



**Aprender, aprender sobre, aprender a hacer ciencia con TIC: un análisis desde la
indagación como práctica científica**

Manuela Mesa Flórez

Tesis de maestría presentada para optar al título de Magíster en Educación en Ciencias Naturales

Asesora

Sonia López Ríos, Doctor (PhD) en Enseñanza de las Ciencias

Universidad de Antioquia
Facultad de Educación
Maestría en Educación en Ciencias Naturales
Medellín, Antioquia, Colombia
2023

Cita	(Mesa-Flórez, 2023)
Referencia	Mesa Flórez. M. (2023) Aprender, aprender sobre, aprender a hacer ciencia con TIC: un análisis desde la indagación como práctica científica. [Tesis de maestría]. Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.
Estilo APA 7 (2020)	



Maestría en Educación en Ciencias Naturales, Cohorte V.
 Grupo de Investigación PiEnCias
 Centro de Investigaciones Educativas y Pedagógicas (CIEP).



Biblioteca Carlos Gaviria Díaz

Repositorio Institucional: <http://bibliotecadigital.udea.edu.co>

Universidad de Antioquia - www.udea.edu.co

El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Antioquia ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por los derechos de autor y conexos.

APRENDER, APRENDER SOBRE, APRENDER A HACER CIENCIA CON TIC: UN ANÁLISIS DESDE LA INDAGACIÓN COMO PRÁCTICA CIENTÍFICA

Dedicatoria

No sólo se dedica una tesis, sino todo lo que he sido en el acontecer durante los dos años de maestría.

Fundamentalmente a mi padre Juan Guillermo Mesa Mazuera por enseñarme la disciplina, el trabajo honrado, el liderazgo, la importancia de la verdad y la sensibilidad para renacer y para ser fuerte y a mi madre Mónica María Flórez por dedicarme su tiempo, su amor, su comprensión y su abrazo, por enseñarme a ser valiente y a dar siempre lo mejor a pesar de las dificultades. Especialmente a mi maestra Sonia López Ríos por acompañarme en este proceso, por su rigor, su palabra cercana, su abrazo y sus enseñanzas, por ser mi fuente de inspiración y estar presente en cada momento.

A todos los maestros que desde la infancia acompañaron mi proceso de formación los cuales han sido esenciales para transitar este camino de enseñar desde lo político, lo científico y lo pedagógico.

A tres mujeres que han sido mi ejemplo e inspiración para trasegar por el posgrado, Vanessa Arias, Mónica Cardona y Viviana Ortiz.

A Sebastián Henao, Sebastián González y Kevin Caro por el apoyo incansable en este proceso.

Gracias totales.

Agradecimientos

Un agradecimiento especial a la Maestría en Educación en Ciencias Naturales por garantizar un proceso de formación de maestros retador y significativo. A su coordinadora Fanny Angulo Delgado por el acompañamiento en detalle a cada uno de los estudiantes.

Al grupo de investigación Perspectivas de Investigación en Educación en Ciencias (PiEnCias). A la Facultad de Educación y a la Universidad de Antioquia por ser el lugar que me ha permitido ser plural como el universo.

APRENDER, APRENDER SOBRE, APRENDER A HACER CIENCIA CON TIC: UN
ANÁLISIS DESDE LA INDAGACIÓN COMO PRÁCTICA CIENTÍFICA

Tabla de contenido

Resumen	8
Abstract	9
1. Introducción	10
1.1 Planteamiento del problema	12
1.2 Propósitos de la investigación	20
1.2.1 Objetivo general.....	20
1.2.2 Objetivos específicos	20
2. Marco teórico	21
2.1 Estado actual de la indagación.	21
2.1.1 El estado polisémico de la indagación.	23
2.1.2 Indagar: una relación bidireccional entre el enseñar y el aprender.....	26
2.1.3 El papel del maestro, del estudiante y del currículo en la indagación.	28
2.1.4 Tres enfoques de indagación: lo científico, lo epistémico y lo didáctico.	30
2.2 Las prácticas científicas: un referente para caracterizar la indagación.	33
2.3 El papel de las TIC en el marco de la indagación como práctica científica.....	36
2.4 Aprender, aprender sobre y aprender a hacer ciencia con TIC: un camino hacia la alfabetización científica.....	39
3. Marco Metodológico.....	47
3.1 El paradigma, el enfoque y el modelo metodológico.....	47
3.2 Una triada que orienta el proceso metodológico.	49
3.2.1 Modelo de investigación documental propuesto por Hoyos (2000)	50
3.2.2 La revisión sistemática de Kitchenham (2004).....	51
3.2.3 El Método Prisma desde la perspectiva de Urrútia y Bonfill (2010).....	52
3.3 Articulación entre Estado del Arte, Revisión sistemática y Método PRISMA.....	52

APRENDER, APRENDER SOBRE, APRENDER A HACER CIENCIA CON TIC: UN ANÁLISIS DESDE LA INDAGACIÓN COMO PRÁCTICA CIENTÍFICA

3.3.1 Fase 1: preparatoria.....	54
3.3.2 Fase 2: descriptiva.....	56
3.3.3 Fase 3: interpretativa por núcleo temático.....	58
3.3.4 Fase 4: construcción teórica global.....	59
3.3.5 Fase 5: de extensión y publicación.	59
3.4 Desarrollo metodológico	59
3.4.1 Identificación de colectivos y unidades de análisis.	60
3.4.2 Procesos para la recolección de información.....	66
3.5 Procedimiento para el análisis de la información.....	68
3.5.1 Análisis de contenido.....	69
3.5.2 Codificación, categorización y triangulación de la información.	71
4. Resultados y análisis.....	73
4.1 Caracterización de las unidades de análisis.....	73
4.2 Análisis e interpretación por subnúcleo y núcleo temático.....	76
4.2.1 Indagación como práctica científica:	77
4.2.1.1 Indagación en la educación científica	77
4.2.1.2 Características de la indagación como práctica científica.....	79
4.2.2 Estrategias didácticas para la indagación como práctica científica:	83
4.2.2.1 Estrategias didácticas para la indagación como práctica científica.....	83
4.2.2.2 El papel del estudiante y del maestro en la indagación como práctica científica. .	87
4.2.3 Indagación y los retos de la educación científica.....	90
4.2.3.1 Indagación y aprender ciencia con TIC:	92
4.2.3.2 Indagación y aprender sobre ciencia con TIC:.....	94
4.2.3.3 Indagación y aprender a hacer ciencia con TIC:.....	96
4.3 Análisis teórico global.....	97

APRENDER, APRENDER SOBRE, APRENDER A HACER CIENCIA CON TIC: UN
ANÁLISIS DESDE LA INDAGACIÓN COMO PRÁCTICA CIENTÍFICA

5. Conclusiones	100
6. Referencias.....	104

Lista de tablas

Tabla 1. formas, tipos, enfoques, componentes y visiones de indagación.....	32
Tabla 2. Aportes de López et al. (2018) (López, Simó y Couso, 2017 p.695).....	39
Tabla 3. Caracterización de las TIC para la indagación en el mundo real y virtual según los retos de la educación científica.	44
Tabla 4. Fase 1 para la construcción del estado del arte en articulación con los principios de la revisión sistemática y el método prisma. Elaboración propia.	54
Tabla 5. Principios que orientan la investigación. Elaboración propia.	55
Tabla 6: fase 2 para la construcción del estado del arte en articulación con los principios de la revisión sistemática y el método prisma. Elaboración propia.	57
Tabla 7. Fase 3 para la construcción del estado del arte en articulación con los principios de la revisión sistemática y el método prisma. Elaboración propia.....	58
Tabla 8. Núcleos y subnúcleos temáticos.....	63
Tabla 9. Colectivos de análisis.....	65
Tabla 10. Factores e indicadores propuestos por Hoyos (2000)	67
Tabla 11: factores e indicadores específicos, elaboración propia.	68
Tabla 12: Caracterización de unidades de análisis.....	76
Tabla 13. Descripción de estrategias de enseñanza en las unidades de análisis.	86
Tabla 14. Indagación y aprender ciencia con TIC	94
Tabla 15: Indagación y aprender sobre ciencia con TIC.....	95
Tabla 16. Indagación y aprender a hacer ciencia con TIC	97

APRENDER, APRENDER SOBRE, APRENDER A HACER CIENCIA CON TIC: UN
ANÁLISIS DESDE LA INDAGACIÓN COMO PRÁCTICA CIENTÍFICA

Lista de figuras

Figura 1. Marco teórico.....	46
Figura 2. Síntesis del núcleo temático 1.....	83
Figura 3. Síntesis del núcleo temático 2.....	87
Figura 4. Estrategia de enseñanza basada en indagación para la enseñanza de las ciencias. Fase de desarrollo.....	90

APRENDER, APRENDER SOBRE, APRENDER A HACER CIENCIA CON TIC: UN ANÁLISIS DESDE LA INDAGACIÓN COMO PRÁCTICA CIENTÍFICA

Resumen

La indagación para la enseñanza de las ciencias se ha consolidado como una estrategia de enseñanza desde la cual se realizan prácticas a partir de tres marcos de referencia: lo que hacen los científicos, lo que aprenden los estudiantes y el enfoque metodológico que emplean los profesores. Sin embargo, se encuentra en la literatura una amplia gama de definiciones, que no establecen claramente el papel del maestro y el estudiante, y tampoco las características que deberían complementar las estrategias didácticas para enseñar ciencia.

Con el ánimo de ampliar la interpretación de la indagación se pretende darle una mirada desde el marco didáctico de las prácticas científicas, donde puede caracterizarse, definirse, explicitarse, complementarse. El proceso tiene la intención de relacionar la indagación con los retos de la educación científica (Hodson, 2004), aprender ciencia y tecnología, aprender sobre ciencia y tecnología y aprender a hacer ciencia y tecnología.

El objetivo es analizar el papel de la indagación como práctica científica y su aporte a los retos de la educación científica, teniendo como fundamento el paradigma cualitativo y el enfoque hermenéutico, desde la perspectiva del estado del arte (Hoyos, 2000) y sustentado en el método PRISMA (Urrútia y Bonfill, 2010) y la revisión sistemática (Kitchenham, 2004). Los resultados dan cuenta de la caracterización de la indagación como práctica científica, la descripción del aporte de la indagación a los retos de la educación científica y la construcción de una reflexión teórica en torno a las estrategias de enseñanza que favorecen el uso de la indagación como práctica científica.

Palabras clave: indagación, prácticas científicas, aprender ciencia, retos de la educación científica, TIC.

APRENDER, APRENDER SOBRE, APRENDER A HACER CIENCIA CON TIC: UN ANÁLISIS DESDE LA INDAGACIÓN COMO PRÁCTICA CIENTÍFICA

Abstract

The inquiry for the teaching of science has been established as a teaching strategy from which practices are carried out based on three frames of reference: what scientists do, what students learn, and the methodological approach used by teachers. However, a wide range of definitions are found in the literature that do not clearly establish the roles of the teacher and the student, nor the characteristics that should complement didactic strategies for teaching science.

With the aim of expanding the interpretation of inquiry, an attempt is made to look at it from the didactic framework of scientific practices, where it can be characterized, defined, clarified, and complemented. The process intends to relate inquiry to the challenges of scientific education (Hodson, 2004), learning science with technology, learning about science with technology, and learning to do science with technology.

The objective is to analyze the role of inquiry as a scientific practice and its contribution to the challenges of scientific education, based on the qualitative paradigm and the hermeneutical approach, from the perspective of the state of the art (Hoyos, 2000), and supported by the PRISMA method and systematic review. The results account for the characterization of inquiry as a scientific practice, the description of the contribution of inquiry to the challenges of scientific education, and the construction of a theoretical reflection on teaching strategies that favor the use of inquiry as a scientific practice.

Keywords: inquiry, scientific practices, learning science, challenges of science education, ICT (Information and Communication Technology).

APRENDER, APRENDER SOBRE, APRENDER A HACER CIENCIA CON TIC: UN ANÁLISIS DESDE LA INDAGACIÓN COMO PRÁCTICA CIENTÍFICA

1. Introducción

El presente trabajo de investigación se realiza con el propósito de analizar el papel de la indagación como práctica científica y su aporte para aprender ciencia, sobre ciencia y a hacer ciencia con TIC. Surge a partir de la necesidad de comprender cómo se interpreta la indagación en la enseñanza de las ciencias; puesto que, al recurrir a la literatura nacional e internacional, se encuentran dificultades no sólo para definir la indagación, sino también para comprender el papel que cumple el maestro, el estudiante y el diseño de estrategias de enseñanza. Esta necesidad ha brindado la oportunidad de abordar la indagación desde la lente de las prácticas científicas, siendo estas un marco para la enseñanza de las ciencias con propósitos claros y una estructura bien definida.

Asumir la indagación como dimensión de las prácticas científicas ha supuesto un reto que ha permitido reflexionar crítica y propositivamente sobre sus posibilidades para la enseñanza de las ciencias; es por ello, que se pretende conocer los aportes que pueden resultar para los retos de la educación científica planteados por Hodson (2003) y necesarios para pensar en la actualidad los procesos de alfabetización científica, así como las necesidades sociales y educativas que se manifiestan en la urgencia por formar ciudadanos con habilidades y competencias sociales, tecnológicas y científicas. Por ello, los planteamientos de Hodson (2003), relacionados con aprender ciencia y tecnología, aprender a hacer ciencia y tecnología y aprender sobre ciencia y tecnología, se abordan como elementos fundamentales de la reflexión y del quehacer del maestro de ciencias.

Este trabajo de investigación contempla un par de elementos que le dan un valor agregado a las reflexiones que aquí se plantean, el primero está orientado a comprender el estado actual de la indagación como dimensión de las prácticas científicas desde el ámbito internacional; por lo que las fuentes de información que posteriormente se denominarán unidades de análisis que aquí se utilizan, son de carácter internacional. Y el segundo, tiene que ver con una reflexión metodológica para la construcción de Estados del Arte en articulación con los planteamientos de la revisión sistemática y el método PRISMA; lo cual, ha generado un reto para la investigadora y una oportunidad para fortalecer el proceso de investigación.

El interés por esta temática se atribuye a la importancia de pensar en los trabajos prácticos de laboratorio y las clases tradicionales de enseñanza de las ciencias (en especial de la física), de

APRENDER, APRENDER SOBRE, APRENDER A HACER CIENCIA CON TIC: UN ANÁLISIS DESDE LA INDAGACIÓN COMO PRÁCTICA CIENTÍFICA

la oportunidad que supone darle un lugar relevante al estudiante en la construcción de su propio conocimiento. Y aunque tiene sus orígenes en la experiencia propia, se nutre a partir de los hallazgos en la revisión de literatura, que dan cuenta de la importancia de comprender a profundidad la indagación en y para la enseñanza de las ciencias.

Esta investigación se fundamenta en referentes teóricos que dan lugar a la reflexión, interacción, conversación, manifestación de posturas críticas y propositivas que posibilitan comprender la interacción entre la indagación y las prácticas científicas y entender cómo a partir de la caracterización, comprensión y descripción de estas últimas, se favorecen procesos direccionados a los retos de la educación científica. En este sentido, autores como Hodson (2003), Reyes-Cardenas y Padilla (2012), Osborne (2014a), Couso (2014), Crujeiras y Jiménez (2018), han propiciado los elementos teóricos y reflexivos necesarios para llevar a cabo un estado del arte que pueda contribuir a la comprensión hermenéutica del objeto de estudio de esta investigación.

Metodológicamente, el trabajo se sustenta en el paradigma cualitativo y el enfoque hermenéutico. Se desarrolla la investigación con base en el Estado del arte desde la perspectiva de Hoyos (2000) y se propone una forma de complementarse con ayuda de los planteamientos de la revisión sistemática de Kitchenham (2004) y el método PRISMA expuesto por Urrútia y Bonfill (2010). Adicionalmente, se realiza el proceso de recolección y análisis de la información teniendo presente la categorización, codificación, triangulación e interpretación por núcleo temático, todo ello con base en los supuestos del análisis de contenido y procurando sustentar los principios de finalidad, coherencia, fidelidad, integración y comprensión propuestos por Hoyos (2000) y los criterios de confiabilidad, aplicación y transferencia necesarios para las revisiones sistemáticas según Kitchenham (2004).

En síntesis, en este documento se encontrarán siete capítulos que comprenden la introducción en donde se encuentra el planteamiento del problema y los propósitos de investigación; el marco teórico en donde se resaltan los referentes teóricos que han fundamentado las reflexiones teóricas, pedagógicas, metodológicas y didácticas que se presentan; el marco metodológico que busca reflexionar sobre la triada del estado del arte, la revisión sistemática y el método Prisma a partir de la descripción y el desarrollo de fases y procesos. Y posteriormente se

APRENDER, APRENDER SOBRE, APRENDER A HACER CIENCIA CON TIC: UN ANÁLISIS DESDE LA INDAGACIÓN COMO PRÁCTICA CIENTÍFICA

encontrará el análisis de los resultados, las conclusiones y recomendaciones, así como las referencias bibliográficas.

1.1 Planteamiento del problema

Acercarse a la indagación en la enseñanza de las ciencias desde la revisión de literatura ha sido un proceso muy significativo, en la medida en que ha dado pie para reflexiones personales sobre la práctica docente y la enseñanza de las ciencias. Desde la experiencia, se ha identificado que la indagación no es un término común entre colegas, que los maestros de ciencias no toman café hablando de indagación y que cuesta traer a colación significados para dar cuenta de unos conocimientos previos acerca del tema. Por otro lado, la revisión de literatura da cuenta de una amplia tradición investigativa sobre indagación a nivel mundial; y esto invita a preguntarse ¿por qué no se está hablando de indagación en nuestro contexto?, ¿qué sucede en los procesos de formación de maestros y en la práctica docente que no se aborda esta perspectiva que parece haber sido exitosa en otros contextos?

Para esclarecer un poco lo anterior, es preciso mencionar que en primer lugar se ha realizado un recorrido en la literatura nacional e internacional, con el ánimo de encontrar aspectos que puedan dar cuenta de lo que se entiende por indagación, específicamente en la enseñanza de las ciencias. Este proceso ha sido valioso, en tanto que es un término que ha sufrido variaciones en su interpretación en el momento en que se traduce “Inquiry”, “Inquiry-Based Learning” (IBL), “Inquiry-Based Science Education” (IBSE) a otros idiomas; a pesar de ello, se recopilaron los aportes de algunos autores para lograr una comprensión global.

Cuando se piensa en definir un término, es importante preguntarse ¿para qué definirlo? ¿cuál será el uso de la definición? y en este caso, ¿cómo aporta la definición de indagación en la práctica docente? Así pues, el presente trabajo toma como relevante en sus inicios la definición de indagación, puesto que, desde la experiencia, no se tienen referentes, concepciones y elementos de base que permitan identificar sus aportes al incorporarla en la enseñanza de las ciencias.

Uno de los elementos más confusos encontrados en esa primera revisión de literatura, ha sido la multiplicidad de definiciones acerca de indagación en el ámbito educativo, ante lo cual Furtak et al. (2012), mencionan que van desde descripciones simples hasta las más elaboradas; lo

APRENDER, APRENDER SOBRE, APRENDER A HACER CIENCIA CON TIC: UN ANÁLISIS DESDE LA INDAGACIÓN COMO PRÁCTICA CIENTÍFICA

cual plantea en sus inicios un panorama bastante amplio para intentar comprender la indagación en la enseñanza de las ciencias.

Algunas definiciones encontradas en ese primer momento se rescatan de Reyes-Cárdenas y Padilla (2012), quienes traen a colación autores que pretenden definir el término que se aborda en este trabajo; inicialmente en la National Research Council (NRC, 1996) aparece la indagación vista de dos formas, la primera como la manera en que los científicos estudian el mundo natural y la segunda como las actividades que los estudiantes realizan para el desarrollo del conocimiento y de la comprensión de las ideas científicas. Por la misma línea, los autores mencionados anteriormente, resaltan a Novak (1964), quien plantea la indagación como una serie de comportamientos de los seres humanos para encontrar explicaciones sobre un fenómeno del que se requiere saber algo. También rescatan a Rutherford (1964), para quien la indagación se alcanza cuando el contenido y los conceptos se comprenden en el contexto de su descubrimiento y señala que, para llevar a cabo los objetivos de la indagación, es importante que los maestros en ciencias cuenten con conocimientos en historia y filosofía de la ciencia, precisamente para según él, llevar a los estudiantes a la comprensión de la naturaleza de las ciencias.

Finalmente se hace referencia a Oliveira (2009), quien argumenta que la enseñanza basada en indagación se define comúnmente de una forma instruccional, en que el profesor renuncia a su papel de experto en ciencia mientras que asume un rol de proveer respuestas correctas, dar instrucciones sobre lo que se debe hacer y evaluar las ideas de los estudiantes.

A partir de lo anterior, se puede observar que la indagación en términos de enseñanza y aprendizaje recorre por medio de su definición diferentes caminos, apuestas y hasta sentidos, incluso el panorama se pone más tenso cuando se traduce a otros idiomas o a otros contextos; pues así lo señala Couso (2014), quien hace referencia a la versatilidad del término y sus tintes polifacéticos en la literatura educativa. Con la intención de dar lugar a algunas características de la indagación, la autora rescata a Barrow (2006) y sus tres elementos representativos de la indagación: la capacidad de investigar científicamente, la naturaleza de la investigación científica y las estrategias de enseñanza y aprendizaje para comprender conceptos científicos y adquirir habilidades “de” y “sobre” la indagación científica. De la misma manera, en Reyes-Cárdenas y Padilla (2012), se encuentran las tres visiones de la indagación: lo que hacen los científicos, lo que hacen y aprenden los estudiantes, lo que saben y saben hacer los profesores en el aula.

APRENDER, APRENDER SOBRE, APRENDER A HACER CIENCIA CON TIC: UN ANÁLISIS DESDE LA INDAGACIÓN COMO PRÁCTICA CIENTÍFICA

A pesar de que estos dos hallazgos difieren un poco en su interpretación, han sido relevantes para este trabajo de investigación, puesto que dan cuenta de la importancia que para la indagación significa pensar en lo que hacen y aprenden los estudiantes y lo que saben y saben hacer los profesores en el aula, elementos que serán expresados de forma amplia más adelante.

Pensar en indagación, conlleva a reflexionar sobre su importancia en la enseñanza de las ciencias, pero también en su vigencia y actualidad; por lo tanto, es necesario anotar que en el contexto internacional tuvo auge en los años 60, pero su atención aumentó en los años 90 con la publicación de los National Science Education Standard en América (NSES, 1996), en donde se entiende la indagación como un enfoque didáctico, que se ha convertido en uno de los más populares en la literatura sobre educación en ciencias, pero también en uno de los más cuestionados.

Tal cuestionamiento se da, justamente por la falta de claridad en lo que corresponde a la indagación y su relación con el aprendizaje del estudiante, a la carencia de elementos comunes para interpretar la práctica de maestros y a la falta de consensos sobre lo que implica diseñar estrategias de enseñanza que respondan a este enfoque didáctico.

Otro de los elementos, que no ha sido parte del consenso cuando se habla de indagación es el papel del maestro, puesto que algunos autores (Kirschner et al., 2006; Mayer, 2004 citado en Furtak, 2012) manifiestan que este papel se reduce a cumplir la función de instruir, de llevar a cabo guías y procedimientos estructurales. Y la tensión aumenta cuando se pregunta por el papel de los estudiantes, y se encuentran hallazgos que cuestionan el hecho de que en la indagación el rol principal lo tiene el estudiante, quien minimiza de manera no intencional el lugar del docente (Crawford, 1999; Roth et al., 1999; Reyes-Cárdenas y Padilla, 2012; Toma et al., 2017; Windschitl et al., 2008).

Lo anterior permite un primer acercamiento a la indagación, que posibilita hacerse una idea en relación con lo que se ha construido acerca de ésta y los matices que se le han dado bajo la enseñanza de las ciencias, que suelen ser muy positivos en términos de sus resultados, pero también un tanto cuestionados con respecto a la práctica docente, a las estrategias didácticas y a lo que significa aprender y enseñar por medio de la indagación. Una de las reflexiones que ha quedado de este primer acercamiento, es que la pluralidad de posturas acerca de la indagación bajo la mirada educativa da pie para interpretaciones pobres, mecanicistas, instruccionales e incluso poco

APRENDER, APRENDER SOBRE, APRENDER A HACER CIENCIA CON TIC: UN ANÁLISIS DESDE LA INDAGACIÓN COMO PRÁCTICA CIENTÍFICA

adecuadas por parte de los docentes que tenemos la intención de implementar un modelo de estas características en nuestra práctica docente.

Estas reflexiones están muy unidas a los planteamientos de Romero-Ariza (2017), cuando hace un llamado a la necesidad de crear consensos entre lo que implica enseñar ciencias por indagación, puesto que se están evidenciando numerosas propuestas e intervenciones didácticas que varían significativamente en el tipo de actividades, nivel de instrucción y papel del docente; y a las preocupaciones de Reyes-Cárdenas y Padilla (2012), cuando manifiestan la ausencia de procesos de enseñanza basados en indagación en las aulas de clase, aludiendo a la carencia de preparación y formación de docentes para usar el enfoque y para crear, diseñar y ejecutar secuencias didácticas.

A demás de las discusiones planteadas previamente, la literatura también ofrece un conjunto de posibilidades que favorecen la enseñanza de las ciencias por indagación; uno de los hallazgos más relevante para el presente trabajo, se rescata de Aguilera-Morales et al. (2018), quienes plantean que la indagación permite una sólida alfabetización científica apoyada en actitudes, emociones positivas, una imagen renovada de la ciencia y la posibilidad de contribuir a la formación de maestros en términos de los retos de la enseñanza de las ciencias.

Abordar la indagación con el pretexto de la alfabetización científica es un gran reto para el presente trabajo, porque permite clarificar el campo conceptual y a su vez darle una mirada actual e interesante en lo que concierne a la enseñanza de las ciencias. La Alfabetización científica según el Program for international Student Assessment (PISA, 2015) responde a la pregunta ¿qué necesita la gente de hoy en día conocer, valorar y ser capaz de hacer en situaciones en las que la ciencia y la tecnología están implicadas? Lo que permite dar cuenta de las necesidades de la sociedad en dejar de lado la memorización que ha sido característica de los procesos de aprendizaje y dar paso a cuestiones correspondientes a las competencias científicas, al aprendizaje por indagación y a la comprensión de la ciencia y la aplicación de los conceptos científicos en los ámbitos cercanos al estudiante.

Luego de haber rescatado la indagación desde sus posibilidades como enfoque didáctico que ha tenido relevancia a nivel mundial, y de resaltar sus aportes para llevar a cabo los procesos

APRENDER, APRENDER SOBRE, APRENDER A HACER CIENCIA CON TIC: UN ANÁLISIS DESDE LA INDAGACIÓN COMO PRÁCTICA CIENTÍFICA

de alfabetización científica; los cuales son tan importantes cuando se piensa en la formación de ciudadanos que aporten significativa y científicamente al mundo que conocemos; pero también de haber resaltado una de sus falencias en cuanto a la diversidad de definiciones y de falta de consensos, aspectos sobre los que se requiere tener claridad cuando se quiere hacer uso de este enfoque didáctico en la práctica docente. Surge la necesidad de plantear el problema de investigación del presente trabajo, justo por la línea de la ausencia de claridades en torno a lo que significa enseñar ciencias por medio de la indagación.

De manera que, el problema de investigación implica reconocer lo que significa enseñar ciencias por indagación, es un llamado a esclarecer no sólo las definiciones sino también el papel que juega la indagación en los procesos educativos actuales, bajo unas condiciones que resignifican el estudiante y ciudadano que se quiere formar en términos científicos y tecnológicos.

Para lograr delimitar el problema de investigación (ya que cuando se habla de indagación se involucran diferentes posturas teóricas como se ha descrito anteriormente), el presente trabajo busca dar prioridad a la indagación como dimensión de las prácticas científicas propuestas por Osborne (2014a), lo que permitirá una mirada desde la pregunta de la alfabetización científica y una posibilidad para esclarecer la incidencia y el papel de la indagación como práctica científica en la enseñanza de las ciencias.

Para hablar de indagación como práctica científica, es necesario traer a colación los hallazgos de la primera revisión de literatura ya mencionados, que corresponden a las tres dimensiones o visiones de la indagación, las cuales se han convertido en objeto de interés por la comunidad científica y educativa, y son referenciadas en Minner et al. (2010), como “lo que hacen los científicos, lo que aprenden los estudiantes y el enfoque metodológico que emplean los profesores” (p. 3).

Estas tres dimensiones se destacan en Osborne et al. (2004a), cuando hacen referencia al compromiso ideológico de la enseñanza de las ciencias, en tanto no sólo es detallar lo que sabemos ni enseñar los contenidos, sino orientar y educar a los estudiantes sobre cómo sabemos y por qué creemos en la cosmovisión científica. Estas afirmaciones van de la mano con los planteamientos encontrados en Millar y Osborne (1998), quienes concuerdan que el rasgo característico de la indagación es el papel activo de los estudiantes cuando se enfocan en la resolución de problemas para aprender sobre ciencias y sobre la naturaleza de las ciencias.

APRENDER, APRENDER SOBRE, APRENDER A HACER CIENCIA CON TIC: UN ANÁLISIS DESDE LA INDAGACIÓN COMO PRÁCTICA CIENTÍFICA

De manera que, las tres visiones de la indagación son cruciales para la presente investigación, porque permitirán dar lugar y relevancia al planteamiento del problema y serán objeto de estudio bajo la mirada de la indagación como práctica científica (Osborne, 2014a), con el ánimo de llevar a cabo un proceso de construcción y transformación teórica sobre las posibilidades de la enseñanza de las ciencias y la alfabetización científica.

Ahora, ¿por qué se menciona la indagación como práctica científica y qué implica esta mirada?, en primer lugar se asume el término prácticas científicas a la luz de los planteamientos de Osborne (2014a), quien se ha convertido en el principal referente teórico de este trabajo, en la medida en que define las prácticas científicas como un marco didáctico para dar lugar a procesos de enseñanza y aprendizaje, que no se centra únicamente en el conocimiento de contenidos, sino que se interesa por las prácticas sociales, cognitivas, discursivas, de investigación, argumentativas, por la construcción de modelos y teorías en la ciencia. Las prácticas científicas se abordan desde tres dimensiones: la modelización que busca la construcción de teorías y modelos, la indagación que pretende recoger y analizar datos que provienen de percepciones, observaciones y experimentos y finalmente la argumentación por medio de la cual se evalúa y se construyen argumentos.

Así pues, ver la indagación desde esta postura implicará descubrir sus potencialidades, dificultades, posibilidades, percibir el papel del maestro y del estudiante, esclarecer la forma y los criterios para el diseño y uso de estrategias didácticas, reconocer los marcos teóricos y sus aportes a los procesos de alfabetización científica que se estiman en la sociedad. Por esta razón, se pretende abordar la Indagación como práctica científica, dejando a futuras investigaciones las otras dos dimensiones, en la medida en que se considera esta relación un posible aporte para el fortalecimiento de los procesos de indagación en la formación de maestros desde los entramados teóricos, en las imágenes de la ciencia y en la creación de secuencias didácticas que fortalezcan el proceso metodológico de los profesores. Por ejemplo, la indagación como práctica científica, según Crujeiras y Jiménez (2018), requiere que los estudiantes sean capaces de formular cuestiones, identificar problemas, planificar y poner en práctica investigaciones, analizar e interpretar datos, entre otros asuntos.

APRENDER, APRENDER SOBRE, APRENDER A HACER CIENCIA CON TIC: UN ANÁLISIS DESDE LA INDAGACIÓN COMO PRÁCTICA CIENTÍFICA

La pregunta es ¿por qué relacionar la indagación con prácticas científicas y no con otro modelo didáctico?, la respuesta es producto de los hallazgos teóricos en la revisión de literatura, en la medida en que Osborne (2014a), plantea que una de las principales dificultades de la indagación en la enseñanza de las ciencias, se encuentra en la confusión que existe entre el objetivo de la ciencia, el cual implica el descubrimiento de nuevos conocimientos sobre el mundo material, con el propósito de aprender ciencia, el cual busca la construcción de la comprensión del conocimiento existente; esto ejemplifica lo que hemos llamado anteriormente como lo que hacen los científicos y lo que aprenden los estudiantes, y que se resume en Osborne (2014a), como “una combinación de hacer ciencia con aprender ciencia” (p. 178). Así, las prácticas científicas, tienen la posibilidad de esclarecer diferencias significativas entre el trabajo de los científicos y lo que los estudiantes hacen para aprender sobre los fenómenos naturales, a partir de su participación en el discurso científico del aula, de la construcción del conocimiento científico y la comprensión del por qué éste se construye, se examina, se avalúa y se modela con ciertas características (Benedict-Chambers y Kademian, 2017; Crujeiras-Pérez y Jiménez, 2018).

En la misma línea, se evidencia la necesidad de enmarcar las prácticas científicas no sólo como el conocimiento de los científicos ni las destrezas para el aprendizaje, sino también la necesidad de asumir prácticas epistémicas y discursivas más amplias, lo que se podría denominar como el Aprender sobre ciencias (Erduran y Dagher, 2014 citados en Crujeiras-Pérez y Jiménez, 2018).

De manera que, para asumir la indagación como práctica científica se debe de corresponder al llamado a esclarecer las diferencias entre el aprender ciencia, el aprender a hacer ciencia y el aprender sobre ciencia.

Con el ánimo de fortalecer la idea anterior, se rescatan los aportes de Hodson (2003), puesto que se convierte en un referente importante en Educación científica para un futuro alternativo, en la medida en que plantea los retos de la educación científica, los cuales se contemplan en “Aprender ciencia y tecnología, Aprender sobre ciencia y tecnología, Aprender a hacer ciencia y tecnología” (p. 658); el primero hace referencia a la adquisición y desarrollo de conocimientos conceptuales y teóricos en ciencia y tecnología; el segundo contempla el desarrollo de una comprensión de la

APRENDER, APRENDER SOBRE, APRENDER A HACER CIENCIA CON TIC: UN ANÁLISIS DESDE LA INDAGACIÓN COMO PRÁCTICA CIENTÍFICA

naturaleza y los métodos de la ciencia y la tecnología; el tercero invita a participar y desarrollar experiencia en investigación científica y resolución tecnológica.

Estas relaciones son trascendentales para el presente trabajo de investigación, puesto que se puede visualizar un vínculo entre la indagación como práctica científica y los retos de la educación científica, los cuales pueden relacionarse de manera significativa con la alfabetización científica, alfabetización política y con la ideología de la educación como reconstrucción social (Hodson, 2003).

Este autor plantea una alternativa muy interesante para esta investigación, puesto que sus tres retos de la educación científica están estrechamente relacionados con la tecnología, en donde manifiesta que la educación científica debe de estar a la par con la sociedad contemporánea y que “la educación científica y tecnológica tienen la responsabilidad de mostrar a los estudiantes las complejas pero íntimas relaciones entre los productos tecnológicos que consumimos, los procesos que los producen, los valores que los sustentan y la biosfera que nos sustenta” (p. 660), esto da a entender que el autor, visualiza una educación tecnológica crítica ante lo social, lo industrial, lo económico, lo político y ambiental.

Así pues, la indagación como un enfoque didáctico que carece de protagonismo en las aulas de clase y así mismo que goza de marcos teóricos polifacéticos y ausentes de consenso, necesita de reflexiones que permitan consolidar este concepto y darle un lugar representativo en las aulas de clase. De manera que, para efectos de esta investigación, esa visibilidad se le dará asumiendo la indagación como práctica científica para fortalecer las dificultades entre el aprender ciencia con el hacer ciencia, para incluir el aprender sobre ciencia y por supuesto para relacionar estos tres elementos con los retos de la educación científica y tecnológica.

Es preciso tener en cuenta que los procesos de reflexión en torno a la indagación, a las prácticas científicas, a los retos de la educación científica y a las tecnologías son materia constante en las revistas de investigación como elementos aislados, como indicadores, como objetos de estudio, en donde sus relaciones y sus puntos de encuentro no son tan comunes. Lo que permite identificar que aún hace falta una reflexión crítica sobre la indagación como práctica científica y sus aportes a los retos de la educación científica haciendo uso de las tecnologías.

APRENDER, APRENDER SOBRE, APRENDER A HACER CIENCIA CON TIC: UN ANÁLISIS DESDE LA INDAGACIÓN COMO PRÁCTICA CIENTÍFICA

Así pues, se evidencia la necesidad de darle un lugar representativo a la indagación por medio de la investigación documental, la cual, permitirá conocer el estado teórico actual, identificar sus relaciones con las prácticas científicas y por supuesto esclarecer las relaciones con las tecnologías. Es por ello, que se plantea la necesidad de un ejercicio de investigación secuencial, sistemático y profundo que se traduce en una triada para la investigación documental, en donde se realiza un proceso de relación entre el estado del arte, la revisión sistemática y el método prisma, los cuales son posibilitadores de la reflexión y la construcción teórica. Todo ello, será fundamental para comprender el papel de la indagación en el marco de las prácticas científicas y sus relaciones con los retos de la educación científica en la clase de ciencias.

Es menester abordar estas relaciones teóricas (indagación, prácticas científicas y retos de la educación científica) con el ánimo de crear hilos de información, de conexión, comunicación y reflexión que permitan dar cuenta de un desarrollo consolidado para favorecer desde los fundamentos teóricos, lo que se comprende por indagación, su papel en la enseñanza de las ciencias y para augurar relaciones significativas entre la indagación como práctica científica y el aprender ciencia, el aprender sobre ciencia y el aprender a hacer ciencia con tecnología.

Todo lo anterior, da lugar a la siguiente pregunta de investigación: ¿Cuál es el papel de la indagación como práctica científica y su aporte para aprender ciencia, sobre ciencia y a hacer ciencia con TIC?

1.2 Propósitos de la investigación

1.2.1 Objetivo general

Analizar el papel de la indagación como práctica científica y su aporte para aprender ciencia, sobre ciencia y a hacer ciencia con TIC.

1.2.2 Objetivos específicos

APRENDER, APRENDER SOBRE, APRENDER A HACER CIENCIA CON TIC: UN ANÁLISIS DESDE LA INDAGACIÓN COMO PRÁCTICA CIENTÍFICA

Caracterizar la indagación como práctica científica a partir de una revisión sistemática de la producción científica en enseñanza de las ciencias.

Construir una reflexión teórica en torno a las estrategias didácticas que favorecen el uso de la indagación como práctica científica haciendo uso de TIC.

Describir el aporte de la indagación para aprender, aprender sobre y aprender a hacer ciencia con TIC.

2. Marco teórico

Con el ánimo de situar esta investigación en el presente, en la necesidad actual de la enseñanza de las ciencias y en la oportunidad de conversar sobre indagación, prácticas científicas y retos de la educación científica, se desarrolla el marco teórico de esta investigación de poner sobre la mesa las diversas posturas de los referentes teóricos en torno al estado actual de la indagación, a las prácticas científicas como un referente para ver la indagación y el aprender, aprender sobre y aprender a hacer ciencia con TIC; todo ello en tres secciones que buscan la convergencia pero también la divergencia, la discusión, el desencuentro, la comprensión y por supuesto, la reflexión profunda sobre el impacto que estas consideraciones tienen sobre el maestro y su práctica en la enseñanza de las ciencias.

2.1 Estado actual de la indagación.

El interés por la indagación en la enseñanza de las ciencias surge a partir de reflexiones que involucran la forma como se llevan a cabo las prácticas experimentales y de laboratorio, por preguntas que se orientan desde ¿por qué se enseña así tal o cual fenómeno? ¿por qué se evalúa así la experiencia de ir al laboratorio de ciencias?, interrogantes que se transforman al encontrar en las bases de datos y con un alto número de referenciación las palabras “Inquiry”, “Inquiry based learning” o “Inquiry based science education (IBSE)”, en donde se encuentra una relación, un diálogo bidireccional entre la enseñanza y el aprendizaje que resulta relevante para esta investigación.

Preguntarse por indagación, supone reflexiones teóricas, conceptuales, epistemológicas, ontológicas y metodológicas importantes para el maestro; por ello, es de relevancia dar lugar al

APRENDER, APRENDER SOBRE, APRENDER A HACER CIENCIA CON TIC: UN ANÁLISIS DESDE LA INDAGACIÓN COMO PRÁCTICA CIENTÍFICA

estado actual de la indagación con el fin de llegar a la comprensión profunda del término, pero también de sus transformaciones, dificultades y su recorrido por la enseñanza de las ciencias.

Aunque es difícil esclarecer quiénes han sido los primeros en abordar la “indagación”, se le atribuyen a Jean Piaget, Lev Vygotsky y David Ausubel las bases que consolidaron el término y quienes permitieron generar reflexiones filosóficas y pedagógicas que situaron a la indagación en el marco del constructivismo (Cakir, 2008 citado en Minner, 2009).

El constructivismo hace énfasis en el conocimiento que es construido por los individuos a través de lo que se denominó el pensamiento activo, el cual involucra en este caso, al estudiante en un conjunto de posibilidades de creación, reflexión y construcción en torno al conocimiento. El constructivismo se interesó a finales de los años 70 por la educación científica, especialmente desde el enfoque de la indagación, en la medida en que comenzó a utilizar materiales de instrucción, los cuales se denominaron materiales basados en la investigación y tenían la particularidad de incluir actividades prácticas para la motivación de los estudiantes en torno a los conceptos científicos (Minner, 2009). En ese sentido, el interés desde estas perspectivas por la indagación mediante la investigación científica no sólo se limitó a la comprensión conceptual, sino que se enfocó también en la oportunidad para la práctica y la construcción del conocimiento.

Seguidamente, John Dewey, presenta la indagación con la intención de generar una crítica a la enseñanza de las ciencias tradicionales del momento, que se ha caracterizado por la acumulación de información en lugar del desarrollo de actitudes y habilidades necesarias para la ciencia (NRC, 2000; Reyes-Cárdenas y Padilla, 2012). Se considera que, desde entonces, indagar sea convertido en un término interesante para maestros e investigadores y en un marco didáctico que ha sido respaldado por el constructivismo y que se ha involucrado en la enseñanza de las ciencias desde el siglo pasado.

Luego, desde los años 70 se ha evidenciado la indagación como un tema popular en la enseñanza de las ciencias. En Estados Unidos y Reino Unido, la indagación no ha pasado desapercibida, pues se ha usado como un referente importante en la medida en que se ha incluido en los Estándares Nacionales de Educación en Ciencias (NSES por sus siglas en inglés), además la tendencia de publicaciones en bases de datos se encuentra en estos países, lo que permite concluir un interés de investigadores y maestros por profundizar en sus aportes y por evidenciar experiencias exitosas en los procesos de enseñanza y de aprendizaje.

APRENDER, APRENDER SOBRE, APRENDER A HACER CIENCIA CON TIC: UN ANÁLISIS DESDE LA INDAGACIÓN COMO PRÁCTICA CIENTÍFICA

Estas evidencias de uso en estrategias de enseñanza y efectos en el aprendizaje cuando se hace uso de indagación no son un asunto recetario para seguir paso a paso, sino un cúmulo de reflexiones que permiten inspirar a los maestros y fomentar la formación en el uso e incorporación de Tecnologías de la Información y la Comunicación, (en adelante TIC), con la intención de establecer conexiones que son sugeridas por las necesidades educativas en la sociedad actual. Algunas intervenciones de maestros muestran evidencias que asumen la postura de que los estudiantes pueden aprender si participan de sus propios procesos de pensamiento y de las actividades de los científicos, si formulan preguntas, recolectan y analizan la información, desarrollan explicaciones y comunican hallazgos con sus maestros y compañeros (Furtak et al., 2012)

También, el impacto de la indagación en la enseñanza de las ciencias se manifiesta en los resultados de los estudiantes que han sido partícipes de los currículos K-12 en Estados Unidos, currículos que han sido prometedores debido a que entidades como la Fundación Nacional de Ciencias (NSF), el Consejo Nacional de Investigación (NRC) y la Asociación Estadounidense para el Avance de la Ciencia (AAAS) se han comprometido con mejorar significativamente la educación científica, la innovación y el desarrollo de las habilidades de los maestros en torno a los procesos de indagación. A partir de lo anterior, se han generado estrategias para que maestros se interesen en el uso de la indagación como un medio para mejorar la comprensión de los conceptos y de los procedimientos científicos.

Además, se han recolectado evidencias sobre las competencias científicas y las motivaciones sobre la ciencia en estudiantes de las etapas iniciales de escolaridad que resultan ser motivadoras y apremiantes. En Israel, se ha investigado la diferencia de la indagación abierta con la indagación guiada, y sus efectos en la comprensión científica procedimental y epistemológica (Sadeh y Zion, 2009), allí se manifiestan evidencias positivas en términos de que los estudiantes piensen y participen activamente en el proceso de investigación, lo cual puede aumentar significativamente su aprendizaje conceptual científico y sus emociones sobre la ciencia.

Todo lo anterior, da cuenta de un estado de la indagación que favorece la enseñanza de las ciencias, y permite trazar hilos conductores para el desarrollo del entramado teórico que se presenta a continuación.

2.1.1 El estado polisémico de la indagación.

APRENDER, APRENDER SOBRE, APRENDER A HACER CIENCIA CON TIC: UN ANÁLISIS DESDE LA INDAGACIÓN COMO PRÁCTICA CIENTÍFICA

Luego de reconocer el estado del término indagación, en donde se destaca su popularidad en las bases de datos en países del primer mundo; es preciso dar cuenta de uno de los hallazgos que ha surgido desde la revisión de literatura y que se argumenta en el planteamiento del problema. Este hallazgo acontece en las diferentes posturas acerca de lo que significa indagar en la enseñanza de las ciencias y a esto se le llama “estado polisémico” justamente porque existen diferentes definiciones y posturas proporcionadas por autores situados en la misma corriente pedagógica, además, luego de las lecturas, surgen preguntas como ¿qué es indagación? ¿cuándo hay indagación? ¿cómo es el proceso de indagación en la enseñanza de las ciencias? ¿cuál es el rol del maestro y del estudiante? ¿cuáles son los enfoques, perspectivas y tipos de indagación? interrogantes que son necesarios resolver en el presente entramado teórico.

Para abordar la pregunta ¿qué es indagación? Es preciso establecer un orden cronológico. En primer lugar, la indagación se define en Novak (1964) como una serie de comportamientos involucrados en los seres humanos para encontrar explicaciones razonables de un fenómeno. Lo cual se interpreta como la búsqueda de la explicación sobre algo. Luego, Uno (1990) la define como “un método pedagógico que combina actividades de manos en la masa con discusiones centradas en los estudiantes y el descubrimiento de conceptos” (p. 841). En este autor se puede encontrar una relación con Dewey y su propuesta de las habilidades para la ciencia. Adicional a lo anterior, el Consejo Nacional de Investigación de Estados Unidos de América (NRC), se preocupa por la indagación en la medida en que hizo parte de los estándares nacionales de educación en ciencia en 1996, por lo tanto, definen la indagación como “Las diversas formas en las que los científicos estudian el mundo natural y proponen explicaciones basadas en la evidencia derivada de su trabajo. La indagación también se refiere a las actividades de los estudiantes en la que ellos desarrollan conocimiento y comprensión de las ideas científicas” (NRC, 1996 p. 23), en esta definición se puede encontrar con claridad una distinción entre lo que hacen los científicos y lo que hacen los estudiantes. En esa misma distinción, Martin-Hansen (2002) argumenta que la indagación se refiere al trabajo que realiza el investigador para estudiar el mundo natural o las actividades de los estudiantes que “imitan” lo que los científicos hacen.

Desde otros puntos de vista, Schwartz et al. (2004) manifiestan que “la indagación científica se refiere a los métodos y a las actividades que llevan al desarrollo del conocimiento científico” (p. 612). En esa definición se encuentra la particularidad de ver la indagación como actividad científica

APRENDER, APRENDER SOBRE, APRENDER A HACER CIENCIA CON TIC: UN ANÁLISIS DESDE LA INDAGACIÓN COMO PRÁCTICA CIENTÍFICA

y no desde la perspectiva de la enseñanza. Y finalmente, para responder la pregunta planteada, Garritz (2006) dice que la indagación es un medio y un fin; es un medio cuando ve la indagación como enfoque instruccional.

Todo lo anterior, permite dar cuenta de que la dificultad de definir la indagación es evidente en la literatura, puesto que no se encuentran consensos que respondan a trabajos colaborativos entre investigadores. Así lo considera Minner (2009), en la medida en que señala “la necesidad de desarrollar una definición específica y bien aceptada” (p. 2), puesto que la falta de consensos ha impedido un avance significativo sobre los efectos de la indagación en la enseñanza de las ciencias.

Esta falta de consensos también ha generado la divulgación de definiciones sobre indagación que caen en lo operativo e instrumental (Barrow, 2006) y que van desde las más simples hasta las más elaboradas, tal como lo afirman Furtak et al. (2012), en la medida en que resaltan la cantidad de desacuerdos entre los investigadores sobre las características que definen la indagación. Así, las descripciones simples se enfocan en la forma como el estudiante guía activamente su propio aprendizaje, mientras que el maestro asume un rol de facilitador y las descripciones más elaboradas cuestionan las acciones del maestro, del estudiante y además el plan de estudios. Furtak et al. (2012) definen esta ausencia de consensos como “Una caja negra” (p. 304), en donde no hay distinción entre las actividades que guía el maestro de las que guía el estudiante.

De manera que, determinar cuál ha sido el impacto de la indagación en los diferentes contextos en los que se ha implementado es un asunto complejo dada la cantidad de significados encontrados en la literatura, pues se ha utilizado como un marco para describir el trabajo que hacen los científicos, la forma en que los estudiantes aprenden ciencia, el enfoque de instrucción del maestro y además se ha añadido en los planes curriculares de varios países, como es el caso de Estados Unidos (Furtak et al., 2012).

Adicionalmente, se han encontrado tipos de indagación, los cuales se basan en los tipos de actividades que se espera que los estudiantes realicen, y así lo denomina Martin-Hansen (2002), como indagación abierta, indagación guiada, indagación acoplada e indagación estructurada.

En la indagación abierta se espera que el estudiante realice todo el protocolo de investigación (preguntas, procedimiento, respuesta, comunicación de resultados). Mientras que en la indagación guiada se nota un papel más activo del maestro, el cual apoya al estudiante a resolver su pregunta de investigación y le proporciona cuestionamientos que le sirven de guía. En la indagación acoplada se evidencia un equilibrio entre la abierta y la guiada en donde el maestro le

APRENDER, APRENDER SOBRE, APRENDER A HACER CIENCIA CON TIC: UN ANÁLISIS DESDE LA INDAGACIÓN COMO PRÁCTICA CIENTÍFICA

propone al estudiante la pregunta a investigar y el estudiante toma las decisiones para llegar a la respuesta. Finalmente, en la indagación estructurada, se nota un papel superior del maestro, pues es quien dirige la indagación, selecciona los pasos, menciona las indicaciones, y establece una ruta, aquí el estudiante asume un papel pasivo.

Por otro lado, Anderson (2007) considera que, para hablar de indagación, es preciso distinguir si se hace referencia a “indagación científica” que corresponde a las diversas maneras que los científicos usan para estudiar el mundo natural, “la enseñanza a través de la indagación” y “el aprendizaje basado en la indagación”, tres visiones que precisan un rol específico, el del científico, el del maestro y el del estudiante.

Finalmente, Osborne (2014a), hace igualmente el llamado a la necesidad de comprender comúnmente lo que significa enseñar ciencia a través de la indagación, puesto que para muchos maestros y estudiantes puede generarse confusión al pensar que toda actividad que sea de naturaleza práctica entonces cumple inmediatamente con el requisito básico de la indagación.

Todo lo anterior, permite dar cuenta de un estado polisémico de indagación, en donde por un lado se asume como lo que hacen los científicos y por el otro lado, se le da un enfoque desde lo pedagógico y didáctico al asumirse como la finalidad del aprendizaje. De manera que, para efectos de la presente investigación, se acoge la segunda postura y se realiza una resistencia constante a ver la indagación única y exclusivamente como lo que sucede en los laboratorios de los científicos. Es un estado polisémico porque se ha evidenciado la dificultad para definir la indagación en la literatura y por ello, la presente investigación buscar caracterizarla, relacionarla, interpretarla para dar cuenta de esos significados que acontecen en la práctica de enseñanza cuando se usa indagación. Este planteamiento dirige al siguiente apartado en donde la pregunta se direcciona a reconocer ¿cuándo se indaga en la clase de ciencias?

2.1.2 Indagar: una relación bidireccional entre el enseñar y el aprender.

Es preciso abrir este apartado del entramado teórico con la relación bidireccional entre el enseñar y el aprender y su acontecer en la indagación, justamente porque inquieta dar solución a la pregunta ¿cuándo hay indagación? Esta pregunta es emergente de la lectura de los referentes teóricos encontrados en la revisión de literatura; pues bien, no ha sido claro el hecho de saber en qué momento, bajo qué circunstancias se puede decir que el investigador, el estudiante o el maestro

APRENDER, APRENDER SOBRE, APRENDER A HACER CIENCIA CON TIC: UN ANÁLISIS DESDE LA INDAGACIÓN COMO PRÁCTICA CIENTÍFICA

está haciendo un proceso de indagación. En estos términos, Rutherford (1964) plantea que la indagación se alcanza cuando se comprende el contenido y los conceptos en el contexto en el que fueron descubiertos y además cuando se plantean preguntas de las cuales puedan ocurrir futuras indagaciones. Y en ese mismo sentido, bajo la mirada de la comprensión, Bybee (2000) plantea que la indagación estará completa cuando sabemos algo que no sabíamos antes, cuando la investigación falla en encontrar una respuesta o cuando se puede tener un mayor entendimiento de los factores que están involucrados en alcanzar la solución. De esta manera, se puede asumir que la indagación tiene una orientación en la investigación desde el investigador, el maestro o el estudiante y que se logra cuando se evidencia comprensión o aprendizaje.

Con base en lo anterior, es preciso entonces relacionar la indagación con procesos de aprendizaje que van de la mano con los objetivos de la investigación, que le permita al maestro y al estudiante cuestionar, discernir, crear, imaginar, observar y desarrollar un conjunto de habilidades y destrezas que puedan tener una finalidad exitosa. En ese sentido Schwab (1966), plantea que este proceso debe de estar mediado por: hacer uso de laboratorio, lectura y uso de reportes de investigación, discusión de problemas y datos, interpretación de datos, interpretación y discusión del papel de la tecnología, llegar a conclusiones alcanzadas por los científicos y sugiere que los maestros usen primero la experiencia de laboratorio antes de llevar a cabo una clase teórica, es decir “que presenten la ciencia como indagación y que los estudiantes la utilicen para aprender conocimientos de ciencia” (Schwab, 1966 citado en Reyes-Cárdenas y Padilla, 2012, p. 416)

Por otro lado, la NRC plantea que el aprendizaje de las ciencias es algo que los estudiantes hacen, no algo que se les hace a ellos, lo que deja claro que la indagación es central para el aprendizaje y se da cuando los estudiantes describen objetos y fenómenos, elaboran preguntas, construyen y prueban explicaciones y comunican ideas. Aquí el estudiante hace uso del pensamiento crítico y lógico, considera explicaciones alternativas y desarrolla comprensión acerca de la ciencia al “combinar el conocimiento científico con las habilidades de razonamiento y pensamiento” (NRC, 1996 p.2). Desde esta postura, se puede extraer un elemento muy importante y responde al papel del estudiante, como un sujeto activo, que se pregunta, se cuestiona, compara, encuentra, comete errores y saca conclusiones. Finalmente, esta postura plantea la indagación como una actividad polifacética, en la que el estudiante realiza un conjunto de acciones que le permiten reconocer lo que ya ha sido investigado, utilizar instrumentos, planificar investigaciones, interpretar datos, proponer respuestas o predicciones, explicar y comunicar.

APRENDER, APRENDER SOBRE, APRENDER A HACER CIENCIA CON TIC: UN ANÁLISIS DESDE LA INDAGACIÓN COMO PRÁCTICA CIENTÍFICA

Una de las preguntas que plantean Gil et al. (2005) es ¿cómo poner en práctica el modelo de aprendizaje como investigación?, ante lo cual es preciso responder que la indagación es un proceso intencional de diagnóstico de problemas, crítica de experimentos, construcción de alternativas, planificación de investigaciones, búsqueda de información, construcción de modelos, debates y argumentos. Por tal motivo, las actividades que tengan estas características pueden ser susceptibles de arrojar procesos de indagación en la enseñanza de las ciencias. Así lo menciona Schwab (1966), en la medida en que dice que el proceso de indagación comprende hacer uso del laboratorio, de la lectura y reporte de investigación, de la discusión de problemas y datos, la interpretación de hallazgos, el uso y discusión del papel de la tecnología y la posibilidad de alcanzar conclusiones similares o cercanas a las que producen los científicos.

Luego de dar cuenta de las relaciones bidireccionales entre el enseñar y el aprender, es necesario reconocer las cercanías o distancias entre el maestro y el estudiante durante la indagación; para ello, en el siguiente apartado del entramado teórico se busca esclarecer los roles de estos dos actores educativos.

2.1.3 El papel del maestro, del estudiante y del currículo en la indagación.

Reconocer el rol de los actores educativos dentro del proceso de indagación, supone identificar las funciones, posturas y acciones que son características del maestro, del estudiante y del currículo. Para ello, se asume en la presente investigación, que existen diferentes tipos de indagación, enfoques y perspectivas, lo cual supone una versatilidad importante en términos del papel que estos actores pueden asumir cuando se construyen investigaciones en el aula en torno a las ciencias.

Tal como se mencionó anteriormente, se ha encontrado en la literatura referencias a la indagación abierta, guiada, acoplada y estructurada. En donde el maestro, el estudiante y el currículo cumplen funciones completamente diferentes.

El papel del maestro depende del tipo de indagación que se realice, así lo menciona Martin-Hansen (2002), no es la misma función en una indagación abierta que en una indagación estructurada, pues en la primera el maestro asume un papel pasivo, mientras que en la segunda se caracteriza por un papel activo. Al respecto, Oliveira (2009) se suma haciendo la crítica de que en la enseñanza basada en la indagación se tiende a asumir el rol del maestro desde un enfoque

APRENDER, APRENDER SOBRE, APRENDER A HACER CIENCIA CON TIC: UN ANÁLISIS DESDE LA INDAGACIÓN COMO PRÁCTICA CIENTÍFICA

instruccional, reducido, proveedor de respuestas correctas, el que dice qué hacer. Bajo esta última mirada, se han encontrado hallazgos en la literatura, que resaltan el rol pasivo del maestro, incluso, en muchas ocasiones lo llaman “facilitador”, ¿qué implicaciones tiene pasar del maestro al facilitador? Es una pregunta interesante que permite ahondar sobre las características del maestro que enseña ciencias, el cual se sugiere como un sujeto político, crítico, subjetivo, reflexivo, creador, artesano, sensible y consciente del conocimiento disciplinar, pedagógico, didáctico, metodológico y evaluativo; por ello, llamarle facilitador limita las posibilidades diversas que el maestro tiene en el aula.

Adicionalmente, Gil-Pérez (1993) plantea la pregunta ¿cómo exigir a un maestro o a una maestra todos los conocimientos que esta orientación de la enseñanza demanda?, ante lo cual, es preciso que además de las características del maestro anteriormente mencionadas, se precise sobre la necesidad del constante estudio y actualización de los procesos sobre indagación que involucren la acción del ir más allá en la enseñanza de las ciencias.

Por el lado del estudiante, es preciso traer a colación a Reyes-Cárdenas y Padilla (2012), en la medida en que refieren que en la literatura se ha definido con más precisión y esmero el papel del estudiante, el cual se evidencia generalmente desde una posición activa en torno al aprendizaje de las ciencias y así lo comprueban Minner et.al (2009), cuando plantean que la indagación invita a los estudiantes a promover y llevar a cabo actividades de investigación que estén permeadas por la reflexión sobre la naturaleza de las ciencias.

De la misma forma, Suparna et al. (2009) indica que como la indagación reside en el constructivismo, entonces el estudiante se ve como un sujeto activo y responsable de su aprendizaje. Es preciso mencionar, que el papel del estudiante en el proceso de indagación depende exclusivamente del tipo de indagación que se lleve a cabo en la práctica de aula, porque si bien en la indagación abierta el papel del estudiante es activo, propositivo y cumple el rol de investigador; en la investigación estructurada, su papel se limita a cumplir con los planteamientos de una estructura de investigación, con una receta y con la comprobación de unos resultados ya establecidos. En ese sentido, es importante destacar que en la indagación el estudiante es invitado a ir más allá de lo que se le plantea inicialmente, a usar sus conocimientos previos, a crear alternativas, a solucionar problemas y a plantear estrategias ante el fracaso.

Bajo las premisas anteriores, se ha evidenciado en la literatura una tendencia por asumir en la indagación la postura del “estudiante como científico”, en donde se consolida un estudiante

APRENDER, APRENDER SOBRE, APRENDER A HACER CIENCIA CON TIC: UN ANÁLISIS DESDE LA INDAGACIÓN COMO PRÁCTICA CIENTÍFICA

investigador. Esta postura ha sido alagada y criticada. En primer lugar, algunos autores afirman que el estudiante aprende investigando, asumiendo roles determinantes e importantes en el laboratorio; mientras que otros autores manifiestan que es inoportuno comparar lo que hace el estudiante en el aula con lo que hace el científico en el laboratorio. Sin embargo, para esta investigación, es relevante asumir la postura del estudiante como científico, en la medida en que rompe con la unidad de la clase tradicional, genera nuevos ritmos de trabajo en grupo, permite el diseño y planificación de investigaciones, posibilita las ideas, la creación y la artesanía en el laboratorio.

En otra instancia, el papel del currículo resulta relevante, puesto que la indagación supone pensar constantemente el ¿por qué? ¿para qué? ¿cómo? ¿dónde? ¿cuándo? de la enseñanza de las ciencias. Aquí, el papel del maestro es fundamental, en la medida en que se le permite reflexionar críticamente sobre la pertinencia de los conceptos, los fenómenos y las intenciones de enseñanza durante la indagación. Lo anterior, permite resignificar el papel del maestro, el cual, como se ha evidenciado anteriormente, se ha asumido desde un rol pasivo; por ello, Minner (2009) y Reyes-Cardenas y Padilla (2012), plantean la necesidad de involucrar a los actores educativos como el maestro y el estudiante en la reflexión sobre el quehacer del currículo y su incidencia en las necesidades educativas científicas del siglo XXI.

Finalmente, estas relaciones entre el maestro, el estudiante y el currículo, son necesarias porque suponen reflexiones que posibilitan pensar la forma y las características de las estrategias de enseñanza orientadas bajo la indagación. Por ello, en el siguiente apartado del entramado teórico, se busca dar cuenta de los tres enfoques de indagación y la forma como posibilitan la didáctica de la enseñanza de las ciencias.

2.1.4 Tres enfoques de indagación: lo científico, lo epistémico y lo didáctico.

¿Hay tipos, enfoques, perspectivas de indagación? Debido al volumen de información encontrada, ha sido necesario plantear esta pregunta, con el fin de evaluar de qué manera la indagación se divide en tipos, en formas, en enfoques, perspectivas, entre otras. Lo que ha supuesto una versatilidad en el término interesante de analizar.

Anteriormente, se ha mencionado la indagación abierta, guiada, acoplada y estructurada y se ha realizado una compilación de la manera como cada uno de estos tipos asume el rol del maestro

APRENDER, APRENDER SOBRE, APRENDER A HACER CIENCIA CON TIC: UN ANÁLISIS DESDE LA INDAGACIÓN COMO PRÁCTICA CIENTÍFICA

y del estudiante. Desde unas posturas críticas, se hace referencia a la importancia de la indagación acoplada, porque en ella se contempla un equilibrio en donde el maestro y el estudiante actúan de manera conjunta a partir de la creación colectiva del proceso de indagación.

De otro lado, Lederman (2004) intenta integrar la naturaleza de las ciencias y la indagación al currículo, para ello propone tres enfoques de enseñanza de indagación basados en NdC: enfoque implícito, histórico y explícito. Los cuales suponen unas lógicas fundamentadas en el reconocimiento por parte del estudiante hacia la naturaleza de las ciencias por medio de la investigación en el aula.

También, se encuentran dos enfoques que suponen una distancia de la indagación que hace énfasis en la naturaleza activa del estudiante, de la indagación como aproximación al descubrimiento, el desarrollo de procesos y habilidades propios de hacer investigación científica (Abd-El-Khalick et al., 2004; Duschl y Grandy, 2012). Este enfoque se denomina “manos en la masa y mentes trabajando” (Arango et al., 2002; Hofstein, et al., 2005), mientras que el segundo va de la mano de las concepciones de indagación en donde actúa el científico.

Por otro lado, y en términos de la pregunta que aquí se desarrolla, se ha encontrado que la indagación para la enseñanza de las ciencias se caracteriza por ciertos elementos que son profundizados por French y Russell (2002), y que son independientes si se realiza una indagación abierta, guiada, acoplada o estructurada. Por ejemplo, la indagación tiene un énfasis en los estudiantes como científicos; la participación del estudiante sugiere la responsabilidad de hacer hipótesis, diseñar experimentos, hacer predicciones, escoger variables, analizar resultados y comunicar; los resultados que no sean congruentes con la hipótesis no se consideran como fracaso, sino como una oportunidad para repensar el razonamiento. Estas características son indispensables para reconocer que el papel de la indagación en la enseñanza de las ciencias no busca la comprobación de una teoría, sino que pretende que el estudiante se enfrente al ensayo y el error y a la forma en como se hace la ciencia.

Finalmente, se han encontrado dos autores que relacionan aspectos interesantes en lo que concierne a la enseñanza y el aprendizaje basados en la indagación. Así, Bybee (2004) plantea que la indagación tiene tres componentes: 1) habilidades de indagación: lo que deben hacer los estudiantes; 2) El conocimiento acerca de la indagación (lo que se debe comprender de la naturaleza de la indagación) y 3) una aproximación pedagógica para la enseñanza de los contenidos científicos (lo que deben hacer los docentes). Por otro lado, Anderson (2007) contempla tres visiones de la

APRENDER, APRENDER SOBRE, APRENDER A HACER CIENCIA CON TIC: UN ANÁLISIS DESDE LA INDAGACIÓN COMO PRÁCTICA CIENTÍFICA

indagación: 1) lo que hacen los científicos; 2) lo que hacen y aprenden los estudiantes y 3) lo que saben y saben hacer los profesores en el aula.

Tres aspectos que están sumamente relacionados, y que será menester de este trabajo de investigación encontrar puntos de encuentro entre los planteamientos de Bybee (2004) y Anderson (2007) con los retos de la educación científica (Hodson, 2003), los cuales contemplan 1) Aprender ciencia y tecnología, 2) aprender sobre ciencia y tecnología 3) aprender a hacer ciencia y tecnología.

Para sintetizar lo anterior, se presenta la tabla 1, la cual pretende ser usada y argumentada en el proceso de análisis de la información de la presente investigación.

Indagación en la enseñanza de las ciencias.	Formas de indagación	Tipos de indagación	Enfoques de indagación	Enfoques de indagación en NdC	Componentes de indagación	Visiones de indagación
	Indagación científica. Enseñanza a través de indagación. Aprendizaje basado en indagación. (Anderson, 2007)	Indagación abierta. Indagación guiada. Indagación acoplada. Indagación estructurada. (Martin-Hansen, 2002)	Manos en la masa y mentes trabajando. Concepciones de indagación en donde actúa el científico. (Arango et al., 2002; Hofstein, et al., 2005)	Implícito Histórico Explícito (Lederman, 2004)	1.Habilidades de indagación (lo que hacen los estudiantes). 2.El conocimiento acerca de indagación (lo que se debe comprender de la naturaleza de la indagación). 3.Aproximación pedagógica para la enseñanza de los contenidos científicos (lo que deben hacer los profesores) (Bybee, 2004)	1.Lo que hacen los científicos. 2.Lo que hacen y aprenden los estudiantes. 3. Lo que saben y saber hacer los profesores en el aula. (Anderson, 2007)

Tabla 1. formas, tipos, enfoques, componentes y visiones de indagación.

Esta información, permite dar cuenta de unas tendencias importantes sobre la referencia al papel de lo científico, visto como el contenido disciplinar, pero también como las acciones que se realizan en términos de los procesos de investigación, tales como, recolectar información, planificar investigaciones, interpretar datos, ajustar variables, obtener hallazgos y comunicar la información. También se evidencia la importancia de lo epistémico, no sólo en lo que contemplan

APRENDER, APRENDER SOBRE, APRENDER A HACER CIENCIA CON TIC: UN ANÁLISIS DESDE LA INDAGACIÓN COMO PRÁCTICA CIENTÍFICA

los enfoques relacionados con la naturaleza de las ciencias, sino también, en la importancia por el saber sobre ciencia que se evidencia en las visiones de indagación. Y finalmente, se devela lo didáctico, en la importancia que tiene el diseño, el proceso, la ejecución, la finalidad de la indagación, en las estrategias de enseñanza y en el lugar de valor que se le da al aprendizaje del estudiante.

Luego de dar cuenta del estado actual de la indagación, de reconocer su estado polisémico, de interpretar las relaciones bidireccionales entre el enseñar y el aprender, de reconocer el papel del maestro, del estudiante y del currículo, de poner sobre la mesa los tipos, enfoques, perspectivas y visiones de la indagación: es preciso enfocarse en la mirada específica que se le dará a la indagación en la presente investigación. Estos lentes son los de las prácticas científicas, por lo tanto, el siguiente capítulo del marco teórico pretende dar cuenta de este referente y cómo se convierte en un asunto relevante para interpretar la indagación en la enseñanza de las ciencias.

2.2 Las prácticas científicas: un referente para caracterizar la indagación.

Se inicia este capítulo del Marco teórico, desde la pregunta “¿en qué se diferencia la noción de enseñar ciencia a través de la indagación a pedir a los estudiantes que participen en prácticas científicas?” (Osborne, 2014a, p. 179), pregunta que ha sido relevante comprender en la medida en que la indagación ha sufrido ciertas transformaciones en el marco de la enseñanza; entre ellos, el cambio de perspectiva hacia las prácticas científicas. La respuesta que plantea este autor al respecto está encaminada a valorar las prácticas científicas porque ofrece un marco conceptual sólido que permite al maestro y al investigador comprender el cómo, el por qué y el para qué de la enseñanza de las ciencias. Además, desde las prácticas científicas se tienen claros los objetivos de aprendizaje y de experimentación, lo que sirve de apoyo para los estudiantes que sean partícipes de la estrategia del estudiante como científico. En ese sentido, no es que se demerite la indagación, sino que asumir este proceso desde las prácticas científicas brinda claridades que desde la indagación propia se quedan cortas en términos descriptivos.

Si bien la indagación ha tenido efectos positivos en los procesos de enseñanza y de aprendizaje respecto a fenómenos específicos de la ciencia, se ha planteado anteriormente que la dificultad de la falta de consenso es inminente y de necesidad urgente para aquellos que quieren hacer uso del marco didáctico. Además, se encuentra necesario el hecho de que los maestros y los

APRENDER, APRENDER SOBRE, APRENDER A HACER CIENCIA CON TIC: UN ANÁLISIS DESDE LA INDAGACIÓN COMO PRÁCTICA CIENTÍFICA

estudiantes se involucren en prácticas científicas que les permita utilizar elementos como el conocimiento del contenido, el procedimiento para la realización de investigaciones con alto impacto en el aula de clase, asumir y comprender los criterios epistémicos y constructos propios de la ciencia. Bajo esos planteamientos, es importante darle lugar al valor agregado de las prácticas científicas con sus posibilidades de comprender a profundidad la ciencia, de motivar al estudiante y de promover la alfabetización científica (Osborne, 2014b).

La pretensión de alfabetizar científicamente a los estudiantes implica la reflexión profunda sobre la práctica experimental, la definición de procedimientos, pero también la mirada epistémica. Este es un elemento al cual los investigadores y maestros le han apostado en términos de la enseñanza de las ciencias y que se asume desde las prácticas científicas como un objetivo a largo plazo.

Con base en lo anterior, Minner (2009) aporta significativamente a los argumentos mencionados, en la medida en que plantea que “Se encontró que las experiencias prácticas con fenómenos científicos o naturales estaban asociadas con un mayor aprendizaje conceptual” (p.20), lo cual da pie para pensar en las posibilidades de las prácticas científicas en términos de las apuestas por la educación científica. Al respecto, Osborne (2014a) plantea que la función principal de la educación científica no se ve como el hecho de capacitar a los estudiantes para que hagan ciencia sino para que participen de la práctica, a partir del “desarrollo de comprensiones profundas sobre lo que sabe, cómo sabe y las construcciones epistémicas y procedimentales que guían la práctica de la ciencia” (p. 183). Esta participación en las prácticas desde la reflexión y el conocimiento epistémico es potencial para el desarrollo de imágenes de la ciencia más auténticas.

Todo lo anterior, da pie para argumentar las posibilidades de ampliar la mirada desde la indagación hacia las prácticas científicas, con el ánimo de que los estudiantes se sientan inmersos en un contexto que les permita mejorar y desarrollar habilidades en torno a la práctica de la ciencia y con el objetivo de trascender en la comprensión acerca de las construcciones epistémicas que van de la mano de la naturaleza de la ciencia, bajo las preguntas ¿cómo sabemos lo que sabemos? ¿cómo la práctica ayuda a construir un conocimiento confiable?

Como se ha mencionado, las prácticas científicas tienen un abanico amplio de posibilidades; por ello, es importante comprender qué significan y por qué son importantes en la enseñanza de las

APRENDER, APRENDER SOBRE, APRENDER A HACER CIENCIA CON TIC: UN ANÁLISIS DESDE LA INDAGACIÓN COMO PRÁCTICA CIENTÍFICA

ciencias. En palabras de López et al. (2017), las prácticas científicas son un marco didáctico que permite llevar a cabo procesos de enseñanza y aprendizaje orientadas al conocimiento de contenidos, a las prácticas sociales, cognitivas y discursivas y al conocimiento de la investigación, la argumentación y la construcción de modelos. Lo anterior permite deducir que las prácticas científicas se enfocan en que los estudiantes comprendan los productos de la ciencia, pero también los procesos de la ciencia. Estos elementos, han sido cruciales para Garrido (2016) porque han permitido la reflexión y la comprensión de las visiones de Duschl y Grandy (2012) para situar las prácticas científicas en tres dimensiones interdependientes: la modelización que se fundamenta en la construcción de teorías y procesos, la indagación que busca la recolección de información y el análisis de datos que resultan de la observación y de la experimentación, y la argumentación que pretende la evaluación de pruebas y la construcción de argumentos.

Sin embargo, para efectos del presente trabajo de investigación, la única dimensión de interés corresponde a la indagación, porque precisamente se busca interpretar sus posibilidades desde un marco didáctico potente y sustentable en la literatura, como una dimensión de las prácticas científicas con unas características y unas formas de acción particulares.

En esos términos, para Osborne (2014a) ha sido importante plantear de qué elementos se componen las prácticas científicas, ante lo cual devela 8 prácticas que son valiosas para los procesos de aprendizaje. En primer lugar, se encuentra el planteamiento de preguntas, como una posibilidad para buscar la explicación y movilizar la investigación científica, para activar el conocimiento previo de los estudiantes y desarrollar el conocimiento, para prestar atención a las ideas principales y edificar el contenido (Chin y Osborne, 2008; Schmidt, 1993). En segundo lugar se encuentra el desarrollo y uso de modelos que surge a partir de la necesidad de representar fenómenos que no son tangibles o que son difíciles de experimentar por el ser humano ya sea por su forma, tamaño o lejanía (Harrison y Treagust, 2002), la modelación promueve la imaginación en los estudiantes, permite la comprensión de los conceptos de la ciencia y el conocimiento sobre las características específicas de la ciencia y su contribución a la pregunta ¿cómo sabemos lo que sabemos?. Luego, se encuentran las explicaciones de construcción, es la tercera práctica y es similar a la construcción de modelos, aquí la importancia radica en que el estudiante pueda explicar cómo y por qué algo sucede en la ciencia. En cuarto lugar, se ubica la participación de un argumento

APRENDER, APRENDER SOBRE, APRENDER A HACER CIENCIA CON TIC: UN ANÁLISIS DESDE LA INDAGACIÓN COMO PRÁCTICA CIENTÍFICA

a partir de la evidencia, en esta práctica se motiva por la comunicación de argumentos a partir de pruebas que surgen en la experiencia del estudiante bajo el modelo de la investigación.

Hasta aquí, se evidencian prácticas que corresponden a la dimensión de modelación y argumentación de las prácticas científicas, puesto que desde la práctica cinco hasta la ocho se da cuenta de procesos que involucran la indagación. La práctica cinco corresponde a la planificación y realización de investigaciones, las cuales implican comprender el funcionamiento de la naturaleza de la ciencia, en donde los estudiantes puedan evaluar los diseños y procedimientos de la investigación científica, en esta práctica se pueden desarrollar competencias de investigación claves para que los estudiantes sean capaces de diseñar investigaciones y probar hipótesis. Luego, se encuentra la práctica de análisis e interpretación de los datos, en donde se da relevancia al proceso mediante el cual el estudiante prueba, encuentra errores, corrige, analiza e interpreta. En el séptimo lugar se encuentra el uso del pensamiento matemático y computacional, el cual es una característica importante a desarrollar en el marco de la educación científica e implica el hecho de comprender la relación entre las matemáticas y la explicación científica, la construcción de ideas, el uso de algoritmos para generalizar un planteamiento, aquí se resalta el uso de las matemáticas porque se convierten en una pieza clave para la ciencia en términos de representación, manejo de variables, uso de predicciones. Y finalmente, la octava práctica se centra en la obtención, evaluación y comunicación de la información, la cual es clave para todos los procesos de la ciencia, para hacer ciencia, para aprender ciencia y saber sobre ciencia; lo que quiere decir que va de la mano con las capacidades para construir significados, simbologías e interpretaciones sobre ciencia. Además, el autor hace énfasis en las cinco principales actividades comunicativas en la ciencia: escribir ciencia, hablar ciencia, leer ciencia, hacer ciencia y representar ideas científicas.

Finalmente, se convierte en un asunto relevante el hecho de comprender las formas en que la indagación se transforma desde una visión de marco didáctico hacia una dimensión de las prácticas científicas, entendiéndola desde su importancia y sus posibilidades en la enseñanza de la ciencia.

2.3 El papel de las TIC en el marco de la indagación como práctica científica.

Luego de comprender cómo se manifiesta la indagación desde el marco de las prácticas científicas, sus retos, posibilidades y oportunidades, es importante dar lugar al papel de las

APRENDER, APRENDER SOBRE, APRENDER A HACER CIENCIA CON TIC: UN ANÁLISIS DESDE LA INDAGACIÓN COMO PRÁCTICA CIENTÍFICA

Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) en la consolidación de estrategias de enseñanza que se orienten por medio de este marco didáctico.

Para ello, es preciso mencionar, que las TIC en la enseñanza de las ciencias han sido favorecedoras de procesos de aprendizaje, han posibilitado entornos de clase colaborativos, sensoriales e interesantes para los estudiantes y han sido mediadoras para llevar a cabo experiencias de enseñanza significativas y enriquecedoras para los maestros.

De manera que las TIC, en la enseñanza de las ciencias se han reconocido como elementos innovadores que permiten a los docentes diseñar estrategias de enseñanza favorecedoras de los procesos de aprendizaje de los estudiantes nativos digitales, que a su vez han evolucionado como herramientas, pero también como recursos educativos digitales. En esos términos, Capuano (2011) se argumenta que involucrar las TIC en la enseñanza de las ciencias implica la introducción de nuevas metodologías, de la preocupación por la educación científica, de la revolución educativa y de la actualización docente para el uso de herramientas de forma significativa, debido a que existe la tendencia de maestros que se quedan en la fase exploratoria de la tecnología y que carecen de habilidades digitales para diseñar estrategias de enseñanza que impacten positivamente los procesos educativos.

En concordancia con lo manifestado anteriormente, el presente apartado se preocupa por develar el papel de las TIC en los procesos de indagación como dimensión de las prácticas científicas. Para ello, ha sido preciso contemplar las investigaciones de López et al. (2017) en la medida en que se asumen las TIC como elementos transformadores y posibilitadores de las prácticas científicas. En este sentido, los autores resaltan la necesidad de aprovechar las redes y aplicaciones digitales para el intercambio y almacenamiento de información, para “enriquecer la interacción entre personas, comunidades y contextos” (p. 691) y para trasladar las reflexiones a lo que contempla el laboratorio escolar, el cual se ve enriquecido con el uso de herramientas digitales de experimentación y de análisis de datos. De manera que, “El reto es comprender qué función pueden tener estas herramientas para que aporten un verdadero valor añadido a las clases de ciencias”. (López et al., 2017, p. 3)

En primer lugar, es claro que las aulas de clase, particularmente las que se orientan para la enseñanza de las ciencias, pueden verse enriquecidas si se usan computadores, tablets, proyectores, pizarras digitales, entre otros artefactos que van por la línea de lo tecnológico. Sin embargo, cada

APRENDER, APRENDER SOBRE, APRENDER A HACER CIENCIA CON TIC: UN ANÁLISIS DESDE LA INDAGACIÓN COMO PRÁCTICA CIENTÍFICA

uno de los mencionados no son funcionales si no se presenta una estrategia didáctica que brinde un uso sustentable y dirigido al aprendizaje. Es por ello, que las reflexiones van más allá del uso del artefacto y se encaminan en los horizontes de posibilidades de las TIC.

En este sentido, asumir las TIC como posibilitadoras del proceso de enseñanza, permite reflexionar sobre las barreras de acceso, autonomía y costos, pero también se asume el riesgo de que según como se lleve a cabo el uso de TIC en el aula pueda trasladarse a un enfoque pedagógico transmisivo. Es por ello, que se plantea la necesidad de comprender la funcionalidad de las TIC en los procesos educativos, de identificar sus usos y finalidades. Lo cual, podría llevar a comprender cuál es su aporte de valor en el marco de las prácticas científicas, el cual no se centra sólo en el conocimiento de contenidos sino también, como se ha mencionado, en las prácticas sociales, discursivas y cognitivas, en donde desde la particularidad de la indagación, se invita al estudiante a investigar.

Desde la perspectiva de López et al. (2017), las TIC para la educación se encuentran caracterizadas según sus usos y finalidades; hace referencia a las TIC que presentan contenido que el estudiante recibe y consume, TIC específicas para ciencias, TIC que permiten producir, TIC que tratan fenómenos reales, TIC que tratan fenómenos virtuales o simulados, TIC con enfoques transmisivos y TIC con enfoque socioconstructivista.

Esta categorización de TIC es relevante en la medida en que las autoras plantean la posibilidad de dar cuenta de procesos de indagación en el mundo real; es decir, haciendo uso de herramientas que permitan la experimentación, observación, recogida y análisis de datos; pero también, se encuentra la posibilidad de dar cuenta de procesos de indagación en el mundo virtual, cuando se incluyen TIC que estén acompañadas de una construcción metodológica y didáctica para que gocen de sentido; algunas de las TIC para la indagación en el mundo virtual son las simulaciones y los laboratorios virtuales. De esta manera, en el marco de la práctica científica, las autoras en mención plantean el uso de herramientas concretas para la indagación en el mundo real y virtual, las cuales se muestran en la tabla 2.

Dimensión de la práctica científica	Tipo de TIC	Herramientas concretas
Indagación (mundo real)	Las TIC para la recogida de datos y el análisis experimental de fenómenos reales.	Cámaras digitales, Lupas y microscopios digitales, Sensores periféricos, sensores internos del móvil, laboratorios remotos,

APRENDER, APRENDER SOBRE, APRENDER A HACER CIENCIA CON TIC: UN ANÁLISIS DESDE LA INDAGACIÓN COMO PRÁCTICA CIENTÍFICA

		programas de análisis de video (tipo Tracker), programas de análisis de sonido (tipo Audacity), cámaras remotas en streaming, etc.
Indagación (mundo virtual)	Las TIC para la visualización y el análisis experimental de fenómenos virtuales.	Animaciones Java, Simulaciones y physlets, visores moleculares, laboratorios virtuales, videojuegos científicos, micro-mundos virtuales de física (tipo Interactive Physics, Physion o Algodoo), de química (ChemLab), entornos virtuales tipo Virtual GreenHouse, QuestAtlantis, WISE, GasLab o ElectroCity, etc

Tabla 2. Aportes de López et al. (2018) (López, Simó y Couso, 2017 p.695)

La información anterior, en donde se clasifica la indagación en el mundo real y virtual, aporta elementos esenciales para el cumplimiento de los objetivos específicos de la presente investigación. Es por ello, que cuando se hable de indagación como dimensión de las prácticas científicas, será preciso mencionar la indagación en el mundo real y en el mundo virtual, puesto que ambas cumplen un papel fundamental en el proceso de investigación que involucra al estudiante desde la planificación hasta el análisis y comunicación de los datos.

Esta clasificación de la indagación es crucial y será determinante para dar cuenta de los hallazgos del proceso investigativo. Además, aporta un valor agregado a las reflexiones que aquí se mencionan en términos de los aportes de las TIC al proceso de enseñanza y de aprendizaje.

Todo el proceso de asumir la indagación como práctica científica y de identificar los aportes de las TIC en el marco de las estrategias de enseñanza, ha dado lugar a los posibles aportes que estos elementos generan a los retos de la educación científica; es por ello, que en el siguiente apartado se pretende abordar el qué, para qué, cómo y cuándo del aprender ciencias, aprender sobre ciencias y aprender a hacer ciencias con TIC.

2.4 Aprender, aprender sobre y aprender a hacer ciencia con TIC: un camino hacia la alfabetización científica.

La sociedad contemporánea, la era digital, la época del consumo consciente, el siglo de las oportunidades digitales, en conclusión, los inicios del siglo XXI, se han caracterizado por evolucionar significativamente en las formas como las personas nos relacionamos, aprendemos,

APRENDER, APRENDER SOBRE, APRENDER A HACER CIENCIA CON TIC: UN ANÁLISIS DESDE LA INDAGACIÓN COMO PRÁCTICA CIENTÍFICA

compramos, viajamos e incluso dormimos. Ha sido una época de grandes transformaciones tecnológicas, en donde incluso ha aparecido la Inteligencia Artificial (IA), una herramienta que era inimaginable para el ser humano. Bien lo decía Linn (2002), cuando manifestó el creciente, rápido y cambiante rol de la tecnología, que requiere y necesita respuestas globales ágiles por parte de los individuos, pero, sobre todo, del sistema educativo.

Respuestas que han fallado desde las instituciones educativas, puesto que aún prevalecen currículos, prácticas pedagógicas, reglas de comportamiento, objetivos de enseñanza que no son acordes con las necesidades globales que se plantean actualmente, puesto que estos elementos se han caracterizado por la repetición, el uso del tablero como único elemento, la individualidad, la postura de poder del maestro y las negativas de las instituciones y del sistema para un cambio radical. Y así lo plantea Hodson (2003), cuando manifiesta la necesidad de actuar sobre el plan de estudios de ciencias en las escuelas, puesto que se evidencia como desactualizado y no responde a las necesidades, intereses y aspiraciones de los niños, niñas y adolescentes. Adicionalmente, el autor manifiesta la oportunidad del ahora para evaluar un currículo científico que se piense en la acción sociopolítica y en la necesidad de resolver y actuar sobre los problemas sociales y ambientales, para lo cual, se necesita una generación de ciudadanos alfabetizados científicamente.

Hablar de la alfabetización científica supone caer de nuevo en un término polifacético, desde el cual, diversos autores han manifestado sus posturas y pocos consensos. Desde los años 90, el debate se ha centrado bajo la perspectiva de la “Alfabetización científica” pero pocos han sido sus logros, puesto que se ha establecido como una meta global de alto y ancho alcance, lo que ha impedido dar a conocer logros significativos, incluso, aún existe poca claridad sobre su significado.

Aun así, se resalta la importancia de seguir abordando la alfabetización científica como una meta particular de la enseñanza de las ciencias, en donde se cuestiona la pertinencia del currículo actual y las acciones de las instituciones educativas por incorporar la tecnología en los procesos de enseñanza. Es por ello, que a pesar de que no ha sido un proyecto visible y con resultados comparables, aún se persiste en la necesidad de formar ciudadanos capaces de usar sus conocimientos sobre ciencia y tecnología para resolver problemas inmediatos de su realidad. Así pues, para hacer uso de esta apuesta es preciso preguntarse ¿qué más debería considerarse crucial al pensar en alfabetizar científicamente? ¿qué tan pertinentes son los conocimientos disciplinares

APRENDER, APRENDER SOBRE, APRENDER A HACER CIENCIA CON TIC: UN ANÁLISIS DESDE LA INDAGACIÓN COMO PRÁCTICA CIENTÍFICA

de las ciencias? ¿cuál es el nivel de conciencia posible sobre las aplicaciones de la ciencia? ¿la alfabetización científica permite utilizar la ciencia en la resolución de problemas cotidianos?

Y justamente, es esta última pregunta la que orienta el deseo de comprender cómo el discurso por la formación de ciudadanos críticos, propositivos, alternativos y ambientalistas puede fundamentarse en los cimientos de la alfabetización científica.

Para efectos de hermenéuticos, en la presente investigación se usará la definición de alfabetización científica otorgada por el Programa para el Rendimiento Estudiantil Internacional (PISA) de la OCDE, en donde se entiende el sujeto como una persona con conocimientos científicos que es capaz de generar conclusiones basadas en la evidencia para comprender y ayudar a tomar decisiones sobre su realidad. Con la intención de manifestar la pertinencia de abordar reflexiones orientadas a las estrategias, formas, condiciones y posibilidades para llevar a cabo procesos que permitan involucrar a los estudiantes en la ciencia.

Una de las alternativas para llevar esto a cabo, la proponen Millar y Osborne (1998), cuando mencionan las diez recomendaciones para incorporar el conocimiento científico en la escuela; en particular, es de interés la relacionada con la tecnología y las aplicaciones de ciencia y la que corresponde a la necesidad de que los docentes usen una gama más amplia de enfoques y estrategias de enseñanza. Estos autores, defienden y explican desde diferentes puntos las oportunidades de pensar en la enseñanza de las ciencias a partir de las reflexiones de la alfabetización científica.

Atendiendo a las recomendaciones de Millar y Osborne (1998) y a las críticas que realiza Hodson (2003) en términos de las necesidades del currículo, de estrategias de enseñanza centradas en el estudiante y en las necesidades de la sociedad en términos científicos y tecnológicos, de las oportunidades que pueden surgir en el ideal de la alfabetización científica y en las posibilidades de la enseñanza de las ciencias cuando se presenta como un proceso contextualizado, que permite problematizar, que es crítica y epistémica; es que surge la necesidad de traer a colación las oportunidades para pensar en una relación directa entre lo que implica alfabetizar científicamente para resolver problemas reales, cotidianos y comprender y apropiarse del lenguaje de la ciencia (aprender ciencia), comprender los procesos teóricos y prácticos de la ciencia (aprender a hacer ciencia) y comprender la ciencia como una construcción social, permeada por condiciones plurales que acontecen en superar las imágenes deformadas de la ciencia (aprender sobre ciencia).

APRENDER, APRENDER SOBRE, APRENDER A HACER CIENCIA CON TIC: UN ANÁLISIS DESDE LA INDAGACIÓN COMO PRÁCTICA CIENTÍFICA

Se piensan estas relaciones como una oportunidad de reflexión para darle un lugar representativo a la alfabetización científica a partir de las orientaciones que Hodson (2003; 2010) plantea como los retos de la educación científica. Y es que esta articulación supone un reto de valor porque como se ha mencionado antes, alfabetizar científicamente es un desafío global, pero que, al retomarlo desde oportunidades de enseñanza en contextos específicos y particulares, puede, desde lo ideal y teórico, ser una contribución a la pertinencia de esta postura.

Es preciso entonces, abordar los significados que acontecen en las posturas de Hodson (2003; 2010) para los retos de la educación científica, los cuales, se orientan en la oportunidad de pensar en la transformación del currículo desde las perspectivas de necesidad e interés que permitan involucrar a los niños, niñas y adolescentes en la comprensión de las ideas de las ciencias y sus relaciones con el acontecer social y cultural. Así pues, el autor plantea unos elementos que pueden incluirse en el plan de estudios y que van en concordancia con las exigencias en términos de enseñanza de las ciencias, uso de las tecnologías, pensamiento crítico y resolución de problemas que son características de la sociedad actual.

En primer lugar, el autor presenta tres elementos, aprender ciencia y tecnología, aprender a hacer ciencia y tecnología y aprender sobre ciencia y tecnología. Sin embargo, en la búsqueda de complementariedades con las realidades de la enseñanza actual, se ha encontrado la postura de Arias (2016), quien dentro de sus hallazgos encuentra la pertinencia de abordar los retos de la educación científica en términos de la enseñanza, pero sobre todo, manifiesta la necesidad de darle un lugar representativo a las TIC en los procesos educativos; es por ello, que en el presente trabajo de investigación, se entienden los retos de la educación científica como Aprender ciencia con TIC, aprender a hacer ciencia con TIC y aprender sobre ciencia con TIC.

A continuación, se presentan las posturas de Hodson (2003; 2010), se complementan con las posturas de Arias (2016) y se genera una reflexión en términos de su aplicación en las prácticas científicas; especialmente, en la dimensión indagación.

Aprender ciencia y tecnología: Hodson (2003; 2010) manifiesta la necesidad de promover la adquisición del conocimiento conceptual y teórico de la ciencia y la tecnología, a partir de procesos que permitan establecer una relación e interacción entre las mismas, en donde se involucren diferentes tecnologías, problemas, preguntas, situaciones, conceptos.

APRENDER, APRENDER SOBRE, APRENDER A HACER CIENCIA CON TIC: UN ANÁLISIS DESDE LA INDAGACIÓN COMO PRÁCTICA CIENTÍFICA

Aprender ciencia con TIC: Arias (2016) da cuenta de la oportunidad de hacer uso de tecnologías de la información y la comunicación para la enseñanza de las ciencias, con la intención de justificar cómo las TIC posibilitan la adquisición crítica del conocimiento. Adicionalmente, la autora plantea un elemento más profundo, denominado Enseñar ciencia con TIC, para efectos de este trabajo, sólo se usará la perspectiva de Arias (2016).

Aprender sobre ciencia y tecnología: Hodson, (2003; 2010) plantea que este reto se refiere a la comprensión de la naturaleza y los métodos de la ciencia y la tecnología. En donde resalta la necesidad de aprender sobre los problemas de los científicos y cómo la ciencia establece relación con otras disciplinas. Aquí prima el reconocimiento y comprensión de los procedimientos de la ciencia. Hodson (2003) argumenta la posibilidad de dar cuenta de las construcciones filosóficas, históricas y epistemológicas de la ciencia, para el reconocimiento de lo que han sido los errores, dificultades, limitaciones y percances de la ciencia.

Aprender sobre ciencia con TIC: Arias (2016) genera un marco de posibilidades que permite transitar las tecnologías para darle un lugar a las TIC, las cuales, pueden ir encaminadas a favorecer la comprensión de la historia y la epistemología de las ciencias. Tal como en el apartado, la autora plantea Enseñar sobre ciencia con TIC.

Aprender a hacer ciencia con tecnología: Hodson (2003; 2010) manifiesta este reto con referencia a la necesidad de involucrar al estudiante en la resolución de problemas, en la comprensión del mundo real, en la acomodación del aula de clase para la consolidación de procesos que procuren la construcción del conocimiento colectivo, que den paso a la argumentación y comunicación de las ideas y que involucren al estudiante en el diario vivir de lo que sería un científico, en donde acontece la duda, el error, la refutación, la discusión, el consenso, la explicación, el discernimiento.

Aprender a hacer ciencia con TIC: Arias (2016) se pregunta por la posibilidad que brindan las TIC a los debates, a la apropiación social del conocimiento, la formulación de preguntas, la argumentación, la creación de estrategias y actividades que permitan fundamentar la ciencia como una actividad social y dinámica. De igual manera que en los anteriores apartados, la autora propone Enseñar a hacer ciencia con TIC.

Cada uno de los retos anteriormente planteados, suponen oportunidades para reflexionar sobre la enseñanza de las ciencias para la alfabetización científica; es por ello, que se usará la

APRENDER, APRENDER SOBRE, APRENDER A HACER CIENCIA CON TIC: UN ANÁLISIS DESDE LA INDAGACIÓN COMO PRÁCTICA CIENTÍFICA

perspectiva de Arias (2016) con el ánimo de fundamentar no sólo el uso de TIC sino su pertinencia cuando se convierte en un medio para llevar a cabo prácticas científicas, especialmente, indagación en el mundo real y en el mundo virtual.

Así pues, se presenta en la tabla 3 una relación que permitirá fundamentar la búsqueda y consolidación de la información y que así mismo, dará lugar al cumplimiento de los objetivos de investigación. Esta relación, busca darle un lugar de valor a la indagación en el mundo real y en el mundo virtual a partir de las TIC que pueden usarse para llevar a cabo cada uno de los retos de la educación científica definidos.

Dimensión de las prácticas científicas.	Aprender ciencia con TIC	Aprender sobre ciencia con TIC	Aprender a hacer ciencia con TIC
Indagación en el mundo real.	Computador, libros digitales y físicos, digitalización de libros, dispositivos de medición.	Computador, libros digitales y físicos, digitalización de libros.	Cámaras digitales y de video, lupas, sensores, laboratorios remotos, programas de análisis de video, programas de análisis de sonido, robótica, impresión 3D.
Indagación en el mundo virtual	Internet, bases de datos (SQL), sistemas de gestión de contenido, animaciones Java, simulaciones, plataformas de educación en línea.	Inteligencia Artificial, Machine Learning, redes sociales, internet, bases de datos bibliográficas, videos, bibliotecas digitales, plataformas de educación en línea, programas de modelación, simulaciones.	Realidad virtual, realidad aumentada, simulaciones, laboratorios virtuales, foros, videojuegos.

Tabla 3. Caracterización de las TIC para la indagación en el mundo real y virtual según los retos de la educación científica.

La tabla anterior permite dar cuenta de una gama de posibilidades en términos del uso de las TIC para los retos de la educación científica con base a la clasificación entre indagación en el mundo real e indagación en el mundo virtual significativa. Se resalta la necesidad de profundizar en las posibilidades de abordar el reconocimiento de la historia y la epistemología desde la indagación en el mundo real; sin embargo, se ha encontrado un número significativo de oportunidades al reconocer la ciencia desde sus construcciones epistémicas a partir del uso de lo virtual. Además, se considera el reto de abordar cada uno de los objetivos de investigación haciendo

APRENDER, APRENDER SOBRE, APRENDER A HACER CIENCIA CON TIC: UN ANÁLISIS DESDE LA INDAGACIÓN COMO PRÁCTICA CIENTÍFICA

uso de las apreciaciones contenidas en el marco teórico, pues son las que permitirán abordar las conclusiones y discusiones de la investigación.

Finalmente, es preciso abordar una necesidad manifestada por Osborne (2014a), en la que se cuenta sobre la confusión “entre el hacer ciencia con el aprender ciencia” (p. 178) en los procesos de indagación. El autor manifiesta la necesidad de comprender los objetivos específicos de cada quehacer y no confundirlos en el camino, puesto que una actividad es la que hacen los científicos y otra muy diferente es la que hacen los estudiantes en el aula de clases. Esto ya se ha evidenciado en los apartados anteriores del marco teórico, y se refuerza con la idea de que “el objetivo de la ciencia supone descubrir nuevos conocimientos sobre el mundo material, mientras que el objetivo de aprender ciencia implica la construcción de una comprensión sobre el conocimiento existente” (p. 178) Esta confusión se ha notado principalmente en el hecho de asumir al estudiante como científico y de la dificultad en la definición del papel del maestro. Lo cual define el autor como una falla en la articulación y en la comunicación de los procesos que caracterizan la indagación.

También, Osborne (2014b) señala la necesidad de abordar en la indagación el “saber por qué”, lo que implica un reconocimiento de los procedimientos que justifican la creencia del “saber sobre ciencia” que se ha denominado comúnmente como el conocimiento epistémico (p. 580).

Las reflexiones que se han generado en el capítulo del marco teórico se han plasmado en la figura 1.

APRENDER, APRENDER SOBRE, APRENDER A HACER CIENCIA CON TIC: UN ANÁLISIS DESDE LA INDAGACIÓN COMO PRÁCTICA CIENTÍFICA



Figura 1. Marco teórico.

En concordancia con lo anterior, se da paso al marco metodológico, el cual permitirá develar las relaciones existentes entre la indagación como dimensión de las prácticas científicas (real y virtual) y los retos de la educación científica a partir de la realización de una investigación documental que busca realizar un estado del arte apoyado en una revisión sistemática y en el método Prisma.

3. Marco Metodológico

3.1 El paradigma, el enfoque y el modelo metodológico.

El presente trabajo de investigación se orienta a partir del paradigma cualitativo, inscrito en la corriente constructivista desde la cual se resaltan elementos importantes como la dimensión de la creatividad y la experiencia. En este campo metodológico, el investigador “se ocupa de aspectos y dimensiones de orden subjetivo, de lo humano, de las construcciones culturales y de las representaciones sociales históricamente determinadas” (Hoyos, 2000, p. 16), de manera que se asume esta postura con el ánimo de ahondar en la realidad construida en torno a la enseñanza de las ciencias y a las reflexiones que giran sobre la práctica docente.

La investigación cualitativa hace énfasis en las relaciones que se pueden construir en torno al sentido, al contexto y a la comprensión de la realidad por medio de procesos inductivos, que doten al investigador y en algunas veces al investigado de reflexiones críticas y propositivas que permitan repensar las formas como sucede o acontece la realidad. Es un proceso que se caracteriza por ir desde lo particular hacia lo general, que es significativo para la construcción del conocimiento y le da un lugar importante a la versatilidad cultural y las formas como habitamos el mundo. La investigación cualitativa es un paradigma potencial en la investigación educativa y así lo plantean Creswell y Creswell (2018), cuando mencionan que permite la reflexividad, el relato holístico, los diseños emergentes, la interpretación de los significados de los participantes, los análisis inductivos y deductivos, las múltiples fuentes de datos, la interacción con el contexto y el papel relevante del investigador.

En el presente trabajo no se ha elegido la investigación cualitativa al azar, ha sido un proceso que ha ahondado también en lo cuantitativo y en lo mixto, pero se ha llegado a la conclusión de que la naturaleza del problema da pie para profundizar en la comprensión e interpretación del fenómeno, para abrir caminos reflexivos en torno a la experiencia, para generar procesos de conciencia de la realidad, para identificar un diagnóstico y pronóstico de las situaciones actuales y por supuesto para caracterizar un entorno específico en donde ocurre el problema investigado.

APRENDER, APRENDER SOBRE, APRENDER A HACER CIENCIA CON TIC: UN ANÁLISIS DESDE LA INDAGACIÓN COMO PRÁCTICA CIENTÍFICA

Se asume la investigación cualitativa como un acto político, que sumerge al investigador en reflexiones críticas y propositivas que permiten manifestar incomodidades, problematizar y cuestionar la forma actual de la enseñanza de las ciencias. También se asume desde lo político porque se busca cuestionar las formas tradicionales que caracterizan hoy por hoy todo lo que acontece al enseñar y aprender ciencias.

El enfoque que se pretende dar a la investigación se fundamenta en la hermenéutica, entendiendo ésta como ciencia universal de la interpretación y de la comprensión (Creswell y Creswell, 2018; Hoyos 2000), que procura entender el fenómeno a partir de posturas críticas que permiten dotar de sentido el fenómeno y sus dinámicas en el contexto.

La hermenéutica se desarrolla desde la antigua Grecia en campos como la poesía y los textos bíblicos y cobra sentido en los siguientes periodos de la humanidad como el método para comprender la realidad desde lo sensible y lo abstracto.

Bajo esos planteamientos, la presente investigación se desarrolla desde el modelo metodológico coreográfico, ya que en palabras de Janesick (2000), permite el ir y venir durante la investigación, realizando los cambios o transformaciones que sean pertinentes para dotar de sentidos los significados que se vayan encontrando.

La estrategia metodológica que se usa se fundamenta en la investigación documental, especialmente desde el Estado del Arte planteados bajo los preceptos de Hoyos (2000) el cual está estrechamente relacionado con la hermenéutica porque pretende la interpretación, la comprensión y la transformación mediante un recorrido fundamentado en referentes secuenciales que finalmente permitirán “la descripción, explicación y comprensión teórica nueva desde la comprensión” (Hoyos, 2000 p. 31). Adicionalmente, se busca argumentar posibles relaciones entre el Estado del Arte planteado por Hoyos (2000) y la Revisión Sistemática, planteada por Kitchenham (2004), justamente por la necesidad de construir un trabajo investigativo que permita comprender el estado actual del problema en cuestión.

Hablar de la Revisión Sistemática bajo la mirada de esta autora, implica pensar en un medio que permite identificar, evaluar e interpretar los estudios primarios sobre un área o fenómeno de interés, por ello, la autora denomina este proceso como un estudio secundario, porque justamente se pretende la interpretación y comprensión de lo ya existente para la creación de reflexiones y

APRENDER, APRENDER SOBRE, APRENDER A HACER CIENCIA CON TIC: UN ANÁLISIS DESDE LA INDAGACIÓN COMO PRÁCTICA CIENTÍFICA

contribuciones teóricas. Es pertinente mencionar, que se pretende justificar la forma en que la revisión sistemática se anida o conversa con el estado del arte, con el ánimo de complementar cada uno de los procesos que deben ejecutarse.

Finalmente, esta investigación se articula con las indicaciones del Método PRISMA (Urrútia y Bonfill, 2010), porque brinda orientaciones y ejemplos actuales para llevar a cabo revisiones sistemáticas, haciendo uso de ideales como la rigurosidad, la confiabilidad y la aplicación de los hallazgos; el cual justamente ha sido desarrollado para facilitar el informe transparente y completo de este tipo de estrategias de investigación.

Todo lo anterior, se consolida como una oportunidad para pensar los Estados del Arte en consonancia con las Revisiones Sistemáticas a partir de las líneas que traza el Método PRISMA, las cuales, en la actualidad son necesarias al momento de realizar publicaciones en revistas de prestigio a nivel internacional.

Para dar cuenta del Marco metodológico, se presenta a continuación la fundamentación teórica, la cual busca argumentar el horizonte de posibilidades existentes en la relación triádica mencionada anteriormente. Posterior a ello, se evidencia el proceso de la construcción metodológica, se desarrollan algunos conceptos clave y se da cuenta del protocolo o paso a paso para la realización de esta investigación. Luego, el desarrollo metodológico presenta lo que ha sido la investigación, el desarrollo de cada uno de los procesos, los hallazgos, análisis y resultados por fases, tal como lo plantea el Estado del Arte.

3.2 Una triada que orienta el proceso metodológico.

Hablar de una triada, implica reconocer las relaciones existentes entre tres elementos, en este caso, entre tres orientaciones metodológicas que se fundamentan en las particularidades de la investigación documental. El primero de ellos, el Estado del Arte, el cual se fundamenta en las reflexiones de Hoyos (2000), el segundo es la Revisión Sistemática, tomando en cuenta las miradas de Kitchenham (2004) y finalmente el Método PRISMA, el cual acontece en la Declaración Prisma (Urrútia y Bonfill, 2010). Se presenta a continuación una breve reseña sobre cada uno de ellos y posteriormente se explican sus relaciones significativas para este trabajo.

3.2.1 Modelo de investigación documental propuesto por Hoyos (2000)

Es de interés para la presente investigación, abordar metodológicamente el Estado del Arte, dada la necesidad investigativa de comprender la indagación en la enseñanza de las ciencias, sus posibilidades cuando se asume como dimensión de las prácticas científicas y sus aportes a los retos de la educación científica. Para ello, se asume la perspectiva de Hoyos (2000), puesto que se permite la actitud de búsqueda, los intentos de comprensión, la reflexión crítica, las posturas objetivas y subjetivas, desmenuzar hallazgos, seguir la línea del saber epistemológico para dar soporte a las posiciones filosóficas que caracterizan el objeto de estudio y que son tan relevantes en el acto de la interpretación. Además, la investigación como se contempla en estas páginas es un proyecto de vida.

En este sentido, la investigación que aquí se pretende llevar a cabo es un reto para la investigadora, puesto que va más allá de la elección del tema en tanto se busca profundizar de tal forma que se construyan reflexiones que aporten significativamente a la enseñanza de las ciencias, que permitan dar a conocer el valor de la indagación y de las prácticas científicas en los procesos de enseñanza y que resalten la oportunidad de la tecnología como mediador para llevar a cabo procesos que impacten de manera positiva el enseñar y el aprender.

De esta manera, el papel de la investigadora en el Estado del Arte no es pasivo, todo lo contrario, requiere de una mirada reflexiva y profunda, de posturas críticas y sensibles ante los datos, procurando no caer en el sesgo ni en agredir los parámetros éticos. El investigador capta una serie de datos que no están conectados, que son aislados, desarticulados e incluso sin sentido con la finalidad de analizarlos críticamente, identificando coherencias, discernimientos y posibles conexiones que sean potenciales para analizar el objeto de estudio y para construir aportes nuevos y significativos; tal como lo plantea Hoyos (2000):

Se investiga lo empírico del fenómeno, pero también se indaga por ese fenómeno en textos que de él dan cuenta a través de lo simbólico y este análisis (de la historia documental) que exige un recorrido de interpretación y comprensión, es finalmente la partida de nuevas argumentaciones sobre el fenómeno que a su vez alienan otras para explicar la realidad. (p. 24)

APRENDER, APRENDER SOBRE, APRENDER A HACER CIENCIA CON TIC: UN ANÁLISIS DESDE LA INDAGACIÓN COMO PRÁCTICA CIENTÍFICA

Así pues, lo que en esta investigación se pretende por medio del Estado del arte es dar cuenta de construcciones con sentido sobre bases sólidas de datos que han sido amparados por un diagnóstico, un pronóstico y un propósito, que se da desde los métodos inductivo y deductivo y que se lleva a cabo a partir de la ruta de cinco fases, las cuales permitirán dar cuenta de un protocolo, una estrategia de búsqueda de la información y todo un entramado de acciones que permitirán llegar a la fase de resultados y análisis desde los núcleos temáticos. Estas fases se denominan en Hoyos (2000) como preparatoria, descriptiva, interpretativa por núcleo temático, de construcción global, de extensión y publicación.

Todo lo anterior, orienta la investigación en desmenuzar los textos y adquirir conciencia hermenéutica como la mencionada en Gadamer (1976), para ver en los textos lo que la mayoría de las personas no alcanzan a observar, para ser sensibles ante la información y para tomar conciencia sobre las propias predisposiciones y prejuicios.

3.2.2 La revisión sistemática de Kitchenham (2004)

La autora invita a comprender la revisión sistemática como un medio para la interpretación y la comprensión del material investigado sobre un objeto de estudio, que presenta algunas ventajas y desventajas, entre ellas se encuentra que proporcionan información sobre los efectos de algún fenómeno en diferentes entornos y bajo diversos métodos empíricos, permiten dar cuenta de la solidez y consistencia del material y adicionalmente permite combinar datos utilizando técnicas meta analíticas. Desde sus desventajas se encuentra la posibilidad de sesgo; por ello, es tan importante llevar un registro bien documentado. Las revisiones sistemáticas se caracterizan por la creación de un protocolo, una estrategia de búsqueda, una documentación de esta estrategia, una definición de criterios explícitos de inclusión y exclusión de las unidades de análisis, de criterios de calidad y de un proceso de revisión claro y estructurado.

Para llevar a cabo una revisión sistemática es necesario responder a las preguntas, ¿cuáles son los objetivos de la revisión? ¿qué fuentes se buscaron para identificar los estudios primarios? ¿qué restricciones se encontraron? ¿cuáles fueron los criterios de inclusión y exclusión? ¿cómo se aplicaron? ¿qué criterios se usaron para valorar la calidad de los estudios primarios? ¿cómo se extrajeron los datos? ¿cómo se sintetizaron los datos? ¿las conclusiones fluyen de la evidencia? (Kitchenham, 2004).

APRENDER, APRENDER SOBRE, APRENDER A HACER CIENCIA CON TIC: UN ANÁLISIS DESDE LA INDAGACIÓN COMO PRÁCTICA CIENTÍFICA

Todo lo anterior, brinda un panorama que orienta la realización de la revisión sistemática. Sin embargo, es preciso acudir a claridades como por ejemplo ¿cómo se desarrolla un protocolo? ¿qué se debe tener en cuenta en la estrategia de búsqueda? ¿cómo se analizan los datos? Estos elementos se darán a conocer en tanto se explicita cada una de las fases.

3.2.3 El Método Prisma desde la perspectiva de Urrútia y Bonfill (2010)

La declaración PRISMA en Page et al. (2021) se presenta como un método para realizar revisiones sistemáticas que gocen de suficiente detalle para argumentar la confiabilidad y aplicabilidad de los hallazgos de la revisión, esta declaración se actualiza cada cierto tiempo para reflejar los desarrollos y avances recientes en la metodología y la terminología que se usa. Algunos de los elementos importantes que se plantean son: la transparencia, las revisiones completas, la posibilidad de reproducir y actualizar las revisiones, los cuales se verifican a partir de una lista de chequeo que inicialmente fue creada para revisiones realizadas en el campo de estudios de la salud, pero que se ha ampliado a los otros campos del conocimiento; esta lista contiene 27 ítems y un diagrama de flujo de cuatro fases. Estos ítems están contemplados en algunas secciones tales como: título, resumen, introducción, métodos, resultados, discusión y financiación; y serán abordados durante el proceso de investigación, especificándose en su momento, concretamente durante el desarrollo de las fases propuestas por Hoyos (2000) en el estado del arte.

Finalmente, en Moher et al. (2009) se menciona el Método PRISMA como una oportunidad para describir las revisiones sistemáticas, pero también los metaanálisis, para ello se plantea que la revisión necesita de una pregunta de investigación bien formulada y el uso de métodos sistemáticos para identificar, seleccionar y valorar críticamente la investigación relevante, mientras que los metaanálisis son aquellos que además de lo anterior usan técnicas estadísticas para analizar y resumir la información recolectada.

3.3 Articulación entre Estado del Arte, Revisión sistemática y Método PRISMA.

APRENDER, APRENDER SOBRE, APRENDER A HACER CIENCIA CON TIC: UN ANÁLISIS DESDE LA INDAGACIÓN COMO PRÁCTICA CIENTÍFICA

En las líneas anteriores se realizó la descripción de las tres estrategias o métodos que se usarán para dar cuenta del proceso metodológico, el primero corresponde al Estado del Arte, el segundo a la revisión sistemática y el tercero al Método PRISMA. El interés de abordarse de esta manera radica en la necesidad de actualizar los discursos sobre la creación de revisiones sistemáticas, de estar en la vanguardia de los discursos metodológicos y por supuesto, presentar un elemento reflexivo y propositivo que permita acontecer esta investigación no sólo desde el rigor metodológico sino también desde la oportunidad de abordar la hermenéutica como un estado de la comprensión.

En este sentido, ¿cómo se relacionan estas tres estrategias?, a continuación, se presentan los elementos en común que permitirán llevar a cabo una investigación sistemática:

El estado del arte extrae la información de unidades de análisis, la revisión sistemática de los estudios y el método PRISMA de los informes. A pesar de las diferentes denominaciones, todos se refieren a documentos físicos o digitales que contienen información de calidad sobre el objeto de estudio. En este caso se usarán artículos de investigación y se denominarán unidades de análisis (Hoyos, 2000).

La triada propone la creación de una estrategia de búsqueda de la información detallada que incluya objetivos, fuentes de los datos, criterios de inclusión y de exclusión, criterios de elegibilidad de los estudios, métodos de síntesis. Por ende, la descripción de la estrategia es sumamente importante para garantizar la posibilidad de reproducción de la investigación.

El estado del arte se plantea desde 5 fases, la revisión sistemática desde procesos y el método PRISMA desde ítems. Dada las similitudes en las particularidades de cada uno, se ha optado por usar las fases y diferenciar en cada una de ellas los elementos característicos de la revisión y de PRISMA, con el ánimo de asegurar la rigurosidad y de homogeneizar el proceso de búsqueda, selección, sistematización y análisis de la información.

Las orientaciones metodológicas de la triada tienen similitudes, pero también diferencias, entre ellas se encuentra la forma de llevar a cabo el análisis de la información. Por ello, se ha manifestado la importancia de recurrir al estado del arte como guía metodológica y a la revisión sistemática y al método PRISMA como complementos; en este sentido, se realiza el análisis y la interpretación por núcleo temático y luego se presenta una construcción global (Hoyos, 2000).

APRENDER, APRENDER SOBRE, APRENDER A HACER CIENCIA CON TIC: UN ANÁLISIS DESDE LA INDAGACIÓN COMO PRÁCTICA CIENTÍFICA

Con base en lo anterior, se presenta a continuación cada una de las fases planteadas por Hoyos (2000) y su relación con la revisión sistemática y el método PRISMA. Esta interacción hace parte de los hallazgos principales de esta investigación, en la medida en que se han logrado anidar a partir de un ejercicio de valoración y comparación de sus procesos; adicionalmente, se ha usado el Método PRISMA como un actor principal en estas relaciones que ha permitido comprender la intencionalidad de las fases y etapas que son necesarias llevar a cabo para dar cuenta de un desarrollo teórico que se caracterice por autenticidad, credibilidad, representatividad y significado.

Este ejercicio ha sido valioso en la medida en que se ha realizado un esfuerzo por detallar, describir y fundamentar los procesos del Estado del Arte planteados inicialmente por Hoyos (2000); y ha permitido identificar el estado de la investigación actual, fortalecer el rigor en la búsqueda y disminuir el sesgo en los procesos.

Se ha encontrado entonces, que las visiones desde el Estado del Arte, la revisión sistemática y el método PRISMA conversan desde 5 fases de la siguiente manera:

3.3.1 Fase 1: preparatoria

En la tabla 4 se muestra la fase preparatoria, en donde se hace alusión a las relaciones existentes entre la triada del estado del arte, la revisión sistemática y el método PRISMA, luego se indica la descripción de cada uno de los elementos que componen la fase.

Fases/Etapas/Procesos	Hoyos (2000)	Kitchenham (2004)	Método Prisma (2020)
Fase 1: preparatoria	Principios que orientan la investigación.		
	Descripción de la fase.	Protocolo.	
	Objeto de la investigación.	Estrategia de búsqueda.	
	Preparación del estado del arte.	Criterios de inclusión y de exclusión. Descripción de las fuentes de información.	
	Factores e indicadores.	Extracción y seguimiento de los datos.	Proceso de recopilación de datos.
	Límites de la investigación.		
	Criterios de calidad.		

Tabla 4. Fase 1 para la construcción del estado del arte en articulación con los principios de la revisión sistemática y el método prisma. Elaboración propia.

Descripción de la fase: esta primera fase tiene como objeto consolidar las orientaciones generales sobre el cómo se va a realizar la investigación, dar a conocer sus objetivos, núcleos

APRENDER, APRENDER SOBRE, APRENDER A HACER CIENCIA CON TIC: UN ANÁLISIS DESDE LA INDAGACIÓN COMO PRÁCTICA CIENTÍFICA

temáticos, colectivos de análisis, unidades de análisis, el lenguaje que se usará y los pasos que se tendrán en cuenta para la recolección de la información.

Núcleos temáticos: son subtemas que delimitan el campo del conocimiento. En esta investigación, se han visto como sinónimos de las categorías a priori y a posteriori.

Colectivos de análisis: Son las fuentes de información, bases de datos y revistas de investigación seleccionadas para el estudio.

Unidad de análisis: es un texto individual como libro, artículo, ensayo que pertenece al conjunto del núcleo temático.

Principios que orientan la investigación: Son aquellos que contribuyen al desarrollo del proceso de investigación y permiten alcanzar las metas propuestas en los objetivos de investigación. Estos principios esclarecen el papel del investigador, la pertinencia de los datos, advierten sobre la posibilidad del sesgo y brindan un norte sobre lo que se pretende con la investigación documental. A continuación, en la tabla 5, se expresan los principios para el Estado del Arte, la revisión sistemática y el método PRISMA.

Principios que orientan la investigación.	Hoyos (2000)	Kitchenham (2004)
	Principio de finalidad. Principio de coherencia. Principio de fidelidad. Principio de integración. Principio de comprensión.	Criterio de la confiabilidad. Criterio de la aplicación. Criterios de la transferibilidad.

Tabla 5. Principios que orientan la investigación. Elaboración propia.

Objeto de investigación: corresponde a los objetivos de investigación, es posible establecer relaciones con los núcleos y los subnúcleos temáticos para orientar la investigación de manera más precisa.

Preparación del estado del arte: implica reconocer teóricamente los elementos de los estados del arte, acudir a referentes e identificar las ventajas y desventajas.

Factores e indicadores: son “aspectos que destacan elementos de relevancia a señalar o a distinguir en una unidad de análisis y que a su vez desglosan otros ítems llamados indicadores” (Hoyos, 2000, p.34). Los factores se categorizan como: aspectos formales, asunto investigado, delimitación contextual, propósito, enfoque, metodología, resultados, observaciones y tienen la característica de ser modificados a conveniencia y propósitos de la investigación.

APRENDER, APRENDER SOBRE, APRENDER A HACER CIENCIA CON TIC: UN ANÁLISIS DESDE LA INDAGACIÓN COMO PRÁCTICA CIENTÍFICA

Protocolo: comprende los pasos a seguir para la realización de una revisión sistemática y es susceptible de la revisión de expertos para validar su efectividad y pertinencia. Es necesario el protocolo para disminuir la posibilidad de sesgo durante la investigación.

Estrategia de búsqueda: hace referencia a la descripción detallada de los algoritmos, bases de datos, procesos, tesauros y códigos usados en la búsqueda de la información, se recomienda elaborar una lista de sinónimos, abreviaturas y ortografías alternativas. Este proceso garantiza el criterio de transferencia y reproducibilidad de la revisión sistemática.

Criterios de inclusión y exclusión: en palabras de Kitchenham (2004), los criterios de selección de estudios pretenden identificar aquellos estudios primarios que proporcionan evidencia directa sobre la pregunta de investigación. Para reducir la probabilidad de sesgo, los criterios de selección deben decidirse durante la definición del protocolo.

Criterios de calidad: describir los criterios de calidad de la selección de las unidades de análisis permitirá guiar la interpretación de los hallazgos y determinar la pertinencia de las inferencias que pueden realizarse. Estos criterios no son definidos; sin embargo, son un norte en la medida en que el estudio minimiza el sesgo y maximiza la validez interna y externa (Kitchenham, 2004).

Límites de investigación (temporales, materiales, espaciales):

Temporales: definir el tiempo de iniciación y terminación del proceso de investigación, lo cual permite inferir el carácter de seriedad, responsabilidad individual y rigor en la actividad investigativa (Hoyos, 2000).

Materiales: Hoyos (2000) plantea la importancia de no restringir el número de unidades de análisis, puesto que hacerlo, contradice el carácter mismo de la investigación, el cual, se basa en abordar el nivel investigado sobre la temática particular.

Espacio: es importante definir la delimitación espacial, en la medida en que reconocer y dar a conocer el territorio en el que se realiza la investigación permite dar cuenta de lo que se ha investigado en regiones específicas.

Descripción de las fuentes: se pretende dar a conocer las fuentes, bases de datos, revistas y su nivel de indexación y confiabilidad.

3.3.2 Fase 2: descriptiva.

APRENDER, APRENDER SOBRE, APRENDER A HACER CIENCIA CON TIC: UN ANÁLISIS DESDE LA INDAGACIÓN COMO PRÁCTICA CIENTÍFICA

En la tabla 6 se muestra la fase descriptiva, en donde se hace alusión a las relaciones existentes entre la triada del estado del arte, la revisión sistemática y el método PRISMA, luego se indica la descripción de cada uno de los elementos que componen la fase.

Fases/Etapas/Procesos	Hoyos (2000)	Kitchenham (2004)	Método Prisma (2020)
Fase 2: descriptiva.	Reseña bibliográfica.	Uso de la estrategia de búsqueda.	
	Reseña descriptiva.	Documentación de la búsqueda.	
	Reseña sinóptica.	Extracción de los datos.	Síntesis de resultados.
	Uso de los factores e indicadores.		

Tabla 6: fase 2 para la construcción del estado del arte en articulación con los principios de la revisión sistemática y el método prisma. Elaboración propia.

Descripción de la fase: en esta fase se consolida el trabajo de campo, el reconocimiento de los estudios que se han realizado sobre la temática en particular, los referentes teóricos y disciplinares, las delimitaciones espaciales, temporales y contextuales que permiten dar cuenta de un campo susceptible de ser investigado.

Uso de la estrategia de búsqueda: es necesario hacer uso estricto de la estrategia de búsqueda creada en la fase preparatoria, pues esto garantiza la disminución de las posibilidades del sesgo.

Métodos para seleccionar las unidades de análisis: implica describir las formas, características, matrices y elementos que se usaron para seleccionar las unidades de análisis. Es importante hacer uso de los criterios de inclusión y de exclusión. En el método PRISMA también se rescata la identificación de unidades de análisis duplicadas, incompletas o imposibles de traducir al idioma del investigador.

Extracción de los datos: los factores e indicadores son elementos fundamentales para extraer los datos; sin embargo, es preciso hacer uso de matrices que permitan alojar información relacionada con categorías a posteriori.

Sintetizar la información por medio de reseñas bibliográficas, descriptivas y sinópticas: implica la recolección y descripción del material, según los factores e indicadores mediante la utilización de fichas o reseñas bibliográficas, descriptivas y sinópticas, las cuales se denominan instrumentos.

Reseña bibliográfica: contiene los elementos fundamentales que identifican la unidad de análisis según los factores e indicadores.

APRENDER, APRENDER SOBRE, APRENDER A HACER CIENCIA CON TIC: UN ANÁLISIS DESDE LA INDAGACIÓN COMO PRÁCTICA CIENTÍFICA

Reseña descriptiva: instrumento que permite describir la unidad de análisis mediante información cualitativa.

Reseña sinóptica: instrumento que contiene la síntesis de lo investigado en la unidad de análisis.

3.3.3 Fase 3: *interpretativa por núcleo temático.*

En la tabla 7 se muestra la fase interpretativa por núcleo temático, en donde se hace alusión a las relaciones existentes entre la triada del estado del arte, la revisión sistemática y el método PRISMA, luego se indica la descripción de cada uno de los elementos que componen la fase.

Fases/Etapas/Procesos	Hoyos (2000)	Kitchenham (2004)	Método Prisma (2020)
Fase 3: Interpretativa por núcleo temático.	Estudio por unidad de análisis Construcción del documento por cada núcleo temático.	Análisis de la revisión sistemática haciendo uso del análisis de contenido.	

Tabla 7. Fase 3 para la construcción del estado del arte en articulación con los principios de la revisión sistemática y el método prisma. Elaboración propia

Descripción de la fase: es la fase que permite ampliar el horizonte de estudio por cada una de las unidades de análisis, se extiende hacia los datos que permiten conversar por núcleos temáticos y trasciende hacia el planteamiento de afirmaciones que aporten de manera significativa al proceso de análisis de la información.

Estudio por unidades de análisis: busca la sistematización cualitativa de los factores e indicadores en cada una de las unidades de análisis y se caracteriza por el rigor, la documentación del proceso y la disminución de las posibilidades de sesgo.

Análisis de la revisión sistemática: hace referencia a la importancia de mencionar hipótesis que correspondan a cada núcleo temático en términos de tendencias, logros, dificultades y vacíos detectados en la investigación.

Construcción del documento por cada núcleo temático: el investigador tiene la posibilidad de reflexionar de manera particular sobre el balance obtenido en cada uno de los núcleos temáticos, plantearse preguntas, reconocer los hallazgos y los elementos que hacen falta para concluir la investigación.

3.3.4 Fase 4: construcción teórica global

Descripción de la fase: se entiende como la posibilidad de interacción entre los núcleos temáticos, la identificación de los resultados del estudio, las limitaciones y logros que se han alcanzado en el proceso de investigación. Esta fase permite dar cuenta del estado actual del tema de investigación y da pie para orientar futuras líneas de investigación.

Construcción teórica del conjunto de la investigación documental: se resalta la importancia de consolidar un documento riguroso de carácter investigativo, que comprenda un proceso de resultados y análisis coherente y consistente con los propósitos de la investigación.

3.3.5 Fase 5: de extensión y publicación.

Descripción de la fase: es la posibilidad que tiene el investigador de publicar su obra de manera oral o escrita en diferentes medios de difusión.

3.4 Desarrollo metodológico

Se presenta a continuación el desarrollo metodológico que comprende el seguimiento de cada uno de los elementos que hacen parte de las fases descritas anteriormente. El objetivo de este apartado es brindar al lector investigador la posibilidad de aplicabilidad y transferencia del estado del arte articulado con la revisión sistemática. Se desarrolla este apartado desde dos procesos, el primero tiene que ver con la descripción de elementos que propiciaron la identificación de colectivos y unidades de análisis a partir del seguimiento de un protocolo y una estrategia de búsqueda, se dan a conocer los núcleos y subnúcleos temáticos que dan cuenta del propósito para la búsqueda de la información, se hacen explícitos los criterios de inclusión, exclusión y de calidad que se aplicaron a cada una de las unidades de análisis encontradas, se presenta una compilación de los colectivos de análisis (revistas) con base en su indexación. En segundo lugar, se detalla el proceso de recolección y sistematización de la información, en donde se presentan los factores e indicadores generales y específicos.

3.4.1 Identificación de colectivos y unidades de análisis.

Tal como se mencionó anteriormente, la presente investigación se realiza con base a las relaciones encontradas en la triada el Estado del Arte, la revisión sistemática y el método PRISMA, con la intención de profundizar no sólo en aspectos metodológicos sino también en términos de la interpretación y comprensión del objeto de estudio. Por ello, a continuación, se presenta el apartado de identificación de colectivos y unidades de análisis, el cual comprende el desarrollo de la fase 1 descrita anteriormente. Se pretende dar cuenta de los procesos usados para encontrar en las bases de datos las unidades de análisis que posibilitan la comprensión e interpretación del objeto de estudio. Se describirán los procesos, las decisiones y los elementos que son cruciales para garantizar la posibilidad de replicar esta investigación en otros contextos.

Para abordar el estado del arte tal como se ha planteado anteriormente, es necesario recurrir a fuentes de información que permitan garantizar la calidad, transparencia y pertinencia de los datos recolectados. Es por ello, que para esta investigación se ha recurrido a las bases de datos bibliográficas que tienen convenio vigente con la Universidad de Antioquia. Estas bases de datos cumplen con el proceso de registro e indexación de la información y se podrían catalogar como de acceso abierto y acceso restringido.

Se menciona lo anterior con el ánimo de indicar que la base de datos usada para la presente investigación es Scopus, lanzada en 2004 y con una cubierta de más de 24.500 publicaciones entre revistas, conferencias y series de libros de investigación. Scopus alberga revistas de las áreas de ciencias, tecnología, medicina, ciencias sociales, artes y humanidades. Lo que ha posibilitado encontrar colectivos de análisis (revistas) orientados a la educación en ciencias.

La importancia de recurrir a los colectivos de análisis orientados a la educación en ciencias radica en la necesidad de comprender el objeto de estudio, el cual se alberga principalmente en la enseñanza de las ciencias; es por ello, que se habla de la necesidad de un proceso hermenéutico en torno a la indagación como dimensión de las prácticas científicas y sus posibilidades para los retos de la educación científica. Adicionalmente, navegar en las revistas de educación en ciencias alojadas en Scopus permite tener un panorama claro sobre la situación actual del tema de

APRENDER, APRENDER SOBRE, APRENDER A HACER CIENCIA CON TIC: UN ANÁLISIS DESDE LA INDAGACIÓN COMO PRÁCTICA CIENTÍFICA

investigación, pero también comprender el flujo de producción científica cuando se habla de enseñar ciencias con TIC.

En este sentido, reconocer la cantidad y calidad de la producción académica en la enseñanza de las ciencias con TIC posibilita ampliar los horizontes en términos de las intenciones de las investigaciones actuales, y brinda un panorama sobre la relación maestro, estudiante y sociedad del conocimiento y la tecnología.

Con base en estas consideraciones, se da paso al desarrollo metodológico, el cual comprende la identificación y fundamentación de los colectivos y unidades de análisis encontradas en Scopus a partir de la descripción de la **Fase 1: preparatoria** del estado del arte.

Principios que orientan la investigación:

Los principios se reconocen en esta investigación como elementos fundamentales que permiten dar cuenta de un proceso estructurado y sistemático, pero también reflexivo y comprensivo; además, son los que advierten un proceso investigativo riguroso, pausado, sensible y crítico. Es por ello, que en esta investigación se tendrán presente los principios planteados por Hoyos (2000); el principio de finalidad que infiere la creación de objetivos reales y alcanzables dentro de los límites de la investigación; el principio de coherencia que permite dar cuenta de la coherencia interna y externa de la investigación; es decir, la conversación entre las fases, las actividades y los datos; el principio de fidelidad que busca garantizar la transcripción fidedigna de los datos; el principio de integración que está relacionado con la evaluación cualitativa y pretende poner en evidencia las relaciones entre las unidades de análisis, los núcleos temáticos y cómo conversan con el conjunto de la investigación; el principio de comprensión, que permite la interpretación global de la investigación, la construcción teórica y la formalización de conclusiones.

Adicionalmente, Kitchenham (2004) plantea los criterios de confiabilidad, de aplicación y de transferibilidad, los cuales son característicos de las investigaciones documentales y son garantes de investigaciones que pueden ser replicadas en otros tiempos y contextos.

APRENDER, APRENDER SOBRE, APRENDER A HACER CIENCIA CON TIC: UN ANÁLISIS DESDE LA INDAGACIÓN COMO PRÁCTICA CIENTÍFICA

Protocolo para la búsqueda y tratamiento de la información:

El siguiente protocolo, es una guía que pretende dar cuenta de un proceso sistemático para la búsqueda, selección, depuración, lectura y síntesis de las unidades de análisis. Ha sido creado con base en las exigencias de la presente investigación para suplir no sólo los intereses de garantizar la transferibilidad, sino también, de proporcionar orden y disminución del sesgo en el proceso de manipulación de los datos. Ha sido estructurado en 15 ítems, los cuales han resultado del proceso propio de hacer la revisión de literatura en los momentos iniciales y durante la investigación. Estos son:

1. Definir la pregunta de investigación.
2. Estructurar los objetivos generales y específicos de la investigación.
3. Describir los núcleos y subnúcleos temáticos en relación con los objetivos de investigación.
4. Desarrollar los factores e indicadores a detalle, los cuales permitirán rescatar la información relevante de las unidades de análisis.
5. Definir las bases de datos que se usarán para la búsqueda de la información.
6. Implementar la estrategia de búsqueda, la cual contempla los tesauros y booleanos, la temporalidad, los idiomas y la clasificación de revistas que servirán al estudio.
7. Poner en práctica la estrategia de búsqueda, haciendo buen uso de los filtros en las bases de datos bibliográficas.
8. Realizar la primera selección de las unidades de análisis.
9. Aplicar los criterios de inclusión y exclusión a las unidades de análisis seleccionadas.
10. Realizar la segunda selección de las unidades de análisis.
11. Aplicar los criterios de calidad a las unidades de análisis seleccionadas.
12. Realizar la tercera y última selección de las unidades de análisis.
13. Construir una matriz que permita alojar la información bibliográfica de cada una de las unidades de análisis.
14. Complementar la matriz con la información descriptiva de cada unidad de análisis, haciendo énfasis en los factores e indicadores identificados de manera rigurosa y selectiva.
15. Cerrar la matriz con la información sinóptica de cada unidad de análisis que comprenda elementos como: resumen, resultados, conclusiones.

APRENDER, APRENDER SOBRE, APRENDER A HACER CIENCIA CON TIC: UN ANÁLISIS DESDE LA INDAGACIÓN COMO PRÁCTICA CIENTÍFICA

Estrategia de búsqueda:

La estrategia de búsqueda ha posibilitado el hallazgo de unidades de análisis que corresponden con las necesidades de la investigación; para ello, ha sido preciso definir algunos elementos que permiten no sólo orientar la búsqueda sino fundamentar la elección y pertinencia de las unidades de análisis seleccionadas.

En primer lugar, se han definido los núcleos y subnúcleos temáticos, los cuales se corresponden con las categorías y subcategorías de análisis de información en la investigación cualitativa. Definir estos elementos ha permitido llegar a la información desde la especificidad sin dejar de lado los objetivos específicos. En la tabla 8 se muestran estos tres elementos a partir de los cuales se busca la coherencia interna.

Objetivo específico:	Núcleos temáticos:	Subnúcleos temáticos:
Caracterizar la indagación como práctica científica a partir de una revisión sistemática de la producción científica en enseñanza de las ciencias.	Indagación como práctica científica.	-Indagación en la educación científica. -Características de la indagación como práctica científica.
Construir una reflexión teórica en torno a las estrategias didácticas que favorecen el uso de la indagación como práctica científica haciendo uso de TIC.	Estrategias didácticas para la indagación como práctica científica con TIC.	- Estrategias de enseñanza sobre indagación como práctica científica con TIC. -El papel del estudiante y del maestro en la indagación como práctica científica.
Describir el aporte de la indagación para aprender, aprender sobre y aprender a hacer ciencia con TIC.	Indagación y los Retos de la educación científica.	-Indagación y aprender ciencia con TIC. -Indagación y aprender sobre ciencia con TIC. -Indagación y aprender a hacer ciencia con TIC.

Tabla 8. Núcleos y subnúcleos temáticos.

En segundo lugar, la estrategia de búsqueda se ha caracterizado por la selección de elementos precisos que han permitido navegar en las bases de datos bibliográficas seleccionadas.

La base de datos que se utiliza en la presente investigación es Scopus. La búsqueda de artículos de investigación en Scopus se realiza a partir de palabras como Indagación, prácticas

APRENDER, APRENDER SOBRE, APRENDER A HACER CIENCIA CON TIC: UN ANÁLISIS DESDE LA INDAGACIÓN COMO PRÁCTICA CIENTÍFICA

científicas, TIC, retos de la educación científica; tanto en inglés como en español. Se han tenido en cuenta las diversas maneras que se usan para referirse a los términos mencionados, así como sinónimos y traducciones encontradas en artículos previos. Algunas de las combinaciones usadas para la búsqueda son:

- Inquiry based learning AND científico practice; Inquiry based teaching AND científico practice; Inquiry AND science education; Inquiry AND teaching of science.
- Indagación AND aprender ciencias OR TIC, Indagación AND aprender sobre ciencia OR TIC; indagación AND aprender a hacer ciencia OR TIC; indagación AND elementos epistémicos; indagación AND procesos epistémicos.
- Enseñanza AND indagación AND prácticas científicas; Inquiry based teaching AND científico practice; Inquiry AND science education; Inquiry AND teaching of science; Indagación AND enseñanza de las ciencias; Estrategia de enseñanza AND prácticas científicas; Indagación AND TIC.

Finalmente, en la base de datos se seleccionaron las unidades de análisis que se filtraban bajo estas combinaciones y se inició el proceso de selección a partir de los criterios de inclusión y de exclusión y los criterios de calidad.

Criterios de inclusión, exclusión y de calidad de las unidades de análisis:

Criterios de exclusión: artículos que correspondan a reporte de experiencias, propuestas de intervención, reportes de investigación y revisiones de literatura, en idiomas diferentes al inglés, español y portugués, artículos de acceso restringido.

Criterios de inclusión: artículos en español, inglés y portugués; puede tener uso de TIC, investigaciones completas incluyendo resultados, artículos de acceso libre, artículos en Scopus y en revista de enseñanza de las ciencias.

Criterios de calidad:

- Artículos de investigación completos.

APRENDER, APRENDER SOBRE, APRENDER A HACER CIENCIA CON TIC: UN ANÁLISIS DESDE LA INDAGACIÓN COMO PRÁCTICA CIENTÍFICA

- Publicaciones realizadas entre el 2002 y el 2022.
- Artículos que incluyen resumen, metodología, resultados y conclusiones.
- Estrategias de enseñanza que tengan en el resumen las combinaciones Inquiry AND Scientific practices OR TIC.

Luego, para dar continuidad a las fases previamente descritas y relacionadas en la triada metodológica, se comprende la realización de la **Fase 2: descriptiva** en donde se busca dar a conocer el uso de la estrategia de búsqueda y el proceso de extracción de los datos.

En este sentido, para la búsqueda en Scopus se usaron las combinaciones de palabras anteriormente mencionadas, arrojando un total de 100 artículos. Cada uno de ellos, se analizó bajo los criterios de exclusión y resultaron favorables 50 artículos, de los cuales solo 26 de ellos cumplen con los criterios de inclusión y de estos, 19 cumplen con los criterios de calidad. Por ende, la presente investigación aborda 19 unidades de análisis que se alojan en su mayoría en revistas internacionales y se encuentran escritas en idioma inglés, español y portugués, como se muestra en la tabla 9.

ISSN	Nombre de la revista	Cuartil 2022	País de origen
19366426	Evolution: Education and Outreach	Q1	Reino Unido
10982736	Journal of research in science teaching	Q1	Estados Unidos
10421629	Educational Technology Research and Development	Q1	Estados Unidos
9267220	Science and Education	Q1	Países bajos
10590145	Journal of Science Education and Technology	Q1	Países bajos
10899995	Journal of Geoscience Education	Q2	Reino Unido
16483898	Journal of Baltic Science Education	Q2	Lituania
2504284X	Frontiers in Education	Q2	Suiza
2124521	Enseñanza de las Ciencias	Q2	España
22277102	Education Sciences	Q2	Suiza
1697011X	Revista Eureka	Q3	España
15188795	Investigacoes em Ensino de Ciencias	Q4	Brasil
17426588	Journal of Physics: Conference Series	Q4	Reino Unido
18708404	Educación Química	Q4	México

Tabla 9. Colectivos de análisis

3.4.2 Procesos para la recolección de información.

Esta investigación tiene la misión de propiciar una relación significativa entre el Estado del Arte, la Revisión Sistemática y el Método PRISMA; es por ello, que en este apartado se busca dar cuenta de cada uno de los procesos usados para recopilar la información haciendo uso de los elementos característicos de cada una de las estrategias o métodos mencionados. De manera que, para Hoyos (2000) el estado del arte requiere la realización de tres reseñas, la bibliográfica, descriptiva y sinóptica en donde se dispone toda la información que comprenden las unidades de análisis, para Kitchenham (2004) y el método PRISMA Urrútia y Bonfill, (2010) basta con la realización de un formulario para la recopilación de los datos que tenga la característica de ser de calidad y funcional.

Teniendo presente lo anterior, se han realizado dos formularios, el primero de ellos, recopila información bibliográfica, descriptiva y sinóptica de cada una de las unidades de análisis y el segundo se centra en el uso de los factores e indicadores para recolectar la información relevante identificada en cada unidad de análisis y que servirá para el proceso de triangulación y conversación con los núcleos y subnúcleos temáticos. Bajo esta última premisa, se detallan a continuación los factores e indicadores que se han utilizado en la investigación.

Factores e indicadores:

Los factores e indicadores “destacan elementos de relevancia a señalar o distinguir en una unidad de análisis” (Hoyos, 2000 p. 62), en ese sentido, los factores se expresan como elementos generales de los que se desglosan los indicadores que cumplen con criterios que ahondan en la especificidad de la información. En la presente investigación se han referenciado los factores e indicadores que indica Hoyos (2000) y adicionalmente, se han creado otros que buscan profundizar en los elementos particulares del objeto de estudio. A continuación, en la tabla 10, se presentan los factores e indicadores propuestos por Hoyos (2000).

Factores	Indicadores
Aspectos formales.	Autor. Tipo de material.

APRENDER, APRENDER SOBRE, APRENDER A HACER CIENCIA CON TIC: UN ANÁLISIS DESDE LA INDAGACIÓN COMO PRÁCTICA CIENTÍFICA

Asunto investigado.	Tema. Pregunta de investigación.
Delimitación contextual.	Espacial Contextual Temporal Sujetos
Propósito	Objetivos
Enfoque	Disciplina Paradigma conceptual Referentes teóricos Conceptos principales Tipo de investigación
Metodología	M. Cualitativa M. Mixta M. Cuantitativa
Resultados	Conclusiones Recomendaciones
Observaciones	Anexos Comentarios

Tabla 10. Factores e indicadores propuestos por Hoyos (2000)

Luego, para la construcción de los factores e indicadores específicos que apuntan directamente a recolectar información para dar cuenta de la pregunta de investigación, se parte desde los núcleos y subnúcleos temáticos y se crean los factores que buscan la generalidad y los indicadores que pretenden desde lo específico encontrar esos elementos que aportan información minuciosa y relevante. Se presentan en la tabla 11 los factores e indicadores específicos:

Núcleos temáticos	Subnúcleos temáticos	Factores	Indicadores
Indagación como práctica científica	Indagación en la educación científica.	Definición de indagación	Postura ontológica. Postura epistémica.
	Características de la indagación como práctica científica.	Características de indagación.	Fases de la indagación como práctica científica. Propósito de la indagación. Procesos de indagación.
Estrategias didácticas para la indagación como práctica científica.	Estrategias de enseñanza al implementar la indagación como práctica científica.	Estrategias de enseñanza con indagación.	Objetivo de enseñanza. Disciplina de la ciencia. Principal objetivo aprendizaje de la estrategia de enseñanza. Uso de TIC (cuál y cómo).

APRENDER, APRENDER SOBRE, APRENDER A HACER CIENCIA CON TIC: UN ANÁLISIS DESDE LA INDAGACIÓN COMO PRÁCTICA CIENTÍFICA

	El papel del estudiante y del maestro en la indagación como práctica científica.	Actores en el proceso de indagación.	Papel del estudiante. Papel del maestro.
Indagación y los Retos de la educación científica	Indagación y aprender ciencia con TIC.	Relaciones entre indagación y aprender ciencia.	Concepción de aprendizaje de las ciencias. Papel de las TIC en los procesos de indagación científica.
	Indagación y aprender sobre ciencia con TIC.	Relaciones entre indagación y los elementos epistémicos.	Concepción de aprendizaje sobre ciencia. Elementos epistémicos de la indagación abordados con TIC.
	Indagación y aprender a hacer ciencia con TIC.	Relaciones entre indagación y los procesos epistémicos.	Concepción de los procesos epistémicos de la ciencia. Procesos epistémicos que favorecen la indagación con uso de TIC.

Tabla 11: factores e indicadores específicos, elaboración propia.

Límites de la investigación:

- Temporales: la presente investigación se desarrolla entre febrero del 2022 y diciembre del 2023, en el marco del desarrollo de la Maestría en Educación en Ciencias Naturales.
- Materiales: las unidades de análisis seleccionadas para la investigación bajo los criterios de inclusión, exclusión y de calidad son 19.
- Espaciales: Las unidades de análisis seleccionadas se desarrollan en contextos latinoamericanos y norte americanos en su mayoría.

3.5 Procedimiento para el análisis de la información.

Esta investigación está comprometida con la premisa planteada por Bolaños-Motta (2016), en donde se plantea que hacer investigación es una acción de revolución, que nada tiene que ver con el sentido romántico de la palabra, sino que se trata del asunto de profundizar en las implicaciones de la revolución desde la razón; lo cual, acontece en la oportunidad de darle al proceso investigativo un tinte crítico y propositivo que va en contraposición a los supuestos de la

APRENDER, APRENDER SOBRE, APRENDER A HACER CIENCIA CON TIC: UN ANÁLISIS DESDE LA INDAGACIÓN COMO PRÁCTICA CIENTÍFICA

investigación para la institucionalidad, y a favor de la investigación para la reflexión y construcción de saberes, en este caso, pedagógicos, didácticos, epistémicos y tecnológicos.

Así pues, la investigación en educación y pedagogía según Bachelard (2000), es un accionar del pensamiento que tiene la función de ocuparse de las reflexiones en torno a los principales actores del proceso de enseñanza y de aprendizaje; es decir, del estudiante, el maestro y el conocimiento. En este sentido, es menester de este proceso investigativo, orientar procedimientos para el análisis de la información recolectada, partiendo de la oportunidad de reconocer el “conocimiento hallado” como “un saber de contexto” (Bolaños, 2016), lo que implica que los datos suponen una ubicación geográfica, política, económica, social, religiosa, educativa y emocional que necesita de un compromiso del investigador para ser usada en términos de la comprensión y la interpretación bajo los objetivos que se han planteado.

Todo esto, implica poner la escuela, el acontecer y las reflexiones de los maestros que se ubican en las unidades de análisis en cuestión, en tensión; lo cual equivale a ver los datos desde el pensamiento crítico y enfocados a entender la realidad desde la lectura del investigador.

Finalmente, es preciso resaltar que investigar desde la racionalidad hermenéutica implica la construcción de significados a partir del abordar, estudiar, entender, analizar y construir conocimientos haciendo uso de procesos de interpretación, en donde, como lo menciona Cabrera (2005), la validez y confiabilidad descansan en el rigor del investigador. Es por ello que, para dar cuenta de un proceso de análisis de la información, se realiza la introducción al análisis de contenido, el cual, servirá como guía para usar e interpretar la información por núcleo temático.

3.5.1 Análisis de contenido

En primer lugar, antes de dar cuenta de las particularidades del análisis de contenido, es preciso hacer alusión a Popper (1992), quien plantea que, por medio de la investigación, no se llega a una verdad, sino que sólo se hace un acercamiento a ella a través del aumento del espíritu científico; lo cual, para esta investigación, se traduce en la oportunidad de acercarse a la escuela, a sus procesos pedagógicos, didácticos, metodológicos e innovadores en la enseñanza de las ciencias.

Este interés se desarrolla a partir del proceso del análisis de contenido, el cual, permitirá un proceso hermenéutico en torno a los objetivos de investigación previamente planteados. En palabras de Rodríguez et al. (2005), el análisis de datos se caracteriza por una forma cíclica y

APRENDER, APRENDER SOBRE, APRENDER A HACER CIENCIA CON TIC: UN ANÁLISIS DESDE LA INDAGACIÓN COMO PRÁCTICA CIENTÍFICA

circular, en donde el investigador tiene la oportunidad de descubrir las categorías y subcategorías que en este trabajo se han denominado núcleos y subnúcleos temáticos a partir de ciclos de revisión que involucran la rigurosidad y la argumentación de un sistema de interpretación potente y anclado a la realidad del fenómeno.

También, el análisis de datos es un proceso que requiere según Morse (2003), de preguntas astutas, búsqueda de respuestas, observación activa y memoria precisa. Comprende un proceso de “reconocer lo importante de lo insignificante, de vincular hechos al parecer no relacionados lógicamente” (p. 32); en síntesis, se habla de un proceso creativo por parte del investigador, en donde se ponen en juego sus habilidades para organizar los datos de manera que se evidencie un esquema analítico y sistemático.

Así pues, con el ánimo de abordar el proceso mediante el cual se pueden analizar los datos extraídos de las unidades de análisis, es preciso hacer uso de las reflexiones generadas por Piñuel (2002), quien plantea el análisis de contenido como un conjunto de procedimientos interpretativos de productos comunicativos como mensajes, textos o discursos; para este caso, de artículos de investigación, que tienen la finalidad de elaborar y procesar datos relevantes.

Esta denominación de análisis de “contenido” es para Piñuel (2002), una implicación importante, puesto que supone analógicamente que el contenido está encerrado, oculto o guardado dentro de lo que él denomina como un “continente”, refiriéndose a las unidades de análisis y que, a partir del proceso de análisis del continente, puede develarse su contenido, que comprende significados y sentidos que conllevan a la interpretación y eventualmente al diagnóstico, que implica el nuevo conocimiento.

Bajo este horizonte de posibilidades, el análisis de contenido se convierte en una oportunidad para develar y revelar aquello que se encuentra escondido y lo no dicho por los maestros en las unidades de análisis, pero que bajo un proceso de interpretación son aportes significativos para la construcción de reflexión en torno al objeto de investigación.

El autor en mención plantea que el análisis de contenido puede realizarse a partir de una serie de pasos: selección de la comunicación que será estudiada, selección de las categorías que se utilizarán, selección de las unidades de análisis, selección del sistema de recuento o medida. Sin embargo, bajo los efectos interpretativos de este trabajo y las condiciones previas establecidas, se interpretan esos pasos como: selección de unidades de análisis, selección de núcleos y subnúcleos

APRENDER, APRENDER SOBRE, APRENDER A HACER CIENCIA CON TIC: UN ANÁLISIS DESDE LA INDAGACIÓN COMO PRÁCTICA CIENTÍFICA

temáticos, selección de los datos, técnicas y procedimientos para la recolección y análisis de la información.

Finalmente, es preciso mencionar que en términos de Hoyos (2000), en lo que corresponde a las fases para el desarrollo metodológico, se precisa en la importancia de dar un lugar representativo a los datos, en donde se dé cuenta de los diferentes tipos de estudios que se han efectuado sobre el tema, los referentes disciplinares y teóricos, los sujetos que han participado de los estudios, las delimitaciones espaciales, temporales y contextuales y las perspectivas metodológicas que se han usado; y justamente es el análisis de contenido el que permite dar luz a la oportunidad de develar el contenido, el significado y el sentido de los datos dentro de las unidades de análisis.

Adicionalmente al proceso de análisis de contenido, el procedimiento para analizar la información requiere de las acciones de codificación, categorización y triangulación de los datos, los cuales se exponen a continuación.

3.5.2 Codificación, categorización y triangulación de la información.

Antes de hablar de la codificación, categorización y triangulación de la información, es preciso hacer referencia a las posibilidades de investigar bajo la racionalidad hermenéutica, ante lo cual Cabrera (2005) menciona la oportunidad de abordar, estudiar, entender, analizar y construir conocimiento a partir de la interpretación. Todo ello, haciendo uso del lenguaje como eje conductor del acto hermenéutico, entendiendo el lenguaje como el posibilitador de las acciones de entendimiento humano, que es dialéctico y una construcción social y cultural. En ese sentido, se entiende la interpretación desde la mirada de Cabrera (2005) como abierta y dialéctica.

Para llevar a cabo este proceso interpretativo, es necesario acudir a la codificación de los datos y de la información extraída de las unidades de análisis y a la configuración de un sistema de categorías, lo cual se traducirá en un universo de análisis, que implica un proceso de fraccionamiento y desintegración en pequeñas partes de datos ordenados por temas para posteriormente, armar las partes a la luz de los núcleos y sub núcleos temáticos, los cuales engloban en micro temas el objeto de estudio.

Todo este proceso sigue una línea interpretativa, la cual se asume desde los tópicos que se evidencian en los objetivos de investigación, sigue por los núcleos y subnúcleos temáticos y se

APRENDER, APRENDER SOBRE, APRENDER A HACER CIENCIA CON TIC: UN ANÁLISIS DESDE LA INDAGACIÓN COMO PRÁCTICA CIENTÍFICA

dotan de significados a partir del uso de los factores e indicadores en cada una de las unidades de análisis. En este sentido, el proceso de categorización se realizó de la siguiente manera:

- A cada núcleo y subnúcleo temático se le asignó un código que relaciona ambos aspectos (N1S1, N1S2...)
- A cada una de las unidades de análisis se le asignó un código aleatorio (A1, A2...)
- Cada uno de los factores e indicadores se identificaron con un código y se sistematizaron en una matriz.

Lo anterior, se denomina codificación, que se cataloga como un proceso físico en donde se asignan colores, códigos o indicativos relacionados con la categoría y se realiza desde lo general hacia lo particular, de manera que los códigos representen una acción sistemática y controlada.

En relación con la categorización, se ha realizado a partir de la combinación entre los procedimientos inductivos y deductivos; es decir, se ha realizado a priori y posteriori de la extracción de los datos, lo cual, ha permitido una doble revisión y sistematización de éstos en una matriz de factores e indicadores.

Luego, hace referencia a las posturas de Cabrera (2005), en lo que se refiere a la triangulación hermenéutica como una acción de cruce dialéctico de toda la información correspondiente al objeto de estudio. Este autor plantea una serie de pasos, que van desde la selección de la información, la triangulación por cada estamento, la triangulación entre estamentos y la triangulación con el marco teórico. En concordancia con las particularidades de esta investigación, se ha realizado la selección de información, la triangulación de los datos que se traduce en cruzar los resultados obtenidos a partir de la información extraída de cada unidad de análisis en términos de los factores e indicadores para cada subnúcleo, luego, cruzar esta información de primer nivel para generar interpretaciones que correspondan con los núcleos temáticos. Finalmente, se cruzan estas conclusiones para expresar los resultados a las preguntas que han orientado todo el proceso de investigación. Adicionalmente, se realiza la triangulación con el marco teórico a partir de la revisión y discusión reflexiva, interactiva y bidireccional entre la interpretación bibliográfica y los resultados, partiendo de los hallazgos en la literatura y lo que se ha encontrado en el proceso de investigación. Esta última triangulación, permitirá aportar a la consolidación de un trabajo de investigación con un cuerpo integrado y dotado de sentidos y significados.

APRENDER, APRENDER SOBRE, APRENDER A HACER CIENCIA CON TIC: UN ANÁLISIS DESDE LA INDAGACIÓN COMO PRÁCTICA CIENTÍFICA

Finalmente, se invita al “Momento hermenéutico” (Cabrera, 2005), es decir, la oportunidad de interpretar la información con base en la intención de construir conocimiento nuevo desde el proceso sistemático y secuencial para la argumentación de los hallazgos y su discusión.

4. Resultados y análisis

En este capítulo se presentan los hallazgos e interpretaciones que dotan de sentido y significado el proceso de investigación. En términos específicos, se realiza inicialmente una caracterización de las unidades de análisis, en donde se presentan los detalles más relevantes de las fuentes de información; luego se procede con la Fase 3: interpretativa por núcleo temático, en donde se realiza un estudio por unidad de análisis y se reflexiona por núcleo temático; posteriormente se presenta la Fase 4: construcción teórica global, en donde se exponen los hallazgos del análisis de contenido y se evidencia el proceso de triangulación entre los datos y de estos con el marco teórico.

4.1 Caracterización de las unidades de análisis

Con el ánimo de dar a conocer las unidades de análisis que han sido parte de este proceso de investigación, se presenta una caracterización, en donde se resaltan algunos de los elementos más importantes de éstas y que han constituido la reseña bibliográfica.

Una de las principales características de las unidades de análisis, que ha permitido tener una visión global del estado actual de la indagación y las prácticas científicas en la enseñanza de las ciencias es su ubicación geográfica; al respecto, se encuentra que dos unidades (Morales et al., 2022; González et al., 2021) pertenecen a la región de Latinoamérica, también dos unidades de análisis (Waight y Abd-El-Khalick, 2011; Johnston et al., 2022) han sido estudios realizados en Norteamérica. Luego, diez unidades de análisis (Álvarez y Francisco, 2020; Tortosa, 2013; Bush et al., 2016; Martín et al., 2023; López et al., 2018; López et al., 2022; Cruz y Martínez, 2021; Cascarosa et al., 2022; Crujeiras-Pérez y Cambeiro, 2018; Rodríguez y Pérez, 2016) son estudios realizados en Europa. Adicionalmente, cuatro unidades han sido estudios del continente asiático (Zhu et al., 2023; Topalsan, 2020; Amin et al., 2022; Wen et al., 2023); y finalmente un estudio se ha realizado en el continente africano (Makamu y Ramnarain, 2022).

APRENDER, APRENDER SOBRE, APRENDER A HACER CIENCIA CON TIC: UN ANÁLISIS DESDE LA INDAGACIÓN COMO PRÁCTICA CIENTÍFICA

Otro de los elementos importantes que ha permitido caracterizar las unidades de análisis, es la implicación de los sujetos, se encuentra entonces que cuatro unidades de análisis realizan sus estudios con estudiantes de primaria (Wen, et al., 2023; Amin et al., 2022; Cruz y Martínez, 2021; Crujeiras-Pérez y Cambeiro, 2018), en diez de estas unidades se realizan estudios con estudiantes de secundaria (Álvarez y Francisco, 2020; Tortosa, 2013; Bush et al., 2016; Waight y Abd-El-Khalick, 2011; López et al., 2018; López et al., 2022; Morales et al., 2022; Cascarosa et al., 2022; González y Greca, 2021; Rodríguez y Pérez, 2016), cuatro unidades de análisis se han enfocado en realizar estudios con estudiantes de licenciatura y de posgrado (Álvarez y Francisco, 2020; Johnston et al., 2022; Martín et al., 2023; Zhu et al., 2023); y finalmente dos unidades de análisis se han enfocado en realizar procesos con maestros de escuela (Makamu y Ramnarain, 2022; Topalsan, 2020).

Por otra parte, se han clasificado las unidades de análisis según la disciplina correspondiente; para este caso, se han encontrado nueve para física (Álvarez y Francisco, 2020; Martín et al., 2023; Makamu y Ramnarain, 2022; Amin et al., 2022; Topalsa, 2020; López et al., 2018; López et al., 2022; Crujeiras-Pérez y Cambeiro, 2018; Zhu et al., 2023), donde se abordan temas como el fenómeno de las estaciones climáticas, la electricidad, cinemática y dinámica, entre otros. Por parte de las unidades de análisis que abordan la enseñanza de la química, se han encontrado cinco (Tortosa, 2013; Bush et al., 2016; Waight y Abd-El-Khalick, 2011; Cascarosa et al., 2022; Rodríguez y Pérez, 2016), abordando temas como el PH, ácido, bases fuertes y débiles, cambio climático, proteínas, ácidos nucleicos y reacciones químicas. Finalmente, se han encontrado cinco unidades de análisis que se enfocan en la biología (Wen et al., 2023; Johnston et al., 2022; Morales et al., 2022; Cruz y Martínez, 2021; González et al., 2021).

Las unidades de análisis también han sido caracterizadas según el uso que dan a las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC); por ejemplo, el uso de e-learning (Álvarez y Francisco, 2020), uso de sensores (Tortosa, 2013), uso de simulaciones y software de datos globales de CO₂ y videojuegos (Bush et al., 2016), uso de software libre (Waight y Abd-El-Khalick, 2011), uso de la realidad aumentada (Wen et al., 2023; Martín et al., 2023), uso de simulaciones Phet (Makamu y Ramnarain, 2022), uso de circuitos simples online y físicos (Amin et al., 2022), uso de laboratorios virtuales (Topalsan, 2020); uso de la pizarra digital (López et al., 2018; 2022). Todos ellos para promover procesos de indagación y prácticas científicas en la clase de ciencias. El resto de las unidades de análisis no explicitan el uso de TIC; hecho que ha resultado

APRENDER, APRENDER SOBRE, APRENDER A HACER CIENCIA CON TIC: UN ANÁLISIS DESDE LA INDAGACIÓN COMO PRÁCTICA CIENTÍFICA

interesante para la presente investigación, porque se ha podido identificar y comparar los resultados de aquellos que usan TIC con quienes no lo hacen.

A continuación, se presenta la tabla 12 que sintetiza esta caracterización.

Unidades de análisis	Espacial	Sujetos	Tema	Disciplina	Uso de TIC
Álvarez y Francisco (2020)	España	Estudiantes de secundaria y universitario.	Fenómenos físicos.	Física	e-learning
Tortosa (2013)	España	Estudiantes de secundaria.	PH: ácido, bases fuertes y débiles.	Química	Sensores
Bush et al. (2016)	Reino Unido	Estudiantes de secundaria.	Cambio climático.	Química	Simulaciones y software de datos globales de CO ₂ , videojuegos.
Waight y Abd-El-Khalick (2011)	Estados Unidos	Estudiantes de secundaria.	Proteínas y ácidos nucleicos.	Química	Software: The Biology Workbench (BW)
Wen et al. (2023)	Singapur	Estudiantes de primaria.	Reproducción de plantas.	Biología	Realidad aumentada.
Martin et al. (2023)	Francia	Estudiantes de posgrado en educación.	Fenómeno sobre las estaciones.	Física	Realidad aumentada.
Makamu y Ramnarain (2022)	Sudáfrica	Maestros.	Electricidad.	Física	Simulaciones PHET
Amin et al. (2022)	Indonesia	Estudiantes de primaria.	Electricidad.	Física	Circuitos simples online y físicos
Topalsan (2020)	Estambul	Maestros.	Fenómenos físicos.	Física	Laboratorios virtuales
López et al. (2018)	España	Estudiantes de secundaria.	Fenómenos físicos.	Física	Pizarra digital
López et. al (2022)	España	Estudiantes de secundaria.	Investigación escolar en física.	Física	NA
Johnston et. al (2022)	Estados Unidos	Estudiantes universitarios.	Evolución.	Biología	NA

APRENDER, APRENDER SOBRE, APRENDER A HACER CIENCIA CON TIC: UN ANÁLISIS DESDE LA INDAGACIÓN COMO PRÁCTICA CIENTÍFICA

Morales et al. (2022)	Chile	Estudiantes secundaria.	de	Control de plagas.	Biología	NA
Cruz y Martínez (2021)	España	Estudiantes primaria.	de	Sistema digestivo.	Biología	NA
Cascarosa et al. (2022)	España	Estudiantes secundaria.	de	Reacciones químicas.	Química	NA
González et al. (2021)	Colombia	Estudiantes secundaria.	de	Nutrición.	Biología	NA
Crujeiras-Pérez y Cambeiro (2018)	España	Estudiantes primaria.	de	Dinámica.	Física	NA
Rodríguez y Pérez (2016)	España	Estudiantes secundaria.	de	Reacciones químicas.	Química	NA
Zhu et al. (2023)	China	Estudiantes posgrado educación.	de en	Investigación escolar.	Física	NA

Tabla 12: Caracterización de unidades de análisis

4.2 Análisis e interpretación por subnúcleo y núcleo temático.

Se presenta a continuación el análisis por subnúcleo y núcleo temático, según el referente teórico que se use. Para el caso de la presente investigación, se hace uso del análisis de contenido como estrategia que permite realizar procedimientos que conducen a la interpretación, que tiene por objeto elaborar y procesar datos relevantes y que busca entrar al texto y explorar su conjunto de posibilidad en búsqueda de los sentidos y significados que le dan fuerza a esta investigación. Bajo estas posturas, en esta investigación se definieron tres núcleos temáticos: Indagación como práctica científica, Estrategias didácticas para la indagación como práctica científica, Indagación y los Retos de la educación científica. Los tres núcleos temáticos se abordarán por separado haciendo una interpretación de lo encontrado en las 19 unidades de análisis y finalmente se realizará un proceso de interpretación teórica global, en la cual se busca establecer un diálogo entre los hallazgos y el marco teórico, pero, sobre todo, en donde se pretende dar a conocer esas posturas relevantes que darán lugar a las conclusiones.

APRENDER, APRENDER SOBRE, APRENDER A HACER CIENCIA CON TIC: UN ANÁLISIS DESDE LA INDAGACIÓN COMO PRÁCTICA CIENTÍFICA

Para llevar a cabo el proceso de análisis de datos, es necesario tener una proximidad importante con la acción investigativa, con las preguntas que emergen del estudio, con el uso de la herramienta analítica y con los resultados que se esperan; es por ello que, para la presente investigación, además de hacer uso del análisis de contenido, se presentará cada núcleo temático desde la postura de Miles y Huberman (1994) denominada como “Progresiones en ascenso”, lo cual implica estructurar el análisis en tres fases: descripción, interpretación, inferencia. Por parte de la descripción del fenómeno, se busca partir de un marco de referencia que permita descomponer el todo en unidades más simples, aquí se detallan los aspectos del fenómeno, se representa alguna situación, se aclaran las situaciones específicas de ocurrencia del fenómeno; en síntesis, la descripción permite ampliar el estado de conocimiento del fenómeno. Luego, se procede con la fase de interpretación de los datos para lograr significados, aquí se busca descomponer el todo en unidades simples que permitan reconocer un orden, un patrón, unas características y la identificación de las condiciones del fenómeno. Finalmente, la fase de inferencia busca la articulación de relaciones entre los datos que permitan extraer conclusiones, equivalencias, complementariedades, asociaciones, correlaciones, analogías y que, de pie para sugerir clasificaciones, proponer fases, insinuar relaciones causales, argumentar afirmaciones. Es preciso mencionar, que todo esto pertenece al desarrollo de la **Fase 3** del marco metodológico.

4.2.1 Indagación como práctica científica:

A continuación, se presentan los hallazgos encontrados en las unidades de análisis correspondientes al primer núcleo temático, el cual se ha denominado Indagación como práctica científica, este núcleo comprende dos subnúcleos: indagación en la educación científica y características de la indagación como práctica científica. Así pues, se presentan a continuación los resultados de cruzar los datos extraídos en cada una de las unidades de análisis desde los subnúcleos para luego, dar lugar a las interpretaciones para el núcleo temático.

4.2.1.1 Indagación en la educación científica

La indagación y la educación científica se manifiestan en las unidades de análisis como dos elementos que son necesarios y pertinentes bajo las necesidades actuales en términos sociales,

APRENDER, APRENDER SOBRE, APRENDER A HACER CIENCIA CON TIC: UN ANÁLISIS DESDE LA INDAGACIÓN COMO PRÁCTICA CIENTÍFICA

educativos y ambientales. En primer lugar, se entiende la indagación como los procesos que conllevan al estudiante y al maestro a realizar un conjunto de acciones que se encaminan en el desarrollo de una investigación. De esta manera, dos unidades de análisis (Topalsan, 2020; Cascarosa et al., 2022), concuerdan en asumir la indagación en la clase de ciencias como un proceso intencional que tiene como objetivo la identificación y el diagnóstico de problemas, la aplicación del pensamiento lógico, la argumentación bajo el pensamiento crítico y la consideración de explicaciones alternativas. Estos elementos también son característicos de las acciones que se llevan a cabo para la educación científica, en donde se busca que el estudiante interprete su contexto inmediato para la identificación de un problema, que use el pensamiento crítico en la articulación entre diferentes áreas del conocimiento y que pueda explicar, argumentar y debatir situaciones que caracterizan el problema.

En este sentido, hablar de indagación en la educación científica, se entiende como un proceso bidireccional, que requiere de distinguir entre indagación científica y enseñanza basada en indagación. La primera está relacionada con el trabajo que hacen los científicos y la segunda va de la mano con las acciones de indagación que pueden desarrollarse en la clase de ciencias para contribuir a los procesos de aprendizaje de los estudiantes. De manera que, la enseñanza basada en indagación cumple un rol fundamental en los propósitos de la educación científica, entre ellos se encuentra la oportunidad de resaltar el papel de las preguntas como posibilitadoras y movilizadoras de aprendizajes, como organizadoras del saber y generadoras de espacios colectivos en torno a la ciencia y de resaltar la importancia de las preguntas investigables en el entorno educativo para la realización de proyectos, investigaciones, entre otros.

Todo lo anterior, va de la mano con los hallazgos que se han encontrado en las unidades de análisis, en donde, de manera implícita se realizan distinciones entre lo que implica hablar de indagación para los científicos y lo que concierne a la indagación en el aula de clase. Así pues, las unidades de análisis en sus objetivos, introducción o marco teórico realizan alusiones a la importancia de vincular la educación científica en los procesos de aprendizaje no sólo de la enseñanza de las ciencias, también, unidades como (Martin et al., 2023) señalan la necesidad de retomar los discursos de la alfabetización científica para mejorar de manera significativa los desempeños en las pruebas nacionales e internacionales.

APRENDER, APRENDER SOBRE, APRENDER A HACER CIENCIA CON TIC: UN ANÁLISIS DESDE LA INDAGACIÓN COMO PRÁCTICA CIENTÍFICA

Esta apuesta, se ve reflejada en unidades de análisis como (Cascarosa et al., 2022) en tanto que resaltan la necesidad de darle un lugar representativo a las posibilidades de la alfabetización científica, y aunque no usan en la estrategia de enseñanza las TIC, si se cuestionan sobre la oportunidad que puede brindar estas herramientas a la comprensión de los procesos químicos. Es por ello, que se denota en general, que las unidades de análisis manifiestan la apertura a la alfabetización científica y tecnológica, por lo menos desde la necesidad de generar procesos de enseñanza futuros que se caractericen por estos dos elementos.

Todo lo anterior, ha permitido darle un lugar representativo a la relación bidireccional que comprende la indagación y la educación científica, entendiendo la primera como parte de la segunda, en donde se pueden generar procesos significativos para los estudiantes que les permitan reconocer el entorno y la realidad cercana, identificar problemas, plantear soluciones y comunicar las acciones pertinentes para su solución. Cada uno de estos elementos conllevan al estudiante a formarse en pensamiento crítico, en investigación, recopilación de ideas y planteamiento de preguntas, elementos que son característicos de la educación científica.

Luego, con el ánimo de profundizar en lo que implica la indagación bajo el marco de las prácticas científicas, se presenta a continuación el segundo subnúcleo, en donde se pretende resaltar aquello que identifica a la enseñanza y el aprendizaje basado en indagación.

4.2.1.2 Características de la indagación como práctica científica

Para abordar la indagación como dimensión de las prácticas científicas, es necesario acudir a las unidades de análisis que han permitido el proceso de recolección de información en la presente investigación, e identificar cuáles han sido esos problemas o dificultades que los autores han encontrado y que los ha llevado a abordar la indagación, especialmente como práctica científica.

Lo anterior, ha permitido identificar que en tres unidades de análisis (López et. al 2022; Waight y Abd-El-Khalick, 2011; Wen et al. 2023), se parte de la premisa de las dificultades que manifiestan los estudiantes para elaborar procesos de investigaciones escolares, en donde principalmente no se comprende fácilmente la delimitación de un problema, la formulación de objetivos e incluso el diseño de una etapa experimental. Por otra parte, en dos unidades de análisis (Morales et al., 2022; Martin et al., 2023), se encuentra la necesidad de plantear los retos que

APRENDER, APRENDER SOBRE, APRENDER A HACER CIENCIA CON TIC: UN ANÁLISIS DESDE LA INDAGACIÓN COMO PRÁCTICA CIENTÍFICA

supone incorporar la indagación en contextos rurales y no rurales y las necesidades que acontecen en la preparación de los docentes para poner en práctica un rol activo y propositivo en el aula.

Estas y otras dificultades van orientadas al estado polisémico de la indagación; es decir, a la diversidad de definiciones encontradas en la literatura, a la falta de consensos entre lo que implica indagar en el aula de clase y específicamente en la enseñanza de las ciencias.

Luego de identificar las dificultades en cada unidad de análisis, se procede a develar cuáles son las concepciones de indagación a partir de las cuales han llevado a cabo sus procesos de enseñanza y de aprendizaje. Entre ellas, se encuentra que cuatro unidades de análisis (Morales et al., 2022; Martin et al., 2023, González et al., 2021; Rodríguez y Pérez, 2016; Zhu et al., 2023) plantean la concepción de indagación desde la NRC (2016), quien la define como una actividad polifacética que incluye la observación, formulación de preguntas, búsqueda de información en libros y otras fuentes, diseño y planificación de investigaciones, revisión de ideas, análisis e interpretación de datos, formulación de respuestas, explicaciones y comunicación de los resultados. Además, estas dos unidades de análisis plantean que la investigación es un proceso que desde una perspectiva sociocultural se entiende como un enfoque pedagógico, el cual, permite atribuírsele la orientación hacia la reflexión del proceso de enseñanza, en este caso, de las ciencias.

Finalmente, otras unidades de análisis (Tortosa, 2013; Bush et al., 2016; López et al., 2018), apuntan a la indagación como un proceso que conlleva, como se ha mencionado anteriormente, al desarrollo de experimentos y a la interpretación de los datos. Al respecto, en otra unidad de análisis, Johnston et al. (2022), se cuestionan sobre la posibilidad de las actividades de laboratorio basadas en la indagación para interferir en los conceptos erróneos sobre la ciencia.

Todo lo anterior, se ha rescatado de las unidades de análisis justamente con el ánimo de resaltar y poner en evidencia las relaciones que existen con las prácticas científicas, y dar cuenta de la forma en que cada uno de los maestros investigadores asumen estas posturas y las ponen en práctica en su quehacer en la enseñanza de las ciencias. Es por ello, que se han identificado algunos elementos clave que implícita o explícitamente dan cuenta de procesos que orientan a las prácticas científicas; entre ellos se encuentra la importancia de incluir la participación de los estudiantes y de los maestros en prácticas sociales, discursivas y cognitivas asociadas a la actividad científica; así lo plantean Duschl y Grandy (2012) y Osborne (2014) quienes resaltan la importancia de

APRENDER, APRENDER SOBRE, APRENDER A HACER CIENCIA CON TIC: UN ANÁLISIS DESDE LA INDAGACIÓN COMO PRÁCTICA CIENTÍFICA

promover las ocho prácticas científicas mencionadas en el marco teórico, entre las que se encuentra la planificación, el diseño de investigaciones y la interpretación de datos experimentales. Al respecto, algunas unidades de análisis (Tortosa, 2013; Bush et al., 2016; López et al., 2018; López et al., 2022; Waight y Abd-El-Khalick, 2011; Wen et al., 2023), mencionan las prácticas científicas como una oportunidad para desarrollar destrezas necesarias a la hora de plantear preguntas investigables, formular hipótesis, elaborar diseños experimentales, analizar y comunicar resultados; acciones propias de la indagación como dimensión de las prácticas científicas. Además, plantean las dificultades que estas acciones suponen para el estudiantado y la necesidad de llevar a cabo procesos que permitan una comprensión profunda de las implicaciones de la indagación en la escuela. En estas unidades de análisis, también se hace un hallazgo fundamental relacionado con la necesidad de llevar a cabo estas prácticas de manera gradual, incluso se hace referencia a la oportunidad de ver las prácticas científicas en la clase de ciencias como un progreso a lo largo de los diferentes niveles de escolaridad. Esto permite reconocer la indagación como dimensión de las prácticas científicas, como un elemento no sólo necesario, sino también complejo y oportuno para el aprendizaje de los estudiantes.

Por otro lado, otras unidades de análisis (Makamu y Ramnarain, 2022; Amin et al., 2022; Cruz y Martínez, 2021; Topalsan, 2020; Cascarosa et al., 2022), concuerdan en la defensa de las prácticas científicas y de los procesos que invitan a la indagación, bajo el argumento de la necesidad y pertinencia de orientar los procesos de enseñanza y aprendizaje desde unidades didácticas con este enfoque que puedan aplicarse, incluso, desde la educación infantil. También, resaltan la oportunidad de usar prácticas científicas y los procesos de indagación para favorecer las actitudes positivas y críticas hacia la ciencia y el uso del lenguaje apropiado para referirse a los fenómenos naturales.

Con respecto a la relación entre ciencia y tecnología, o para este caso, ciencia y TIC, algunas unidades de análisis (Tortosa, 2013; Bush et al., 2016; López et al., 2018; López et al., 2022; Waight y Abd-El-Khalick, 2011; Wen et al., 2023; Johnston et al., 2022; Álvarez y Francisco, 2020; Martin et al., 2023; Makamu y Ramnarain; 2022; Amin et al., 2022; Topalsan, 2020), resaltan el papel fundamental de estos dos elementos para los avances de la sociedad, manifestando que la interacción entre el sujeto y la información por medio de los diferentes recursos como

APRENDER, APRENDER SOBRE, APRENDER A HACER CIENCIA CON TIC: UN ANÁLISIS DESDE LA INDAGACIÓN COMO PRÁCTICA CIENTÍFICA

simulaciones, laboratorios virtuales, videos, entre otros, permiten incentivar al estudiante a la participación y la comprensión de los temas de ciencias desde el impacto que tienen en la vida en sociedad y en la naturaleza. Así pues, estas unidades de análisis se han caracterizado por incorporar las TIC o reflexionar sobre ellas en los procesos de indagación, sobre todo se han identificado como un medio para llevar a cabo secuencias de enseñanza y se usan como herramientas para planificar y elaborar procesos como plantear preguntas sobre fenómenos científicos, diseñar experimentos, recolectar datos, analizar y comunicar conclusiones, elementos que se han mencionado antes y que son característicos de la indagación como dimensión de las prácticas científicas.

En síntesis, en ninguna unidad de análisis se ha percibido el uso de TIC como un recurso “salvador” para la enseñanza; todo lo contrario, se ha mostrado como un posibilitador de los procesos, como un conjunto de herramientas que puede ayudar no sólo a motivar a los estudiantes, sino a simplificar y secuenciar los procesos.

Finalmente, otro de los hallazgos importantes para ubicar la indagación como dimensión de las prácticas científicas se encuentra en su clasificación. En el marco teórico, se hizo referencia a la posibilidad de realizar indagación abierta, guiada, acoplada y estructurada. Cada uno de estos procesos se diferencia por el rol que asume el maestro y el estudiante, por ejemplo, en la indagación abierta el estudiante tiene un rol completamente activo, mientras que el maestro asume posturas pasivas y poco funcionales en el proceso; por su parte, en la indagación estructurada sucede todo lo contrario, el estudiante tiene un rol completamente pasivo y el maestro es quien realiza todos los procesos, asumiendo un lugar de poder como el poseedor del conocimiento. Se encuentra que las unidades de análisis se han limitado en describir en detalle cuál tipo de indagación realizan, así en López et al. (2022) se evidencia la práctica de la indagación acoplada, mientras en otras unidades de análisis (Johnston et al., 2022; Morales et al., 2022; Topalsan, 2020) llevan a cabo la indagación guiada y sólo Cruz y Martínez (2021) le apuestan a la indagación estructurada. Lo cual invita a pensar que, como una de las mejores opciones, se encuentra la indagación guiada y acoplada, porque promueve un papel del maestro y del estudiante en equilibrio; lo que implica un trabajo colectivo y bidireccional para llevar a cabo procesos de indagación en y para las prácticas científicas. De manera que, para los siguientes análisis por núcleo temático, se resaltarán estos dos tipos de indagación, porque se considera que el rol del maestro y del estudiante en equilibrio y apoyo mutuo son favorecedores de los procesos de las prácticas científicas, incentivan la motivación y el desarrollo de habilidades científicas; además, la interacción entre estos dos actores

APRENDER, APRENDER SOBRE, APRENDER A HACER CIENCIA CON TIC: UN ANÁLISIS DESDE LA INDAGACIÓN COMO PRÁCTICA CIENTÍFICA

permitirá plantear preguntas de investigación cercanas al contexto real y ser usadas en un proceso de investigación, también en la indagación guiada y acoplada como dimensión de las prácticas científicas cabe el error como posibilitador de reflexiones críticas y propositivas y son una oportunidad para el aprendizaje.

A continuación, se muestra en la figura 2 un mapa conceptual con los elementos más importantes de este núcleo temático y sus relaciones causales.

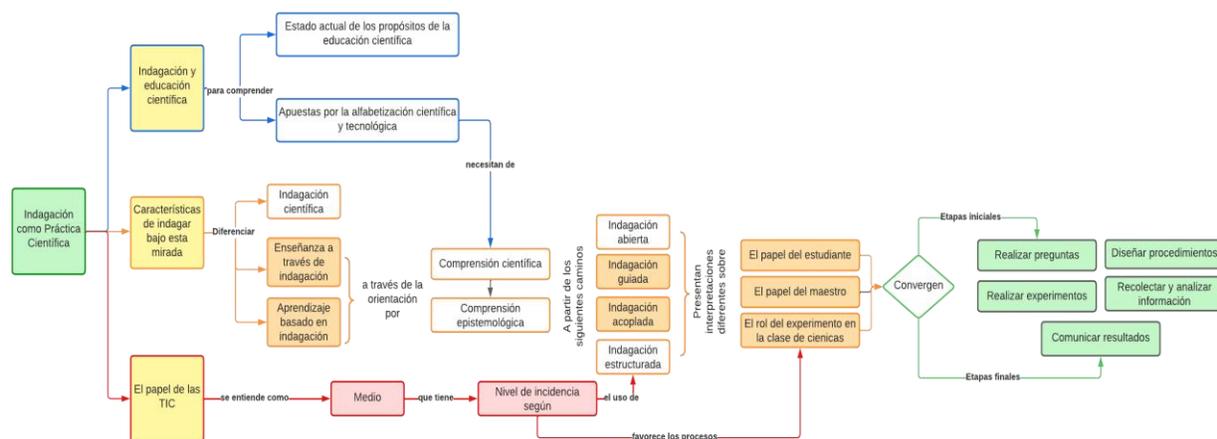


Figura 2. Síntesis del núcleo temático 1

4.2.2 Estrategias didácticas para la indagación como práctica científica:

A continuación, se presentan los hallazgos para el segundo núcleo temático denominado Estrategias didácticas para la indagación como práctica científica, que comprende dos subnúcleos temáticos, el primero Estrategias de enseñanza al implementar indagación como práctica científica y el segundo El papel del estudiante y del maestro en la indagación como práctica científica.

4.2.2.1 Estrategias de enseñanza al implementar indagación como práctica científica.

Las unidades de análisis se caracterizan por evidenciar procesos que surgen de estrategias de enseñanza orientados a las ciencias; para este caso, a la enseñanza de la Física, la Química y la Biología y han sido fundamentales para orientar este análisis en términos de poner en evidencia el estado polisémico de la indagación; es decir, la dificultad para interpretar qué significa diseñar estrategias de enseñanza basadas en indagación. Es por ello, que a continuación se presentan las

APRENDER, APRENDER SOBRE, APRENDER A HACER CIENCIA CON TIC: UN ANÁLISIS DESDE LA INDAGACIÓN COMO PRÁCTICA CIENTÍFICA

fases y procesos que se han identificado en las unidades de análisis, se describen las estrategias de enseñanza, se conversa con los resultados y finalmente, se proponen unas orientaciones para diseñar unidades de enseñanza desde los propósitos de la indagación como práctica científica.

En primer lugar, se encuentra que algunas unidades de análisis (López et al., 2022; Waight y Abd-El-Khalick, 2011; Wen et al., 2023), hacen énfasis en el diseño de actividades secuenciadas, que gocen de un nivel creciente de dificultad y que pueda brindarle cierto grado de autonomía al estudiante, esto implica que sean suficientemente claras y pertinentes. Por su parte, otras unidades de análisis como la de Johnston et al. (2022), proponen incorporar actividades “desafío”, las cuales contemplan un diseño orientado a la aplicación de habilidades para la resolución de problemas y se hace referencia a la relación que este tipo de actividades deben de tener con la práctica de laboratorio. En las actividades “desafío” este autor propone llevar a cabo cada uno de los procesos de indagación, como la formulación de preguntas, el diseño de experimentos, la recopilación de datos, el análisis y la comunicación de conclusiones. Por otro lado, se cuenta con otras unidades de análisis (Morales et al., 2022; Martin et al., 2023; Makamu y Ramnarain, 2022; Amin et al., 2022; Cruz y Martínez, 2021), que enfatizan en la necesidad de orientar las preguntas de investigación en actividades que puedan generar investigaciones científicas, proponen el uso de esquemas como mapas mentales y conceptuales para guiar la investigación, y además de eso, estas unidades de análisis tienen en común los “momentos pedagógicos”, los cuales se entienden como espacios durante la indagación en donde el maestro tiene un papel fundamental; para este caso, se enuncia que el maestro estimula a los estudiantes al planteamiento de preguntas, invita a los estudiantes a proponer explicaciones, los involucra en la planificación de la investigación, fomenta la identificación de variables, involucra habilidades para la recolección de datos, asesora a los estudiantes y los orienta en la reflexión crítica, acompaña en la creación y consolidación de las conclusiones y destina espacios para diseñar la comunicación de los resultados.

Teniendo en cuenta lo mencionado anteriormente, las estrategias de enseñanza para la indagación como práctica científica, deben de gozar de actividades secuenciales, actividades desafío, uso de esquemas como mapas mentales, conceptuales y momentos pedagógicos. Cada uno de estos elementos, son cruciales para nutrir de manera significativa la reflexión teórica que se pretende dar a conocer al finalizar este apartado.

APRENDER, APRENDER SOBRE, APRENDER A HACER CIENCIA CON TIC: UN ANÁLISIS DESDE LA INDAGACIÓN COMO PRÁCTICA CIENTÍFICA

Por otro lado, y con el ánimo de continuar develando las características de las estrategias de enseñanza que han hecho parte de las unidades de análisis, se presentan a continuación esos elementos claves que las unidades mencionan como infaltables, característicos y que conducen a los procesos significativos, entre ellos se encuentran unidades de análisis (López et al., 2022; Waight y Abd-El-Khalick, 2011; Wen et. al., 2023), que expresan la necesidad de acompañar al estudiante en la consolidación de preguntas investigables. También, unidades de análisis (Johnston et al., 2022), que se refieren a la necesidad de que existan rúbricas de evaluación para valorar el proceso de los estudiantes, y se sugiere que estas se orienten desde los indicadores “principiante, en desarrollo, desarrollado apropiadamente y ejemplar”, las cuales permiten valorar cada uno de los procesos de indagación desde el planteamiento de la pregunta hasta la comunicación de los resultados.

Finalmente, algunas unidades de análisis proponen unas fases, procesos o estructura para el desarrollo de las actividades que comprenden las estrategias de enseñanza. A continuación, se presenta un cuadro comparativo entre algunas unidades de análisis (López et al., 2022; Johnston et al., 2022; Cruz y Martínez, 2021).

Secuencia	(López et al., 2022)	(Johnston et al., 2022)	(Cruz y Martínez, 2021)
Acción 1	Una situación	Introducción a la metodología del laboratorio	Contextualización
Acción 2	Descripción del problema científico que se intenta solucionar	Los estudiantes reciben un desafío en donde se les pide usar el proceso científico para resolver un problema.	Pregunta de indagación
Acción 3	Hipótesis para realizar el experimento	Formular hipótesis	Hipótesis de los escolares
Acción 4	Pregunta por el método para solucionar el problema.	Probar la hipótesis	Planificación de la experiencia
Acción 5	Pregunta ¿qué materiales se van a usar?	Expresar resultados de manera organizada	Materiales necesarios
Acción 6	Pregunta ¿cómo lo vamos a hacer? descripción de pasos a seguir	Definir el problema	Construcción de tablas de recolección de datos

APRENDER, APRENDER SOBRE, APRENDER A HACER CIENCIA CON TIC: UN
ANÁLISIS DESDE LA INDAGACIÓN COMO PRÁCTICA CIENTÍFICA

Acción 7	Resultados	Desarrollar un plan para resolver el problema	Comprobación experimental de las hipótesis
Acción 8	Conclusiones	Analizar y presentar la información	Explicación de la docente usando la modelización como recurso didáctico
Acción 9		Interpretar los hallazgos	Elaboración y comunicación de conclusiones
Acción 10		Resolver el problema desafiante.	

Tabla 13. Descripción de estrategias de enseñanza en las unidades de análisis.

La tabla 13, permite evidenciar los procesos que se han argumentado como característicos de la indagación como práctica científica, en donde se parte de una pregunta de investigación y se finaliza en la comunicación de los resultados. También, la tabla 13 es orientadora sobre los procesos necesarios y secuenciales que serán provechosos para la reflexión teórica que se propone y el diseño de estrategias de enseñanza basadas en indagación como práctica científica.

Los resultados de los procesos de enseñanza en las unidades de análisis mencionadas en la tabla 13, manifiestan un incremento en la capacidad de los estudiantes para utilizar destrezas abordadas en las actividades de indagación, se evidencian rasgos del pensamiento científico en los estudiantes, una comprensión más próxima a los procesos de la ciencia y un interés y motivación por asumir roles participativos y activos en el diseño y ejecución de investigaciones escolares.

Todo lo anterior, se consolida como reflexiones y hallazgos significativos que han permitido construir el diseño de una estrategia de enseñanza basada en indagación como práctica científica. A continuación, se presenta un mapa conceptual que recoge los hallazgos encontrados, en donde se proponen tres fases para el desarrollo de este tipo de estrategias: fase previa, fase de desarrollo y fase de retroalimentación, además, se muestra de qué manera el rol del maestro y del estudiante pueden conversar de manera bidireccional.

Cada una de estas fases tiene una intencionalidad en términos de la enseñanza de las ciencias, por ejemplo, la fase previa está relacionada con la necesidad de involucrar el rol de la naturaleza de las ciencias, a partir del reflexiones que estén orientadas al enfoque histórico,

APRENDER, APRENDER SOBRE, APRENDER A HACER CIENCIA CON TIC: UN ANÁLISIS DESDE LA INDAGACIÓN COMO PRÁCTICA CIENTÍFICA

epistémico y filosófico de la ciencias; es decir, a los procesos de la ciencia (aprender sobre ciencia), la fase de desarrollo muestra unos procesos secuenciales y en equilibrio en donde el maestro y el estudiante asumen un rol de pares para la consolidación de acciones referentes al hacer ciencia y la fase de retroalimentación busca poner en relevancia los espacios de reflexión y construcción colectiva para el aprendizaje de las ciencias. Cada una de estas fases, es mediada por TIC; es decir, se recomienda el uso de simulaciones, videos, laboratorios virtuales, software libre, foros de discusión, entre otras, para acompañar los procesos en cada una de las fases.

A continuación, se presenta la Figura 3, en donde se realiza una síntesis del segundo núcleo temático.

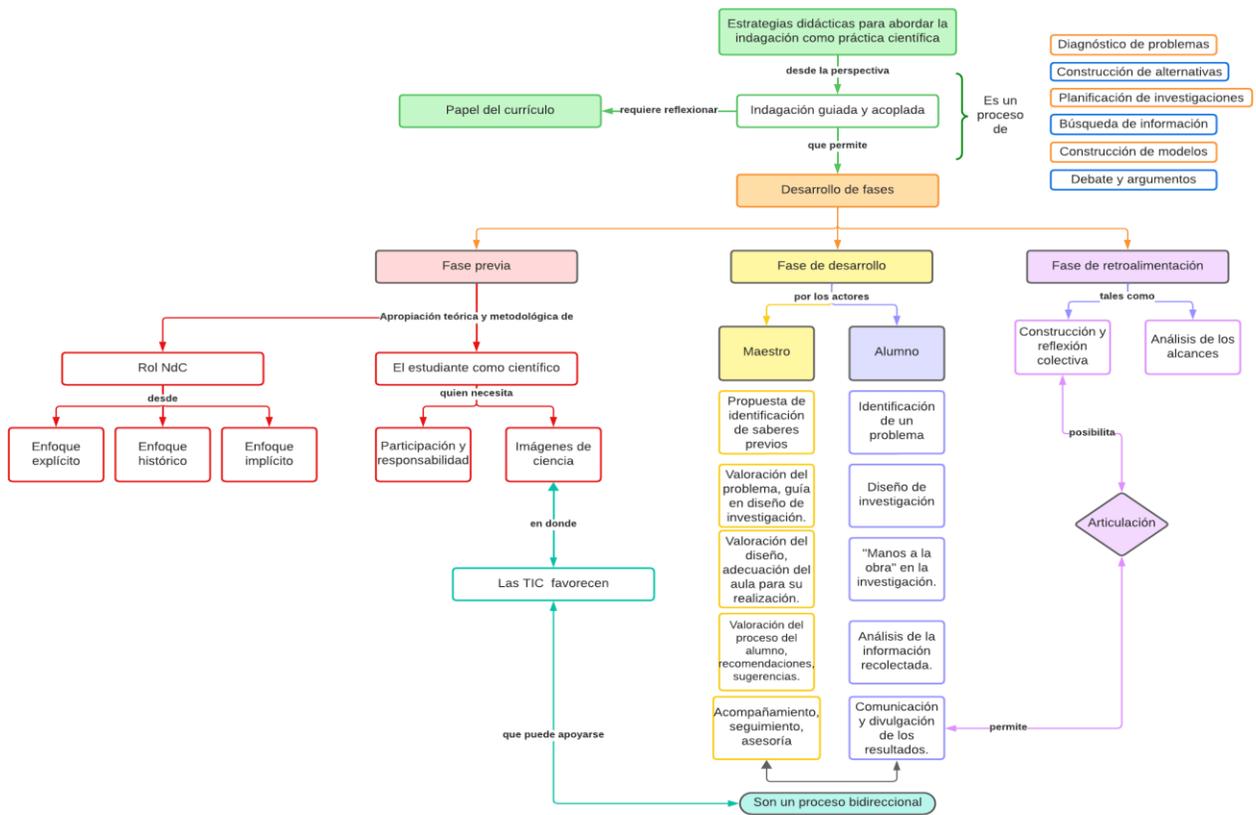


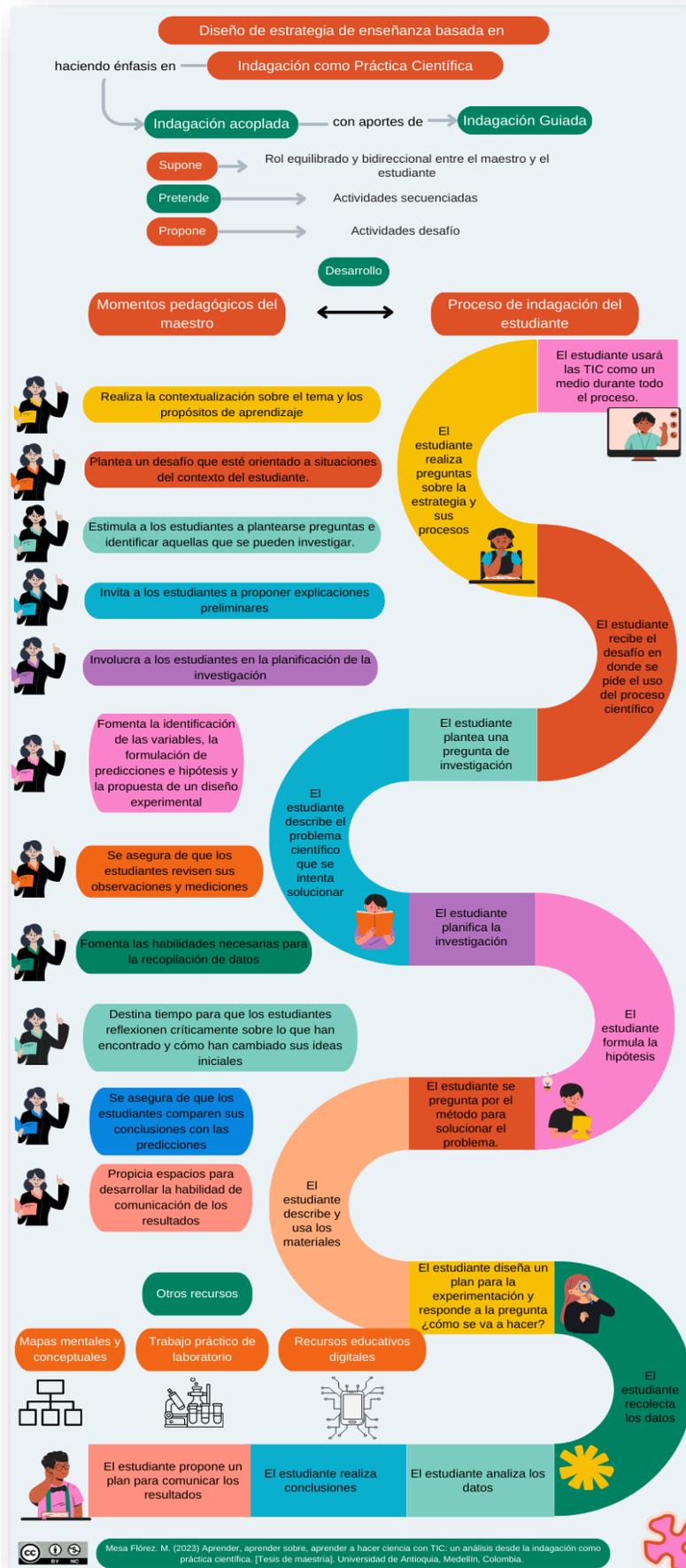
Figura 3. Síntesis del núcleo temático 2.

4.2.2.2 El papel del estudiante y del maestro en la indagación como práctica científica.

APRENDER, APRENDER SOBRE, APRENDER A HACER CIENCIA CON TIC: UN ANÁLISIS DESDE LA INDAGACIÓN COMO PRÁCTICA CIENTÍFICA

Con el ánimo de profundizar en este rol bidireccional entre el maestro y el estudiante y de relacionar algunos aspectos relevantes que se han considerado como hallazgos en este apartado del análisis, se ha realizado la figura 4, la cual comprende una infografía, que puede servir al maestro para guiarse en la fase de desarrollo, la cual, requiere de los procesos de indagación como práctica científica para la enseñanza de las ciencias. Esta infografía busca dar a conocer de manera sintética de qué manera el rol del maestro y del estudiante son significativos en los procesos de indagación y determinantes en el aprendizaje del estudiante. Para este caso, se resalta la indagación guiada y acoplada como orientadores para definir las acciones en paralelo que el estudiante y el maestro pueden realizar. Este paralelo se orienta desde unas acciones del maestro denominadas “momentos pedagógicos” y unas acciones del estudiante que caracterizan el proceso de indagación. Los colores en la infografía identifican aquellas acciones que se realizan a la par y se incluyen otros recursos como el uso de esquemas, el trabajo práctico de laboratorio y los recursos educativos digitales, los cuales, pueden favorecer las acciones mencionadas tanto para el maestro como para el estudiante.

APRENDER, APRENDER SOBRE, APRENDER A HACER CIENCIA CON TIC: UN ANÁLISIS DESDE LA INDAGACIÓN COMO PRÁCTICA CIENTÍFICA



APRENDER, APRENDER SOBRE, APRENDER A HACER CIENCIA CON TIC: UN ANÁLISIS DESDE LA INDAGACIÓN COMO PRÁCTICA CIENTÍFICA

Figura 4. Estrategia de enseñanza basada en indagación para la enseñanza de las ciencias. Fase de desarrollo.

4.2.3 Indagación y los retos de la educación científica.

Para abordar este núcleo temático, es preciso traer a colación aquellos hallazgos en las unidades de análisis que hacen referencia a la necesidad y oportunidad de pensar en la educación científica como un reto global y en la alfabetización científica como una necesidad global. Estos dos elementos, son precisos antes de hablar de los retos de la educación científica, justamente, porque ha sido importante reconocer de qué manera las unidades de análisis se disponen a pensar la educación científica dentro de las estrategias de enseñanza, los marcos teóricos y las reflexiones que llevan a cabo en la enseñanza de las ciencias.

En este sentido, se encuentran en algunas unidades de análisis (López et al., 2022; Waight y Abd-El-Khalick, 2011; Wen et al., 2023; Morales et al., 2022; Martin et al., 2023; Johnston et al., 2022), referencias a la importancia de la formación científica en la educación secundaria a partir de la promoción de la resolución de problemas que permitan propiciar habilidades para la toma de decisiones ciudadanas. Se resalta el reto de no asumir exclusivamente la enseñanza de las ciencias como el conocimiento de la ciencia, sino que también, es preciso involucrar la formación en destrezas y actitudes necesarias para procesar y comprender la información en la clase de ciencias. Así mismo, se manifiesta como indiscutible la pertinencia de la sólida formación a la sociedad en términos de entender las ideas centrales de la ciencia para ser usadas en situaciones de contextos reales, lo cual, da lugar a promover percepciones positivas sobre la relevancia social de la educación científica e imágenes de la ciencia renovadas.

Otro de los elementos importantes a resaltar que tienen que ver con la alfabetización científica es su relación con la tecnología, esto dado a que en el siglo XXI la tecnología hace parte importante en el diario vivir de las personas, especialmente, de los estudiantes. Así pues, las unidades de análisis (López et al., 2022; Waight y Abd-El-Khalick, 2011; Wen et al., 2023; Morales et al., 2022; Martin et al., 2023; Johnston et al., 2022), resaltan el papel de la tecnología en la enseñanza de las ciencias desde un rol fundamental que permite la interacción continua con la formación científica, la promoción del pensamiento crítico, la motivación, el interés de los

APRENDER, APRENDER SOBRE, APRENDER A HACER CIENCIA CON TIC: UN ANÁLISIS DESDE LA INDAGACIÓN COMO PRÁCTICA CIENTÍFICA

estudiantes, la participación democrática en las discusiones sobre ciencia y en la oportunidad para acceder a la información que hace algunos años era imposible.

Todo lo anterior, permite entonces abordar los retos de la educación científica desde la postura de Hodson (2003; 2010), quien plantea el aprender ciencia y tecnología, el aprender sobre ciencia y tecnología y el aprender a hacer ciencia y tecnología. Estos tres retos se han asumido como una parte importante de este trabajo de investigación, porque suponen la posibilidad de abordar desde la complementariedad la enseñanza de las ciencias pensando en un estudiante que desarrolle habilidades en términos conceptuales, procedimentales y epistémicos.

Con base en estos planteamientos, es importante resaltar que las unidades de análisis han hecho especial referencia a su comprensión e interés por llevar a la práctica los retos de la educación científica. Algunas unidades de análisis (López et al., 2022; Waight y Abd-El-Khalick, 2011; Wen et al., 2023; Morales et al., 2022; Martin et al., 2023; Tortosa, 2013; Bush et al., 2016; López et al., 2018), hacen referencia al aprender ciencia y tecnología desde el reto de darle un lugar representativo no sólo a los conceptos sino también a las destrezas básicas como la observación, clasificación y comunicación y a las destrezas de investigación como el diseño de experimentos, interpretación de resultados y elaboración de conclusiones. En estos términos, las unidades de análisis son enfáticas en mencionar que el aprender ciencia no debe remitirse única y exclusivamente al aprendizaje conceptual, sino que es necesario darle una mirada amplia, en donde el reconocimiento del lenguaje propio de la ciencia y el desarrollo de otras destrezas puedan tener lugar.

De otro lado, hay unidades de análisis que hacen referencia al aprender sobre ciencia y tecnología (López et al., 2022; Waight y Abd-El-Khalick, 2011; Wen et al., 2023; Morales et al., 2022; Martin et al., 2023; Makamu y Ramnarain, 2022; Amin et al., 2022; Cruz y Martínez, 2021; Topalsan, 2020; Cascarosa et al., 2022). Antes de hablar sobre sus posturas, es preciso recordar que en el marco teórico se realizó un acercamiento a las posturas de Hodson (2003; 2010), quien plantea que el reto de aprender sobre ciencia y tecnología está relacionado con la posibilidad de promover en los estudiantes el acercamiento a los procesos de la ciencia, todo ello con la intención de dar lugar a la comprensión del estado inacabado de la ciencia, de la ausencia de verdades absolutas. Así pues, las unidades de análisis mencionadas hacen referencia a este reto cuando proponen, por ejemplo, el uso de problemas socio científicos que involucren actividades que permitan el

APRENDER, APRENDER SOBRE, APRENDER A HACER CIENCIA CON TIC: UN ANÁLISIS DESDE LA INDAGACIÓN COMO PRÁCTICA CIENTÍFICA

acercamiento a los contenidos procedimentales y epistémicos, en donde se espera que los estudiantes desarrollen destrezas para fundamentar con bases científicas y tecnológicas las acciones más pertinentes para dar solución a un problema de esta cuestión. También, se ha encontrado que estas unidades de análisis concuerdan con la oportunidad de llevar a cabo un acercamiento a los principios de la Naturaleza de la Ciencia en el momento de introducir a los estudiantes en una teoría científica y, problematizan de qué manera este asunto histórico, filosófico y epistémico puede tener un lugar representativo en los currículos y planes de área para la enseñanza de las ciencias.

Finalmente, algunas unidades de análisis (López et al., 2022; Waight y Abd-El-Khalick, 2011; Wen et al., 2023; Morales et al., 2022; Martin et al., 2023; Tortosa, 2013; Bush et al., 2016; López et al., 2018; Álvarez y Francisco, 2020; Crujeiras-Pérez y Cambeiro, 2018), se refieren al reto de aprender a hacer ciencia y tecnología muy de la mano de las palabras de Hodson (2003 2010), en donde se estima que este reto hace énfasis en los procesos para la construcción del conocimiento; es decir, que involucra al estudiante en acciones que implican la argumentación, el reconocimiento del error, el discernimiento, la justificación, el debate, los consensos y el compartir significados. Además, las unidades de análisis concuerdan en que estos procesos epistémicos son necesarios en la clase de ciencias y posibilitadores del pensamiento crítico.

Con el ánimo de profundizar en el papel de la tecnología, se ha mencionado en el marco teórico que en este trabajo de investigación se pretende argumentar de qué manera los retos de la educación científica pueden llevarse a cabo haciendo uso de TIC; para ello, es importante tomar como referente los planteamientos de Arias (2016), quien realiza un estudio para argumentar estos retos desde la enseñanza de las ciencias. Para ello, plantea el Enseñar ciencia con TIC, Enseñar sobre ciencia con TIC y Enseñar a hacer ciencia con TIC. Estas reflexiones han sido cruciales para darle un lugar representativo a este núcleo temático, en el que se pretende indicar de qué manera la indagación conversa con el aprender ciencia con TIC, aprender sobre ciencia con TIC y aprender a hacer ciencia con TIC; reflexiones a las que se dedican los siguientes apartados.

4.2.3.1 Indagación y aprender ciencia con TIC:

Las unidades de análisis que han posibilitado las reflexiones y análisis que acontecen en este capítulo, también han permitido identificar la manera como se asume el aprendizaje de las ciencias y cómo las TIC pueden ser favorecedoras de los procesos de enseñanza; pues así, se ha

APRENDER, APRENDER SOBRE, APRENDER A HACER CIENCIA CON TIC: UN ANÁLISIS DESDE LA INDAGACIÓN COMO PRÁCTICA CIENTÍFICA

mencionado anteriormente, en el sentido de asumir las TIC como un medio para llevar a cabo un proceso. Bajo este argumento, es preciso aclarar que elegir cuál TIC usar en una estrategia de enseñanza requiere reflexionar sobre el por qué y el para qué de esa elección, de manera que las TIC se conviertan en posibilitadores de los momentos pedagógicos del maestro, pero también del aprendizaje de los estudiantes. Por ello, las TIC requieren de reflexiones constantes sobre su pertinencia, la formación y actualización del maestro, así como la justificación de estas como un medio para los procesos de la ciencia en la escuela.

Así pues, pensar en el aprender ciencia con TIC implica que el aprendizaje y la comprensión de los conceptos, del lenguaje de la ciencia y de los conocimientos científicos puede apoyarse con el uso de estos recursos tecnológicos, los cuales se deben de incorporar de manera intencionada y reflexiva a los procesos de enseñanza y de aprendizaje, de manera que la selección crítica de las herramientas TIC será determinante para un proceso de enseñanza y aprendizaje significativo (Arias, 2016).

Por parte de la indagación, se ha reflexionado sobre su pertinencia, uso y características en las unidades de análisis, lo cual, ha permitido concluir que es un aliado para el proceso de aprender ciencia con TIC, en la medida en que los procesos para desarrollar una indagación como dimensión de las prácticas científicas implican un reconocimiento consciente y crítico sobre el lenguaje científico que se adquiere por medio de la experimentación. Así pues, aprender ciencia con TIC a través de la indagación puede ser un proceso significativo si se realiza de manera colectiva entre los estudiantes, promoviendo la negociación de significados y las reflexiones acerca del contexto cercano y la forma como este puede ser favorecedor en el desarrollo de comprensiones en términos conceptuales de la ciencia.

La indagación en López et al. (2018), se ha clasificado según su relación con las TIC, en indagación en el mundo real e indagación en el mundo virtual; la primera corresponde a realizar los procesos de indagación desde el planteamiento de preguntas investigables hasta la comunicación de los resultados haciendo uso de tecnologías tangibles en el entorno real, mientras que la segunda hace referencia al desarrollo de estos procesos haciendo uso de tecnologías que sólo se encuentran en la virtualidad. De manera que, se ha realizado una reflexión sobre aquellas TIC que pueden favorecer el aprender ciencias cuando se realiza un proceso de indagación; estas se muestran en la tabla 14.

APRENDER, APRENDER SOBRE, APRENDER A HACER CIENCIA CON TIC: UN ANÁLISIS DESDE LA INDAGACIÓN COMO PRÁCTICA CIENTÍFICA

Dimensión de las prácticas científicas	Aprender ciencia con TIC
Indagación en el mundo real	Computador, libros digitales y físicos, digitalización de libros, dispositivos de medición.
Indagación en el mundo virtual	Internet, bases de datos (SQL), sistemas de gestión de contenido, animaciones Java, simulaciones, plataformas de educación en línea, software para comunicar información.

Tabla 14. Indagación y aprender ciencia con TIC

La tabla 14, sugiere que para realizar procesos de indagación como práctica científica orientados al aprender ciencia se usen bases de datos, plataformas de educación en línea, entre otras, que permiten ser un medio para la comprensión conceptual de la ciencia, aspecto que es relevante, por ejemplo, en el momento en que el estudiante en compañía del maestro diseña la pregunta investigable o la experimentación; incluso, las TIC mencionadas pueden ser un aliado en la comunicación de resultados.

4.2.3.2 Indagación y aprender sobre ciencia con TIC:

Especialmente se dedica este apartado a la relación que puede generarse al comprender la indagación y el aprender sobre ciencia con TIC.

En primer lugar, es preciso mencionar que aprender sobre ciencia con TIC se ha convertido en un reto para quien realiza esta investigación y ha sido un desafío en términos del análisis de los estudios o unidades de análisis, debido a que el aprender sobre ciencia implica el reconocimiento de los procesos de la ciencia, de las posibilidades de incorporar la naturaleza de las ciencias para promover el aprendizaje en términos de cómo la ciencia comprende los fenómenos. Y ha sido un reto mayor, comprender de qué manera la indagación como práctica científica es orientadora hacia el aprender sobre ciencia. A pesar de ello, se han generado algunas reflexiones que se acercan a las relaciones significativas entre estos dos elementos. Entre ellas, se encuentra en las unidades de análisis una apuesta por el hecho de que los estudiantes en medio del proceso de diseño y realización de investigaciones puedan reflexionar de manera cercana o similar a como lo hacen los científicos, que se involucren en experiencias de indagación que les permita desarrollar conocimientos sobre los fundamentos de la ciencia. De esta manera, se argumenta que, para llevar a cabo un proceso de indagación como dimensión de las prácticas científicas, es necesario

APRENDER, APRENDER SOBRE, APRENDER A HACER CIENCIA CON TIC: UN ANÁLISIS DESDE LA INDAGACIÓN COMO PRÁCTICA CIENTÍFICA

introducir y contextualizar al estudiante en términos de los hechos, las prácticas del científico, los elementos históricos y filosóficos que acontecen en el aprendizaje de las ciencias con el ánimo de justificar los fundamentos y los procesos de la ciencia.

Para lograr lo anterior, las TIC pueden ser posibilitadoras de este proceso, así lo menciona Samarapungavan et al. (2015), en la medida en que plantean las oportunidades de la modelización que pueden acontecer en darle sentido al mundo natural de manera más consciente y que invitan al desarrollo de hipótesis y explicaciones científicas, las cuales, son características de la indagación. De manera que las TIC, aquí asumen un papel fundamental en términos de la construcción o del uso de modelos científicos, los cuales a pesar de ser construcciones abstractas permiten representar el mundo y predecir fenómenos que se acercan a la realidad; pero estableciendo claramente la diferencia entre la realidad y un modelo que pretende explicarla en situaciones ideales. Al usar modelos por medio de simulaciones, por ejemplo, el estudiante podrá entender e interpretar el mundo natural, lo que conducirá a una comunicación de los resultados de la investigación clara y cercana a los procesos de la ciencia. Incluso, la modelización permitirá al estudiante crear, revisar, cambiar, sustituir, errar y usar modelos mentales para entender, explicar o predecir fenómenos.

En la tabla 15, se muestra de qué manera la indagación en el mundo real y virtual pueden conversar con los procesos característicos del aprender sobre ciencia con TIC.

Dimensión de las prácticas científicas	Aprender sobre ciencia con TIC
Indagación en el mundo real	Computador, libros digitales y físicos, digitalización de libros.
Indagación en el mundo virtual	Inteligencia Artificial, Machine Learning, software modellus, simulaciones Phet, videos interactivos, realidad aumentada y realidad virtual.

Tabla 15: Indagación y aprender sobre ciencia con TIC

Las herramientas TIC mencionadas en la tabla 15, han sido seleccionadas porque su interacción con el usuario, en este caso, con el estudiante, requiere de elementos que incluyen la inmersión, la simulación y la modelación. Estos tres elementos permiten generar interacciones virtuales similares a las reales correspondientes a fenómenos físicos, químicos y biológicos. Lo que quiere decir, que las simulaciones y los programas de modelación permiten expresar casi que

APRENDER, APRENDER SOBRE, APRENDER A HACER CIENCIA CON TIC: UN ANÁLISIS DESDE LA INDAGACIÓN COMO PRÁCTICA CIENTÍFICA

con precisión el comportamiento y las características de diferentes fenómenos, lo cual, puede ser un posibilitador para que el estudiante se acerque a los procesos y al funcionamiento real de los fenómenos naturales y las construcciones científicas. Estas posibilidades son potenciales a la hora de involucrar las TIC con el aprendizaje de la naturaleza de las ciencias, en la medida en que se involucra al estudiante a reconocer y plantear modelos similares a la realidad, lo cual, puede propiciar mejoras en las imágenes y concepciones de la ciencia.

4.2.3.3 Indagación y aprender a hacer ciencia con TIC:

En aras de continuar con la pertinencia del uso de TIC, en este caso para aprender a hacer ciencia, es importante resaltar que en ocasiones los estudiantes pueden comprender los términos científicos, pero no necesariamente los procesos y destrezas que involucran el hacer ciencia, como la identificación de problemas de investigación, la formulación de hipótesis, el diseño de experiencias, la realización de gráficos, de interpretación de datos o extraer conclusiones. Casualmente, estos elementos hacen parte de la caracterización de la indagación como práctica científica, lo que permite entender como un proceso simultáneo el hecho de indagar y de hacer ciencia, para este caso ciencia escolar, en donde el estudiante tendrá la posibilidad de adquirir la experiencia para el proceso científico, en donde se ve involucrado activa y directamente en la ejecución de cada una de las acciones mencionadas. En ese sentido la indagación como práctica científica es un motivador e incentivador para el estudiante involucrarse en los procesos de hacer ciencia, pero sobre todo es posibilitador para el desarrollo de las habilidades necesarias, lo cual, como se ha mencionado anteriormente, debe de ser un proceso secuencial.

Por parte del uso de TIC como medio, se propone desde la indagación en el mundo real el uso de cámaras, sensores, entre otras para realizar los procesos de recolección y análisis de datos y por el lado de la indagación en el mundo virtual se propone el uso de laboratorios virtuales, videojuegos y realidad aumentada para los procesos de identificación de problemas, diseño de experimentos, entre otros; como se muestra en la tabla 16.

Dimensión de las prácticas científicas.	Aprender a hacer ciencia con TIC
---	----------------------------------

APRENDER, APRENDER SOBRE, APRENDER A HACER CIENCIA CON TIC: UN ANÁLISIS DESDE LA INDAGACIÓN COMO PRÁCTICA CIENTÍFICA

Indagación en el mundo real.	Cámaras digitales y de video, lupas, sensores, laboratorios remotos, programas de análisis de video, programas de análisis de sonido, robótica, impresión 3D.
Indagación en el mundo virtual	Realidad virtual, realidad aumentada, simulaciones, laboratorios virtuales, foros, videojuegos.

Tabla 16. Indagación y aprender a hacer ciencia con TIC

Finalmente, se ha dedicado especial reflexión a este capítulo del análisis del núcleo temático *indagación y retos de la educación científica* con el ánimo de favorecer la comprensión en términos de las afirmaciones de Izquierdo et al. (1999) acerca de que “el verdadero aprendizaje de la ciencia escolar es, en el fondo, el proceso de pensar, hacer y hablar ciencia” (p.2).

4.3 Análisis teórico global

Este capítulo, hace referencia a la **Fase 4** del marco metodológico, en donde se pretende dar a conocer cuáles han sido los logros, dificultades y limitaciones que se han encontrado en la construcción del análisis por núcleo temático.

Inicialmente, se considera que la selección de las unidades de análisis por medio del uso del protocolo, la estrategia de búsqueda, los criterios de inclusión, exclusión y calidad, ha sido favorecedor de los procesos metodológicos y de análisis que acontecen en esta investigación. Se resalta la versatilidad geográfica de las unidades de análisis, lo que ha permitido una reflexión teórica amplia, en donde se ha evidenciado que los procesos de indagación como práctica científica no son un asunto del contexto latinoamericano, sino que se traslada a otras fronteras con condiciones educativas diferentes. Además, el hecho de que algunas unidades de análisis no usaran TIC en los procesos, ha posibilitado reflexiones sobre su pertinencia como un medio, más no como un fin; puesto que, en los resultados y conclusiones de estas investigaciones, no se evidencia mayor diferencia; todo lo contrario, el proceso de indagación en el aula resulta ser satisfactorio en los casos en donde se usan y no se usan recursos TIC. Las unidades de análisis también se han caracterizado por tener una orientación disciplinar variada, teniendo presente que las que hacen

APRENDER, APRENDER SOBRE, APRENDER A HACER CIENCIA CON TIC: UN ANÁLISIS DESDE LA INDAGACIÓN COMO PRÁCTICA CIENTÍFICA

referencia a la física es una cantidad mayor. Esto supone la oportunidad de dar a conocer que los procesos de indagación en las ciencias pueden ser favorables en cualquier caso o tema correspondiente a la física, la química y la biología pero que se extiende a las otras ciencias. También, se encuentra que las TIC son más usadas en las unidades de análisis que hacen estudios sobre la disciplina de física.

Las unidades de análisis han sido versátiles en términos de los sujetos que participan de las investigaciones, pues se ha hecho referencia a estudiantes de primaria, básica y media académica, estudiantes de licenciatura e incluso estudiantes de posgrado; esto ha posibilitado la interacción entre contextos educativos y la reflexión entre las posibilidades de la indagación. También aparte de apuntar a disciplinas diferentes, las unidades de análisis se han caracterizado por metodologías diferentes, entre ellas prima el paradigma cualitativo, luego el cuantitativo y finalmente el mixto.

A pesar de que las unidades de análisis no eran directas en mencionar, por ejemplo, los retos de la educación científica, el uso de los factores e indicadores ha sido propicio para develar las referencias implícitas o explícitas del aprender ciencia con TIC, aprender sobre ciencia con TIC y aprender a hacer ciencia con TIC; lo cual, ha supuesto un reto para la investigadora, pero también una oportunidad de aprendizaje de leer las unidades de análisis con objetivos particulares. Así mismo, algunas unidades de análisis dan a conocer la importancia de asumir la alfabetización científica en el discurso del maestro de ciencias, y aunque no sucede en todas, es importante mencionar que dejan rasgos significativos en términos de la educación científica y cómo ésta acontece en los contextos particulares en donde se desarrollan las investigaciones.

Todas las unidades han mostrado la forma en que se desarrollan las estrategias de enseñanza; gracias a esto, se pudieron comparar los procesos y las fases de desarrollo e identificar de qué manera conversaban o se distanciaban la una de la otra. Esto, como se dijo anteriormente en el análisis por núcleo temático, ha permitido reforzar los argumentos sobre el estado polisémico de la indagación. Reconocer el diseño de las estrategias de enseñanza en cada una de las unidades de análisis ha sido interesante para la reflexión en el análisis por núcleo temático.

También, las unidades de análisis seleccionadas fueron justas para comprender las concepciones, procesos, características, fases de la indagación y de las estrategias de enseñanza.

APRENDER, APRENDER SOBRE, APRENDER A HACER CIENCIA CON TIC: UN ANÁLISIS DESDE LA INDAGACIÓN COMO PRÁCTICA CIENTÍFICA

En este sentido, todas las unidades de análisis han sido claras y consecuentes en mencionar estos detalles, pero también en dar a conocer los retos que supone llevar a cabo investigaciones escolares en la clase de ciencias. Retos que van de la mano con el hecho de involucrar al estudiante y al maestro en el desarrollo de investigaciones que permitan reflexionar sobre un problema del contexto haciendo uso de los procesos de la ciencia y de la indagación como práctica científica. Justamente, las unidades de análisis también han permitido responder a la pregunta ¿qué significa hablar de indagación como dimensión de la práctica científica?

Uno de los objetivos del análisis teórico global, es poner en evidencia esos vacíos que presentan las unidades de análisis usadas para la investigación; entre ellos, se encuentra la dificultad para identificar estrategias de enseñanza basadas en la interacción y el reconocimiento de la naturaleza de la ciencia y de los procesos epistémicos. Tampoco es claro el rol de que asume el investigador, el maestro y el estudiante en las unidades de análisis, lo cual, es relevante para comprender qué tipo de indagación se ha realizado. Algunas unidades de análisis se referían a la indagación abierta, guiada, acoplada o estructurada; sin embargo, no se hizo referencia a las acciones que determinan qué tan involucrado estuvo el maestro en la indagación. Incluso, en algunas unidades se hace imposible determinar si el investigador era un sujeto diferente al maestro.

Dentro de las limitaciones de la investigación, se encuentra que algunas unidades de análisis que se consideraron en su momento relevantes para el estudio no tenían acceso abierto, lo que condicionó hacer uso de otras que cumplían los criterios pero que quizá no tenían el mismo nivel de profundidad que las mencionadas.

5. Conclusiones

Con el ánimo de concluir este trabajo de investigación, se busca recoger los principales hallazgos que han posibilitado la construcción de reflexiones significativas, desde donde se pretende dar respuesta a los objetivos de investigación planteados y resaltar el aporte de los referentes teóricos para comprender la mayor cantidad de elementos que identifican la indagación como práctica científica y su aporte a los retos de la educación científica en la enseñanza de las ciencias. Finalmente, se busca dar un lugar representativo a las conclusiones de este trabajo y su aporte a la consolidación de consensos sobre lo que es y lo que implica indagar en la clase de ciencias.

- Este trabajo de investigación ha proporcionado un acercamiento al estado teórico actual en términos de la indagación para la enseñanza de las ciencias, en donde se han resaltado las dificultades que acontecen en la literatura referentes al estado polisémico de la indagación. Además, se ha argumentado cuáles son las implicaciones de este estado y la necesidad de la creación de consensos para llevar a cabo procesos de enseñanza basados en indagación significativos tanto para el maestro como para el estudiante. La creación de consensos implica caracterizar las formas de diseñar estrategias de enseñanza, describir el papel del maestro y del estudiante, identificar los recursos que pueden aportar al proceso de indagación y consolidar un lenguaje común que permita hablar de indagación y reconocer cuáles son sus procesos, sus posibilidades y resultados.
- Como parte del proceso de indagación, se encuentra la estrecha relación con la educación científica, en donde se ha reflexionado bajo la pregunta ¿qué caracteriza una relación bidireccional entre indagación y educación científica? Y se ha encontrado que las unidades de análisis aportan datos que permiten identificar la pregunta, la identificación de problemas, la construcción de argumentos y la comunicación de resultados, como elementos transversales a la indagación y a la educación científica. Además, se resalta el papel fundamental de la alfabetización científica y tecnológica en los procesos de enseñanza de las ciencias y de otras asignaturas, en donde se puede dar lugar a la interdisciplinariedad. También, se reflexiona sobre la necesidad de abordar la alfabetización científica y tecnológica para favorecer los procesos de aprendizaje de los estudiantes y su desempeño

APRENDER, APRENDER SOBRE, APRENDER A HACER CIENCIA CON TIC: UN ANÁLISIS DESDE LA INDAGACIÓN COMO PRÁCTICA CIENTÍFICA

no sólo en las pruebas nacionales e internacionales, sino también, en la resolución de problemas, en el desarrollo del pensamiento lógico y del pensamiento crítico.

- Una de las posibilidades para crear consensos en torno a lo que implica indagar en la clase de ciencias, es asumir la indagación como dimensión de las prácticas científicas. Es por ello, por lo que en este trabajo se ha asumido el propósito de caracterizar la indagación en este marco didáctico en términos de sus fases, procesos, objetivos, tipos, enfoques, componentes, visiones, entre otros. Además, se ha interpretado la información recolectada en las unidades de análisis en términos de la pregunta ¿cuál es la diferencia entre indagación e indagación como dimensión de las prácticas científicas? La respuesta se encuentra en tres pilares fundamentales. El primero tiene que ver con el papel del maestro y del estudiante, en las prácticas científicas se promueven roles activos, propositivos y curiosos; es por ello por lo que se ha propuesto una infografía en la figura 4, un modelo para interpretar de forma equilibrada las acciones que puede realizar el maestro desde los momentos pedagógicos con las acciones que puede realizar el estudiante en cada una de las etapas de la indagación previamente definidas. El segundo pilar tiene que ver con las estrategias de enseñanza, en la indagación como dimensión de las prácticas científicas, se propone llevar a cabo desafíos que permitan motivar al estudiante a reconocer en su realidad problemas relacionados con la ciencia, a plantear preguntas de investigación, a diseñar experimentos, a recolectar datos, analizar los datos, plantear resultados, reconocer y corregir los errores, a plantear conclusiones y comunicar resultados. El tercer pilar, se encuentra en argumentar de qué manera las TIC pueden favorecer cada uno de los procesos o etapas de la indagación como dimensión de las prácticas científicas; se encuentra que son recursos que requieren de intenciones y propósitos establecidos para garantizar una apropiación significativa de sus posibilidades; también, se encuentra que las TIC comprenden una amplia gama de opciones para apoyar los momentos pedagógicos del maestro y finalmente, las TIC son un elemento transversal a todo el proceso de indagación como dimensión de las prácticas científicas, en donde se ha argumentado la posibilidad usar estos recursos como un medio, más no como un fin; para ello, se han clasificado las TIC en términos de la indagación en el mundo real y en el mundo virtual, lo cual, puede favorecer su apropiación en el aula de clase.
- Se ha realizado una reflexión sobre las estrategias de enseñanza que se han utilizado en las unidades de análisis que hacen parte del estudio, se han comparado y analizado para

APRENDER, APRENDER SOBRE, APRENDER A HACER CIENCIA CON TIC: UN ANÁLISIS DESDE LA INDAGACIÓN COMO PRÁCTICA CIENTÍFICA

posteriormente proponer un acercamiento a lo que implicaría diseñar una estrategia de enseñanza basada en indagación como dimensión de las prácticas científicas haciendo uso de TIC. Este diseño de la estrategia de enseñanza se ha realizado con base en la relación bidireccional entre el maestro y el estudiante y se han propuesto tres fases para llevar a cabo la indagación como dimensión de las prácticas científicas (fase previa, fase de desarrollo y fase de retroalimentación), ejercicio que surge de las reflexiones durante el desarrollo de este trabajo. Finalmente, se ha argumentado la necesidad de estrategias de enseñanza secuenciales que estén orientadas por grados de dificultad para lograr una comprensión más significativa por parte de los estudiantes.

- Se ha abordado cuáles son las implicaciones de hablar de tecnología y de TIC, se ha mostrado qué implica hablar de aprender ciencia con TIC, aprender sobre ciencia con TIC y aprender a hacer ciencia con TIC. Luego, se ha analizado de qué manera la indagación conversa con cada uno de los retos de la educación científica y se han propuesto recursos TIC que sirven como medio para llevar a cabo procesos entre indagar y aprender ciencia con TIC, indagar y aprender sobre ciencia con TIC e indagar y aprender a hacer ciencia con TIC. Se han realizado aportes en términos reflexivos, críticos y propósitos sobre la necesidad de abordar la educación científica en razón de los retos de la sociedad actual y se ha argumentado de qué manera las prácticas científicas pueden ser un facilitador de los discursos, la identificación de problemas y el desarrollo de habilidades y destrezas en y para la enseñanza de las ciencias.
- Se ha propuesto el desarrollo de la investigación documental a partir de la relación entre la triada del estado del arte, la revisión sistemática y el método prisma partiendo de cinco fases. Esto ha supuesto la oportunidad de favorecer la consolidación del estado del arte y de ser complementado con los discursos de los metaanálisis y de la publicación de revisiones sistemáticas actuales.
- Se visualizan como perspectivas futuras de investigación, abordar las otras dimensiones de la práctica científica (argumentación y modelización) en términos de sus aportes a los retos de la educación científica. Se propone la identificación de las posibilidades de los retos de la educación científica para favorecer los desafíos globales propuestos por la Organización de las Naciones Unidas. Se reflexiona sobre la pertinencia de analizar los resultados de una

APRENDER, APRENDER SOBRE, APRENDER A HACER CIENCIA CON TIC: UN ANÁLISIS DESDE LA INDAGACIÓN COMO PRÁCTICA CIENTÍFICA

estrategia de enseñanza basada en indagación acoplada como dimensión de las prácticas científicas haciendo uso de TIC en diferentes niveles de escolaridad.

Fase 5, de extensión y publicación: para el cumplimiento de esta fase, las reflexiones que acontecen en este trabajo se han divulgado en el 4to congreso caribeño de investigación educativa realizado en República Dominicana.

6. Referencias

- Abd-El-Khalick, F., Boujaoude, S., Duschl, R., Lederman, G., Mamlok-Naaman, R., Hofstein, A., ... y Tuan, H. L. (2004). Inquiry in science education: International perspectives. *Science education*, 88(3), 397-419.
- Aguilera Morales, D., Martin-Paez, T., Valdivia-Rodriguez, V., Ruiz-Delgado, A., Williams-Pinto, L., Miguel Vilchez-Gonzalez, J., y Javier Perales-Palacios, F. (2018). Inquiry-based science education. A systematic review of Spanish production. *Revista De Educación*, (381), 259-284.
- Anderson, R. D. (2013). Inquiry as an organizing theme for science curricula. In *Handbook of research on science education* (pp. 807-830). Routledge.
- Arias Gil, V. (2016). Las TIC en la educación en ciencias en Colombia: una mirada a la investigación en la línea en términos de su contribución a los propósitos actuales de la educación científica.
- Bachelard, G. (2000). *La formación del espíritu científico: Contribución al psicoanálisis del conocimiento objetivo*. Buenos Aires: Siglo XXI.
- Barrow, L. H. (2006). A brief history of inquiry: From Dewey to standards. *Journal of Science Teacher Education*, 17(3), 265-278.
- Benedict-Chambers, Kademian, Davis y Sullivan Palincsar (2017) Guiding students towards sensemaking: teacher questions focused on integrating scientific practices with science content, *International Journal of Science Education*, 39:15, 1977-2001.
- Bolaños-Motta, J. I. (2016). El docente ante el oficio de investigar en el aula. *Praxis y Saber*, 7(15), 63-80.
- Bybee, R. (2000). Teaching science as inquiry. En: J. Minstrell, y E. van Zee (eds.), *Inquiring into inquiry learning and teaching in science*, pp. 20-46.
- Bybee, R. (2004). Scientific Inquiry and Science Teaching. En: Flick, L. y Lederman N. (eds.), *Scientific inquiry and nature of science: Implications for teaching, learning, and teacher education*, pp. 1-14.
- Cabrera, F. C. (2005). Categorización y triangulación como procesos de validación del conocimiento en investigación cualitativa. *theoria*, 14(1), 61-71.
- Capuano, V. (2011). El uso de las TIC en la enseñanza de las Ciencias Naturales. *Virtualidad, Educación y Ciencia*, 2(2), 79-88.
- Chin, C., y Osborne, J. (2008). Students' questions: a potential resource for teaching and learning science. *Studies in science education*, 44(1), 1-39.
- Couso, D. (2014). De la moda de “aprender indagando” a la indagación para modelizar: una reflexión crítica. *XXVI Encuentro de Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 1-28.

APRENDER, APRENDER SOBRE, APRENDER A HACER CIENCIA CON TIC: UN ANÁLISIS DESDE LA INDAGACIÓN COMO PRÁCTICA CIENTÍFICA

- Crawford B.A. (1999). Is it realistic to expect a preservice teacher to create an inquiry based classroom? *Journal of Science Teacher Education*, 10, 175-194.
- Crujeiras Pérez, B., y Jiménez Aleixandre, M. P. (2018). Influencia de distintas estrategias de andamiaje para promover la participación del alumnado de secundaria en las prácticas científicas. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*.
- Crujeiras, B., y Jiménez-Aleixandre, M. P. (2012). Participar en las prácticas científicas. Aprender sobre la ciencia diseñando un experimento sobre pasta de dientes. *Alambique: Didáctica de Las Ciencias Experimentales*, 72, 12–19.
- Duschl, R. A., y Grandy, R. E. (2012). Two Views About Explicitly Teaching Nature of Science. *Science y Education*, 22, 2109–2139.
- Feinsinger, P., Arango, N., y Chaves, M. E. (2002). Enseñanza de Ecología en el Patio de la Escuela EEPE.
- French, D., y Russell, C. (2002). Do graduate teaching assistants benefit from teaching inquiry-based laboratories?. *BioScience*, 52(11), 1036-1041.
- Furtak, E. M., Seidel, T., Iverson, H., y Briggs, D. C. (2012). Experimental and quasi-experimental studies of inquiry-based science teaching: A meta-analysis. *Review of educational research*, 82(3), 300-329.
- Gadamer, H. G. (1976). *Vérité et Méthode*. Paris: Ed. du Seuil, 1976.
- Garrido, A. (2016). Modelització i models en la formació inicial de mestres de primària des de la perspectiva de la pràctica científ
- Garritz Ruiz, A. (2006). Naturaleza de la ciencia e indagación: cuestiones fundamentales para la educación científica del ciudadano. *Revista iberoamericana de educación*.
- Gil Pérez, D. (1993). Contribución de la historia y de la filosofía de las ciencias al desarrollo de un modelo de enseñanza/aprendizaje como investigación. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*.
- Gil Pérez, D., Macedo, B., Martínez-Torregrosa, J., Sifredo Barrios, C., Valdés, P., y Vilches Peña, A. (2005). ¿Cómo promover el interés por la cultura científica?. Una propuesta didáctica fundamentada para la educación científica de jóvenes de 15 a 18 años.
- Hodson, D. (2003). Time for action: Science education for an alternative future. *International journal of science education*, 25(6), 645-670.
- Hodson, D. (2004). Going beyond STS: Towards a Curriculum for Sociopolitical Action. *Science Education Review*, 3(1), 2-7.

APRENDER, APRENDER SOBRE, APRENDER A HACER CIENCIA CON TIC: UN ANÁLISIS DESDE LA INDAGACIÓN COMO PRÁCTICA CIENTÍFICA

- Hodson, D. (2010). Science education as a call to action. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 10, 197-206.
- Hofstein, A., Navon, O., Kipnis, M., y Mamlok-Naaman, R. (2005). Developing students' ability to ask more and better questions resulting from inquiry-type chemistry laboratories. *Journal of research in science teaching*, 42(7), 791-806.
- Hoyos Botero, Consuelo. (2000). Un modelo para investigación documental. Guía teórico práctica sobre construcción de Estados del Arte. Medellín: Señal Editora.
- Izquierdo, M.; Espinet, M.; García, M.P.; Pujol, R.M.; Sanmartí, N. (1999). Caracterización y fundamentación de la ciencia escolar. *Enseñanza de las Ciencias*, núm. extra junio, 79-92.
- Janesick, V. J. (2000). La danza del diseño de la investigación cualitativa: metáfora, metodolatría y significado. Por los rincones-Antología de métodos cualitativos en la investigación social, 227-251.
- Kirschner, P., Sweller, J., y Clark, R. E. (2006). Why unguided learning does not work: An analysis of the failure of discovery learning, problem-based learning, experiential learning and inquiry-based learning. *Educational Psychologist*, 41(2), 75-86.
- Kitchenham, B. (2004). Procedures for performing systematic reviews. Keele, UK, Keele University, 33(2004), 1-26.
- Lederman, N. G. (2004). Syntax of nature of science within inquiry and science instruction. *Scientific inquiry and nature of science*, 301-317.
- Linn, M. C. (2002). Promover la educación científica a través de las tecnologías de la información y comunicación (TIC). *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 347-356.
- López Simó, V., Couso, D., Simarro Rodríguez, C., Garrido Espeja, A., Grimalt-Álvaro, C., Hernández Rodríguez, M. I., y Pintó, R. (2017). El papel de las TIC en la enseñanza de las ciencias en secundaria desde la perspectiva de la práctica científica. *Enseñanza de las Ciencias*, (Extra), 0691-698.
- Martin-Hansen, L. (2002). Defining inquiry. *The science teacher*, 69(2), 34.
- Millar, R., y Osborne, J. F. (Eds.). (1998). *Beyond 2000: Science education for the future*. London: King's College London.
- Minner, (2009) Inquiry-Based Science Instruction—What Is It and Does It Matter? Results from a Research Synthesis Years 1984 to 2002. *Journal of Research in Science Teaching*, 47(4) pp.474 -496
- Minner, D. D., Levy, A. J., y Century, J. (2010). Inquiry-based science instruction—what is it and does it matter? Results from a research synthesis years 1984 to 2002. *Journal of Research in*

APRENDER, APRENDER SOBRE, APRENDER A HACER CIENCIA CON TIC: UN ANÁLISIS DESDE LA INDAGACIÓN COMO PRÁCTICA CIENTÍFICA

- Science Teaching: The Official Journal of the National Association for Research in Science Teaching, 47(4), 474-496.
- Moher, D., Liberati, A., Tetzlaff, J., Altman, D. G., y PRISMA Group. (2009). Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement. *Annals of internal medicine*, 151(4), 264-269.
- Morse, J. (2003). "Emerger de los datos": los procesos cognitivos del análisis en la investigación cualitativa. En J. M. Morse (ed.), *Asuntos críticos en los métodos de investigación cualitativa*. (pp. 29-52). Antioquia: Editorial Universidad de Antioquia.
- National Research Council (1996). *National science education standards*. Washington, D.C: National Academy Press.
- Novak, A. (1964). Scientific inquiry. *Bioscience*, 14(10), 25-28.
- NRC, National Research Council (2000), *Inquiry and the National Science Education Standards*. Washington, D.C. National Academy Press.
- Oliveira, A. W. (2009). "Kindergarten, can I have your eyes and ears?" politeness and teacher directive choices in inquiry-based science classrooms. *Cultural studies of science education*, 4, 803-846.
- Osborne, J. (2014a). Teaching scientific practices: Meeting the challenge of change. *Journal of Science Teacher Education*, 25(2), 177-196.
- Osborne, J. (2014b). Scientific practices and inquiry in the science classroom. In *Handbook of research on science education*, Volume II (pp. 593-613).
- Osborne, J., Erduran, S., y Simon, S. (2004). Enhancing the quality of argumentation in school science. *Journal of research in science teaching*, 41(10), 994-1020.
- Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., ... y Alonso-Fernández, S. (2021). Declaración PRISMA 2020: una guía actualizada para la publicación de revisiones sistemáticas. *Revista española de cardiología*, 74(9), 790-799.
- Piñuel, J. L. (2002). Epistemología, metodología y técnicas del análisis de contenido. *Estudios de Sociolingüística*, 3(1), 1 - 42.
- Popper, K. (1992). Ética y epistemología en la investigación científica. *Ciencia Política: Revista trimestral para América Latina y España*, (28), 25-30.
- Reyes-Cárdenas, F., y Padilla, K. (2012). La indagación y la enseñanza de las ciencias. *Educación química*, 23(4), 415-421.
- Rodríguez Sabiote, C., Herrera Torres, L., y Lorenzo Quiles, O. (2005). Teoría y práctica del análisis de datos cualitativos. *Proceso general y criterios de calidad*.
- Romero-Ariza, M. (2017). El aprendizaje por indagación: ¿existen suficientes evidencias sobre sus beneficios en la enseñanza de las ciencias? *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias*, 14(2), 286-299.

APRENDER, APRENDER SOBRE, APRENDER A HACER CIENCIA CON TIC: UN
ANÁLISIS DESDE LA INDAGACIÓN COMO PRÁCTICA CIENTÍFICA

- Roth W., Boutonneâ S., Mcrobbie C., Lucas K. (1999) One class, many worlds. *International Journal of Science Education* 21, 59 -77.
- Rutherford, F. J. (1964). The role of inquiry in science teaching. *Journal of Research in Science Teaching*, 2, 80-84.
- Sadeh, I., y Zion, M. (2009). The development of dynamic inquiry performances within an open inquiry setting: A comparison to guided inquiry setting. *Journal of Research in Science Teaching: The Official Journal of the National Association for Research in Science Teaching*, 46(10), 1137-1160.
- Samarapungavan, A., Tippins, D., y Bryan, L. (2015). A modeling-based inquiry framework for early childhood science learning. *Research in early childhood science education*, 259-277.
- Schmidt, H. G. (1993). Foundations of problem-based learning: some explanatory notes. *Medical education*, 27(5), 422-432.
- Schwab, J. (1966). *The teaching of science*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Schwartz, R. S., Lederman, N. G., y Crawford, B. A. (2004). Developing views of nature of science in an authentic context: An explicit approach to bridging the gap between nature of science and scientific inquiry. *Science education*, 88(4), 610-645.
- Suparna, C., Williamson, V. M., McCann, K., y Peck, M. L. (2009). Surveying students' attitudes and perceptions toward guided-inquiry and open-inquiry laboratories. *Journal of Chemical Education*, 86(12), 1427.
- Toma, R. B., Greca Dufranc, I. M., y Meneses Villagrâ, J. Á. (2017). Dificultades de maestros en formación inicial para diseñar unidades didâcticas usando la metodologâ de indagaci3n. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgaci3n de las Ciencias*. 2017, V. 14, n. 2, p. 442-457.
- Treagust, D., y Harrison, A. (2002). The genesis of effective scientific explanations for the classroom. In *Researching teaching*. pp. 36-51.
- Uno, G. E. (1990). Inquiry in the classroom. *BioScience*, 40(11), 841-843.
- Urrútia, G., y Bonfill, X. (2010). Declaraci3n PRISMA: una propuesta para mejorar la publicaci3n de revisiones sistemâticas y metaanálisis. *Medicina clínica*, 135(11), 507-511.
- Windschitl M. (2002) Inquiry projects in science teacher education: what can investigative experiences reveal about teacher thinking and eventual classroom practice? *Science Education* 87(1), 112-143.

Anexos

APRENDER, APRENDER SOBRE, APRENDER A HACER CIENCIA CON TIC: UN
ANÁLISIS DESDE LA INDAGACIÓN COMO PRÁCTICA CIENTÍFICA

APRENDER, APRENDER SOBRE, APRENDER A HACER CIENCIA CON TIC: UN
ANÁLISIS DESDE LA INDAGACIÓN COMO PRÁCTICA CIENTÍFICA