press. [https://books.google.com.pe/books?id=GevnAAAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs\\_ge\\_summary\\_r&cad=0#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.pe/books?id=GevnAAAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false)

Erduran, S. y Dagher, Z. (2014). Reconceptualizing Nature of Science for science education. In *Reconceptualizing the Nature of Science for Science Education* (p. 189). Dordrecht: Springer. <https://doi.org/10.1007/978-94-017-9057-4>

Fernández, F. (2002). El análisis de contenido como ayuda metodológica para la investigación. *Revista de Ciencias Sociales (Cr)*, 2(96), 35-53. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=15309604>

Fink, A. (2019). *Conducting research literature reviews: From the internet to pape*. Sage publications. <https://us.sagepub.com/en-us/nam/conducting-research-literature-reviews/book259191>

García-Martínez, Mora, W. y Enciso, S. (2005). La formación pedagógico didáctica del profesorado universitario de las áreas de ciencias naturales y tecnología. *Enseñanza de las Ciencias*, número extra. <https://core.ac.uk/download/pdf/13303183.pdf>



- García-Martínez, A., Hernández-Barbosa, R. y Abella-Peña, L. (2018). Diseño del trabajo de aula: un proceso fundamental hacia la profesionalización de la acción docente. *Revista Científica*, 33(3), 316- 331. <https://doi.org/10.14483/23448350.12623>
- Hodson, D. y Wong, S. (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. <https://doi.org/10.1080/14926156.2016.1271919>
- Irzik, G. y Nola, R. (2011). A Family Resemblance Approach to the Nature of Science for science education. *Science & Education*, 20(7–8), 591–607. <https://link.springer.com/article/10.1007/s11191-010-9293-4>
- Irzik, G. y Nola, R. (2014). New directions for Nature of Science research. In M. Matthews (Ed.), *International Handbook of Research in History, Philosophy and Science Teaching* (pp. 999–1021). [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-94-007-7654-8\\_30](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-94-007-7654-8_30)
- Izquierdo-Aymerich, M., García-Martínez, Á., Quintanilla, M. y Adúriz-Bravo, A. (2016). *Historia, Filosofía y Didáctica de las Ciencias: Aportes para la formación del profesorado de ciencias*. Bogotá: Editorial Universidad Distrital. [http://laboratoriogrecia.cl/wp-content/uploads/2016/09/historia\\_filosofia\\_y\\_didactica\\_de\\_las\\_ciencias\\_aportes\\_para\\_la\\_formacion\\_del\\_profesorado\\_de\\_ciencias.pdf](http://laboratoriogrecia.cl/wp-content/uploads/2016/09/historia_filosofia_y_didactica_de_las_ciencias_aportes_para_la_formacion_del_profesorado_de_ciencias.pdf)
- Kampourakis, K. (2016). The “General Aspects” conceptualization as a pragmatic and effective means to introducing students to nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 53(5), 667–682. <https://doi.org/10.1002/tea.21305>
- Lederman, N. (2007). Nature of Science: Past, present, and future. In S. Abell, & N. Lederman (Eds.), *Handbook of Research on Science Education* (pp. 831–880). New York, USA: Lawrence Erlbaum Associates, Inc. <http://mehr-mohammadi.ir/wp-content/uploads/2020/07/Handbook-of-Research-on-Science-Education.pdf>
- Lederman, N., Bartos, S. y Lederman, J. (2014a). The development, use, and interpretation of Nature of Science assessments. In M. R. Matthews (Ed.),

F. A. Amaya-Martínez, L-F., Ayala-Villamil,  
A. García-Martínez

*International Handbook of Research in History, Philosophy and Science Teaching* (pp. 971–997). New York, USA: Springer.  
[https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-94-007-7654-8\\_29](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-94-007-7654-8_29)

Lederman, N., Antink, A. y Bartos, S. (2014b). Nature of Science, Scientific Inquiry, and Socio-Scientific Issues Arising from Genetics: A Pathway to Developing a Scientifically Literate Citizenry. *Science and Education*, 23(2), pág. 126 285–302. <https://doi.org/10.1007/s11191-012-9503-3>

Matthews, M. (2012). Changing the focus: From nature of science (NOS) to features of science (FOS). In *Advances in nature of science research* (pp. 3-26). Springer, Dordrecht. <https://www.bu.edu/hps-sci-ed/files/2012/10/Matthews-HPS-Changing-the-Focus-From-Nature-of-Science-to-Features-of-Science.pdf>

McComas, W. y Olson, J. (1998). The Nature of Science in international science education. In W. McComas (Ed.), *The Nature of Science in Science Education: Rationales and Strategies* (pp. 41–52). New York, USA: The Netherlands: Kluwer Academic Publisher.

McComas W. (2008) Seeking historical examples to illustrate key aspects of the Nature of Science. *Science & Education*, 17(2-3), 249-263. <https://link.springer.com/article/10.1007/s11191-007-9081-y>

Niaz, M. (2012). *Filosofía de la química o historia y filosofía de la ciencia como guía para comprender*. *Educación química*, 23(Supl. 2), 244-247. [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0187-893X2012000600001](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-893X2012000600001)

Okuda, M. y Gómez, C. (2005). Métodos en investigación cualitativa: Triangulación. *Revista colombiana de psiquiatría*, 34(1), 118-124. <https://www.redalyc.org/pdf/806/80628403009.pdf>

Ryan, A. y Aikenhead, G. (1992). Students' preconceptions about the epistemology of science. *Science Education*, 76, 559–580. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/sce.3730760602>

Sanmartí, N. (2000). El diseño de unidades didácticas. *Didáctica de las ciencias Experimentales*, 239-276. <https://www.uepc.org.ar/conectate/wp->



content/uploads/2015/04/El-dise%C3%B1o-de-unidades-  
did%C3%A1cticas.pdf

Vázquez-Alonso, Á. y Manassero-Mas, M. (2017a). An alternative conceptualization of the Nature of Science for science and technology education. *Conexão Ci*, 12(2), 18–24. file:///C:/Users/f-and/Downloads/804-Texto%20do%20artigo-3837-2-10-20171218%20(1).pdf

Vázquez-Alonso, Á. y Manassero-Mas, M. (2017b). Una conceptualización de la Naturaleza de la Ciencia y la Tecnología para reducir la brecha entre investigación y enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 3851–3858. <https://raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/337518>

Wong, S. y Hodson, D. (2009). From the horse's mouth: What scientists say about scientific investigation and scientific knowledge. *Science Education*, 93(1), 109–130. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/sce.20290>

