

**APROXIMACIÓN DEL ESTADO DEL ARTE SOBRE LA
MATEMATIZACIÓN DE CONCEPTOS QUÍMICOS DESDE LA MIRADA DE LA
LÍNEA DE INVESTIGACIÓN NATURALEZA DE LA CIENCIA (NdC)**

CARLOS HUMBERTO RAMOS LEÓN

**UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA
LICENCIATURA EN QUÍMICA
BOGOTÁ D.C**

2020

**APROXIMACIÓN DEL ESTADO DEL ARTE SOBRE LA
MATEMATIZACIÓN DE CONCEPTOS QUÍMICOS DESDE LA MIRADA DE LA
LÍNEA DE INVESTIGACIÓN NATURALEZA DE LA CIENCIA (NdC)**

CARLOS HUMBERTO RAMOS LEÓN

**Trabajo de grado presentada como requisito
parcial para optar al título de Licenciado en
Química**

DIRECTORA

**JULIE GESSELLE BENAVIDES MELO
DOCTORA EN QUÍMICA**

CODIRECTORA

**(CD). QUIRA ALEJANDRA SANABRIA.
MAGISTER EN DOCENCIA DE LA QUIMICA .**

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: NATURALEZA DE LAS CIENCIAS Y SUSTENTABILIDAD

**UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA
LICENCIATURA EN QUÍMICA
BOGOTÁ D.C. 2020**

Dedicatoria

Primeramente, a mis Padres Nelly y Carlos por su apoyo y cariño que fue constante durante el largo camino que nos llevó a este punto, Gracias por el amor.

Agradecimiento

Quiero agradecer a todas y cada una de las personas que me apoyo y creyó en mí durante el proceso de formación académica. A mis profesores quienes compartieron sus conocimientos y contribuyeron en mi formación como docente y en otros campos.

A mis padres que siempre creyeron y me apoyaron hasta el final.

A mis amigos por estar su amistad y su apoyo .

Contenido

Contenido.....	5
INTRODUCCIÓN.....	7
JUSTIFICACIÓN.....	9
1. DESCRIPCIÓN Y DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA.....	10
OBJETIVOS.....	12
MARCO TEÓRICO.....	13
1.1. ANTECEDENTES.....	14
Naturaleza de la ciencia	16
Conceptos científicos	19
Las matemáticas en la química.	25
Estado del arte.	26
METODOLOGÍA.....	28
5.1 TIPO DE METODOLOGÍA.....	28
5.2.1 Fase heurística.....	29
Caracterización bases de datos	36
Fichas de trabajo	42
5.2.2 fase hermenéutica.....	43
RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	46
CONCLUSIONES.....	61
7.1 Conclusiones.....	61
7.2 Recomendaciones.....	62
BIBLIOGRAFÍA.....	64

LISTADO DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Proceso metodológico	29
Ilustración 2 Fase hermenéutica.....	43
Ilustración 3 Elementos teóricos que constituyen la matematización en química	59

LISTADO DE GRÁFICAS

Gráfica 1 las tendencias en investigación de acuerdo con lo enfoques teóricos en el tiempo.....	56
Gráfica 2 Tendencias de investigación de los campos temáticos.	57

LISTADO DE FICHAS

Ficha 1 Consulta de bases de datos con el conector Y -AND.....	42
Ficha 2 Mapeamiento informacional bibliográfico.....	46

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1 Tipos de conceptos.....	20
Tabla 2 Tipos de escala usadas por los conceptos científicos.....	22
Tabla 3 Formas de presentación en ciencia.....	24
Tabla 4 Sub fase I. Preparatoria	30
Tabla 5 Sub-fase II. Descripción.....	31
Tabla 6 Operadores lógicos u Booleanos.....	33
Tabla 7 Criterios de búsqueda.....	34
Tabla 8 Criterios de búsqueda con el conector OR.....	35
Tabla 9 Bases de datos utilizadas.....	37
Tabla 10 Caracterización base de datos.	38
Tabla 11 Sub fase III. Interpretación por núcleo temáticos.....	43
Tabla 12 Sub fase IV. Construcción teórica global.....	44
Tabla 13 Sub fase V. Extensión y publicación.....	45
Tabla 14 Recolección de información en bases de datos.	47
Tabla 15 Recolección de información usando el operador O- OR.....	50
Tabla 16 Nuevos Criterios de búsqueda usando el operador Y-AND.....	51
Tabla 17 Búsqueda y sistematización de los documentos según los nuevos criterios	52
Tabla 18 Resultados sobre las perspectivas de la investigación.....	60

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo tuvo como objetivo elaborar un estudio monográfico sostenido en la investigación documental que, como aproximación al estado del arte, favoreciera establecer relaciones entre la química y la matematización, desde la perspectiva de naturaleza de la ciencia.

Para lo cual se delimitó la búsqueda a los últimos 5 años de publicaciones en bases de datos de libre acceso y por suscripción por parte de la Universidad Pedagógica Nacional de Colombia. Metodológicamente se adoptó la propuesta de (Hoyos Botero, 2000) y la sistematización de información a través de mapeamiento bibliográfico informacional (de aquí en adelante MBI) de (André, 2009).

Por lo anterior esta monografía se organiza en las siguientes secciones a saber:

Justificación, se exponen los argumentos teóricos y de interés de la línea de investigación que le dan sentido a este trabajo y que se delimita en la presentación del problema bajo una pregunta de investigación que direccionó la sistematización de información. Que conlleva la consolidación del marco teórico de referencia en lo correspondiente a las categorías teóricas emergentes que favorezcan la triangulación teórica, de acuerdo con la metodología planteada en dos fases, la primera heurística y la segunda hermenéutica.

Finalmente, el apartado de resultados y análisis de resultados toda vez que se documenta los archivos encontrados, las técnicas de sistematización usadas y las generalidades que se construyen sobre las evidencias, las cuales, permitieron establecer las tendencias de investigación en el tiempo de estudio OIchifaehelegido, que continua con las conclusiones

sobre los hallazgos. Al final se exponen los referentes teóricos en la bibliografía y los anexos de instrumentos que se construyeron.

JUSTIFICACIÓN

Dentro de la investigación Seleccionar para este estudio monográfico una metodología para consolidar un estado del arte atiende a la importancia que tiene para la línea de investigación **naturaleza de las ciencias y sustentabilidad** y para el grupo de investigación Conceptos Químicos y sustentabilidad del Departamento de Química de la Universidad Pedagógica Nacional, documentar las tendencias investigativas en el campo de la enseñanza de las ciencias y de la química en particular en lo referido a las relaciones entre la química y la matematización desde la perspectiva de naturaleza de la ciencia, toda vez que ello permitirá dirigir nuevas investigaciones que aporten en la formación inicial de los y las licenciadas en Química y al campo de la didáctica de la química en particular, tomando como punto de partida las tendencias sobre los propósitos de investigación y metodologías que se hallaron en este proceso (Londoño, Olga; Maldonado & Calderón, 2014).

Como resultado del proceso se espera la consolidación de conocimientos particulares en términos de categorías emergentes que como tendencias teóricas indiquen cuales son los enfoques teóricos sobre los cuales se pueden agrupar los distintos campos temáticos de interés (André, 2009; Sanabria R. & Molina, 2015) que se logren establecer al analizar la información disponible en los documentos seleccionados por medio del uso de operadores booleanos.

Estas tendencias teóricas favorecerán la identificación de perspectivas epistemológicas, ideológicas y metodológicas que sobre las relaciones entre la química y la matematización desde la perspectiva de naturaleza de la ciencia promuevan comprensiones del valor que contienen en la formación inicial de profesores de ciencias pues estas relaciones, las cuales

pueden ser también tensiones, se refieren a diferentes tipos de representaciones que pasan por lo simbólico, icónico, matemático, entre otros, en la enseñanza de la química (Camarena Gallardo, 2013).

1. DESCRIPCIÓN Y DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA

Dada la necesidad de los docentes de usar los modelos y representación para la enseñanza de los conceptos en las ciencias y en especial en química (Adúriz-Bravo,2010), es

de importancia que se conozca la relación entre los conceptos, modelos, teorías, así también como los procesos de formalización de conocimientos por parte de los docentes. Esto debido a que los modelos son representaciones y construcciones realizadas ya sea por los científicos o por los estudiantes que son usados como un instrumento para responder algunas preguntas de interés científico, adicionalmente son contruidos y consensuados por un grupo de especialistas a lo largo de la historia.

Estos conceptos se ven enmarcados en la línea de investigación sobre naturaleza de la ciencia (NdC) que varios autores han venido trabajando en las últimas décadas como los mencionados por Acevedo en sus trabajos (Acevedo-Díaz & García-Carmona, 2016c) y (Antonio & Díaz, 2008) donde se realiza una contextualización de este línea, partiendo de entender el campo interdisciplinar como un marco amplio donde convergen diferentes intereses sobre el estudio y construcción de conocimientos entre los cuales cabe resaltar aquellos que emergen de la sociología, la historia, la epistemología, la filosofía entre otros. El desarrollo teórico proviene del estudio de cuestiones como los intereses que llevaron al desarrollo y construcción de un saber científico particular; qué relevancia tiene para la sociedad dichos conocimientos; cómo afectan los contextos al desarrollo de estas teorías. Aspectos que configuran el campo de la naturaleza de la ciencia y que son de interés para ser involucrados dentro de la formación de profesores y el currículo escolar (Aduríz-Bravo, 2010). Uno de los aspectos teóricos de interés es lo relacionado con la formación de modelos y representaciones, como saber propio de los profesores, dentro de estos intereses se encuentra la forma de representar y construcción de modelos de explicación en los se incluyen los procesos de matematización como formalización de la experiencia científica a partir de modelos matemáticos (Gallego Badillo, Pérez Miranda, & Figueroa Molina, 2010).

De acuerdo con la literatura consultada jerarquizar los modelos y las representaciones científicas hechas por las personas que aprenden los resultados del campo, son de difícil tipificación sobre todo lo relacionado a la incorporación de la matematización de la química. Esta consideración condujo a proponer elaborar un estudio documental que permita establecer las tendencias investigativas en el campo de la química y su enseñanza, que promueva nuevas indagaciones en el campo, las cuales pueden convertirse en oportunidades para mejorar las propuestas didácticas de la enseñanza de la química y aportar en el mejoramiento y cualificación docente así como en las innovaciones que puedan desarrollarse en lo referido al diseño curricular de la enseñanza de la química (Romero-Ariza & Vázquez-Alonso, 2013)

Por lo anterior la pregunta que orienta este trabajo es:

¿Cuáles son las tendencias de investigación con mayor relevancia en los últimos cinco años en lo relacionado a los procesos de matematización de conceptos químicos desde la mirada de la línea de investigación naturaleza de la ciencia (NdC)?

OBJETIVOS

General

Realizar un estudio monográfico tipo estado del arte que permita establecer y caracterizar las tendencias de investigación con mayor relevancia en los últimos cinco años en lo relacionado a los procesos de matematización de conceptos químicos desde la mirada de la línea de investigación naturaleza de la ciencia (NdC)

Específicos

- Definir los elementos que soportan los procesos investigativos de un estado del arte.
- Construir criterios de búsqueda de información en relación con enfoques teóricos los campos temáticos.
- Consolidar la información pertinente y someterla al análisis de manera integrada a través de la metodología MBI (Mapeamiento bibliográfico informacional).

MARCO TEÓRICO

1.1. ANTECEDENTES

En el trabajo de Agustín Adurís-Bravo titulado *Algunas características clave de los modelos científicos relevantes para la educación química (2012)* identifica seis características epistemológicas fundamentales de los modelos científicos que para el autor se consideran relevante desde el punto de vista de la educación química. Propone que los modelos constituyen representaciones culturales, los cuales se fundan a partir de fenómenos reales y proposiciones teóricas, median entre la teoría y el mundo, y apuntan a satisfacer preocupaciones humanas particulares.

Lo propuesto por Acevedo y Garcia (2016) en su artículo: *Algo antiguo, algo nuevo, algo prestado*, aborda las cuestiones sobre qué elementos se deben abordar dentro del currículo de Ciencias que involucre la línea de investigación de naturaleza de las ciencias. Resalta que es igual de importante la perspectiva de lo epistemológico, como ir involucrando aspectos provenientes de otras meta-ciencias como por ejemplo la sociología, que se centra en la sociología interna y externa de los conocimientos científicos. En los que resalta a los modelos, teorías, representación, contextos sociales y culturales, menciona de manera particular el concepto de matematización. Por otro lado, los autores anteriores plantean que estas cuestiones se han vuelto a retomar con ayuda de la tradición ciencia, tecnología y sociedad, en donde emerge como vínculo la enseñanza y aquellos elementos que son propios de la naturaleza de la ciencia. Por último, sugiere la inclusión de estos elementos dentro de los currículos basándose en el modelo de evaluación y diseño curricular del hexágono.

Por otro lado, la investigación de Sinesterra (2017), sobre una propuesta desde el alineamiento constructivo para la aplicación contextualizada de las matemáticas en

estequiometría en educación media, retoma elementos de alineamiento constructivo de Biggs (2006) y la transposición contextualizada propuesta expuesta por Camarena (2001) para facilitar el aprendizaje del concepto de estequiometria, con la perspectiva de generar un escenario para la matemática aplicada, lo que se constituirá en una mejor manera de integrar el currículo de matemática y el de química.

Entendiendo que se trata de un campo con variadas aristas con relación a esta investigación, se construye un marco de referencia que permita guiar la lectura del análisis de los documentos seleccionados.

4.2 MARCO CONCEPTUAL

El propósito de esta sección es precisar algunos elementos teóricos que permitan comprender la mirada hermenéutica de los documentos seleccionados para este estudio documental . por lo anterior se inicia delimitando la perspectiva teórica sobre la naturaleza de la ciencia; los conceptos químicos, las matemáticas en la química,

Naturaleza de la ciencia

La didáctica de las ciencias no solo es una búsqueda de novedosas de metodologías para la incorporación de los conceptos científicos en el aula (Pfund y Duit,2002), además se refiere a la incorporación de las nociones de historia, filosofía y epistemología como parte del ejercicio de enseñar ciencias. La línea de investigación naturaleza de las ciencias, que de ahora en adelante nos referiremos como NdC, toma importancia, ya que, según Aduriz-Bravo (2009) esta expresión dentro de la didáctica de la ciencia se refiere a tres objetos:

La naturaleza de la ciencia designa, primeramente, aquello que la ciencia es, que desde las diversas meta-ciencias (epistemología, historia de la ciencia, sociología de la ciencia, psicología de la ciencia, lingüística de la ciencia...) se ha preguntado ¿Qué es la ciencia?

La naturaleza de las ciencias como un *componente emergente en el currículo*, que se encarga de la reflexión sobre ¿de qué se ocupa la ciencia? La cual se refiere a la alfabetización científica. *La comprensión de la naturaleza de la ciencia* (NdC) como el componente más importante de la alfabetización científica de la ciudadanía. Toda vez que su conocimiento, adecuado o no, es el que las personas usan y se basan para valorar los asuntos públicos que involucran a la ciencia y la tecnología (Shamos, 1995) Citado por (Acevedo Díaz & García Carmona, 2016) .

En la Naturaleza de las ciencias se pueden distinguir tres finalidades desde la recopilación realizada por Aduriz-Bravo (2009) cuando afirma que la naturaleza de la ciencia es un campo de innovación en docencia y didáctica para enseñar conocimientos Meta científicos.

El primer elemento caracterizador es una **finalidad intrínseca**. Según Izquierdo-Aymerich y Aliberas (2004) (citado por Aduriz-Bravo, 2009) la naturaleza de la ciencia debe ser reflexiva, racional y razonable.

Luego, una finalidad cultural. Trabaja el enfoque de NdC desde diversas áreas del conocimiento en el aula, destacando su valor histórico como un ejercicio humano, en contextos con personas definidas. Y, por último, una **finalidad instrumental**. La naturaleza de las ciencias, como herramienta para la enseñanza de conceptos científicos permite identificar obstáculos didácticos en la enseñanza de las ciencias. Por otro lado “*Un sólido conocimiento metacientífico permitiría que los y las estudiantes vinculen mejor los contenidos y formas de pensar de las ciencias naturales con el conocimiento del sentido común que circula en la sociedad.*”(Amador,Ospina & Aduríz-Bravo,2018. Pág. 3).

La ciencia sin duda ha sido uno de los motores de cambio de la historia de la humanidad, por ende, es importante reconocer que la ciencia es un proceso por el cual nos permitimos acomodar el mundo de tal manera que podamos en primera instancia dar explicación a lo que a nuestro alrededor ocurre y así poder relacionarnos con esta fracción de la realidad. Asumiendo que el conocimiento científico es una construcción dada por un conjunto de conceptos formados colectivamente en distintas épocas y el cual es validado por una comunidad de especialistas, lo cual es la etapa publica de la ciencia (Marín et al., 2013).

Por otra parte, existen formas en las que las comunidades presentan las estructuras en las que se produce el conocimiento científico, entre las cuales se encuentra los empiristas y positivistas, las cuales se basan a grandes rasgos en afirmaciones tales como, que el conocimiento es logrado por medio de la observación directa de los hechos (Chalmers, 2006). En esta explicación Chalmers propone que se estudie en dos perspectivas, la primera de ellas es en relación con la naturaleza de los hechos y cómo se obtienen; la segunda perspectiva se refiere a como a partir de los hechos se pueden formular leyes y teorías. De otra parte, expone la dificultad que se presenta en depender solo de la visión como medio para la experiencia con el mundo exterior, debido a esto depende del observador y las influencias que sobre el observador exista, ya sea de tipo físico, cultural y perspectiva, por esto una persona que tengo un conocimiento previo.

Así es que se propone que los hechos sean expresados en *enunciados facticos sobre del mundo*(Chalmers, 2006), lo que clasificará como enunciados observacionales-. Es así como un sujeto que tenga algún tipo de conocimiento previo generará enunciados observacionales para construir una base de hechos, –dichos enunciados pueden o no ser verdaderos con respecto al evento observable. Por lo tanto, para el registro de los hechos no sólo requiere de un estímulo, sino también de un conocimiento previo, el cual le sugiere inquietudes que expresa como preguntas, toda vez que el saber que tiene y aplica no es suficiente para comprender el fenómeno en sí-

Continuando con la explicación que hace Chalmers los hechos *observacionales* están caracterizados por ser objetivos puesto que pueden ser comprobados por cualquier persona que entienda la intención de la explicación y *fiabiles* por estar *sujetos* a cambios en los

conocimientos conceptuales de la ciencia y la tecnología. Los hechos observables deben ser pertinentes y relevantes para la ciencia, para realizar la recolección de este tipo de hechos es necesario hacer experimentos, con el fin de identificar y especificar los procesos de la naturaleza, procurando delimitar y eliminar algún efecto causado por otro hecho. Los hechos entonces serán presentados mediante el resultado de la experimentación. El experimento está ligado un sistema de conocimiento científico, el cual puede ser perceptibles a cambios, por lo que estos resultados solo podrán ser reconocidos bajo ese sistema, pero una “anomalía” podría generar cambios en los sistemas de conocimientos científicos (Chalmers, 2006).

Conceptos científicos

Ahora bien, lo antes mencionado hace parte de la construcción de conceptos científicos. Por lo tanto, no es el mundo el que se encuentra estructurado de un modo dado, desde esta perspectiva, somos nosotros como comunidad damos estructura sobre los componentes conceptuales. Los conceptos están introducidos en unos contextos determinados en los cuales cobran una valoración determinada.

La gran variedad de conceptos científicos, se pueden acuñar desde el lenguaje cotidiano usado por las personas hasta aquellos que son obtenidos como productos del progreso de la ciencia—conllevando a la formación de nuevas teorías, estos a su vez, están relacionados de múltiples maneras, es posible reunir a todos los conceptos científicos y clasificarlos en tres: los conceptos clasificatorios, clarificativos y métricos, según Mosterin (1984) quien retoma esta división de Hempel (1973).

Los conceptos clasificatorios, aluden a aquellos que pertenecen a un grupo determinado de objetos o sucesos que tienen algo en común (Mosterin,1984), estos conceptos son limitados e insuficiente para ser incorporados en la ciencia, por esto al introducirse en ésta, debe cumplir con dos condiciones a saber; por un lado, que puedan ser incorporados en todas las ciencias, y por el otro, que a la ciencia donde se incorpore sea adecuado según sea necesario, es decir adaptar la clasificación, debe responder a unas condiciones, específicas para cada ciencia.

En estos los conceptos científicos debe existir una delimitación, para realizar esta delimitación se debe hacer uso del concepto de partición que viene dada por la equivalencia es una relación reflexiva, simétrica y transitiva. Suele ocurrir que los conceptos comparativos tengan asociados grados de finura, generando jerarquías por lo general descendientes (Mosterín, 1984).

Tabla 1 Tipos de conceptos

Tipo de clasificación	Descripción teórica
Partición	los conceptos clasificatorios dentro la ciencia facilitan señalar las condiciones y el cómo se realiza la delimitación de las generalidades de tal modo que permitan construir una jerarquía en orden decreciente y se usan para formular leyes.
Comparativos	Los conceptos comparativos , permiten clasificar y establecer grados de coincidencia en relación con una característica en mayor o menor grado. Este tipo de conceptos definirá más finamente las clasificaciones, además de ser el paso posterior al concepto métrico.

Métricos	<p>Los conceptos métricos son los que están asociados al concepto cuantitativo y de magnitud, estos son el producto del lenguaje científico. Estos conceptos son el estadio más avanzado de la ciencia.</p> <p>Este concepto asigna número reales y vectores a objetos y sucesos. A los conceptos que se les asignan números son llamados magnitudes escalares, pero a quienes se les asignan un vector se les denomina magnitudes vectoriales</p>
-----------------	---

Fuente: Mosterín (1984)

Para Mosterín (1984) en la metrización es posible a la existencia previa de un concepto comparativo referido a una característica específico en donde se introduce un concepto métrico. Es relevante señalar que no es lo mismo la metrización y la medida. La medida, exige disponer de un concepto métrico, busca asignar un número o vector a un objeto o suceso (Mosterín, 1984). El concepto métrico no solo asigna un número real o vector, sino, también el orden en el que están los objetos con relación a una característica. Es decir que lo realizado fue establecer un homomorfismo entre el sistema empírico comparativo y el sistema numérico, de esta manera dentro de este nuevo sistema es posible establecer las relaciones, mayor que o igual que. ($=, <$). Se debe aclarar que para Mosterín (1984) la metrización de un sistema debe constar de cuatro pasos: 1. definición de un sistema empírico, 2. formulación de hipótesis que expresen características cualitativas, 3. prueba de un teorema de representación, que afirme la existencia de un homomorfismo entre un sistema empírico y un sistema numérico. 4. prueba de un teorema de unicidad, que indique hasta qué punto el homomorfismo es unívoco.

Las escalas pueden ser identificadas con un homomorfismo entre el sistema empírico y el sistema numérico, permitiéndole al concepto métrico tener varias transformaciones de escalas posibles, ya que se explica el homomorfismo entre el segundo sistema y el primero. Lo anterior permite establecer diferentes tipos de escalas que se describen a continuación:

Tabla 2 Tipos de escala usadas por los conceptos científicos.

TIPO DE ESCALA	CARACTERÍSTICA.
Escala Ordinaria	las ordinarias, que son las que se limitan a asignar números y conservar el orden de un sistema;
Escala proporcional	las escalas proporcionales que no solo hacen distinción de una característica de los objetos, sino que además de la proporción entre objetos, si uno es más o menos que otro
Escala de intervalos	la escala de intervalos, los cuales son homomorfismos de un sistema numérico si toda transformación lineal de ese homomorfismo es otro homomorfismo de los mismos sistemas.

Fuente: Modificado de Mosterin (1984).

Los conceptos científicos son una construcción que inicia de lo particional y desemboca en lo métrico para la formación de escalas de medida; que articulados con la observación

experimental complejizan las formas de representación de los fenómenos estudiados, de tal manera que se privilegia las representaciones numéricas, debido a que estas son isomórficas y pueden ser incorporadas en un campo de estudio.

En relación con lo anterior la representación de conceptos métricos son el resultado de la sistematización de los fenómenos observados, los cuales se hacen siguiendo unos cuestionamientos particulares, que son de interés del grupo de especialistas y que por su puesto generan valor agregado en la comunidad, la posibilidad de su uso en problemas de importancia científica, social y económica conduce a la necesidad de conservar, difundir y reflexionar sobre estos nuevos conocimientos.

La contextualización del término modelos realizada por Aduriz-Bravo (2010) retoma lo propuesto por Mosterin (1984) en lo referido a: el término modelo es empleado en la cotidianidad de dos maneras que se oponen una de la otra: la primera, propone que el modelo es un canon para seguir, mientras que la segunda es la réplica o simulación de algo (copia, que captura las características de un objeto o situación). Existen modelos usados en la ciencia y en la enseñanza de la ciencia que contribuyen una forma de organización de los cuerpos teóricos.

Carvajal (2002) hace la siguiente propuesta en correspondencia de lo antes dicho:

Tabla 3 Formas de presentación en ciencia.

Tipo	Descripción	Ejemplo
Icónico	<p>Este tipo de modelo se asemeja “directamente” a una propiedad o conjunto de propiedades de un hecho, proceso, sistema, entre otros. Puede ser de dos tipos:</p> <p>(a) una representación pictórica bidimensional y a escala.</p> <p>(b) una representación física total o parcial y a escala de lo que se quiere representar.</p>	<p>(a) Dibujos, planos, mapas, imágenes, entre otros.</p> <p>(b) La maqueta de un edificio, la representación física del átomo o del ADN).</p>
Topológico	<p>La colocación de elementos en un plano de tal forma que se ordenan los elementos del sistema que se intenta representar, puede indicar las direcciones en un sistema de flujo.</p>	<p>Diagramas, cuadros, esquemas, mapas conceptuales, entre otros.</p>
Simbólico	<p>Este tipo de modelos, según Bisquera, tienen que ver con la fórmula o representación, por medio de símbolos del sistema, proceso o fenómeno que se</p>	<p>El símbolo H₂O para representar el agua</p>
Analógico	<p>Estos modelos pretenden una abstracción mayor que la anterior, y se construyen a partir de la representación por analogía: (a) un conjunto de cualidades o elementos, (b) una estructura y (c) un proceso, un fenómeno o sistema que se estudia.</p> <p>También, cuando se toma un modelo de una disciplina para aplicarlo a otra.</p>	<p>Se expresa lingüísticamente</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. El modelo del sistema planetario 2. El modelo del sistema planetario aplicado a la representación del átomo. 3. El proceso de desarrollo de una planta desde que nace hasta que muere aplicado a la historia de las culturas.
Matemático	<p>Son representaciones aritméticas, esto es, un conjunto de proposiciones matemáticas; por tanto, utiliza los símbolos y las reglas de dicha disciplina. Este modelo permite inferir teoremas a partir de unas suposiciones o postulados.</p>	<p>Una ecuación o un algoritmo</p>

Fuente: (Carvajal Villaplana, 2002)

Las matemáticas en la química.

Dentro de la historia de la química la incorporación de las matemáticas fue dada por el discípulo de Kant, el químico Richter, esto llevo a la incorporación de un sistema de representación hasta el momento ajeno a la química el cual se mantenía en sistemas contruidos desde el álgebra. No es sino hasta la incorporación de la noción termodinámica de sistema que se introduce en la química los sistemas matemáticos de las ecuaciones diferenciales. (Gallego Badillo, Pérez Miranda, & Figueroa Molina, 2010).

Según lo plantea Mosterin (1984) en su obra *Todas las teorías son matemáticas*, lo importante no es la estructura matemática, sino el mundo de sistemas reales que nos rodea.

La matemática en el contexto de la ciencia es tomada como un lenguaje, ya que casi todo lo que se dice en esta área se representa con la simbología matemática. Es más, se usa representaciones matemáticas, la matemática se incorpora dentro de la ciencia a tener mayor reconocimiento ante una comunidad de especialista, además de facilitar la divulgación (Camarena,2009). Los problemas de representación en ciencia, en especial los problemas relacionados al uso de conceptos matemáticos dentro de la construcción de conocimiento y de la enseñanza de la ciencia y de la química, es debido a la dificultad para la resolución de problemas.

Como se logra perfilar en este apartado se trata de aspectos teóricos con varias aristas en la interpretación, que asumidos como de interés en la enseñanza de las ciencias plantean retos investigativos, por lo anterior, a continuación, se explica el interés investigativo en la metodología documental de construcción de un estado del arte.

Estado del arte.

Esta metodología fue seleccionada porque aporta criterios de organización sistemática de información documental acerca de la forma en que diferentes autores han tratado un tema específico. En otras palabras, es la búsqueda, lectura y análisis de la bibliografía encontrada en relación con un campo y problemas de estudio particulares. Esto da cuenta de qué se ha hecho sobre una temática particular, hasta dónde se ha llegado, qué tendencias se han desarrollado, cuáles han sido sus productos y qué problemas se siguen tratando o estudiando en el campo, ya sea por la amplitud de estos o por la complejidad que develan las investigaciones preliminares y que se ven reflejadas en las publicaciones especializadas.

Como resultado de esta estrategia, se logra la consolidación del conocimiento, basado en la lectura y el análisis de diferentes tipos de textos (Ramírez. G s.f ; Londoño, Maldonado y Calderón 2016), La importancia de un estado del arte radica en que le sirve al investigador como referencia para asumir una postura crítica frente a lo que se ha hecho y lo que falta por hacer en torno a una problemática concreta, para evitar duplicar esfuerzos o repetir lo que ya se ha dicho y, además, para localizar errores que ya fueron superados. Esto explica que no puede considerarse como un producto terminado, si no como una construcción científica que genera nuevos problemas o nuevas líneas de investigación y representa el primer y más importante insumo para dar comienzo a cualquier investigación.

Según lo anterior hacer un estado del arte *"implica aproximarse a través de fuentes documentales a un verdadero laberinto de perspectivas epistemológicas, posturas ideológicas y supuestos implícitos y explícitos. Así como a una variedad de metodologías descriptivas y analíticas, afirmaciones y propuestas fundadas e infundadas que obscurecen*

el campo de la investigación haciéndolo ininteligible a simple vista". (Camargo de Mejía Sonia, 1997: 23), citado en (Vélez Restrepo & Galeano Marín, 2002)

Según Hoyos Botero, (2000), un estado del arte da cuenta de un saber acumulado en determinado momento histórico acerca de un área específica del saber, como tal, no se considera un producto terminado; da origen a nuevos campos de investigación y éstos a su vez generan otros en el área sobre la cual se ha investigado. Este recorrido de conocimiento acumulado da el punto de partida desde a los investigadores para tomar una mirada reflexiva de datos inconexos, que se presentan desarticulados y sin sentido, con el fin de analizarlos críticamente para construir con ellos una coherencia, mediante un proceso de abstracciones que le posibiliten apreciar nuevos aspectos.

Con lo anterior en mente, se precisa que esta monografía se centra Enel estudio documental sobre la matematización en el campo de la enseñanza de la química. Para ello se propuso la siguiente metodología:

METODOLOGÍA

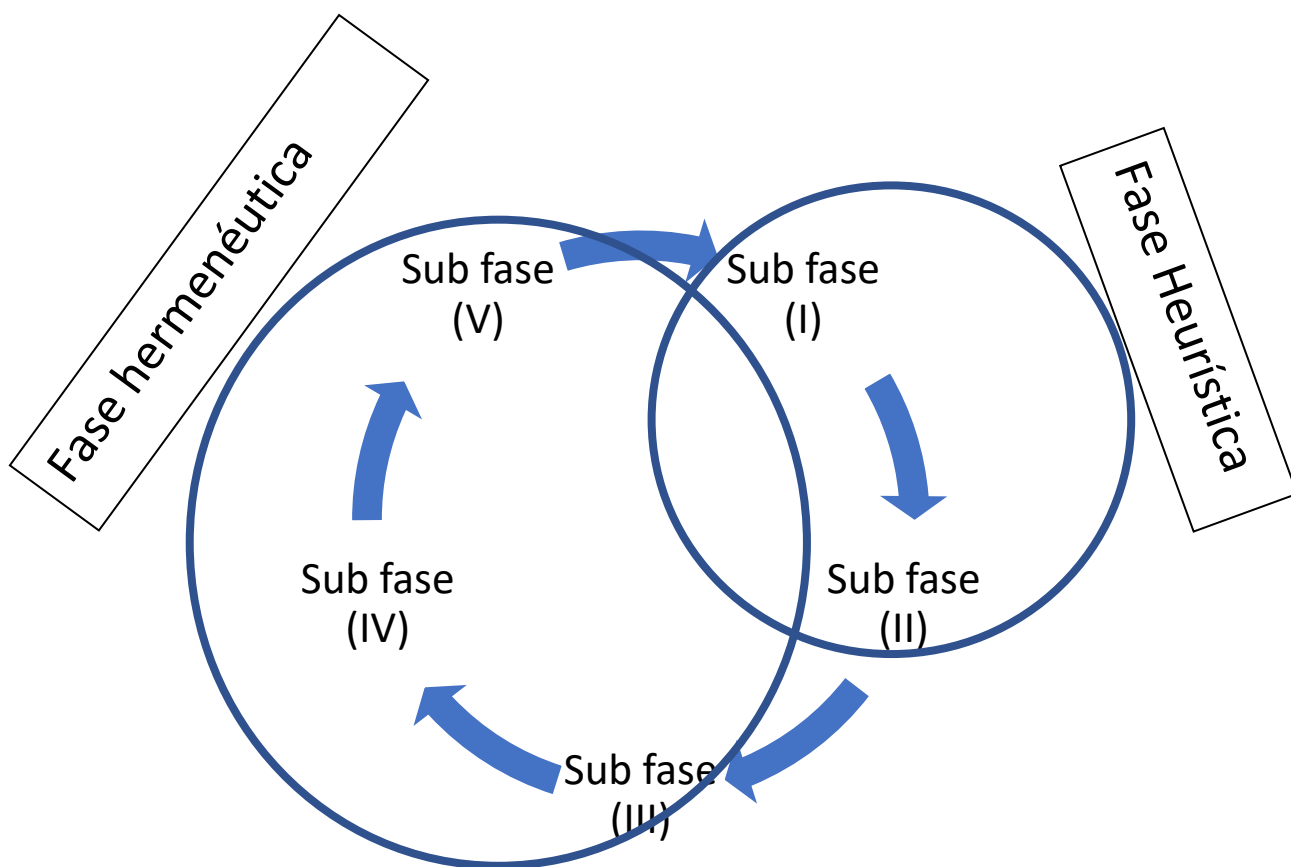
5.1 TIPO DE METODOLOGÍA

La metodología que acompaña esta investigación de tipo monografía, está centrada en un análisis documental tipo estado del arte; en la cual se usó el mapeamiento informacional bibliográfico (MIB) propuesto por André(2009) y usado por Sanabria (2016) que permitió la recolección, sistematización y análisis de los documentos encontrados en bases de datos libres cuyos recursos no siempre muestran índices de consulta, países de origen, tendencias de agrupamiento por palabras clave entre otros y que se convierten en un elemento importante a la hora de analizar las tendencias bibliométricas de publicación. La propuesta de André apoya el análisis de los documentos para dar origen a categorías teóricas emergentes del análisis y que se nominan como enfoques (campos teóricos amplios) que agrupan campos temáticos particulares.

De acuerdo con Alfonso (1995) citado por Morales (2003) el análisis documental se constituye en un proceso sistemático de indagación, recolección, organización y análisis de la información de un tema en específico que conduce a la construcción de conocimiento.

Sobre el proceso metodológico Hoyos-Botero (2000) aporta un modelo que plantea dos fases principales que responden al carácter cualitativo de la investigación. Comenzando por la *fase heurística* seguida de una *fase hermenéutica* con la que después se triangulará teóricamente la información obtenida para dar respuesta a la pregunta de investigación. A continuación, se presenta la representación de lo propuesto por Hoyos. Botero.

Ilustración 1 Proceso metodológico



Fuente: Modificado de Hoyos-Botero (2000).

5.2 PROCESO METODOLÓGICO

5.2.1 Fase heurística

Dentro de la fase heurística se realizó la búsqueda de información, en este caso, la selección de documentos desde diversas fuentes de información como las bases de datos libre y de pago disponibles en la biblioteca virtual de la Universidad Pedagógica Nacional. Para sistematizar información relevante de los documentos seleccionados se tuvo en cuenta el diseño de la

ficha resumen adecuándolo a los criterios de mapeamiento bibliográfico informacional (MIB) (André,2009).

De acuerdo con Londoño, Maldonado , & Calderón (2016), la fase heurística consta de dos sub-fases, sub-fase (I). Preparación; sub-fase (II). Descriptiva. las cuales son descritas en las siguientes tablas.

Tabla 4 Sub fase I. Preparatoria

Súb fase I. Preparatoria.		
<p>Tiene como fin orientar expresamente, sobre qué se realizará el estudio, cuál es el objeto de análisis que se pretende abordar, cuáles las áreas temáticas comprendidas en el tema central; cuál es el lenguaje básico común por utilizar.</p>		
Objetivos	Actividades	Producto
<p>Reconocer los elementos teóricos que respaldan la construcción de un estado del arte.</p> <p>Identificar y contextualizar el objeto de estudio.</p>	<p>Descripción del área de trabajo, contextualización y ubicación conceptual de la misma.</p> <p>Fijar los criterios de búsqueda (palabras clave) para la recopilación de la información (documentos) sobre el tema.</p>	<p>Informes de lectura sobre el tema: Estado del arte.</p>

Realizar el rastreo de la información.
Diseño de fichas de resumen y organización de la información encontrada sobre el tema.

Fuente: Londoño, Maldonado, & Calderón. (2014), citada en (Rodríguez , 2016).

Como se lee la pretensión de la subfase I de la fase heurística tiene como fin establecer de manera informada los criterios de búsqueda de documentos de acuerdo con criterios bibliométricos, es decir, se acopia información de manera fragmentada.

Tabla 5 Sub-fase II. Descripción.

Subfase II. Descriptiva.		
Hace referencia al trabajo de campo, se realiza con el propósito de dar cuenta de los diferentes tipos de estudio que se han efectuado, además, busca identificar cuáles son sus referentes disciplinares y teóricos utilizados, los sujetos que han sido parte del estudio, bajo que delimitaciones espaciales, temporales y contextuales se han llevado a cabo, qué autores las han asumido y qué diseños se han utilizado.		
Objetivos	Actividades	Producto
Identificar en las unidades de análisis (material documental), los datos	Realización de la revisión documental y hacer un	Conjunto de fichas de resumen bibliográfico, debidamente

<p>pertinentes y someterlos a un proceso de revisión y descripción y reseña</p>	<p>consolidado de los textos que serán sometidos a análisis. Recolección y descripción del material, según los criterios y categorías planteados.</p>	<p>diligenciada para elaborar la base de datos.</p>
---	---	---

Fuente: Londoño, Maldonado, & Calderón. (2014), citada en (Rodríguez , 2016).


De acuerdo a la sub fase (I) de preparación se establecieron los siguientes criterios de búsqueda.


Criterios de búsqueda.


De acuerdo con Londoño, Maldonado, & Calderón (2014), por medio de la combinación de conectores lógicos u operadores booleanos se realizó la consulta en las bases de datos a las que se tuvo acceso. Para ello se eligió el propósito de indagación expresado en la delimitación del problema ‘matematización de la química’, adicionalmente para ampliar la búsqueda se involucraron palabras claves tales como: representación, naturaleza de la ciencia, didáctica química , enseñanza química, modelos, matemática.

Para ello se acudió al uso de los operadores booreanos, a continuación, se presentan las tres operaciones básicas de búsqueda (Alonso-Arévalo, 2004) .

Tabla 6 Operadores lógicos u Booleanos

AND		Y
------------	---	----------

OR		O
-----------	---	----------

NOT		NO
------------	---	-----------

Intersección AND – Y implica que los dos términos DEBEN encontrarse en el mismo registro.

Unión OR implica que los dos términos NO NECESITAN encontrarse en el mismo registro.

Negación o exclusión NOT implica que se seleccionarán sólo los registros en que aparezca el primer término y no aparezca el segundo.

En relación con los operadores lógicos se utilizaron los operadores AND-Y y OR, por lo que se debió usar el operador AND-Y el cual permitió obtener la mayor cantidad de documentos donde se encontrara esta relación; pero como se mencionó anteriormente, el interés de la búsqueda no se relaciona con un concepto comúnmente usado, por lo que se optó por involucrar el operador lógico OR, ya que este conector implica que los dos términos NO NECESITAN encontrarse en el mismo registro.

Una vez establecidas las relaciones y los operadores se propusieron los criterios de búsqueda que se presentan en la tabla a continuación.

Tabla 7 Criterios de búsqueda

Campo Emergente	Matematización química	
	Y	AND
Campo conceptual		
Didáctica química	Matematización química y Didáctica química	Matematización química AND Didáctica química
NdC	Matematización química y NdC	Matematización química AND NdC
Enseñanza/aprendizaje químico.	Matematización química y enseñanza de la química	Matematización química AND enseñanza/aprendizaje química
Modelo	Matematización química y modelo	Matematización química AND modelo
Representación	Matematización química y representación	Matematización química AND representación
Matemática	Matematización química y matemática	Matematización química AND Matemática
Química	Matematización química y Química	Matematización química AND Química

Fuente : Autor.

Como también se consideró usar los dos conectores AND-Y;O-OR la siguiente tabla completa las duplas que se propusieron en la búsqueda de información.

Tabla 8 Criterios de búsqueda con el conector OR

Campo Emergente	Matematización química	
Campo conceptual	O	OR
Didáctica	Matematización o Didáctica química	Matematización química OR Didáctica química
NdC	Matematización química o NdC	Matematización química ORNdC
Enseñanza/aprendizaje químico	Matematización química o enseñanza de la química	Matematización química OR enseñanza/aprendizaje químico
Modelo	Matematización química o modelo	Matematización química OR modelo
Representación	Matematización química o representación	Matematización química OR representación
Matemática	Matematización química o Matemática	Matematización química OR Matemática

Fuente: Autor.

Una vez se estableció los criterios de búsqueda para la consulta de documentos se delimitó el espacio temporal en el cual hacer la consulta y selección de material documental, que, si bien se establece que deben ser en los últimos 5 años a la investigación, se emplearon los criterios en una busque más amplia, donde se tomaron en cuenta los últimos 20 años, ya que los resultados no fueron favorables durante la búsqueda. De otra parte, se eligieron documentos publicados que se enfoquen en la matematización como una forma de representación y estructuración del conocimiento, ya sea educación media o superior, viendo que, por los idiomas de publicación accesible, la información que se analizó se encontró principalmente vinculada a Colombia, Chile, Brasil, y en otros países como Turquía y España.

Caracterización bases de datos

Al proceder con el rastreo de la información se tuvieron en cuenta las bases de datos que se caracterizaron en dos, las bases de libre acceso y las bases de datos por suscripción. Estos medios funcionan como repositorios de información asociadas a revistas indexadas lo cual es un criterio de confiabilidad del origen de la información que, como fuente primaria, permite acercarse con poca interpretación a los datos producidos por investigaciones en el campo de interés. Por lo anterior, no se usó información proveniente de libros de texto, toda vez que se consideran fuentes secundarias, es decir con tratamiento e interpretación de los datos provenientes de investigaciones, cuyo principal propósito es informar y en algunos casos ofrecer elementos didácticos para la enseñanza de aspectos teóricos (Segura Lopez, 2018).

Las tablas que se presentan a continuación documentan por medio de la descripción y caracterización a cada una de las bases de datos utilizados en la construcción de la monografía.

Tabla 9 Bases de datos utilizadas.

Tipología	Bases
Bases de datos de acceso libre	REDALYC
	SCIELO
	CREDI-OEI
	ERIC
	REDUC
	DOAJ
	SCIENCEDIRECT
Bases de datos por suscripción	Dialnet
	EBSCO Help
	JSTOR

Fuente: Autor

En la siguiente tabla se describe con mayor detalle las bases de datos en las que se encontró información de interés, por eso, fueron las fuentes documentales de los archivos finalmente seleccionados.

Tabla 10 Caracterización base de datos.

Base de Datos	
Nombre	Descripción
Scielo	SciELO – Scientific Electronic Library Online - es una biblioteca virtual para Latinoamérica, el Caribe, España y Portugal. A su vez SciELO Colombia es una biblioteca electrónica que cubre una colección selecta de revistas científicas colombianas de todas las áreas del conocimiento. (SciELO – Scientific Electronic Library Online, 2015)
Redalyc	Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal, ofrece una hemeroteca en línea que permite leer, descargar y compartir artículos científicos a texto completo de forma gratuita, en apoyo a las labores académicas tanto de investigadores como de estudiantes. Además, genera indicadores que permitan conocer cuantitativa y cualitativamente la forma en la que se hace ciencia en Iberoamérica (Univesidad Autonoma de Mexico, 2015).
CREDI-OEI	La base de datos CREDI está constituida por el fondo documental de los Centros de Recursos Documentales e Informáticos de la OEI en su Sede Central en Madrid, y de las Oficinas Regionales en Buenos Aires y Bogotá. Recoge cerca de 15000 registros de referencias bibliográficas, con clara especialización en el campo de la educación en

	Iberoamérica. Incluye todo tipo de documentos: monografías, series, publicaciones periódicas, analíticas, documentos de reuniones, actas, documentación de organismos internacionales de distribución limitada. (Organización de Estados Iberoamericanos, 2015)
ERIC	ERIC (Educational Resources Information Center) Esta base de datos está patrocinada por el Departamento de Educación estadounidense para ofrecer acceso a publicaciones relacionadas con la educación. ERIC ofrece cobertura de artículos de publicaciones, conferencias, reuniones, documentos gubernamentales, tesis, tesinas, informes, medios 72 audiovisuales, bibliografías, directorios, libros y monografías. (Biblioteca Miguel de Cervantes., 2007-2017)
REDUC	REDUC es la Red Latinoamericana de Documentación e Información en Educación contiene documentos que dan cuenta de informes de investigación, experiencias, encuentros e informes con un enfoque educacional en América Latina. (Hurtado, 2015).
DOAJ	El Directory of Open Access Journals, es un directorio de revistas científicas de calidad controlada que

	<p>proporcionan acceso libre o abierto a sus fondos. Abarca todas las áreas del conocimiento y no se limita a un solo idioma, aunque la mayoría de las revistas que incluye son de lengua inglesa. Su principal objetivo es incrementar la visibilidad y el uso de las revistas científicas de acceso abierto, es decir aquellas que permiten leer, descargar, copiar, imprimir y distribuir sus artículos de forma gratuita. (LundUniversity, 2015)</p>
SCIENCE DIRECT	<p>ScienceDirect es un sitio web que proporciona acceso gratuito a una gran base de datos de investigación científica y médica. Alberga más de 12 millones de piezas de contenido de 3.500 revistas académicas y 34.000 libros electrónicos. Las revistas se agrupan en cuatro secciones principales: Ciencias Físicas e Ingeniería, Ciencias de la Vida, Ciencias de la Salud y Ciencias Sociales y Humanidades. Los resúmenes de artículos están disponibles gratuitamente, pero el acceso a sus textos completos (en PDF y, para las publicaciones más recientes, también HTML) generalmente requiere una suscripción o una compra de pago por visión. (Biblioteca Electrónica de Ciencia y Tecnología, 2015)</p>
EBSCO Host	<p>Es una base de datos de información científica sobre medicina, física, química, economía, educación y otros campos, a su vez</p>

	<p>es una biblioteca electrónica de decenas de miles de revistas-e, publicaciones, informes y otras publicaciones a texto completo.</p> <p>(EBSCO Industries, 2015)</p>
<p>Dialnet Plus</p>	<p>Dialnet Plus es uno de los mayores portales bibliográficos de acceso libre, sólo que para agrupar documentación debes tener un correo institucional que mejora el acceso a la información, en muchos casos, permite la descarga de documentos que por otra base de datos no es posible. El principal cometido es dar mayor visibilidad a la literatura científica hispana. Recopila y facilita el acceso a contenidos científicos, principalmente a través de alertas documentales.</p> <p>Además, cuenta con una base de datos exhaustiva, interdisciplinar y actualizada, que permite el depósito de contenidos a texto completo. (Universidad de Valladolid, 2015)</p>
<p>JSTOR</p>	<p>JSTOR es un sistema de archivo en línea de publicaciones académicas. Fundada en 1995, JSTOR es una sociedad estadounidense sin ánimo de lucro con base en la ciudad de Nueva York. (JSTOR , 2012)</p>

Fuente:(Segura Lopez, 2018)

Fichas de trabajo

Respecto del diseño de las fichas de trabajo para la organización y categorización de la información encontrada, estas fueron tomadas del trabajo de Londoño, Maldonado, & Calderón (2014), y fueron modificadas en su estructura original. Tal como se muestra abajo.

Ficha 1 Consulta de bases de datos con el conector Y -AND

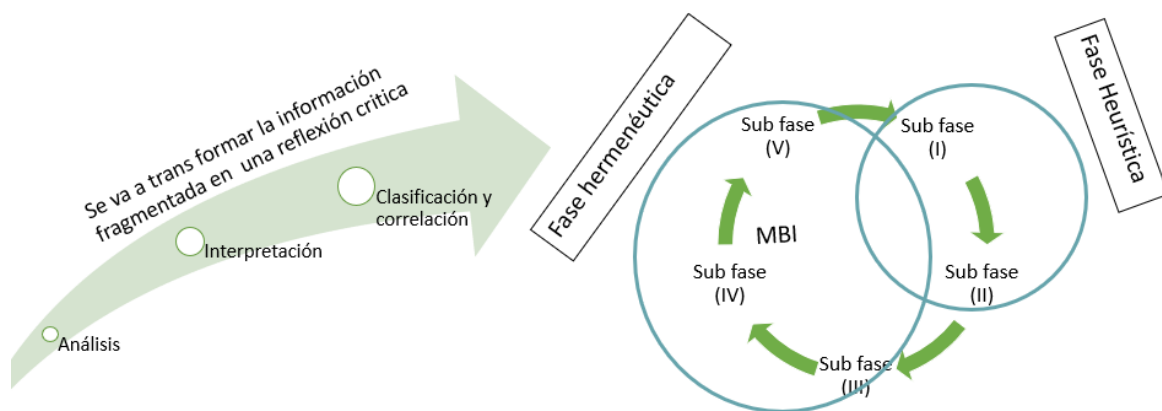
Base de dato	Categoría de búsqueda	Registrados	Seleccionados
	Matematización química y/AND Didáctica química		
	Matematización química y/AND NdC		
	Matematización química y/AND enseñanza de la química		
	Matematización química y/AND modelo		
	Matematización química y/AND representación		
	Matematización química y/AND matemática		
	Matematización química y/AND Química		

Fuente: (Hoyos 2000), Modificado por Autor.

5.2.2 fase hermenéutica

Una vez se logró recolectar y sistematizar la información, se continúa en la fase hermenéutica, esta fase contiene tres sub-fases, las cuales son:

Ilustración 2 Fase hermenéutica.



Fuente: Autor.

A continuación, se realizará una contextualización de dichas sub-fases.

Tabla 11 Sub fase III. Interpretación por núcleo temáticos.

Sub fase III. Interpretación por núcleo temáticos.		
Esta fase permite ampliar el horizonte del estudio por unidad de análisis (por cada documento) y proporciona datos nuevos integrativos por núcleos temáticos, en tanto trasciende lo meramente descriptivo que conduce al planteamiento de hipótesis o afirmaciones útiles para la construcción teórica.		
Objetivos	Actividades	Producto

Realizar el análisis de los documentos por área temática de manera integrada, realizando un examen de todo el material anteriormente compilado.	Sistematización de la información por cada uno de los núcleos temáticos	Construcción del apartado del documento por cada núcleo temático.
---	---	---

Fuente: Londoño, Maldonado, & Calderón. (2014), citada en (Rodríguez Martínez, 2016)

Tabla 12 Sub fase IV. Construcción teórica global.

Sub fase IV. Construcción teórica global.		
Comprende una revisión de conjunto que parte de la interpretación por núcleo temático para mirar los resultados del estudio, como vacíos, limitaciones, dificultades, tendencias y logros obtenidos, con el fin de formalizar el estado actual de las publicaciones de manera global que permita orientar nuevas líneas de investigación.		
Objetivos	Actividades	Producto
Elaborar la construcción teórica del conjunto de la investigación documental	Analizar la información obtenida durante el proceso (subfase II y III) en cada uno de los núcleos temáticos, para identificar los aspectos comunes y particulares de cada uno y las convergencias y diferencias	Construcción del documento.

Fuente: Londoño, Maldonado, & Calderón. (2014), citada en (Rodríguez, 2016)

Tabla 13 Sub fase V. Extensión y publicación.

Sub fase V. Extensión y publicación.		
<p>Consiste en la posibilidad de divulgar la obra, bien en forma oral, mediante conferencias, disertaciones, paneles, y otros o en forma escrita (publicación). La importancia de la fase estriba en poner en circulación un nuevo conocimiento que permite la interlocución con otros grupos y comunidades académicas o científicas.</p>		
Objetivo.	Actividades	Producto
<p>Presentar al interior de la universidad, a la comunidad académica en general y a la sociedad el producto de la investigación.</p>	<p>Trabajo de divulgación tanto oral, como escrito de los resultados de la investigación.</p> <p>Trabajo de publicación (producción de un artículo respecto a los resultados de la investigación).</p>	<p>Divulgación de los resultados.</p>

Fuente: Londoño, Maldonado, & Calderón. (2014), citada en (Rodríguez, 2016)

Los resultados de esta fase ayudó a visualizar las tendencias investigativas y las perspectivas, quiénes han investigado, dónde se ha investigado, qué consensos se han alcanzado y qué retos se han propuesto. Esta fase tiene como base el uso de mapeamiento bibliográfico informacional- MBI- propuesto por André (2009). La siguiente imagen muestra los criterios de construcción.

Ficha 2 Mapeamiento informacional bibliográfico

							Campo teórico		Campo Temático													
Nº	Año	Título	Referencia	País	Palabras Claves	Resumen	NdC	Formación de profesores	Didáctica	Modelos- representacione s	Matematización	Dificultades de aprendizaje	Currículo	Conceptos Químicos	Descripción	contenidos	Metodología	Conclusiones	Tipo de concepto en química	perspectiva de conocimiento	Base de datos	

Fuente: André (2009) y modificado por autor.

RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

El presente apartado da cuenta de lo obtenido en la sub-fase II, correspondiente a la fase heurística, donde se identificó y agrupó la información obtenida teniendo en cuenta los criterios y demás aspectos expuestos anteriormente.

6.1 Resultados fase heurística

6.1.1 sistematización de la información

A continuación, se muestra los resultados obtenidos luego de la consulta en las bases de datos, usando los criterios establecidos en la Tabla 11, 152 y 13 presentados en el esquema de Ficha 1. Y Ficha 2.

Tabla 14 Recolección de información en bases de datos.

		Base de dato			
		Scielo		Redalyc	
Categoría de búsqueda	Categoría de búsqueda	Registrados	Seleccionados	Registrados	Seleccionados
Mathematization of Chemistry and Didactics of Chemistry	Matematización química y Didáctica química	0	0	0	0
Mathematization of Chemistry and Nature of Science	Matematización química y NdC	0	0	0	0
Mathematization of Chemistry and Chemistry Teaching	Matematización química y enseñanza de la química	1	1	0	0
Mathematization of chemistry and model	Matematización química y modelo	0	0	0	0
Mathematization of chemistry and representation	Matematización química y representación	0	0	0	0
Mathematization of chemistry and mathematics	Matematización química y matemática	0	0	0	0
Mathematization of Chemistry and Chemistry	Matematización química y Química	1	1	0	0
	Total Seleccionado		5		

Eric		REDUC		DOAJ		SCIENCE RIRECT	
Registrados	Seleccionados	Registrados	Seleccionados	Registrados	Seleccionados	Registrados	Seleccionados
81	1	6	1	0	0	2	0
623	1	0	0	0	0	29	0
11	0	0	0	0	0	2	1
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	12	0
1	1	0	0	0	0	0	0
1	1	0	0	0	0	18	0

Dialnet		EBSCO Help		JSTOR	
Registrados	Seleccionados	Registrados	Seleccionados	Registrados	Seleccionados

1	1	0	0	19	0
0	0	0	0	153	0
0	0	0	0	61	0
1	1	0	0	72	0
0	0	0	0	68	0
3	3	0	0	118	0
3	3	3	0	87	0

Al usar los criterios de búsqueda establecidos en la Tabla 4, usando el conector O- OR, con lo que se conformó la ficha

Tabla 15 Recolección de información usando el operador O- OR.

Campo Emergente Campo conceptual	Matematización química	
	O	OR
Didáctica	Matematización química o Didáctica química	Matematización química OR Didáctica química
NdC	Matematización química o NdC	Matematización química OR NdC
Eseñanza/aprendizaje química	Matematización química o enseñanza de la química	Matematización química OR enseñanza/aprendizaje química
Modelo	Matematización química o modelo	Matematización química OR modelo
Representación	Matematización química o representación	Matematización química OR representación
Matemática	Matematización química o matemática	Matematización química OR Matemática

Fuente :Autor.

Luego de la búsqueda en las bases de datos libres y de suscripción por categorías en inglés y español, se obtuvo que la búsqueda arrojó 1000 documentos de los cuales se seleccionaron en total 5 documentos, porque ellos tenían correspondencia directa con la categoría de búsqueda: Matemática o Didáctica química, luego de leer el contenido se seleccionaron 3 documentos únicamente por

corresponder con el interés de búsqueda. A estos archivos se les realizó un análisis correspondiente en relación con la matematización de la química y naturaleza de la ciencia, que conforman el eje temático de la investigación. A partir de este ejercicio se propusieron nuevos criterios de búsqueda para ampliar la cantidad de artículos seleccionados.

Como la muestra de 5 artículos (A Adúriz-Bravo, 2010; Antonio & Díaz, 2008; Camarena Gallardo, 2013; Gallego Badillo, Pérez Miranda, & Figueroa Molina, 2010; Gallego Badillo, Pérez Miranda, & Gallego Torres, 2010) es poco confiable, y no permitía alcanzar el objetivo, la elaboración del estado del arte, se estudiaron con cuidado y se configuraron nuevas categorías de búsqueda. Las cuales se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 16 Nuevos Criterios de búsqueda usando el operador Y-AND

	Naturaleza de la ciencia	Modelo matemático
Didáctica de la química	Naturaleza de la ciencia y/AND didáctica de la química	Modelo matemático y/AND Didáctica de la química
Modelos en ciencia	Naturaleza de la ciencia y/AND modelos en ciencia	Modelo matemático y/AND modelos en ciencia
Química	Naturaleza de la ciencia y/AND química	Modelo matemática y/AND química

Fuente: Autor.

Con las categorías construidas se logró obtener una mayor número de documentos seleccionados, como se muestra en la siguiente tabla

Tabla 17 Búsqueda y sistematización de los documentos según los nuevos criterios

		Base de dato			
		Scielo		Redalyc	
Categoría de búsqueda	Categoría de búsqueda	Registrados	Seleccionados	Registrados	Seleccionados
Nature of science and didactics of chemistry	Naturaleza de la ciencia y didáctica de la química	5	0	0	0
Mathematization of Chemistry or Nature of Science	Naturaleza de la ciencia y modelos en ciencia	52	0	0	0
Mathematization of Chemistry or Chemistry Teaching	Naturaleza de la ciencia y química	45	1	1	0
Chemistry Didactics and Mathematical Model	Modelo matemático y Didáctica de la química	1	0	0	0
Mathematization of chemistry or representación	Modelo matemático y modelos en ciencia	18	0	0	0

modelo mathematics andchemistry	Modelo matemática y química	16	0	6	0
Total seleccionado		50			

Base de dato

Eric		REDUC		DOAJ		SCIENCE RIRECT	
Registrados	Seleccionados	Registrados	Seleccionados	Registrados	Seleccionados	Registrados	Seleccionados
77	20	0	0	0	0	2	2
7	1	0	0	0	0	29	17
4	3	0	0	0	0	2	2
6	5	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	12	5
194	6	0	0	0	0	0	0

Base de dato							
SCIENCE RIRECT		Dialnet		EBSCO Help		JSTOR	
Registrados	Seleccionados	Registrados	Seleccionados	Registrados	Seleccionados	Registrados	Seleccionados
2	2	1	1	5	2	19	6
29	17	0	0	8	3	92	10
2	2	0	0	10	0	61	6
0	0	1	1	69	20	72	3
12	5	0	0	30	12	68	2
0	0	3	3	50	21	118	1

Luego de sistematizaciones hechas con la información anterior se pudo observar que se logró una muestra significativa (50 documentos), con la cual se realizaron los análisis respectivos y se hizo la propuesta de estado del arte.

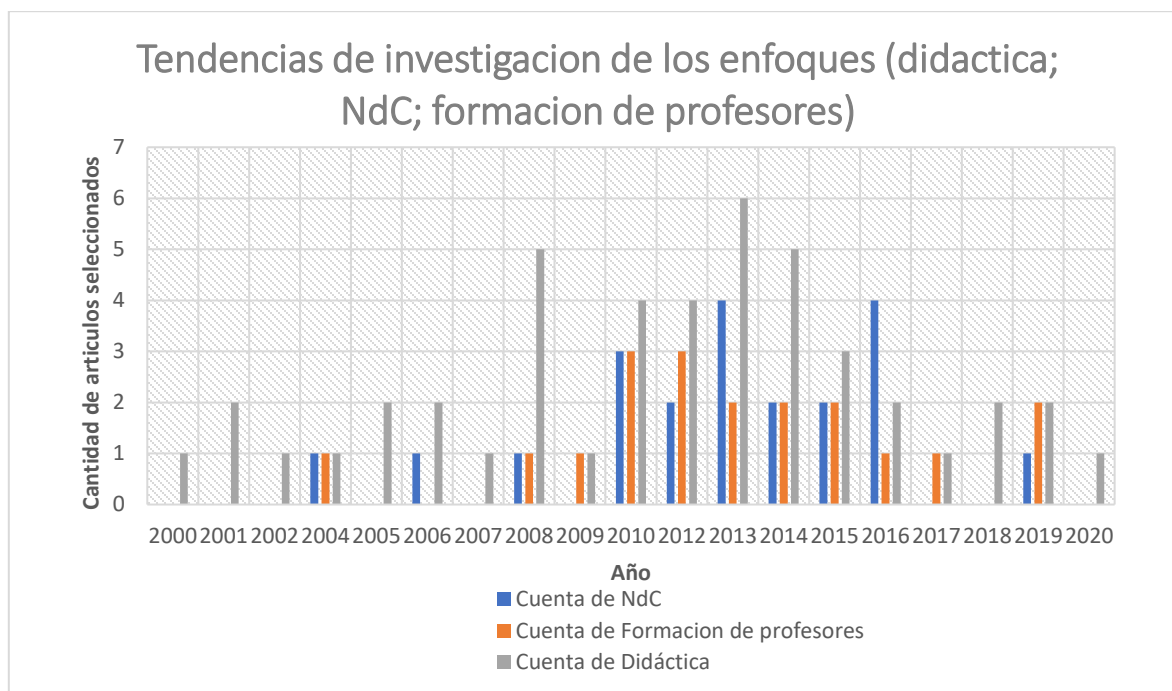
6,2 Análisis de resultados- Resultados Fase Hermenéutica

Se aborda así la sub-fase (III), que tiene que ver con la interpretación de los enfoques y campos temáticos obtenidos por la consulta y el análisis de documentación en las primeras fases heurísticas.

El análisis permite la primera agrupación gruesa de información, se hizo como enfoque teórico porque la clasificación responde a una concordancia con los marcos teóricos de la investigación, mientras que los campos temáticos permitirán recuperar parte de la información reducida que se perdió en la primera categorización (Sanabria, 2016; Molina & otros,2013).

Estas clasificaciones hechas en una hoja de Excel favorecieron el contar con un recurso que permitiera graficar las tendencias investigativas con base en un periodo de tiempo.

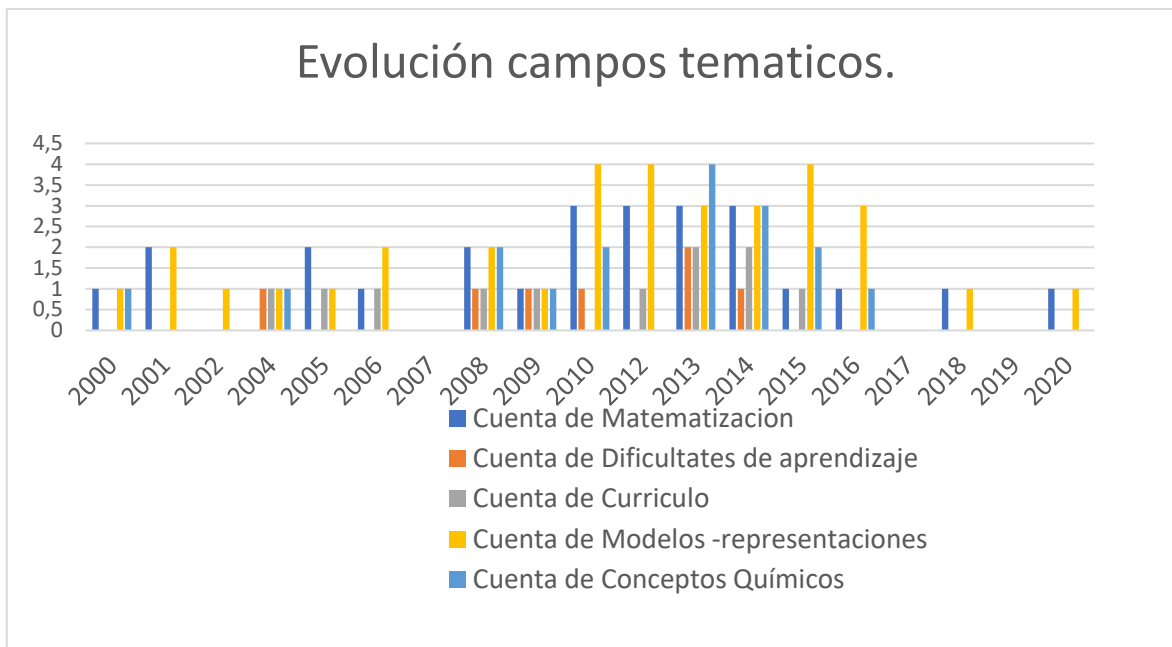
Gráfica 1 las tendencias en investigación de acuerdo con lo enfoques teóricos en el tiempo.



Fuente : Autor.

Como se ve en esta primera gráfica, el interés en los últimos 20 años ha estado centrado en las investigaciones sobre didáctica, que como enfoque teórico ha ido mostrando que posee aristas de investigación relevante que le ha otorgado particularidades a los estudios, como sucede con la investigación sobre naturaleza de las ciencias, que tiene un desarrollo relevante en el periodo de los años 2010 al 2016 (Acevedo-Díaz & García-Carmona, 2016a, 2016b; Adúriz-Bravo, 2010; Agustín Adúriz-Bravo, 2012; Córdova Frunz et al., 2010; Gallego Badillo, Pérez Miranda, & Figueroa Molina, 2010; García-Carmona & Díaz, 2016; Londoño, Olga; Maldonado & Calderón, 2014; Marín et al., 2013; Niaz, 2012; Romero-Ariza & Vázquez-Alonso, 2013; Taskin et al., 2017; Yenice, 2015); mientras que la investigación en formación de profesores muestra una tendencia investigativa más irregular, sin que se abandone, más bien muestra que se tejen comprensiones entre estos enfoques.

Gráfica 2 Tendencias de investigación de los campos temáticos.

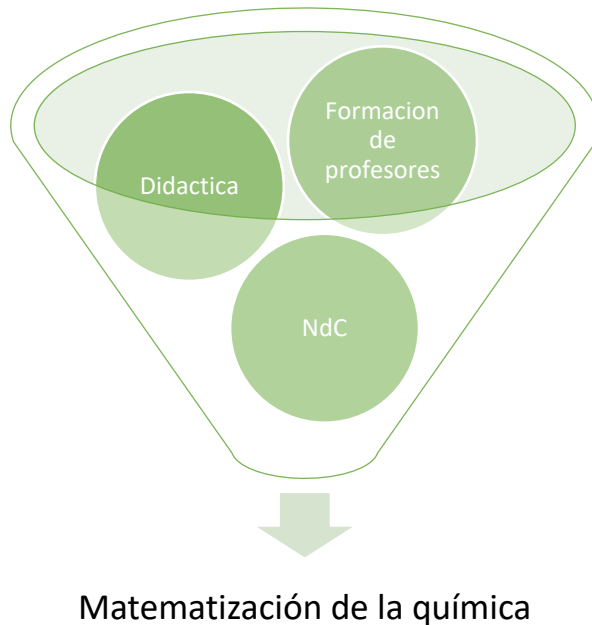


Fuente : Autor.

Las categorías teóricas que aparecen en la gráfica anterior son tratadas en el marco teórico, lo que es importante resaltar es que se trata de marcos teóricos de interés en la enseñanza de la ciencia en los últimos 20 años. Ahora bien, en cuanto a los campos temáticos encontramos que el interés por investigar el objetivo sobre este trabajo de investigación asociado a la matematización de las ciencias y de la química en particular es de reciente interés (Acevedo-Díaz & García-Carmona, 2016a; Acevedo Díaz et al., 2016; Adkins & Noyes, 2018; Barzykina, 2020; Becker et al., 2017; Díaz Martína et al., 2015; Gallego Badillo, Pérez Miranda, & Gallego Torres, 2010; García-Carmona & Díaz, 2016; Giovany & Castillo, 2015; Kostić et al., 2016; PESSOA DA SILVA & WERLE DE ALMEIDA, 2019; Quezada, Torres, 2018; Rodríguez Gallegos & Quiroz Rivera, 2016; Siso Pavón et al., 2019; Taskin et al., 2017; Yenice, 2015). Sin que se abandone el estudio en didáctica, formación de profesores o naturaleza de las ciencias.

El enfoque teórico en didáctica se caracterizó por que las investigaciones se han centrado en el estudio de modelos- representaciones científicas (Adkins & Noyes, 2018; Agustín Adúriz-Bravo, 2012; Carvajal Villaplana, 2002; Giovany & Castillo, 2015; Taskin et al., 2017), la transformación de modelos matemáticos, lingüísticos entre otros para la comprensión de la ciencia (Kabatek, 2012). Los modelos de presentación de modelos químicos con profesores en formación (Giovany & Castillo, 2015; Siso Pavón et al., 2019; Yenice, 2015), Uso de modelos matemáticos de mínimos cuadrados para determinación de algunas variables experimentales, como la humedad en materiales higroscópico (Barzykina, 2020; Díaz Martína et al., 2015). La relación de la experimentación con la formalización de modelos matemáticos donde de involucran ecuaciones diferenciales (Rodríguez Gallegos & Quiroz Rivera, 2016) , lo que permite una mejor comprensión del fenómeno descrito. Alternativas centradas en las TIC para una mejor comprensión de las representaciones usadas en el lenguaje de la química y en específico en el matemático (Quezada, Torres, 2018) La incorporación de modelos matemáticos como el de Belousov-Zhabotinsky en los laboratorios de cinética química (Barzykina, 2020). En el enfoque sobre NdC, se encontraron documentos para la inclusión de la línea de investigación en la planeación curricular (Martins, 2015; Díaz, J. A., & Carmona, A. G., 2016), diseño de secuencia de actividades (Garelli, F., Cordero, S., & Dumrau, A., 2016), en la muestra seleccionada llama la atención que en los siguientes años (2019, 2020) no se encontró productividad, a cambio en formación de profesores se constituye en un campo emergente de investigación que potencializa la comprensión de conceptos y da herramientas a los docentes en ejercicio para la enseñanza he incorporación de elementos meta teóricos (Acevedo Díaz et al., 2016; Taskin et al., 2017; Yenice, 2015)

Ilustración 3 Elementos teóricos que constituyen la matematización en química



En lo referente a la relación que existe entre los matematización y los conceptos químicos, al revisar la documentación se encontró que la mayor parte está relacionada con dos campos temáticos; el **uso de modelos matemáticos** dentro de las experiencias en la investigación de conceptos químicos, usan modelos como el algebra, la teoría de grupos, funciones matemáticas, entre otros (Marín et al., 2013) que relacionan la modelación y sistematización de experiencias dentro de la investigación en química. Y la matemática como un problema para el aprendizaje- enseñanza de la química, el cual, está relacionado con la naturaleza de la **ciencia**, allí se encontró el concepto de matematización de la ciencia dentro de los acuerdos llegado por grupos de investigación, en el cual se resalta el hecho que este concepto es relevante para la formación de profesores, ya que, la matematización se considera como uno de los aspectos finales en la construcción de conocimiento. La NdC se

incorpora en la formación de profesores con el fin de que el docente mejore el dominio de contextos históricos, epistemológicos, sociológicos entre otros, para aproximación del conocimiento científico a un conocimiento contextualizado, los documentos seleccionados presentan diferentes formas de involucrar estas líneas al currículo en ciencia, además de las estrategias usadas, entre las cuales se destacan el, uso de noticias científicas, el estudio de casos históricos entre otros.

La Naturaleza de la ciencia es un campo emergente de investigación que se ha venido involucrando dentro de la didáctica de la química como una alternativa para abordar los problemas para la enseñanza de conceptos químicos. Adicional al abordaje de la estructura de la ciencia.

La siguiente tabla agrupa los conceptos encontrados en los documentos seleccionados y que servirán para establecer las tendencias investigativas de interés en futuros trabajos del grupo de investigación interinstitucional, Química Computacional y sustentabilidad, siendo el principal aporte a la línea de investigación en el que se enmarca este trabajo.

Tabla 18 Resultados sobre las perspectivas de la investigación

Campos Enfoques	Modelos - representaciones	Matematización	Dificultares de aprendizaje	Currículo	Conceptos Químicos
NdC	Analogías, metáforas , dibujos , lenguaje.	Construcción del concepto	Alternativa de enseñanza	Integrar el NdC en el currículo de ciencias	Disoluciones Cinética química
Formación de profesores	Modelos de enseñanza	—	Carencia de uso de modelos matemáticos	Diseño curricular de recursos de enseñanza	Coloides gases

Didáctica	modelos didácticos, modelos de modelos, modelos químicos	uso de modelos matemáticos	-----	Unidades didácticas, secuencia de actividades, ABP, otros	didáctica de la fisicoquímica
-----------	--	----------------------------	-------	---	-------------------------------

Fuente: Autor

CONCLUSIONES

7.1 Conclusiones

Para la construcción de la aproximación al estado del arte en el cual se relacionan las tendencias de investigación en didáctica, formación de profesores y la naturaleza de la ciencia, se le da mayor importancia a la matematización, modelos y representación, se postularon criterios de búsqueda para ser usados en bases de datos con el fin de establecer tendencias dentro de la investigación, las cuales se interpretaron en relación al marco de referencia de esta investigación.

El MIB como herramienta de estudio permitió realizar la caracterización de los documentos encontrados en las bases de datos libres y de suscripción, se agruparon según los enfoques teóricos en tres: Naturaleza de la ciencia, formación de profesores y didáctica, estos se vincularon con los campos temáticos que para esta investigación se establecieron como: modelos-representaciones, currículo, matematización, dificultades de aprendizaje y conceptos químicos, que con su relación se estableció las perspectivas de investigación, como se muestra en la Tabla 18. De otra parte uno de los campos de mayor interés en la

investigación es la inclusión de la NdC en el diseño curricular, que da elementos conceptuales y metodológicos para el desarrollo de contextos para la enseñanza de conceptos científicos que permitan generar representaciones y procesos de matematización de los mismos usando como base la naturaleza de ciencia.

Si bien se usa el término matematización de las ciencias, este no es comprendido por todos los grupos de investigación interesados de la misma forma, lo cual permite inferir que es un problema de la didáctica, de la formación de profesores y de la naturaleza de las ciencias emergente, que indica además que no es de fácil tipificación, puesto que, según desde donde se le mire, puede estar centrado exclusivamente en la modelación matemática, o por el contrario, en la comprensión de los modelos matemáticos que son fundantes de la teoría científica, lo cual exige tratamientos distintos.

De otra parte, los estudios publicados como artículos de investigación no hacen parte en su mayoría de los productos de los grupos de investigación que se clasifican en el campo de las ciencias experimentales, sino de los grupos de investigación provenientes de los campos de la enseñanza de las ciencias, lo cual sugiere que hay oportunidades de investigación para los años venideros tanto en la producción de saber por parte de los profesores de ciencias como en la comprensión de saber para la enseñanza.

7.2 Recomendaciones

- Continuar investigando sobre la matematización de los conceptos químicos estableciendo búsquedas más especializadas en cuanto a conceptos matemáticos.
- Continuar involucrando investigaciones en la línea de investigación de NdC en la formación de los profesores y el currículo escolar del programa.

- Construir instrumento para el estudio de la matematización en conceptos en química.
- Mejorar las delimitaciones de la investigación usando el MIB

BIBLIOGRAFÍA

- Acevedo-Díaz, J. A., & García-Carmona, A. (2016a). «Algo antiguo, algo nuevo, algo prestado». Tendencias sobre la naturaleza de la ciencia en la educación científica. *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias.*, 13(1).
https://doi.org/10.25267/rev_eureka_ensen_divulg_cienc.2016.v13.i1.02
- Acevedo-Díaz, J. A., & García-Carmona, A. (2016b). CONCEPCIONES DE ESTUDIANTES DE PROFESORADO DE EDUCACIÓN PRIMARIA SOBRE LA NATURALEZA DE LA CIENCIA. *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, 21, 583–610.
- Acevedo-Díaz, J. A., & García-Carmona, A. (2016c). Sobre la naturaleza de la ciencia. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 13(75), 2.
- Acevedo Díaz, J. A., García-Carmona, A., & Aragón, M. del M. (2016). Un caso de Historia de la Ciencia para aprender Naturaleza de la Ciencia: Semmelweis y la fiebre puerperal. *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias.*, 13(2), 408–422.
https://doi.org/10.25267/rev_eureka_ensen_divulg_cienc.2016.v13.i2.13
- Adkins, M., & Noyes, A. (2018). Do Advanced Mathematics Skills Predict Success in Biology and Chemistry Degrees? *International Journal of Science and Mathematics Education*, 16(3), 487–502. <https://doi.org/10.1007/s10763-016-9794-y>
- Adúriz-Bravo, A. (2010). Hacia una didáctica de las ciencias experimentales basada en modelos. // *Congrés Internacional de Didactiques CiDd*, 1–5. <http://dugi-doc.udg.edu/handle/10256/2774>
- Adúriz-Bravo, Agustín. (2012). Algunas características clave de los modelos científicos relevantes para la educación química. *Educación Química*, 23, 248–256. [https://doi.org/10.1016/s0187-893x\(17\)30151-9](https://doi.org/10.1016/s0187-893x(17)30151-9)
- Alonso-Arévalo, J. (2004). *El resumen documental*. <http://hdl.handle.net/10366/83085>
- André, C. F. (2009). A prática da pesquisa e mapeamento informacional bibliográfico apoiados por recursos tecnológicos: impactos na formação de professores. En *Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação da Faculdade de Educação* (p. 85). Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo André,
<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/41/41133/tde-19102009-141647/pt-br.php>
- Antonio, J., & Díaz, A. (2008). *DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS*. 5(2), 134–169.
- Barzykina, I. (2020). Chemistry and Mathematics of the Belousov-Zhabotinsky Reaction in a School Laboratory. *Journal of Chemical Education*, 97(7), 1895–1902.
<https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.9b00906>
- Becker, N. M., Rupp, C. A., & Brandriet, A. (2017). Engaging students in analyzing and interpreting data to construct mathematical models: An analysis of students' reasoning in a method of initial rates task. *Chemistry Education Research and Practice*, 18(4).
<https://doi.org/10.1039/c6rp00205f>
- Calderón, L. C., Londoño, O. L., & Maldonado, L. F. (2014). Guía para construir estados del arte. En *International Corporation of Networks of Knowledge*. [https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.\(2012/1\).107.10](https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.(2012/1).107.10)

- Camarena Gallardo, P. (2013). A treinta años de la teoría educativa “Matemática en el Contexto de las Ciencias”. *Innovación educativa (México, DF)*, 13(62).
- Carvajal Villaplana, A. (2002). Teorías y modelos: formas de representación de la realidad. *Comunicación*, 12(1), 33–46. <https://doi.org/10.18845/rc.v12i1.1212>
- Chalmers, A. F. (2006). ¿Qué es esa cosa llamada ciencia? En *¿Qué es esa cosa llamada ciencia?*
- Córdova Frunz, J. L., Feregrino Hernández, V. M., Reza García, J. C., Ortiz Esquivel, L. R., & Dosal Gómez, M. A. (2010). Razones para “concentrarse” en las razones. *Educación Química*, 21(1), 33–39. [https://doi.org/10.1016/s0187-893x\(18\)30070-3](https://doi.org/10.1016/s0187-893x(18)30070-3)
- Díaz Martínez, R., Sanglier Contreras, G., & Guardiola Mouhaffel, A. (2015). Aplicación del método de los mínimos cuadrados para la obtención de los parámetros de los modelos de Henderson y Chung-Pfost. *Educacion Química*, 26, 139–145. <http://www.scielo.org.mx/pdf/eq/v26n2/v26n2a9.pdf>
- Gallego Badillo, R., Pérez Miranda, R., & Figueroa Molina, R. (2010). La matematización de los procesos químicos. Primera parte. *TED: Tecné, Episteme y Didaxis*, 27. <https://doi.org/10.17227/ted.num27-997>
- Gallego Badillo, R., Pérez Miranda, R., & Gallego Torres, A. P. (2010). Matematización de los procesos químicos. Segunda parte. *TED: Tecné, Episteme y Didaxis*, 28. <https://doi.org/10.17227/ted.num28-1077>
- García-Carmona, A., & Díaz, J. A. A. (2016). Concepciones de estudiantes de profesorado de educación primaria sobre la naturaleza de la ciencia: Una evaluación diagnóstica a partir de reflexiones en equipo. *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, 21(69), 583–610. <http://www.scielo.org.mx/pdf/rmie/v21n69/1405-6666-rmie-21-69-00583.pdf>
- Giovany, H., & Castillo, C. (2015). Los modos de representación de modelos en el curso Educación en Química con profesores en formación inicial en Ciencias Naturales. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 12(3), 565–580. <https://doi.org/10.2526/690>
- Hoyos Botero, C. (2000). *Un modelo para investigación documental guía teórico-práctica sobre construcción de estados del arte con importantes reflexiones sobre la investigación*. Señal Editora.
- Kabatek, J. (2012). *Modelos matemáticos e substitución lingüística*.
- Kostić, V. D., Stankov Jovanović, V. P., Sekulić, T. M., & Takači, D. B. (2016). Visualization of problem solving related to the quantitative composition of solutions in the dynamic GeoGebra environment. *Chemistry Education Research and Practice*, 17(1). <https://doi.org/10.1039/c5rp00156k>
- Londoño, Olga; Maldonado, L., & Calderón, L. (2014). Guía para construir estados del arte. En *Colombia aprende* (Vol. 25, Número 123456789). http://www.colombiaprende.edu.co/html/investigadores/1609/articles-322806_recurso_1.pdf
- Marín, N., Benarroch, A., & Niaz, M. (2013). Revisión de consensos sobre naturaleza de la ciencia. *Revista de Educacion*, 361, 117–140. <https://doi.org/10.4438/1988-592X-RE-2011-361-137>
- Mosterin, J. (1984). *Conceptos y teroias de la ciencia*. Alianza.

- Niaz, M. (2012). Filosofía de la química o historia y filosofía de la ciencia como guía para comprender el desarrollo de la química 1. *Educación Química*, 23, 244–247. [https://doi.org/10.1016/s0187-893x\(17\)30150-7](https://doi.org/10.1016/s0187-893x(17)30150-7)
- PESSOA DA SILVA, K. A., & WERLE DE ALMEIDA, L. M. (2019). A PERCEPÇÃO DA MATEMÁTICA EM LIVROS DIDÁTICOS DE QUÍMICA. *Revista Ensaio*, 21. <https://doi.org/10.1590/1983-21172019210123>
- Quezada, Torres, C. (2018). Relaciones de la química con matemática y lenguaje propuesta de aprendizaje en un entorno virtual. *Educación Química*, 29(2), 51. <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2018.2.63707>
- Rodríguez Gallegos, R., & Quiroz Rivera, S. (2016). El rol de la experimentación en la modelación matemática TT - The Role of Experimentation in Mathematical Modeling. *Educación matemática*, 28(3), 91–110. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1665-58262016000300091&lang=pt%5Cnhttp://www.scielo.org.mx/pdf/ed/v28n3/1665-5826-ed-28-03-00091.pdf
- Rodríguez Martínez, A. L. (2016). *Aproximación a Un Estado Del Arte En El Uso De Las Tic Para La Enseñanza De La Química En La Educación Básica Y Media En Bogotá*. <http://repositorio.pedagogica.edu.co/bitstream/handle/20.500.12209/2276/TE-19390.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Romero-Ariza, M., & Vázquez-Alonso, Á. (2013). Investigando dragones : una propuesta para construir una visión adecuada de la Naturaleza de la Ciencia en Educación Secundaria. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 10(1), 85–99.
- Sanabria R., Q., & Molina, A. (2015). Perspectiva de género y diversidad cultural en la enseñanza de las ciencias : Mapeamiento Informativo Bibliográfico (MIB). *X Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – X ENPEC*, 1–9.
- Segura Lopez, M. (2018). MONOGRAFIA: Tendencias investigativas sobre la enseñanza de la cinética química en clave de diversidad cultural y perspectiva de género. Periodo 2000 - 2018. En *Universidad Pedagógica Nacional: Vol. 2020 2* (Número 4). https://www.jstage.jst.go.jp/article/amr/1/5/1_010501/_article/-char/ja/%0Ahttp://www.ghbook.ir/index.php?name=فرهنگ و رسانه های نوین&option=com_dbook&task=readonline&book_id=13650&page=73&chckhash=ED9C9491B4&Itemid=218&lang=fa&tmpl=component%0Ahttp://dx
- Sinisterra, A. (2017). *UNA PROPUESTA DESDE EL ALINEAMIENTO CONSTRUCTIVO PARA LA APLICACIÓN CONTEXTUALIZADA DE LAS MATEMÁTICAS EN ESTEQUIOMETRÍA EN EDUCACIÓN MEDIA*. Universidad Pedagógica Nacional.
- Siso Pavón, Z., Sánchez Soto, I., & Cuéllar Fernández, L. (2019). Una experiencia de aprendizaje en formación continua de profesores de química fundamentada en naturaleza de la ciencia y tecnología. *Góndola, enseñanza y aprendizaje de las ciencias*, 14(2). <https://doi.org/10.14483/23464712.13441>
- Taskin, V., Bernholt, S., & Parchmann, I. (2017). Student Teachers' Knowledge About Chemical Representations. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 15(1), 39–55. <https://doi.org/10.1007/s10763-015-9672-z>

Univesidad Autonoma de Mexico. (2015). Bases de datos. En *Cuadernos de Psicología del Deporte* (Vol. 15, Número 2).

Vélez Restrepo, O. L., & Galeano Marín, M. E. (2002). *Investigación cualitativa: estado del arte*.

Yenice, N. (2015). An analysis of science student teachers' epistemological beliefs and metacognitive perceptions about the nature of science. *Educational Sciences: Theory & Practice*, 15(6), 1623–1636. <https://doi.org/10.12738/estp.2015.6.2613>