

Categorización de la Tentatividad del Conocimiento Científico: Un Análisis Documental

Categorization of the Tentativeness of Scientific Knowledge: A Document Analysis

Fabio Andrés Amaya-Martínez^a, Luis-Alfonso Ayala-Villamil^b, Álvaro García-Martínez^c

^{a, b, c} Grupo de Investigación en Educación en Ciencias Experimentales (GREECE), Facultad de Ciencias y Educación, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá, Colombia.

Resumo. Tentatividad del Conocimiento Científico (TdCC) es considerada una categoría de Naturaleza de la Ciencia (NOS, por sus siglas en inglés), que intenta capturar en su postura el carácter cambiante del conocimiento científico (C.C), concebido desde diferentes posturas como Confiable, Duradero, Nunca Absoluto y Cuestionable. Por tal razón, el propósito del presente artículo es identificar y describir las subcategorías que permiten comprender la TdCC desde la literatura, por lo tanto, esta investigación responde a las siguientes preguntas: ¿Cuáles son las subcategorías que permiten comprender TdCC? y ¿Cuáles son las características de las subcategorías que permiten comprender TdCC? Para esto, se realiza una investigación documental, la cual intenta obtener, analizar y comparar información sobre el objeto de estudio, la búsqueda de la información se llevó a cabo a través del análisis del artículo "Conceptualización de Naturaleza de la Ciencia: El desarrollo de dos enfoques", el cual posibilitó la extracción y el análisis de veinticinco (25) artículos, que permitieron reconocer las cuatro (4) subcategorías mencionadas para TdCC. A partir de este análisis se generó un aporte de tipo conceptual y metodológico en el área HPS, en la línea NOS y en la categoría de TdCC, debido a que tanto estudiantes como docentes desarrollarán una visión informada del carácter tentativo del conocimiento científico, promoverán reflexiones sobre los métodos para hacer ciencia, mejorarán la comprensión del constructo de NOS como componente crítico de la alfabetización científica, incitará el interés científico y mostrará la ciencia como una actividad humana.

Palabras-clave:

Tentatividad del Conocimiento Científico, Conocimiento Científico Confiable, Conocimiento Científico Duradero, Conocimiento Científico Nunca Absoluto, Conocimiento Científico Cuestionable.

Submetido em

20/05/2025

Aceito em

27/09/2025

Publicado em

08/12/2025

Abstract. Tentativeness of Scientific Knowledge (TdCC) is considered a category of Nature of Science (NOS), which attempts to capture the changing nature of scientific knowledge (K.K), conceived from different perspectives as Reliable, Durable, Never Absolute, and Questionable. For this reason, the purpose of this article is to identify and describe the subcategories that allow us to understand TdCC from the literature. Therefore, this research answers the following questions: What are the subcategories that allow us to understand TdCC? And what are the characteristics of the subcategories that allow us to understand TdCC? To this end, a documentary investigation was carried out, which sought to obtain, analyze, and compare information on the subject of study, the search for information was carried out through the analysis of the article "Conceptualization of the Nature of Science: The Development of Two Approaches," which enabled the extraction and analysis of twenty-five (25) articles, allowing for the recognition of the four (4) subcategories mentioned for TdCC. Based on this analysis, a conceptual and methodological contribution was generated in the HPS area, in the NOS line and in the TdCC category, because both students and teachers will develop an informed view of the tentative nature of scientific knowledge, promote reflections on the methods of doing science, improve understanding of the NOS construct as a critical component of scientific literacy, stimulate scientific interest, and show science as a human activity.

Keywords:

Tentativeness of Scientific Knowledge, Reliable Scientific Knowledge, Enduring Scientific Knowledge, Never Absolute Scientific Knowledge, Certain Scientific Knowledge.

Introducción

En la literatura científica contemporánea se reconoce ampliamente que la Tentatividad del Conocimiento Científico (de ahora en adelante, TdCC) o “provisionalidad” es reconocida como una categoría de Naturaleza de la Ciencia (Nature of Science, NOS por su acrónimo en inglés), que intenta capturar en su postura el carácter cambiante del conocimiento científico (C.C), debido a la luz de nueva evidencia empírica y enfoques teóricos (McComas & Olson, 1998; Abd-El-Khalick & Akerson, 2004). Sin embargo, a pesar de la importancia que se le otorga en el área HPS (History and Philosophy of Science, en inglés), en la línea NOS y en el campo de la enseñanza de las ciencias, persiste una dificultad constante, la ausencia de una conceptualización explícita y detallada de sus posibles subcategorías.

Esta deficiencia no solo obstaculiza el desarrollo de marcos teóricos robustos que permitan comprender cómo se categoriza la TdCC, sino que también restringe la posibilidad de que docentes y estudiantes interpreten el valor educativo y didáctico de la tentatividad como principio epistemológico y formativo. Estudios recientes, como el de Amaya-Martínez et al. (2024), han intentado responder a esta carencia al proponer una unidad didáctica ambientada en la Historia de la Ciencia (HC), con el propósito de promover concepciones contemporáneas sobre TdCC. Para esto, elaboran subcategorías de investigación emergentes como Conocimiento Científico Confiable, Duradero, Nunca Absoluto y Cuestionable, evidenciando la necesidad de avanzar hacia una taxonomía más precisa y operativa del concepto de TdCC (Amaya-Martínez et al., 2024). No obstante, la escasez de literatura que aborda de forma detallada estas subcategorías refleja que aún estamos ante un terreno fértil de investigación, indispensable para consolidar una enseñanza de la ciencia que supere visiones míticas y monolíticas y promueva la comprensión de su naturaleza dinámica y evolutiva.

De acuerdo con lo anterior y con el propósito de superar las dificultades mencionadas, se aborda la conceptualización de NOS, debido a que este metaconocimiento está recibiendo atención desde la didáctica de las ciencias en diversos niveles de la educación. Por esta razón, en las últimas décadas se ha buscado promover en el estudiantado una conceptualización de Naturaleza de la Ciencia contemporánea, esto ha sido considerado un objetivo vigente en la educación científica en todos los niveles de formación (Abd-El-Khalick & Lederman, 2000; Izquierdo-Aymerich et al., 2016; Ayala-Villamil, 2019). Es por esto que este objetivo se ha visto reflejado en los diversos documentos que tratan de analizar el currículo de ciencias en diferentes partes del mundo (como es el caso del Consejo Nacional de Investigación [NRC], 1996; el currículo de Inglaterra y Gales en Matthews, 1994; el Ministerio de Educación y alta educación - Palestina, 1998; en la Asociación Americana para el Avance de la Ciencia, 1990, 1993; la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura, 1993; Orientaciones curriculares en Colombia en el Grupo de Investigación en Educación en Ciencias Experimentales [GREECE], García-Martínez & Pinilla, 2007; entre otros).

Aunque las concepciones de NOS, como se refleja en estos documentos, han cambiado tanto como el conocimiento científico que caracterizan, en general, se defiende una comprensión de NOS como un componente crítico de la alfabetización científica. A pesar de los argumentos presentados por un grupo de investigadores (Allchin, 2011; 2012; Wong & Hodson, 2009;

2010) afirmando que los puntos de vista de NOS presentados en estos documentos, y que sustentan gran parte de la investigación actual de NOS, no son representativos del trabajo real de los científicos, es importante señalar que los aspectos de NOS descritos en las secciones que siguen se derivan de una cuidadosa indagación de los escritos de científicos, historiadores de la ciencia y filósofos de la ciencia.

En concordancia con lo anterior, se resalta que el constructo NOS ha sido controvertido a lo largo de los años. Dentro de esta perspectiva, es considerado valioso en el ámbito educativo, debido a que, como lo sostienen Driver et al. (1996), el conocimiento de NOS además de tener un valor intrínseco, permite mejorar el aprendizaje del conocimiento científico, promoviendo en los estudiantes una concepción informada del carácter provisorio del conocimiento, a su vez, genera interés en la ciencia, fomenta el desarrollo de pensamiento crítico y promueve la capacidad para la toma de decisiones sociocientíficas informadas (Matthews, 1994; Lewthwaite et al., 2012; Lederman et al., 2014; Ayala-Villamil, 2019).

Por consiguiente, NOS o la naturaleza del conocimiento científico es una construcción multifacética y compleja, tanto como la ciencia misma. En la literatura existen varias definiciones de NOS; por ejemplo, McComas et al. (1998), lo definen como:

“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, p. 4).

Así, diferentes metaciencias contribuyen en mayor o menor medida al constructo NOS pues estos elementos permiten hacer aportes a la comprensión del funcionamiento de la ciencia (Ayala-Villamil & García-Martínez, 2021). En la Figura 1, se presenta la contribución que hace cada una de las metaciencias a la NOS representadas por medio de circunferencias.

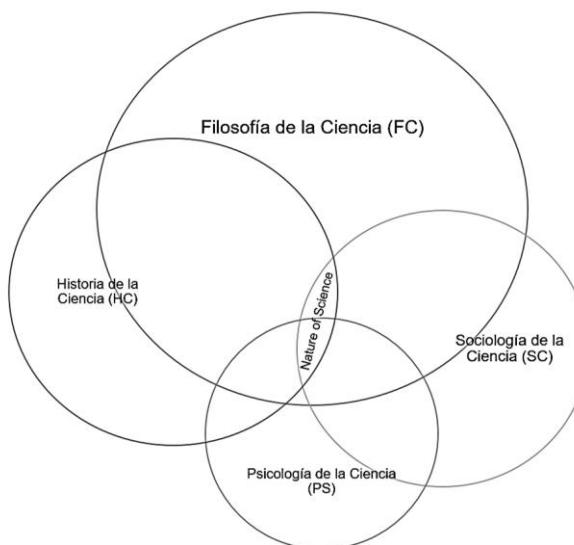


Figura 1. Representación de la contribución de cada metaciencia a la comprensión de NOS. (Elaboración propia).

Teniendo en cuenta lo anterior, Adúriz-Bravo (2005), resalta el interés que tiene la didáctica por estas metaciencias, es decir, que su reconocimiento proviene de los diversos aportes que realizan a la enseñanza de las ciencias, estos se enlistan a continuación:

- Proporcionan una reflexión teórica potente sobre qué es el conocimiento científico y como se elabora.
- Proveen herramientas de pensamiento y de discurso.
- Ayudan a superar obstáculos en el aprendizaje de los contenidos, métodos y valores científicos.
- Generan ideas, materiales, recursos, enfoques y textos para diseñar la enseñanza y divulgación de las ciencias.

Conceptualización de NOS desde sus dos enfoques

En las últimas dos décadas han surgido interesantes debates sobre la conceptualización de NOS (Ayala-Villamil, 2020). Gracias a esto, se lograron identificar dos enfoques, denominados el enfoque de dominio general y enfoque de dominio específico (Abd-El-Khalick, 2012).

El enfoque de dominio general es lo que podría llamarse "la visión de consenso" pensada para fomentar la alfabetización científica ciudadana. De acuerdo con lo anterior, la alfabetización científica está relacionada con la comprensión del contenido científico, es decir, los conocimientos, procesos y productos específicos de una disciplina, ya que se centra "en el canon de la ciencia natural ortodoxa" (Roberts, 2007; Lederman et al., 2014). Según la opinión de consenso, las características de la ciencia se pueden describir siempre y cuando se presente algún nivel de generalidad: el conocimiento científico es empírico (se basa en observaciones y experimentos), confiable pero tentativo (es decir, sujeto a cambios y, por lo tanto, nunca absoluto o cuestionable), en parte producto de la imaginación y la creatividad humana, cargadas de teoría y subjetivas (es decir, influenciadas por las creencias, experiencias y prejuicios de los científicos) y social y culturalmente arraigadas (es decir, influenciadas por el contexto social y cultural). Finalmente, no existe un método científico único que produzca invariablemente conocimiento seguro (Irzik & Nola, 2011).

A pesar de que no se consideran objeciones a esta lista, se cree que la opinión de consenso tiene ciertas deficiencias y debilidades. Por un lado, según sus opositores retrata una imagen estrecha de la ciencia, por ejemplo, no se mencionan los objetivos y las reglas metodológicas utilizadas en el desarrollo de conocimiento científico. La cuestión de la metodología parece descartarse por completo al decir que no existe un método único para hacer ciencia. Si bien es cierto que no existe un método científico único en el sentido de un procedimiento mecánico que determina la producción de conocimiento paso a paso, existen metodologías generales (como el método de prueba hipotético-deductivo) y reglas metodológicas (como las que nos dicen que evitemos hacer suposiciones para salvar las teorías de la refutación). Por lo anterior, en palabras de Ayala-Villamil (2020), el enfoque de dominio general produce una visión restrictiva, estática y atemporal de la ciencia.

Como una alternativa a las críticas presentadas al dominio general, surge el enfoque de dominio específico. Algunas conceptualizaciones de NOS que forman parte del enfoque de dominio específico son:

- Preguntas metateóricas clásicas de NOS de Adúriz-Bravo (2005).
- Comprensión de la práctica científica de Wong & Hodson (2009).
- Enfoque de parecido familiar “FRA” de Irzik & Nola (2011).
- Ciencia integral de Allchin (2011).
- Características de la ciencia “FOS” de Matthews (2012).
- Semejanza familiar reconceptualizada de Erduran & Dagher (2014).
- World model and VOSTS taxonomy de Vásquez-Alonso & Manassero-Mas (2017a; 2017b).

En concordancia con lo anterior, se logra 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.

Para una mayor revisión de las conceptualizaciones aquí presentadas se puede revisar a Ayala-Villamil (2020). A continuación, en la Tabla 1 se rescatan elementos teóricos de la categoría Tentatividad del Conocimiento Científico desde las conceptualizaciones de dominio específico.

Tabla 1. Elementos Teóricos identificados para Tentatividad del Conocimiento Científico desde las conceptualizaciones de dominio específico.

Conceptualizaciones de Dominio Específico	Elementos Teóricos de las conceptualizaciones de Dominio Específico	Relación con las subcategorías de Tentatividad del Conocimiento Científico
Preguntas metateóricas clásicas de NOS de Adúriz-Bravo (2005)	<p>Correspondencia y Racionalidad: ¿Qué relación existe entre la realidad y lo que los científicos dicen sobre ella?</p> <p>Contextos y Valores: ¿Qué relaciones pueden establecerse entre la ciencia y otras manifestaciones culturales?</p>	C. C. Nunca Absoluto
	<p>Evolución y Juicio: ¿Cómo cambian las teorías a lo largo de la Historia de la Ciencia?</p>	C.C Confiable
	<p>Intervención y Metodologías: ¿Cómo se hace para dar validez al C.C?</p>	C.C Duradero
	Modelos en la creación de la ciencia	C.C Cuestionable
		C.C Confiable

Conceptualizaciones de Dominio Específico	Elementos Teóricos de las conceptualizaciones de Dominio Específico	Relación con las subcategorías de Tentatividad del Conocimiento Científico
Comprendión de la práctica científica de Wong & Hodson (2009)	Diseño, la realización y la presentación de las investigaciones científicas: <ul style="list-style-type: none"> • Influencia social y cultural en el desarrollo de la ciencia. • Trabajo de los científicos como grupo social. • Formas como la ciencia impacta y es impactada por el contexto social. 	C. C. Nunca Absoluto
	Examinar y validar el Conocimiento	C.C Cuestionable
Enfoque de parecido familiar “FRA” de Irzik & Nola (2011)	Sistemas Sistema Cognitivo-Epistémico: Métodos y reglas metodológicas Conocimiento Científico	C.C Cuestionable C.C Confiable C.C Duradero C.C Nunca Absoluto C.C Cuestionable
	Ciencia como sistema Socio-institucional: <ul style="list-style-type: none"> • Actividades profesionales • Ética Científica • Certificación social y difusión del conocimiento científico • Valores sociales de la ciencia 	C.C Nunca Absoluto
Ciencia Integral de Allchin (2011)	Dimensiones Epistémicas Dimensiones Humanas: Papel de las creencias previas. Sesgos: papel de las creencias culturales, papel de los prejuicios Economía / Financiación: conflicto de intereses personales, fuentes de financiación Instituciones: Revisión por pares	C. C. Nunca Absoluto C. C. Nunca Absoluto C.C Confiable
Características de la NOS esencialista y ciencia “FOS” de epistemológicamente centrada Matthews (2012)	Experimentación Valores y Cuestiones Sociocientíficas	C.C Confiable C.C Duradero C.C Cuestionable

Conceptualizaciones de Dominio Específico	Elementos Teóricos de las conceptualizaciones de Dominio Específico	Relación con las subcategorías de Tentatividad del Conocimiento Científico	
	Perspectivas de mundo y religión	C.C Nunca Absoluto	
	Elección de teorías y Racionalidad	C.C Confiable	
	Las organizaciones e interacciones sociales	C.C Duradero	
Semejanza familiar reconceptualizada de Erduran & Dagher (2014)	Categorías	Estructuras de poder político	C. C. Nunca Absoluto
		Los Sistemas Financieros	
World model and VOSTS taxonomy de Vásquez-Alonso & Manassero-Mas (2017a, 2017b).	Modelo de los tres mundos ontológicos	Sociología Interna	C.C Nunca Absoluto
		Sociología Externa	C.C Confiable
		Epistemología	C.C Duradero
			C.C Cuestionable

Fuente: Elaboración propia

Propósito de la Investigación

Tentatividad del Conocimiento Científico frecuentemente es considerada una categoría NOS (McComas & Olson, 1998; Lederman et al., 2002; Osborne et al., 2003; Lederman, 2007; Wong & Hodson, 2009; 2014; Abd-El-Khalick, 2012; Lederman et al., 2014; Bartos & Lederman, 2014; Ayala-Villamil, 2020; Ayala-Villamil & García-Martínez, 2021). Sin embargo, en este estudio es la principal categoría de investigación. Por tal razón, el propósito es identificar y describir las subcategorías que permiten comprender la TdCC desde la literatura, por tanto, esta investigación responde a las siguientes preguntas:

1. ¿Cuáles son las subcategorías que permiten comprender TdCC?
2. ¿Cuáles son las características de las subcategorías que permiten comprender TdCC?

Metodología

La construcción de este artículo se fundamentó en una investigación documental, la cual intenta obtener, analizar y comparar información sobre un objeto de estudio (Tentatividad del Conocimiento Científico). La investigación documental es un método y/o técnica de búsqueda, procesamiento y almacenamiento de la información contenida en los documentos (Tancara, 1993) que posibilita evidenciar cambios en las situaciones a lo largo del tiempo (Cohen et al., 2007). Dentro de la investigación documental se han llegado a diferenciar distintos tipos de estas formas de conocer, entre ellos se encuentran: los estados del arte, los

marcos teóricos, las bibliografías, los estados de conocimiento y hasta la investigación de la investigación (Gómez, 2010) en donde el interés final es producir y presentar de forma sistemática, coherente y suficientemente argumentada un marco teórico que sirva de apoyo a estudios posteriores, con base en la documentación existente (Tancara, 1993; Gómez, 2010).

Por esta razón, con el propósito de alcanzar el objetivo de la investigación se utilizó el análisis inductivo, con el cual se construirán las subcategorías de análisis para la categoría de TdCC de acuerdo con las características identificadas en los documentos analizados. El análisis o método inductivo es aquella forma de razonamiento que parte de la observación de fenómenos particulares y obtiene conclusiones generales a partir de ideas específicas.

En ese orden de ideas, para utilizar la técnica de investigación documental, Gómez (2010), propone una serie de pasos que contribuyen de forma explícita el uso de esta técnica, estos pasos se presentan de manera general a continuación:

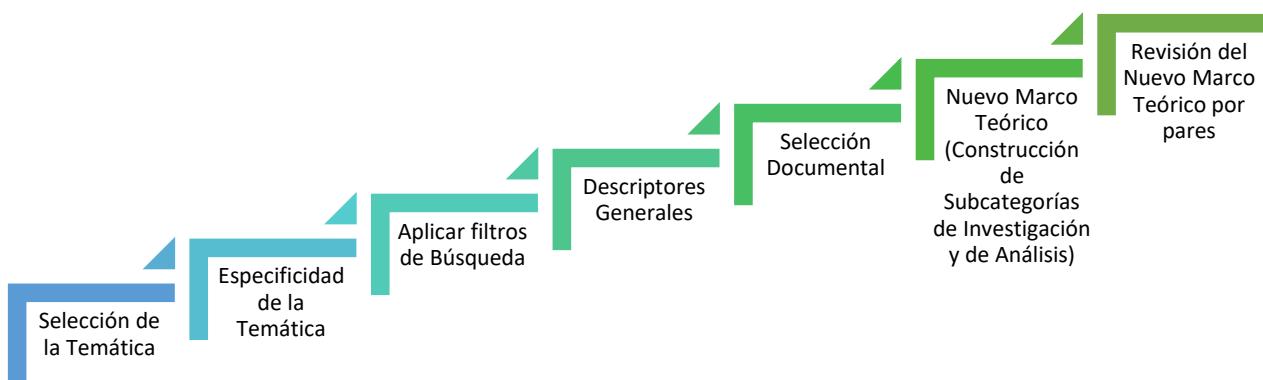


Figura 2. Pasos para realizar un Análisis Documental. (Tomado y Adaptado de Gómez, 2010).

Teniendo en cuenta los pasos propuestos por Gómez (2010), a continuación, se presentan de manera explícita las etapas realizadas en la investigación y su respectiva adaptación.

Etapa 1 - Selección y especificidad de la Temática

Para esta etapa se tuvo en cuenta los objetivos de la investigación, así como los autores destacados en el desarrollo de análisis documental, con el fin de delimitar y seleccionar adecuadamente la temática (objeto de estudio).

Etapa 2 - Aplicación de filtros de búsqueda, Uso de Descriptores y Selección de la información

La búsqueda de la información se llevó a cabo a través del análisis del artículo “Conceptualización de Naturaleza de la Ciencia: El desarrollo de dos enfoques” publicado en el año 2020 por el autor Ayala-Villamil Luis-Alfonso. Gracias a este proceso, se lograron identificar los principales autores que abordan los temas relacionados con Naturaleza de la Ciencia desde sus dos enfoques, lo cual permitió la selección y extracción de 25 artículos

publicados en las tres últimas décadas, para luego, ser leídos minuciosamente identificando la categoría objeto de estudio (TdCC).

Los filtros o criterios de búsqueda utilizados fueron:

- **Elección de las bases de datos:** Eric, Scopus, Realyc, Scielo, Dialnet, Doaj y Springer Link.
- **Palabras o descriptores de búsqueda:** Nature of Science, Tentativeness of Scientific Knowledge, Teaching Science.
- **Fuentes:** Revistas Científicas y Libros.
- **Tipo de documento:** Artículos y libros.
- **Idioma de Publicación:** inglés, portugués y castellano.

A continuación, se separan y se extraen los artículos pertinentes para el propósito de la investigación. Para esto, se crea una matriz en una hoja de microsoft excel, en donde a partir de la lectura se organizó y clasificó la información de acuerdo con los siguientes criterios:

- **Dirección URL.**
- **Enfoque en el que se conceptualiza NOS:** Dominio general o dominio específico.
- **Tipo de documento:** Revista o libro.
- **Nombre del documento:** Para el caso de los artículos es el nombre de la revista, y para los libros o capítulos es el nombre completo del libro.
- **Año:** Permite determinar la actualidad de la investigación.
- **Autor(es):** Permite identificar al autor o autores de la investigación y establecer la relación entre la cantidad de sus publicaciones y el tema investigado.
- **Título:** Es el primer acercamiento con la publicación y el primer filtro para la selección de los trabajos.
- **Resumen:** Constituye la síntesis del trabajo y funciona como un segundo filtro para la selección de investigaciones, ya que presenta el objetivo, la metodología y los principales resultados obtenidos.
- **Definición de NOS:** Se logra identificar si el autor define o no la NOS, resaltando la categoría objeto de estudio.
- **Definición de la categoría:** Se identifica si el autor define o no la categoría de Tentatividad del Conocimiento Científico (TdCC).
- **Subcategorías identificadas:** Se logra identificar si el autor menciona en el documento las subcategorías para TdCC.
- **Definición de las subcategorías:** Se identifica si el autor plantea o no la explicación de las subcategorías. Si se evidencia algún planteamiento teórico explícito o implícito se describe en la matriz, se analiza con la literatura y con base en esta información, se construye la nueva definición.
- **Conclusiones:** Se realizaron teniendo en cuenta el análisis de las siguientes preguntas:
 - I. ¿El autor presenta subcategorías para TdCC de manera implícita o explícita?
 - II. ¿El autor define el porqué de las subcategorías implícita o explícitamente?

- III. ¿El autor explica por qué el conocimiento científico cambia con el tiempo?
- IV. ¿Cuál es la definición de la categoría de TdCC que presenta el autor?
- **Referencia bibliográfica:** Permite identificar cada uno de los trabajos encontrados para poder realizar su referencia en el momento de redactar el documento final.

A través de la lectura de los artículos se seleccionaron los que cumplieron con:

- a) Artículos que promuevan reflexiones explícitas sobre NOS y TdCC.
- b) Artículos de investigación.
- c) Artículos en donde se presenten de manera explícita o implícita las subcategorías para TdCC.
- d) Artículos en donde la población objeto de estudio sean estudiantes de educación básica primaria, secundaria y media.

Etapa 3 - Nuevo Marco Teórico (construcción de subcategorías de Investigación y de Análisis) y Revisión por pares

Gracias a la lectura y análisis de los artículos seleccionados se construye el nuevo marco teórico junto con la definición de las subcategorías de investigación, con el fin de brindar un aporte de tipo conceptual a las líneas y grupos de investigación centrados en el objeto de estudio.

Del mismo modo, a partir del análisis de los documentos se identificaron las “subcategorías de análisis”, mediante fragmentos de texto que se relacionarán con:

- a) Posturas que no comparten los postulados contemporáneos sobre los aspectos de TdCC (posturas no informadas – tradicionales),
- b) Posturas que comparten un total acuerdo con los postulados para TdCC (posturas informadas – contemporáneas).

Por último, se resalta que este nuevo marco teórico propuesto se remite a tres (3) expertos para su validación, con el propósito de verificar su calidez, validez, originalidad y relevancia. Posteriormente, se hace el ajuste y refinamiento final de acuerdo con la información suministrada en el proceso de validación por pares.

Resultados y Discusiones

En esta sección se abordan las preguntas de investigación de acuerdo con la metodología planteada. A continuación, se socializa y analiza los resultados a la pregunta ¿Cuáles son las subcategorías que permiten comprender la TdCC?

Tentatividad del Conocimiento Científico

La Tentatividad del Conocimiento Científico también conocida en diversos instrumentos como “provisionalidad” intenta capturar en su postura contemporánea, el carácter cambiante del conocimiento científico, concebido desde diferentes posturas como Confiable, Duradero,

Nunca Absoluto y Cuestionable. Por lo tanto, el conocimiento científico varía con el tiempo debido a que todas las ideas científicas dependen de la confirmación experimental y observacional, todo el conocimiento está, en principio, sujeto a cambios a medida que se incorporan nuevas pruebas (McComas & Olson, 1998; Abd-El-Khalick & Akerson, 2004) posibles gracias a los avances conceptuales y tecnológicos, puesto que la evidencia existente se reinterpreta a la luz de ideas teóricas nuevas o revisadas. Otro aspecto a considerar es que estos cambios pueden ser producidos por errores potenciales, debido a medidas no estandarizadas, falta de controles relevantes, métodos estadísticos inapropiados o mal utilizados, sesgo de confirmación y conflicto de intereses políticos o económicos en la comunicación de la ciencia y/o por posibles cambios en las esferas culturales y sociales (Lederman et al., 2002; Osborne et al., 2003; Abd-El-Khalick & Akerson, 2004; Wong & Hodson, 2009; 2014; Akerson et al., 2010; Abd-El-Khalick, 2012; Matthews, 2012; Bartos & Lederman, 2014; Lederman et al., 2014; Kampourakis, 2016; Dagher & Erduran, 2017; Allchin, 2017; Amador-Rodríguez & Adúriz-Bravo, 2017; Ayala-Villamil & García-Martínez, 2021) por lo cual se reafirma que su estado es provisional.

Por este motivo, al revisar diferentes conceptualizaciones para TdCC se logra identificar cuatro subcategorías que se presentan en la Figura 3 con sus respectivos autores:

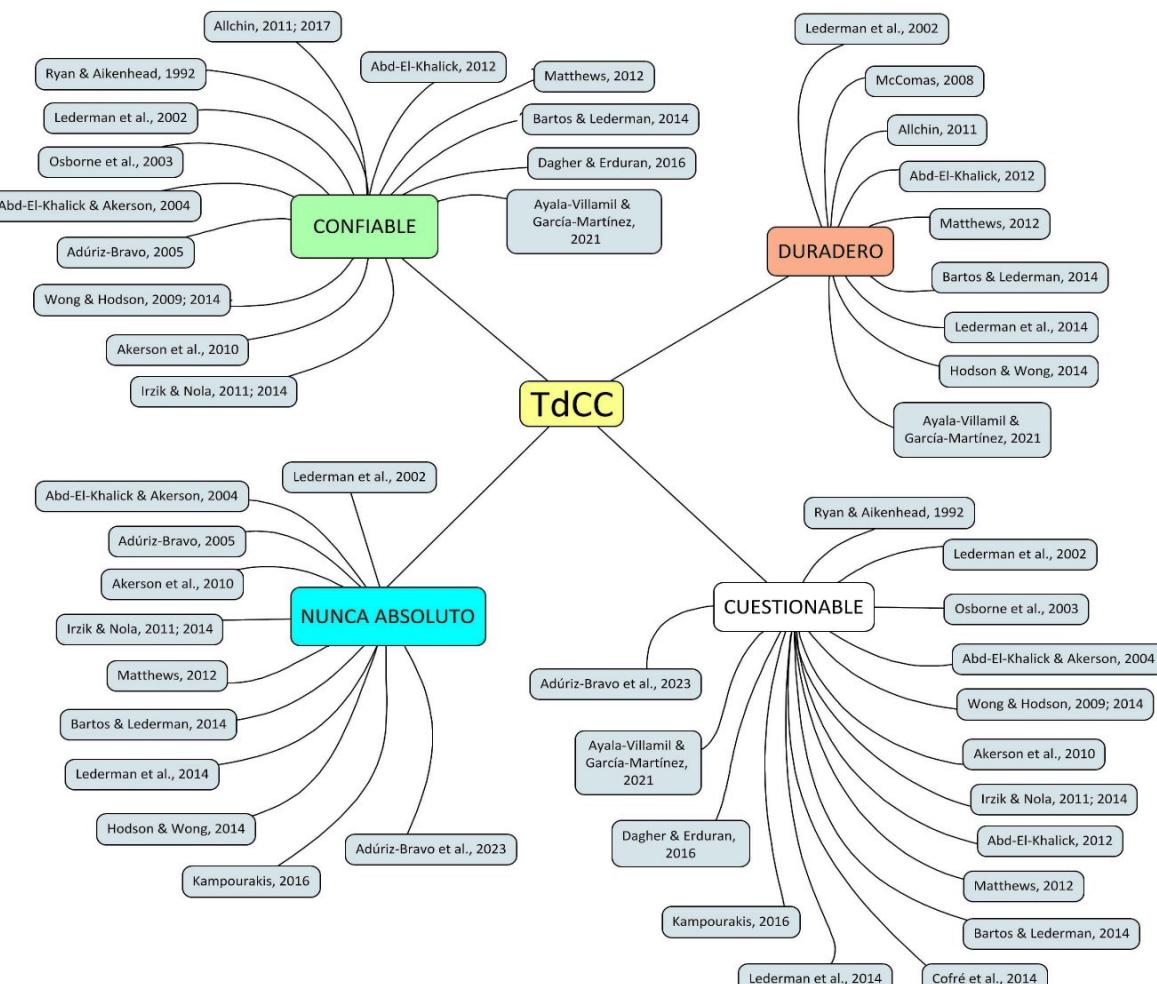


Figura 3. Diagrama de autores para subcategorías de TdCC. (Elaboración propia).

Así, los documentos analizados permiten identificar con mayor claridad las subcategorías para TdCC, en la Figura 4 se evidencia la frecuencia relativa para cada una de ellas.

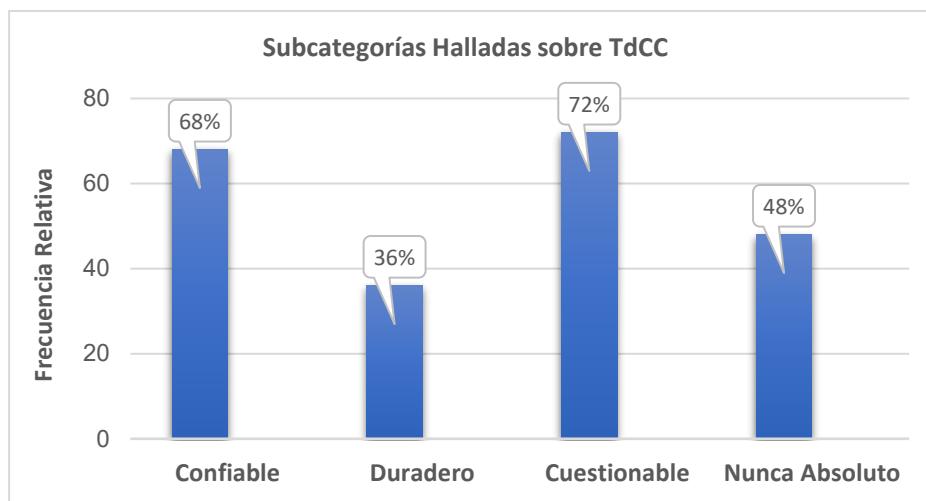


Figura 4. Frecuencia relativa de las subcategorías encontradas para TdCC. (Elaboración propia).

Teniendo en cuenta la figura anterior, se logra evidenciar que diecisiete (17) de los autores (figura 3) resaltan que el conocimiento científico es confiable, esto corresponde a un 68% de los documentos analizados (figura 4), nueve (9) autores (figura 3) mencionan que es duradero con un 36% (figura 4), dieciocho (18) autores (figura 3) resaltan que el conocimiento científico es cuestionable con un 72% (figura 3) y doce (12) autores (figura 3) con un 48% resaltan que el conocimiento científico nunca es absoluto (figura 3). Por lo anterior, rescatamos y adoptamos estas cuatro subcategorías que en su conjunto ayudan a comprender la naturaleza tentativa de C.C.

A continuación, se aborda la segunda pregunta de investigación ¿cuáles son las características de las subcategorías que permiten comprender TdCC? Así, en la revisión de los documentos se encuentra que los diferentes autores enuncian algunas o todas las subcategorías identificadas o presentan argumentos sobre porque el C.C es confiable, duradero, cuestionable y nunca absoluto, más no se evidencian definiciones explícitas de cada subcategoría. Por lo anterior, en la Tabla 2 se construyen definiciones para cada una de las subcategorías identificadas.

De acuerdo con los documentos analizados es evidente que, en la mayoría de los casos, los autores presentan y definen implícitamente algunas de las subcategorías para TdCC relacionadas en la Tabla 2 y en la Figura 3. Esto no contribuye a promover una concepción informada desde marcos teóricos contemporáneos del carácter tentativo del C.C, tanto en el estudiantado como en los docentes; por lo cual, se podría estar enseñando una visión mítica sobre la naturaleza del conocimiento científico (Matthews, 1994; Lewthwaite et al., 2012).

Así mismo, aunque la mayor parte de los artículos seleccionados coinciden en señalar la TdCC como un rasgo esencial de la ciencia, no todos los autores la abordan con el mismo grado de diferenciación en sus subcategorías, es decir, algunos autores explican el carácter tentativo del C.C, de forma general, sin entrar en muchos detalles, otros, por el contrario, profundizan,

hacen énfasis o distinciones claras entre diferentes aspectos o dimensiones de cada una de las subcategorías.

Tabla 2. Definición de las Subcategorías para TdCC.

SUBCATEGORÍA	DEFINICIÓN
CONFIABLE	El conocimiento científico pretende ser general y universal, reduccionista y contrario a la intuición (Osborne et al., 2003). Sin embargo, el conocimiento científico no es fijo para siempre, debido a que éste se obtiene sometiendo las leyes, teorías e hipótesis a una revisión exhaustiva a través de diversas reglas metodológicas y a la luz de nueva evidencia (Osborne et al., 2003; Abd-El-Khalick & Akerson, 2004; Wong & Hodson, 2009; Irzik & Nola, 2011; 2014; Dagher & Erduran, 2016). Por lo tanto, esto permitirá comprender qué es la ciencia, cómo funciona y, al mismo tiempo, como a veces no funciona y por qué (Adúriz-Bravo, 2005; Allchin, 2011; 2017; Adúriz-Bravo et al., 2023) produciendo un conocimiento confiable, aceptado científicamente como verdadero que puede ser comprobable y repetible (Osborne et al., 2003; Akerson et al., 2010; Bartos & Lederman, 2014; Hodson & Wong, 2014).
DURADERO	El conocimiento científico es duradero porque puede subsistir y/o permanecer en el tiempo gracias a la forma en que se desarrolla (McComas, 2008). No obstante, este conocimiento puede cambiar a la luz de nueva evidencia, por nuevas interpretaciones de la información o por posibles errores que serán corregidos durante el proceso “autocorregible” (McComas, 2008; Allchin, 2011; Bartos & Lederman, 2014), por lo cual, es evidente constatar el carácter tentativo de algunos conocimientos como la durabilidad de otros en función de la relevancia de sus pruebas empíricas (Lederman et al., 2014; Hodson & Wong, 2014).
NUNCA ABSOLUTO	El conocimiento científico se considera que nunca es absoluto porque puede estar influenciado por factores de tipo político, económico, religioso, social, cultural, moral y ético. Así mismo, se ve permeado por las experiencias, expectativas y prejuicios que vive cada científico (Adúriz-Bravo, 2005; Irzik & Nola, 2011; Bartos & Lederman, 2014; Hodson & Wong, 2014; Kampourakis, 2016; Adúriz-Bravo et al., 2023). De igual forma, se recalca que este conocimiento nunca puede probarse absolutamente, esto es válido independientemente de la cantidad de evidencia empírica que la respalde (Lederman et al., 2002; Abd-El-Khalick & Akerson, 2004; Akerson et al., 2010; Lederman et al., 2014), por ende, no podrá adquirir un reconocimiento totalmente comprobado (Lederman et al., 2002; Lederman et al., 2014).
CUESTIONABLE	El conocimiento científico es considerado cuestionable porque no existe una sola forma rigurosa de hacer ciencia (Wong & Hodson, 2009; Akerson et al., 2010; Irzik & Nola, 2011; 2014; Cofré et al., 2014; Bartos & Lederman, 2014; Dagher & Erduran, 2016; Kampourakis, 2016; Ayala-Villamil & García-Martínez, 2021; Adúriz-Bravo et al., 2023), ningún método experimental es perfecto por lo que ninguno puede producir datos completamente válidos y confiables (Wong & Hodson, 2009; Irzik & Nola, 2011; 2014; Bartos & Lederman, 2014). Sin embargo, puede presentarse una coexistencia entre las características de los enfoques científicos, por ejemplo, las explicaciones científicas deben estar respaldadas por evidencia empírica para que puedan ser contrastadas con el mundo natural (Akerson et al., 2010), por lo que pueden estar fuera de toda duda razonable (Osborne et al., 2003).

Fuente: Elaboración propia

Esta diversidad de características exigió un análisis cuidadoso, pues optar por integrar estas distinciones o justificarlas en la formación de las subcategorías propuestas no es un asunto meramente terminológico, sino epistemológico. La decisión de priorizar unas

interpretaciones sobre otras responde a criterios como la claridad conceptual, la pertinencia pedagógica y la coherencia con el marco de NOS. En este sentido, explicitar las razones de selección ofrece un marco más robusto para comprender como la TdCC se articula con otros aspectos de NOS, como la naturaleza empírica, la dimensión social de la ciencia, las metodologías y la creatividad en la producción del C.C.

Es por esto, que a partir de los aportes a NOS desde diferentes conceptualizaciones del constructo dadas en las últimas tres décadas, se busca contribuir conceptualmente a la línea NOS y en particular al desarrollo teórico de la categoría TdCC.

Relación de las Subcategorías de TdCC con las Categorías de NOS

Del mismo modo, a partir de la definición construida en la Tabla 2 para cada una de las subcategorías de TdCC, se logra identificar una estrecha relación con algunas de las categorías de NOS, por este motivo, a continuación, se presenta en la Figura 5 las relaciones encontradas.

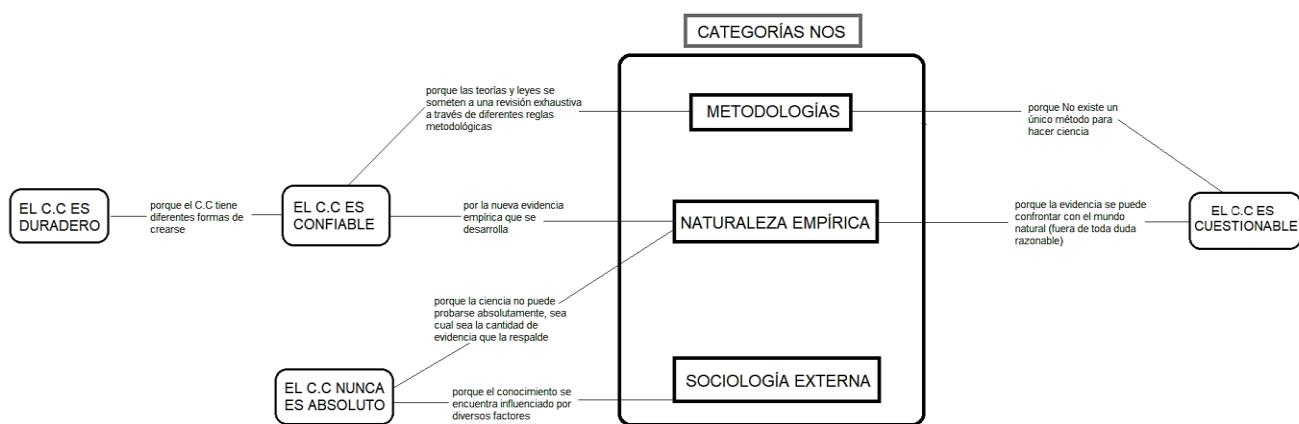


Figura 5. Categorías NOS relacionadas con las Subcategorías de TdCC. (Elaboración propia).

En la Figura 5, se presenta la relación entre las subcategorías para TdCC y a su vez, la correspondencia que pueden tener estas con algunas categorías de NOS. Cabe destacar que existen varias categorías que no pretenden caracterizar totalmente NOS, pero que si contribuyen en el desarrollo de reflexiones explícitas de NOS en el contexto de la educación científica en los diversos niveles educativos (Lederman, 2007; Ayala-Villamil, 2020). Por este motivo, las categorías NOS que se relacionan con las subcategorías encontradas para TdCC son las siguientes: Metodologías, Naturaleza Empírica y Sociología Externa. Es por eso por lo que a continuación se explicará detalladamente cada una de ellas identificando los puntos de convergencia con las subcategorías para TdCC.

Por un lado, la categoría Metodologías permite inferir que no hay un único conjunto o secuencia de pasos en una investigación científica (Ayala-Villamil, 2020), por ende, se identifica una estrecha correspondencia con las subcategorías C.C Confiable, porque el C.C es sometido a revisión mediante el uso de diversas metodologías (Osborne et al., 2003; Wong & Hodson, 2009; Irzik & Nola, 2011; 2014; Dagher & Erduran, 2016) produciendo un

conocimiento confiable y aceptado científicamente como verdadero. De aquí la premisa de que si el C.C es confiable es porque debe ser duradero, ya que el C.C tiene diferentes formas de desarrollarse (McComas, 2008) y esto le permite permanecer o perdurar en el tiempo. Con respecto a la subcategoría C.C Cuestionable se evidencia que tanto la categoría como la subcategoría enfatizan en que no existe una única forma rigurosa de hacer ciencia (Wong & Hodson, 2009; Akerson et al., 2010; Irzik & Nola, 2011; 2014; Cofré et al., 2014; Bartos & Lederman, 2014; Dagher & Erduran, 2016; Kampourakis, 2016; Ayala-Villamil & García-Martínez, 2021) sino que, por el contrario, se pueden utilizar diferentes metodologías que produzcan un C.C confiable que a su vez será duradero.

Por otro lado, como lo menciona Lederman et al. (2014), la Naturaleza Empírica del Conocimiento Científico hace referencia a que la ciencia no se basa solamente en observaciones del mundo natural, por lo tanto, se puede establecer una relación directa con las subcategorías C.C Confiable, porque la nueva evidencia empírica que se desarrolla no solo se basa en la observación, sino que se produce y se verifica a través de diferentes reglas metodológicas. A su vez, presenta una relación con el C.C Cuestionable, debido a que la evidencia empírica elaborada y verificada puede ser contrastada con el mundo natural (Akerson et al., 2010), por lo que puede estar fuera de toda duda razonable (Osborne et al., 2003). Sin embargo, se destaca que la relación que se presenta con la subcategoría C.C Nunca es Absoluto es porque la ciencia no puede probarse absolutamente sea cual sea la cantidad de evidencia que la respalde (Lederman et al., 2002; Akerson et al., 2010; Lederman et al., 2014), por lo que no se podrá obtener un reconocimiento totalmente comprobado (Lederman et al., 2002; Lederman et al., 2014).

Así mismo, con respecto a la categoría Sociología externa y su relación con la subcategoría de C.C Nunca es absoluto se puede identificar que las dos se encuentran influenciadas por diversos factores (Adúriz-Bravo, 2005; Irzik & Nola, 2011; Bartos & Lederman, 2014; Hodson & Wong, 2014; Kampourakis, 2016) los cuales se presentan a continuación:

- **Influencia de la Sociedad en la Ciencia y Tecnología:** se refiere a las influencias del gobierno, industria, instituciones educativas, grupos de interés especiales, influencia del público en los científicos, entre otros (Aikenhead & Ryan, 1992; Vásquez-Alonso & Manassero-Mas, 2017a; 2017b).
- **Influencia de la Ciencia y Tecnología en la Sociedad:** hace referencia a factores como, la responsabilidad social, ética y moral de los científicos, a la contribución de las decisiones sociales, a la creación y resolución de los problemas sociales y prácticos, a la contribución del pensamiento social del bienestar económico y del poder militar (Aikenhead & Ryan, 1992; Vásquez-Alonso & Manassero-Mas, 2017a; 2017b).
- **Influencia de la Ciencia Escolar sobre la Sociedad:** hace referencia a factores como la unión de dos culturas, al fortalecimiento social y a la caracterización escolar de la ciencia (Aikenhead & Ryan, 1992; Vásquez-Alonso & Manassero-Mas, 2017a; 2017b).
- **Influencia Triádica:** hace referencia a la interacción CTS (Ryan & Aikenhead, 1992; Vásquez-Alonso & Manassero-Mas, 2017a; 2017b).

De otro modo, en el análisis de los documentos se identificaron “subcategorías de análisis”, las cuales permiten comprender y analizar de una manera más detallada la categoría de TdCC, tanto en esta investigación como en el marco teórico de futuras investigaciones. Para esto, definimos las subcategorías de análisis de la siguiente manera:

- **No informadas – Tradicional:** representan posturas que no comparten los postulados contemporáneos sobre los aspectos de TdCC.
- **Informado – Contemporáneo:** representan posturas donde se manifiesta un total acuerdo con los postulados para TdCC.

Tabla 3. Subcategorías de Investigación y Análisis para TdCC.

CATEGORÍA (TdCC)	SUBCATEGORÍAS DE INVESTIGACIÓN	SUBCATEGORÍAS DE ANÁLISIS	
		Tradicional (1)	Contemporáneo (2)
		No Informado	Informado
TdCC	Conocimiento Científico Confiable	El C.C es inverosímil y dudosos	El C.C es fiable y brinda credibilidad
		El C.C no requiere ser revisado por otros científicos	El C.C es revisado por pares
		El C.C nunca es replicado por otros científicos	El C.C es replicable y reproducible
	Conocimiento Científico Duradero	El C.C no puede crearse de ninguna manera	El C.C tiene varias formas de desarrollarse
		El C.C no se puede corregir	El C.C es autocorregible
		El C.C a menudo es aceptado como verdadero por los científicos	El C.C es aceptado científicamente como verdadero
	Conocimiento Científico Nunca Absoluto	El C.C no se encuentra permeado por ninguna causa	El C.C se encuentra influenciado por diversos factores
		El C.C es completamente probado por los científicos	El C.C no se puede probar de forma absoluta
		El C.C jamás se ve permeado por el contexto social y cultural	El C.C se encuentra arraigado al contexto social y cultural donde se desarrolla
	Conocimiento Científico Cuestionable	Existe un método universal para crear el C.C	No existe un único método riguroso para crear el C.C
		Los métodos científicos no generan conocimientos seguros	Los métodos científicos producen constantemente seguridad en el C.C

Fuente: Elaboración propia

Consideraciones Finales

A continuación, se abordan las conclusiones que responden a las dos preguntas de investigación, y a su vez, se presentan las implicaciones didácticas de estos aportes. Frente a la primera pregunta de investigación que busca identificar las posibles subcategorías para comprender la TdCC se rescatan cuatro subcategorías, que sin pretender sean las que caractericen completamente la TdCC, pueden aportar en las reflexiones sobre TdCC. Esas subcategorías son: I) Conocimiento Científico Confiable, II) Conocimiento Científico Duradero, III) Conocimiento Científico Nunca Absoluto y IV) Conocimiento Científico Cuestionable. Estas subcategorías representan un aporte de tipo conceptual en el área HPS, en la línea NOS y en la categoría de TdCC, ya que como se resaltó en párrafos anteriores en la mayoría de los casos, los autores presentan implícitamente algunas de las subcategorías para TdCC, por ende, esto no permitiría promover una concepción informada desde marcos teóricos contemporáneos del carácter tentativo del C.C, por lo cual se podría estar enseñando una visión mítica sobre NOS. Algunas ventajas de lograr esas concepciones son:

- a) facilitar la comprensión de conceptos disciplinares propios de la ciencia,
- b) aportar elementos para el diseño de material didáctico, que promueva la práctica científica contemporánea, con el fin de propiciar una alfabetización científica cívica,
- c) reflexionar sobre cómo cambia la ciencia a través del tiempo y cómo se relaciona con la sociedad y la cultura,
- d) ayudar a que los estudiantes afronten cuestiones sociocientíficas de manera informada, segura y crítica desde la comprensión de conocimiento, aptitudes, actitudes y valores científicos,
- e) evidenciar a la ciencia como una actividad humana que busca un conocimiento específico a partir de un proceso, es decir, permite una concepción del desarrollo del conocimiento científico como proceso y como producto,
- f) promover reflexiones explícitas sobre TdCC en el desarrollo de concepciones informadas de TdCC en estudiantes y docentes,
- g) dejar el cientificismo ideológico e incitar a la reflexión sobre los métodos para hacer ciencia (Matthews, 1994; Lewthwaite et al., 2012), por lo que el cientificismo tiene las características de un obstáculo epistemológico transversal a la NOS, con posibilidad de limitar en el aula la asimilación del C.C y la comprensión de la actividad científica (Adúriz-Bravo et al., 2023).

Frente a la segunda pregunta de investigación, que permite caracterizar las subcategorías para comprender la TdCC, se presentan algunos fragmentos que las delimitan:

- **C.C confiable:** hace referencia a que el C.C es sometido a revisión mediante el uso de diversas metodologías, produciendo un conocimiento que será aceptado como verdadero por la comunidad científica.
- **C.C duradero:** este tipo de conocimiento puede permanecer a través del tiempo, gracias a la forma en que se desarrolla.
- **C.C nunca es absoluto:** indica que el C.C puede estar influenciado por diferentes factores, pero además se considera que puede estar permeado por las experiencias y expectativas de cada científico.

- **C.C cuestionable:** aquí se resalta que no existe un único método para hacer ciencia, lo cual implica el reconocimiento de la diversidad de métodos en el trabajo científico.

Con respecto a los hallazgos en torno a la construcción y análisis de las subcategorías presentadas sobre la TdCC se despliega un amplio espectro de posibilidades investigativas. Una primera línea consiste en su aplicación empírica para analizar cómo estas subcategorías aparecen (o se omiten) en diferentes contextos educativos y de divulgación científica. Por ejemplo, el examen sistemático de libros de texto escolares y universitarios permitiría identificar si se presentan visiones simplificadas de la ciencia como un cuerpo de verdades fijas, o si, por el contrario, se evidencian representaciones más auténticas que muestren la ciencia como una actividad profundamente humana (Amaya-Martínez et al., 2024).

Una segunda línea de implicaciones apunta hacia la investigación en didáctica. El desarrollo y evaluación de secuencias didácticas, recursos y materiales pedagógicos específicamente diseñados para trabajar las subcategorías de la TdCC resultan fundamentales. Medir su impacto en la comprensión y el desarrollo de competencias científicas en los estudiantes a través de diseños experimentales, estudios de caso y unidades didácticas permitiría valorar en qué medida la enseñanza explícita de estas subcategorías mejora la alfabetización científica y favorece una visión informada del carácter tentativo del C.C. Además, estas propuestas podrían contribuir al debate curricular sobre la inclusión de NOS en los programas oficiales, ofreciendo evidencia empírica que respalde la necesidad de superar la enseñanza desde lo memorístico, y por lo cual, se deba avanzar hacia enfoques más comprensivos, aplicados, críticos y prácticos.

En conjunto, avanzar en estas líneas de investigación no solo esclarece la aplicabilidad de las subcategorías de la TdCC en contextos reales, sino que también fortalece la comprensión integrada de NOS. De este modo, se contribuye a formar ciudadanos capaces de interpretar críticamente tanto los procesos científicos como las representaciones sociales y mediáticas de la ciencia, respondiendo a los retos de una sociedad cada vez más permeada por la producción y circulación del conocimiento científico.

Por otro lado, se evidencia que el haber analizado y relacionado las categorías NOS con las subcategorías de TdCC, permite entender que las categorías NOS no son independientes unas de las otras, sino por el contrario, se logran encontrar puntos de convergencia que hacen sinergia en la comprensión de aspectos NOS incluida la categoría TdCC. Por lo cual, se espera que docentes y estudiantes generen reflexiones que contribuyan al desarrollo de sus concepciones, con el fin de discernir qué se considera ciencia, su funcionamiento interno y externo, los productos del conocimiento científico, es decir, (la ciencia como producto), las creencias, experiencias, prejuicios y valores de la ciencia, cómo trabajan los científicos, la naturaleza y la cultura de la comunidad científica (Acevedo et al., 2005; Izquierdo-Aymerich et al., 2016; Ryan & Aikenhead, 1992).

Del mismo modo, también se brinda un aporte de tipo metodológico, ya que se presentan ideas, como:

- la construcción de las subcategorías de análisis para la categoría de TdCC a partir del análisis inductivo, en donde se logran evidenciar posturas no informadas (tradicionales), aquellas que no comparten los postulados contemporáneos sobre los aspectos de TdCC e informadas (contemporáneas), las que representan posturas donde se manifiesta un total acuerdo con los postulados para TdCC, esto con el fin de que puedan ser utilizadas en los marcos teóricos de futuras investigaciones.

Además de esto, es importante que a partir de los procesos de alfabetización científica se fomente adecuadamente el desarrollo de la categoría de TdCC en la ciencia escolar, para lograr este objetivo, la educación científica debe promover una nueva forma de pensamiento teórico y de razonamiento, es decir, debe tener un importante componente epistemológico. Así, los contenidos científicos que se aprenden en la escuela, desde los primeros niveles de enseñanza obligatoria deben ser razonables y razonados y deben participar de un sistema de ideas y acciones coherentes (Izquierdo-Aymerich & Adúriz-Bravo, 2003) por lo que el conocimiento científico debe ser modificado y adaptado (transposición didáctica) en función de determinados parámetros relevantes (edad, contexto, valores, transversalidad, utilidad, entre otros) antes de llevarse al aula (Meinardi et al., 2002). Por lo tanto, no se trata de poner al estudiante en situación de investigador, sino de concebir la ciencia en la escuela como una actividad que comparte una fundamentación epistemológica con la ciencia erudita, pero al mismo tiempo tiene características propias que la diferencian.

En síntesis, esta “nueva ciencia” a llevar a las aulas se define, en función de varios elementos como lo propone Meinardi et al. (2002):

- una selección reflexiva de los contenidos curriculares mínimos,
- la elaboración y tratamiento de problemas reales (y, por ende, complejos),
- la comunicación en el aula,
- los modelos didácticos que se ejecutan en el aula,
- los valores asociados con el perfil de ciudadano a formar (Meinardi et al., 2002).

Teniendo en cuenta lo anterior, los participantes del proceso de enseñanza y aprendizaje (docentes y estudiantes) superarán obstáculos en el aprendizaje de los contenidos científicos gracias a la adecuada transposición didáctica llevada en el aula, por lo cual podrán:

- comprender el constructo de NOS como componente crítico de la alfabetización científica,
- incitar el interés científico,
- aprehender el carácter cambiante de la ciencia por la influencia de aspectos de tipo político, económico, religioso, moral, social y cultural.

Sugerencias para futuras investigaciones

A partir de las implicaciones expuestas, resulta pertinente sugerir futuras líneas en el área HPS, en la línea NOS y en la investigación en didáctica de las ciencias que permitan ampliar y profundizar en el estudio de las subcategorías de la TdCC. En este sentido, en primer lugar, sería valioso realizar análisis comparativos de los libros de texto y en los materiales de

divulgación científica en distintos contextos educativos, con el propósito de identificar qué tipo de visiones de la ciencia se están enseñando. En segundo lugar, se recomienda llevar a cabo estudios sobre las concepciones de los docentes y estudiantes en los diferentes niveles educativos, en donde no solo se describan sus ideas y cómo cambian a partir de la implementación de una secuencia, sino que también se indague en cómo las concepciones influyen en sus prácticas de enseñanza y aprendizaje. Por último, se considera fundamental explorar el análisis del discurso científico y mediático, tanto en publicaciones académicas como en medios de comunicación y redes sociales. Investigar cómo se presenta la Tentatividad en la esfera pública y cómo estas narrativas inciden en la construcción social de la ciencia, contribuirán no solo al campo de la didáctica, sino también a la alfabetización científica ciudadana.

Agradecimientos

Los autores agradecen a los evaluadores por las preguntas de reflexión presentadas con las cuales se permitieron clarificar algunos aspectos en el texto final.

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://doi.org/10.1080/09500693.2011.629013>
- Abd-El-Khalick, F., & Akerson, V. (2004). Learning as conceptual change: Factors that mediate the development of pre-service elementary teachers' views of nature of science. *Science Education*, 88, 785–810. <https://doi.org/10.1002/sce.10143>
- Abd-El-khalick, F., & 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://doi.org/10.1080/09500690050044044>
- Acevedo, J., Vázquez, Á., Martín, M., Oliva, J., Acevedo, P., Paixão, F., & 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*, 2(2), 121-140. http://dx.doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2005.v2.i2.01
- 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://repositoriokoha.uner.edu.ar/fceco/digitalizacion/index/005503.pdf>
- Adúriz-Bravo, A., Alzate Quintero, G. C., Pujalte, A. P., & Alzate, Óscar E. T. (2023). Concepções de ensino sobre a natureza da ciência: obstáculos epistemológicos que aparecem entre os professores de ciências. *Revista Internacional de Pesquisa em Didática das Ciências e Matemática*, 4, e023004. <https://periodicoscientificos.itp.ifsp.edu.br/index.php/revin/article/view/872>
- Aikenhead, G., & Ryan, A. (1992). The development of a new instrument: "Views on Science-Technology-Society" (VOSTS). *Science Education*, 76(5), 477–491. <https://doi.org/10.1002/sce.3730760503>
- Akerson, V., Cullen, T., & Hanson, D. (2010). Experienced teachers' strategies for assessing Nature of Science conceptions in the elementary classroom. *Journal of Science Teacher Education*, 21, 723–745. <https://doi.org/10.1007/s10972-010-9208-x>
- Allchin, D. (2011). Evaluating knowledge of the nature of (whole) science. *Science Education*, 95(3), 518–542. (224 citas). <https://doi.org/10.1002/sce.20432>

- Allchin, D. (2017). Beyond the Consensus View: Whole Science, *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 17(1), 18-26.
<https://doi.org/10.1080/14926156.2016.1271921>
- Amador-Rodríguez, R., & Adúriz-Bravo, A. (2017). Concepciones emergentes de la naturaleza de la ciencia (NOS) para la didáctica de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, (Núm. Extra.), 3499-3504. <https://raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/337111/427980>
- Amaya-Martínez, F. A., Ayala-Villamil, L.-A., & García-Martínez, Álvaro. (2024). Propuesta metodológica para la enseñanza de la tentatividad del conocimiento científico en estudiantes de educación media. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, (55), 734-737.
<https://revistas.upn.edu.co/index.php/TED/article/view/21064>
- American Association for the Advancement of Science (AAAS). (1990). Science for all Americans. New York, NY: Oxford University Press. <https://url-shortener.me/6SBC>
- American Association for the Advancement of Science (AAAS). (1993). Benchmarks for science literacy. Oxford University Press.
- 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
- Ayala-Villamil, L.-A. (2020). Conceptualización de naturaleza de la ciencia: el desarrollo de dos enfoques: Conceptualization of nature of science: the development of two approaches. *Noria Investigación Educativa*, 2(6), 105-128. <https://doi.org/10.14483/25905791.16653>
- Ayala-Villamil, L.-A., & 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://doi.org/10.21601/ijese/9340>
- Bartos, S., & 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://doi.org/10.1002/tea.21168>
- Cofré, H., Vergara, C., Lederman, N. G., Lederman, J. S., Santibáñez, D., Jiménez, J., & Yancovic, M. (2014). Improving Chilean In-service Elementary Teachers' Understanding of Nature of Science Using Self-contained NOS and Content-Embedded Mini-Courses. *Journal of Science Teacher Education*, 25(7), 759-783. <https://doi.org/10.1007/s10972-014-9399-7>
- Cohen, L., Manion, L., & Morrison, K. (2007). Research methods in education (Sixth ed.). Taylor & Francis Group. <https://url-shortener.me/6SB2>
- Consejo Nacional de Investigaciones (NRC) (1996). Estándares nacionales de educación científica, Washington, DC, Nacional Academy Press.
- Dagher, Z. R., & Erduran, S. (2016). Reconceptualizing the nature of science for science education. *Science & Education*, 25(1), 147-164. <https://doi.org/10.1007/s11191-015-9800-8>
- Dagher, Z. R., & Erduran, S. (2017). Abandoning Patchwork Approaches to Nature of Science in Science Education. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 17(1), 46-52. <https://doi.org/10.1080/14926156.2016.1271923>
- Driver, R., Leach, J., Millar, R., & Scott, P. (1996). Young people's images of science by Rosalind Driver John Learch Robin Millar and. Open University Press. <https://url-shortener.me/6SBE>
- Erduran, S., & Dagher, Z. (2014). Reconceptualizing education science for science the Nature of Scientific knowledge, practices and other family categories. *Indian Journal of Cancer*, 43. Springer. <https://doi.org/10.4103/0019-509X.138304>
- García-Martínez, A., & Pinilla, J. (2007). Colegios públicos de excelencia para Bogotá. Orientaciones curriculares para el campo de Ciencia y Tecnología. Grupo de Investigación en educación en Ciencias Experimentales-GREECE, Ed: Alcaldía Mayor de Bogotá DC, Secretaría de Educación Bogotá-Colombia.
<https://repositorios.educacionbogota.edu.co/bitstream/handle/001/885/Campo%20opens%20ciencias%20y%20tecn.pdf>

- Gómez, L. (2010). Un espacio para la investigación documental. *Revista Vanguardia psicológica clínica teórica y práctica*, 1(2), 226-233. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4815129>
- Hodson, D., & Wong, S. (2014). From the horse's mouth: Why scientists' views are crucial to nature of science understanding. *International Journal of Science Education*, 36(16), 2639–2665. <https://doi.org/10.1080/09500693.2014.927936>
- Irzik, G., & Nola, R. (2011). A Family Resemblance Approach to the Nature of Science for science education. *Science & Education*, 20(7–8), 591–607. <https://doi.org/10.1007/s11191-010-9293-4>
- Irzik, G., & 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://doi.org/10.1007/978-94-007-7654-8_30
- Izquierdo-Aymerich, M., & Adúriz-Bravo, A. (2003). Epistemological foundations of school science. *Science & Education*, 12, 27-43. <https://doi.org/10.1023/A:1022698205904>
- Izquierdo-Aymerich, M., García-Martínez, Á., Quintanilla, M., & Adúriz-Bravo, A. (2016). Historia, Filosofía y Didáctica de las Ciencias: Aportes para la formación del profesorado de ciencias. Bogotá, Colombia: Editorial Universidad Distrital. <https://doi.org/10.14483/9789588972282>
- 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., Abd-El-Khalick, F., Bell, R., & Schwartz, R. (2002). Views of Nature of Science questionnaire: Toward valid and meaningful assessment of learners' conceptions of Nature of Science. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(6), 497–521. <https://doi.org/10.1002/tea.10034>
- 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). <https://scispace.com/pdf/handbook-of-research-on-science-education-4ne3arosel.pdf>
- Lederman, N., Bartos, S., & Lederman, J. (2014). The development, use, and interpretation of Nature of Science assessments. In M. R. Matthews (Ed.), *International Handbook of Research in History, Philosophy and Science Teaching* (971–997). Springer. https://doi.org/10.1007/978-94-007-7654-8_29
- Lewthwaite, B., Murray, J., & Hechter, R. (2012). Revising teacher candidates' views of science and self: ¿Can accounts from the history of science help? *International Journal of Environmental and Science Education*, 7(3), 379–407. <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ990525.pdf>
- Matthews, M. (1994). Historia, filosofía y enseñanza de las ciencias: La aproximación actual. *Enseñanza de las Ciencias*, 12(2), 255–277. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.4447>
- 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. https://doi.org/10.1007/978-94-007-2457-0_1
- Matthews, M. (2015). Science teaching: The contribution of history and philosophy of science (20th Anniversary Revised and Expanded Edition). Taylor & Francis. https://ipa-pasca.unpak.ac.id/pdf/bahan_ajar/2024/Science%20Teaching.pdf
- McComas, W., & 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). Kluwer Academic Publisher. <https://doi.org/10.1007/0-306-47215-5>
- McComas W. (2008) Seeking historical examples to illustrate key aspects of the nature of science. *Science & Education*, 17(2-3), 249-263. <https://doi.org/10.1007/s11191-007-9081-y>
- Meinardi, E., Adúriz-Bravo, A., Morales, L., & Bonan, L. (2002). El modelo de Ciencia Escolar. Una propuesta de la didáctica de las ciencias naturales para articular la normativa educacional y la realidad del aula. *Revista de Enseñanza de la Física*, 15(1), 13-22. <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/revistaEF/article/view/15875/15681>
- Ministry of Education and Higher Education (MoEHE). (1998). General outline for science curriculum (in Arabic). Ramallah: Curriculum Development Center.

- Osborne, J., Collins, S., Ratcliffe, M., Millar, R., & Duschl, R. (2003). What “ideas-about-science” should be taught in school science? A delphi study of the expert community. *Journal of Research in Science Teaching*, 40(7), 692–720. <https://doi.org/10.1002/tea.10105>
- Roberts, D.A. (2007). Scientific literacy/science literacy. In S.K. Abell y N.G. Lederman (Eds.), *Handbook of research on science education* (pp. 729–780). <https://doi.org/10.4324/9780203097267>
- Ryan, A., & Aikenhead, G. (1992). Students’ preconceptions about the epistemology of science. *Science Education*, 76, 559–580. <https://doi.org/10.1002/sce.3730760602>
- Tancara, C. (1993). La investigación documental. *Temas sociales*, (17), 91-106.
<http://www.scielo.org.bo/pdf/rts/n17/n17a08.pdf>
- Vázquez-Alonso, Á., & Manassero-Mas, M. (2017a). An alternative conceptualization of the Nature of Science for science and technology education. *Conexão Ci*, 12(2), 18–24.
<https://revistas.uniformg.edu.br/conexaociencia/article/view/804/911>
- Vázquez-Alonso, Á., & 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*, (Num. Extra.), 3851–3858. <https://raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/337518>
- Wong, S., & Hodson, D. (2009). From the horse’s mouth: What scientists say about scientific investigation and scientific knowledge. *Science Education*, 93(1), 109–130.
<https://doi.org/10.1002/sce.20290>
- Wong, S., & Hodson, D. (2010). More from the horse’s mouth: What scientists say about science as a social practice. *International Journal of Science Education*, 32(11), 1431 – 1463.
<https://doi.org/10.1080/09500690903104465>