

Serie Digital

INCENTIVA **10**
AESTROS

LA NATURALEZA DE LA CIENCIA QUE SE ENSEÑA DESDE LA

práctica reflexiva de los profesores de ciencias



Andrés Julian Carreño Díaz

Docente

Serie Digital

INCENTIVA
AESTROS



**La naturaleza de la ciencia que se
enseña desde la práctica reflexiva
de los profesores de ciencias**

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ
EDUCACIÓN

**La naturaleza de la ciencia que se enseña desde la
práctica reflexiva de los profesores de ciencias**
Programa Incentiva 2020

Instituto para la Investigación Educativa y el Desarrollo Pedagógico, IDEP

© Autor

Andrés Julian Carreño Díaz

Alcaldesa Mayor ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ
Claudia Nayibe López Hernández

Secretaria de Educación del Distrito Capital SECRETARÍA DE EDUCACIÓN DEL DISTRITO, SED
Edna Cristina Bonilla Sebá

Director General © IDEP
Alexander Rubio Álvarez
Subdirectora Académica Mary Simpson Vargas
Asesores de Dirección Ruth Amanda Cortés Salcedo
Oscar Alexander Ballén Cifuentes
Luis Miguel Bermúdez Gutiérrez

Edición y adecuación Mónica Lucía Suárez Beltrán
Diseño y diagramación Pablo Andrés Bermúdez Robayo

Publicación resultado del programa INCENTIVA, una apuesta para generar un sistema de estímulos y reconocimientos a docentes investigadores e innovadores

ISBN 978-628-7535-01-5
Primera Edición Año 2021

Este libro se podrá reproducir y/o traducir siempre que se indique la fuente y no se utilice con fines lucrativos, previa autorización escrita del IDEP. Los artículos publicados, así como todo el material gráfico que en estos aparecen, fueron aportados y autorizados por los autores. Las opiniones son responsabilidad de los autores.

Instituto para la Investigación Educativa y el Desarrollo Pedagógico, IDEP
Avenida calle 26 No. 69D – 91, oficinas 805 y 806 Torre Peatonal – Centro Empresarial Teléfono
+57 (601) 263 06 03 - Teléfono móvil (314)4889979. www.idep.edu.co – idep@idep.edu.co

Bogotá, D.C. – Colombia
Año 2021

Este libro es una adaptación editorial del Trabajo de grado “La naturaleza de la ciencia que se enseña desde la práctica reflexiva de los profesores de ciencias” para obtener el título de Doctor en Educación (2020).

Universidad Pedagógica Nacional.

Contenido

Presentación	15
Prólogo	19
Preocupación creciente por la formación de los profesores de ciencias	
Problematización	24
Aproximación al estado del arte	29
La Naturaleza de la Ciencia	30
Número de documentos por año	31
Principales autores	32
Número de documentos por país	34
Nube de palabras - SciVal Topic Prominence	36
El enfoque de semejanza de familias en otras fuentes de información	40
Número de publicaciones por autor	41
Tipos de texto	41
Publicaciones por país	42
Práctica reflexiva	44
Número de documentos por año	45
Principales autores	46
Número de documentos por país	48

Nube de palabras - SciVal Topic Prominence	50
Pregunta orientadora de la investigación	51
Objetivos	51
Referentes teóricos	53
La enseñanza de la naturaleza de la ciencia	54
La NdC desde una visión de consenso	56
La enseñanza de la NdC desde el enfoque parecido de familias	60
Prácticas científicas	63
Fines y valores epistémicos	65
Métodos y reglas metodológicas de la ciencia	67
Conocimiento científico	71
Formación en servicio de los profesores y el desarrollo profesional del profesor	72
La práctica reflexiva	76
Modelos sobre práctica reflexiva	80
Niveles de reflexión del profesor	94
Ruta metodológica	101
Formulación	103
Diseño y Gestión	105
Configuración del estudio de caso	106
Convocatoria IDEP- UPN	107
Muestra homogénea no probabilística	109

Formación profesional de la muestra no probabilística	109
Género	112
Experiencia profesional de la muestra no probabilística	112
Escenarios de producción y recolección de información	113
Análisis e interpretación de la información	119
Organización de la información: Atlas.ti	119
Análisis textual discursivo (ATD)	120
Categorías de análisis a priori	122
Deconstrucción de la información	126
Naturaleza de la ciencia. Codificación de unidades de análisis	126
Enseñanza de las ciencias. Codificación de unidades de análisis	128
Niveles de Reflexión. Codificación de unidades de análisis	128
Subjetividad- alteridad. Codificación de unidades de análisis	129
Construcción de relaciones emergentes	130
Relaciones entre subcategorías de NdC en la educación en ciencias	132
Relaciones entre las categorías NdC en la educación en ciencias y su enseñanza	141
Relaciones entre categorías NdC en la educación en ciencias con la categoría niveles de reflexión	144
Relaciones entre subcategorías de subjetividad – alteridad	148
Análisis e interpretación de los resultados	153

Aproximación a la visión de los profesores acerca de la NDC	154
La NDC que se enseña	157
La NdC que se enseña por medio de la visión de consensos	157
Características de la NdC que se enseña desde el EPF	161
Análisis de familia: fines y valores	162
Análisis de familia: prácticas científicas	166
Análisis de familia: métodos y reglas metodológicas	169
Análisis de familia: conocimiento científico	172
La NDC que se enseña de forma explícita e implícita	174
La NdC que se enseña explícitamente	175
Características de la enseñanza de NdC – implícita	177
La NDC que se enseña desde los niveles de reflexión	178
La NDC que se enseña desde la subjetividad – alteridad	184
Conclusiones	189
Conclusiones relacionadas con los objetivos	189
Sobre las características de la NdC	190
Características de la NdC desde el enfoque de parecido familiar	190
Características de la NdC que se enseña implícita y explícitamente	193
Relaciones de la NdC y los niveles de reflexión	195
Condiciones de la NdC que se enseñan desde la categoría emergente de subjetividad-alteridad	196

Alcances, limitaciones y proyecciones del trabajo investigativo	197
Proyección: Modelo de formación	201
Modelo de formación en servicio para los profesores de Ciencias naturales	202
Fase 1: reconocimiento	203
Fase 2: significación	204
Fase 3: resignificación	205
Referencias bibliográficas	219

Presentación

Desde finales del siglo XVIII en pleno auge de las Reformas Borbónicas, se exaltó la necesidad de fortalecer la educación con el fin de transitar el camino del progreso, el desarrollo y el cultivo de la ciencia. Con la consolidación de la Independencia y el surgimiento de la República, la instrucción pública fue la encargada de enarbolar los valores republicanos y se empezó a reconocer la figura del docente como actor fundamental para la consolidación del proyecto nacional.

No obstante, este anhelo modernizador del Estado convirtió al maestro en un agente civilizatorio de la sociedad, con el objetivo de generar desde la Escuela una homogeneidad corporal y de pensamiento basada en la herencia hispano-católica, la urbanidad y la subordinación de la infancia a la autoridad adulta representada en los poderes religiosos, legales y pedagógicos.

Lo anterior, condujo a que el acto educativo se centrará en el disciplinamiento del sujeto infantil por medio del autoritarismo y la violencia, no en vano, la premisa inspirada en la pedagogía lancasteriana “la Letra con sangre entra y la labor con dolor”, fue la que guio buena parte los procesos de enseñanza-aprendizaje, hasta que se empezó a reconocer al niño y la niña como sujetos de derecho y se prohibió en consecuencia que fueran objeto de maltrato.

En este contexto, el maestro cumplía una función orgánica e instrumental de reproducir y transmitir el conocimiento, pero, sobre todo, de mantener un estado moral e intelectual que formara a un tipo de ciudadano que estuviera al servicio de los poderes hegemónicos y encajara perfectamente en el status quo. Esto hizo del escenario escolar un espacio tremendamente reglado, con escaso margen para el disenso, el pensamiento crítico y para la aceptación de las diferencias étnicas, estéticas, cognitivas, socioeconómicas, sexuales y de género.

A pesar de los avances que sobrevinieron a finales del siglo XX, en cuanto al acceso masivo a la información y al uso de las nuevas tecnologías, así como, a la ampliación de derechos que trajo consigo la Constitución Política de 1991; aún en la actualidad se mantienen fuertes rezagos de una sociedad y una Escuela que privilegia el autoritarismo, la segregación y la transmisión vertical del conocimiento.

Sin embargo, han sido los propios maestros y maestras quienes desde su saber han generado prácticas de resistencia frente a esta lógica que ha conducido históricamente la educación. A esto se le conoce como giro pedagógico, el cual consiste en concebir el saber docente más allá de la reproducción instrumental del conocimiento y el disciplinamiento del sujeto escolar, para posicionarlo como un saber hacer profesional, histórico y cultural, que logra incidir en la transformación social de los contextos educativos.

En este panorama, el docente ya no es más un sujeto pasivo, ni tampoco un simple instrumento de reproducción de los discursos totalizantes sobre la infancia y la educación. Ahora, los maestros y maestras se construyen desde los mundos posibles para atreverse a investigar su realidad y discernir sobre las problemáticas y retos que aquejan a sus comunidades.

Aquí emerge el papel del docente como intelectual, es decir, como un actor capaz de autogestionar el conocimiento, llevarlo al aula para ponerlo a disposición de sus estudiantes y motivarles a ser partícipes de su propio aprendizaje. Por ello, su rol no se limita a opinar o demostrar erudición sobre determinado saber o campo del conocimiento. El maestro y la maestra, al construirse como intelectuales de la educación, convierten su reflexión en una nueva metodología, en un desarrollo didáctico o en una innovación curricular que tiene el potencial de replicarse en otros contextos educativos.

No obstante, aún persiste en el imaginario social que la labor docente se limita únicamente a su trabajo instrumental en el aula, por lo cual, su conocimiento, investigación y la sistematización de su práctica carecen de relevancia intelectual, porque ésta se ocupa de las ciencias o los saberes escolares. Por ello, para cambiar esta percepción, resulta fundamental divulgar el conocimiento pedagógico que surge de los mismos actores de la educación, con el fin de negociar significados ante la sociedad y dar a conocer su relevancia y utilidad, pero, sobre todo, demostrar que

dicho conocimiento impacta directamente en la comunidad y es capaz de transformar realidades.

En este sentido, las reflexiones y productos pedagógicos provenientes de los docentes se han convertido en trabajos académicos de alto nivel, debido a que estos se han acompañado y potencializado a través de la experiencia que han tenido varios maestros y maestras de la ciudad en los programas de formación avanzada de maestría y doctorado en distintas universidades de Bogotá. Esto gracias a las políticas distritales que apuntaron a la cualificación y al mejoramiento del prestigio docente. Sin embargo, mucha de esta producción no solo debe quedarse en los repositorios y anaqueles de las instituciones de educación superior, sino que deben salir a la ciudad y al país para divulgarse como parte del patrimonio pedagógico.

Por esta razón, desde el Instituto para la Investigación Educativa y el Desarrollo Pedagógico IDEP, en su estrategia de promoción y apoyo a docentes investigadores e innovadores, conscientes de ampliar la visibilidad de aquellos maestros y maestras que desde su quehacer investigan, innovan y reflexionan sobre su práctica; lanzamos la iniciativa Incentiva Maestros y Maestras 10, la cual busca dar a conocer a la comunidad educativa de Bogotá y a la ciudadanía en general, los aportes pedagógicos e intelectuales que los y las docentes han realizado en sus tesis de maestría o doctorado que obtuvieron distinción laureada o meritosa.

Lo anterior, se realizó a través de un ejercicio editorial para llevar esta producción académica a un formato de libro digital, con el propósito de tener mayor alcance y una divulgación en un público más amplio, lo cual permite que su conocimiento y saber experto, no solo pueda ser apropiado y replicado como experiencia significativa en otros contextos educativos, sino inspirar a otros y a dar a conocer su práctica pedagógica.

Esta serie que el IDEP pone a disposición de la comunidad educativa de Bogotá y de la ciudadanía en general, es muestra de la creatividad, innovación, profesionalismo y excelencia de los maestros y maestras de la ciudad. Nuestro propósito con esta obra es contribuir al reconocimiento y valoración de la profesión docente y su posicionamiento como un intelectual de la educación y la cultura.

Luis Miguel Bermúdez Gutiérrez
Asesor de Dirección

Prólogo

Al comprender la Naturaleza de la Ciencia (NdC) que actualmente enseñan los profesores de ciencias en sus contextos particulares, es posible pensar y formular procesos de formación profesional más pertinentes según los contextos en los que se desarrollan las prácticas de enseñanza, acordes a los procesos de enseñanza científica que necesitan los estudiantes.

De esta forma, la presente investigación titulada “La Naturaleza de la Ciencia (NdC) que se enseña desde la práctica reflexiva de los profesores de ciencia” analiza las principales características de la NdC que enseña un grupo de profesores de ciencias, quienes participan en un proceso de formación en servicio; la práctica reflexiva que ellos desarrollan desde la visión de consensos; el enfoque de parecido familiar (EPF); la enseñanza implícita y explícita de la NdC, y los niveles de reflexión. En general, esta investigación busca obtener una mejor comprensión de la ciencia que se enseña en los colegios de Bogotá, Colombia.

El primer capítulo describe los procesos de formación de los profesores del distrito; en especial, los de ciencias. Estos constituyen una referencia para el planteamiento del problema. Asimismo, se expone la aproximación al estado del arte, principalmente investigaciones referentes a la Naturaleza de la Ciencia en el campo de la educación en ciencias y las prácticas reflexivas. A partir de esta base, se propone la pregunta de investigación, y los objetivos generales y específicos.

En el segundo capítulo se desarrollan los referentes teóricos en torno a la Naturaleza de la Ciencia en la educación en ciencias, especialmente el desarrollo de la visión de consenso y el enfoque parecido de familias que guían la investigación. De igual forma, se abordan los elementos de la formación en servicio de los profesores a partir del análisis de las prácticas reflexivas.

En el tercer capítulo se describe la metodología de la investigación con la exposición de cuatro momentos de la investigación cualitativa: formulación, diseño, gestión y cierre. La metodología constituye el eje central en el desarrollo de la investigación, ya que se busca comprender las características, relaciones y condiciones de la Naturaleza de la Ciencia enseñada por los profesores de ciencias en servicio desde la práctica reflexiva y su desarrollo en contextos particulares, más allá de las acciones de los participantes del proceso investigativo.

El cuarto capítulo expone las principales características de la NdC que se enseña, identificadas por medio de los análisis e interpretaciones sobre la práctica reflexiva de los profesores en ciencias desde la visión de consensos y el enfoque parecido por familias.

En el quinto capítulo se presentan las conclusiones en torno a las características de la NdC que se enseña en contextos particulares, entre estos, los fines y valores cognitivo-epistémicos —como la objetividad—; la forma en que se desarrolla la enseñanza implícita y explícita, su relación con los niveles de reflexión y la subjetividad-alteridad; y las implicaciones de esta investigación en el campo de formación en servicio de los profesores de ciencias y sus proyecciones que permiten proponer en el siguiente capítulo un modelo de práctica reflexiva para los profesores de ciencias en servicio.

En el sexto capítulo, se propone un modelo de práctica reflexiva sobre la NdC, a partir de las comprensiones alcanzadas en el trabajo sobre la NdC que enseñan los profesores de ciencias y el desarrollo de la metodología de investigación, que permita contribuir a la formulación de programas de desarrollo profesional del profesor de ciencias en torno al conocimiento científico y la ciencia escolar en contextos particulares y acordes con los retos que afronta el campo de la educación en ciencias.

El autor

Preocupación creciente por la formación de los profesores de ciencias



En el presente capítulo se describe la preocupación creciente por la formación de los profesores, especialmente de ciencias. Así, se profundiza en el sistema de formación docente en Colombia, desde el que se derivan los retos actuales propuestos. Luego, se identifican algunos sistemas de formación en servicio en Latinoamérica. Por otra parte, desde el campo de la educación en ciencias se destacan investigaciones acerca de la relación entre Naturaleza de la Ciencia y la formación en servicio. Estos planteamientos iniciales contextualizan el problema a investigar y los objetivos del trabajo.

Problematización

Durante las últimas décadas, la preocupación por la formación de los profesores de ciencias se ha posicionado en la retórica de la opinión pública, medios de comunicación y, en particular, del sector educativo (Arellano & Cerda, 2006; UNESCO, 2006a, 2013). Esto, en parte, por los bajos resultados que ha mostrado el país en diversas evaluaciones internacionales como las del Programa Internacional de Evaluación de Estudiantes (PISA, por sus siglas en inglés) de la OCDE, al igual que por las investigaciones en educación que establecen una relación entre la calidad de la educación y la calidad de los profesores. Barber & Mourshed (2008, p. 27) indican que “los sistemas con más alto desempeño demuestran que la calidad de un sistema educativo depende en última instancia de la calidad de sus docentes”.

Arias Gómez et al. (2018) plantean que las políticas educativas en los últimos treinta años se han desarrollado en torno al interés que han generado los resultados de las pruebas de evaluación de los estudiantes, en los distintos niveles del sistema educativo, a pesar que resultados en investigación acerca de la efectividad de estos enunciados han mostrado que no existe una relación causal entre la aplicación de la teoría del capital humano a la educación. Por lo tanto, las políticas de transformación de los profesores como factor de calidad se encuentran centradas en teorías del capital humano, donde se busca cuantificar la educación como una inversión para el desarrollo económico, donde la idea de la profesionalización del profesore se centra en factores propios de la experticia técnica, del saber especializado, de las habilidades propias de la enseñanza, desconociendo al profesor como intelectual y productor de conocimiento.

De esta forma, se busca reconocer al profesor como un profesional de la educación y su formación como un proceso de profesionalización, en el cual se valorar la importancia de la formación disciplinar y pedagógica en la cualificación de los profesionales, que permita dignificar la profesión docente en concertación con la academia y las comunidades docentes, para lograr el ejercicio de la profesión desde un compromiso ético-político (Arias Gómez et al., 2018). Consecuentemente, con el fin de atender estas demandas en la educación, el estado Colombiano, a través de las secretarías de educación y el MEN, han planteado diversas estrategias para atender la formación inicial, en servicio y avanzada

de los profesores (Ministerio de Educación Nacional de Colombia, 2014b).

Así, durante la Administración de Bogotá de 2012 al 2015, se apoyó principalmente la formación avanzada de los profesores del Distrito por medio del programa 894 denominado “Maestros empoderados con bienestar y mejor formación” (Secretaría de Educación de Bogotá, 2015), el cual ayudó a la formación de posgrado de 5551 profesores de la ciudad, de los cuales aproximadamente el 8 % corresponde a profesores de áreas de las ciencias naturales (Biología, Química, Educación Ambiental, Física y Biotecnología), en estudios de maestría y doctorado. De acuerdo con la (Secretaría de Educación de Bogotá, 2015), el programa se planteó como objetivo realizar un acompañamiento efectivo a los profesores para que, por medio de los programas de posgrados, impactaran en el aula y de esta forma contribuir en las transformaciones pedagógicas requeridas y aporten de manera definitiva a la calidad de la educación.

De igual manera, durante el 2014 y 2015, el MEN inició el programa de “Becas para la Excelencia del Profesor” en el que alrededor de 7000 profesores de las áreas de ciencias naturales, lenguaje y matemáticas de colegios oficiales de todo el país lograron acceder a formación avanzada en diferentes universidades del país. Aunque el objetivo de este programa es fortalecer académicamente a los establecimientos educativos y cualificar el desempeño de los profesores en servicio a través del desarrollo de programas de maestría en universidades acreditadas del país (Ministerio de Educación Nacional de Colombia, 2013), el programa muestra una clara tendencia a focalizar la formación avanzada de los profesores a las principales áreas evaluadas en las pruebas internacionales, buscando la articulación de mejores maestros, la calidad de la educación y profesores más cualificados.

Además del programa descrito anteriormente, el MEN ha formulado diversos documentos sobre la formación profesor dentro de los cuales podemos destacar el documento “Sistema Colombiano de Formación de Educadores y Lineamientos de Política” (Ministerio de Educación Nacional de Colombia, 2013), en el cual se plantea que el sistema colombiano de formación de educadores se divide en tres subsistemas: el inicial, el de servicio y el avanzado, además introducen algunos referentes conceptuales y antecedentes de experiencias internacionales en la formulación de políticas de formación de educadores, al igual que

establecen los fundamentos para formular un sistema de formación de educadores para el país y se reconoce al profesor como un eje principal de la transformación educativa de alta calidad.

De esta forma, los programas de la SED -“Maestros empoderados con bienestar y mejor formación”- y el MEN -“Becas para la Excelencia Profesor”-, descritos anteriormente, se ubican principalmente en el subsistema de Formación Avanzada, ya que de acuerdo con el (Ministerio de Educación Nacional de Colombia, 2013) éste se entiende como la estructura final del sistema de formación de educadores que, apoyado en los programas académicos formalmente estructurados en los niveles de especialización, maestría, doctorado y postdoctorado, ofrecidos por las facultades de educación, eleva al más alto nivel educativo a los profesores que culminan la formación inicial y/o aquellos en servicio que aspiran profundizar y avanzar en su formación profesional, mostrando intervenciones importantes en este subsistema, que contribuyen al desarrollo profesional del profesor.

A diferencia del subsistema de formación avanzada donde se evidencian programas de política nacional y regional que permiten un avance significativo en los procesos de profesionalización de los profesores, en el subsistema de formación en servicio no se evidencian programas de política pública en desarrollo, dada su complejidad y falta de claridad en la contribución del desarrollo profesional de los profesores y la profesionalización docente.

En Latinoamérica, Bruns & Luque (2014) realizaron un análisis bibliográfico sobre diversos enfoques recurrentes en la formación en servicio dentro de los sistemas educativos de la región, identificando cuatro estrategias amplias sobre formación docente:

- **Enfoques “con guion”:** con los que se busca preparar a los profesores que trabajan en entornos de capacidad limitada para emplear estrategias pedagógicas específicas con materiales complementarios a la enseñanza, con un plan de estudio diario bien definido.
- **Dominio de contenidos:** procesos de formación centrados en minimizar las brechas o profundizar los conocimientos de los profesores sobre los contenidos que enseñan y la forma de mejorar su enseñanza.

- **Gestión del aula:** este proceso se centra en mejorar la eficacia de los profesores en el aula a través de la planificación de las clases, el uso eficaz del tiempo, las estrategias para mantener la atención de los estudiantes y las técnicas de enseñanza más eficaces.
- **Colaboración entre colegas:** se pretende que pequeños grupos de profesores — tanto de una misma escuela como de diversos establecimientos— se reúnan para observar y aprender de las prácticas de los demás y colaborar en el desarrollo de programas, estrategias de evaluación de los estudiantes, investigaciones y otras actividades para mejorar la calidad del sistema y el desarrollo profesional de los profesores (Bruns & Luque; 2014: p. 58).

Bruns & Luque (2014) sostienen que en América Latina los programas de capacitación “con guion” son relevantes para muchos sistemas educativos, ya que se centran especialmente en los procesos de alfabetización de los primeros grados y en mejorar los conocimientos matemáticos de los profesores. Ahora bien, desde el campo de la Educación en Ciencias, los procesos de formación en servicio de los profesores de ciencias plantean grandes retos y desafíos si se pretende realmente lograr un proceso efectivo de mejoramiento de la enseñanza de las ciencias, ya que si además de analizar los bajos resultados en las pruebas nacionales e internacionales en el área de ciencias, mencionadas inicialmente, consideramos que no existe mayor interés por parte de los colombianos en los temas relacionados con la Ciencia, según la III Encuesta Nacional de Percepción Pública de la Ciencia y la Tecnología - Colombia (Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología, 2015), que asimismo, destaca que dentro de las 12 temáticas propuestas en la encuesta, la ciencia ocupa el séptimo lugar como tema de interés. De hecho, estos resultados parecen ser acordes con que, en las últimas décadas, en varios países, se ha disminuido el número de estudiantes que prefieren estudiar una carrera de ciencias en la universidad (Valdés & Romero, 2011).

Dentro de las explicaciones que se dan por el desinterés de las personas hacia las ciencias, diversos estudios han planteado que en gran medida las prácticas de los profesores de ciencias, se suelen recaer, la mayoría de las veces, en un conjunto de elementos enfatizados en el aprendizaje memorístico, lleno de datos, acrítico y descontextualizado (Acevedo-Díaz, 2010), que poco propician la comprensión sobre la

forma de cómo se produce el conocimiento científico y los diversos significados relacionados con la dinámica de la ciencia, sus procesos de cambio y de ruptura, así como el impacto resultante de los usos del conocimiento científico y tecnológico en los diferentes ámbitos de la vida contemporánea; que puede tener sus inicios en la formación inicial de estos profesores, la cual promueve de la replicación de un tipo de enseñanza descontextualizada y con énfasis en el contenido (Cofré et al., 2010; Echeverría, 2010).

Lo anterior no quiere decir que la enseñanza de las ciencias se limite a mejorar los resultados en las pruebas nacionales e internacional o que más personas se interesen por estas, sino que autores como Rodríguez, Izquierdo y López (2011) plantean que su enseñanza es la posibilidad de educar para la vida y la ciudadanía; la ciencia como una actividad humana y como cultural, la ciencia en la nueva sociedad del conocimiento, es una “ciencia para todos”, que debe propiciar a los estudiantes la experiencia del gozo de comprender y explicar lo que ocurre a su alrededor. De acuerdo con Rodríguez et. (2011), este “disfrutar con el conocimiento” debe ser el resultado de una actividad humana racional, que construye un conocimiento a partir de la experiencia, por lo que requiere intervención en la naturaleza que toma sentido en función de sus finalidades, y estas últimas deben fundamentarse en valores sociales y sintonizar siempre con los valores humanos.

Por lo tanto, para que la educación en ciencias alcance sus propósitos, se debe reconocer al profesor de ciencias como eje central del proceso. Éste hace posible el desarrollo a través del ejercicio de su profesión, de la adaptación de su práctica y contexto de enseñanza según la variedad de tareas y estudiantes. En términos de formación de los profesores de ciencia en servicio, se reconoce la contribución de estos procesos en la construcción de una “ciencia para todos” como uno de los propósitos centrales de la educación en ciencias (Furman, 2013). Para ello, es necesario reconocer las diferentes propuestas de enseñanza desarrolladas por los profesores de ciencias, que permiten a los estudiantes participar en el proceso democrático de toma de decisiones sobre aspectos del desarrollo de la ciencia; es decir, cómo se desarrolla una ciencia escolar acorde a los diferentes contextos educativos y de formación en servicio.

Asimismo, se pretende consolidar al profesor como un profesional reflexivo, es decir, un profesor que piensa constantemente en las

complejidades de la acción educativa, que considera las variaciones del contexto y sus relaciones con lo local y lo global, que gestionar el conocimiento y que procura estar al día con los avances de la ciencia y la tecnología.

De igual forma, dentro del campo de la educación diversos autores como Marco-Stiefel (2013); Aragón-Méndez, García-Carmona, & Acevedo-Díaz (2016); Adúriz-Bravo y otros (2009); Pedretti & Nazir (2011); plantean que una de las formas de lograr los fines de la educación en ciencias se da por medio de la Naturaleza de las Ciencias (NdC) ya que un conocimiento adecuado de la NdC por parte de los profesores y estudiantes facilita la realización de mejores análisis de las cuestiones científicas controvertidas con interés personal y social e informarse mejor sobre los asuntos que se abordan en esas cuestiones, así como permite contribuir a una mejora de las características y la calidad de las decisiones que se toman al respecto.

De esta manera, si deseamos contribuir a una mejor educación, es necesario dejar atrás los modelos de formación en servicio, en los que se entregan prescripciones para el desempeño pedagógico, y avanzar hacia nuevas miradas que proponen aprender a enseñar como un proceso implementado en los establecimientos educacionales. Allí se generan condiciones para que los profesores reflexionen e indaguen acerca de sus prácticas pedagógicas, para ir construyendo — in situ y a través de redes de profesores— nuevas comprensiones (Montecinos, 2003). La enseñanza será de calidad en la medida en que sea inherentemente educativa y no se reduzca a un proceso de instrucción pasiva o de simple entrenamiento.

Por lo tanto, la presente investigación busca indagar sobre los procesos de formación en servicio, en particular de los profesores ciencias, desde la práctica reflexiva en torno a la naturaleza de la ciencia que se enseña, para así reconocer las particularidades de estos procesos y comprender el conocimiento profesional de los profesores, su desarrollo, uso y valor en sus contextos particulares.

Aproximación al estado del arte

La investigación presentada a continuación se ha construido por medio de antecedentes de investigación y elementos conceptuales, que se han

configurado, por medio de la consulta en diferentes bases de datos como Redalyc, Dialnet, ERIC, Scopus, Scielo, que permiten establecer la pertinencia y validez de la propuesta investigativa. De esta forma las consultas iniciales se realizan alrededor de los siguientes campos de conocimiento: Características sobre las diferentes posturas de la naturaleza de las ciencias desde la educación en ciencias, el desarrollo profesional profesor y la práctica reflexiva.

La Naturaleza de la Ciencia

Se realiza un primer acercamiento a la categoría de Naturaleza de la Ciencia, por medio de la búsqueda en la base de datos Scopus, donde se utiliza la herramienta “Analizar resultados de búsqueda”, la cual permite realizar un análisis bibliométrico por medio de diferentes indicadores cuantitativos de coocurrencia de datos. Esto permite, identificar autores representativos en las diversas publicaciones científicas, publicaciones por año, disciplinas de publicación, países y afiliación institucional que son representados gráficamente por el programa. Estos procesos se han convertido en una potente herramienta analítica que facilitan la comprensión e interpretación de las categorías estudiadas durante los últimos años (González Alcaide & Ferri, 2014) pues permite realizar un acercamiento sobre los diversos autores clave del tema, las principales publicaciones de acuerdo con el índice de citación del documento y otros contenidos relacionados.

Es así, que se realiza la consulta de la categoría *Nature of science*, donde se identifica, en un primer proceso, que este concepto se ha utilizado en distintas áreas de investigación como la medicina, antropología, ciencia y educación desde aproximadamente 1839. Luego se limita la búsqueda al área de ciencias sociales en una ventana del 2000 al 2019, donde se reducen a 1.526 documentos. Los anteriores resultados se analizan por medio de la herramienta Analyze search results del programa Scopus, el cual muestra resultados cuantitativos en cuanto al número de documentos por año, principales autores y país donde se publican.

Los resultados iniciales arrojados por la herramienta permiten evidenciar que las producciones académicas en esta área son principalmente de procedencia angloamericana, por lo cual las principales investigaciones se centran en países como Estados Unidos y Turquía. De acuerdo con lo anterior, se realiza una nuevamente la consulta en Scopus con la palabra

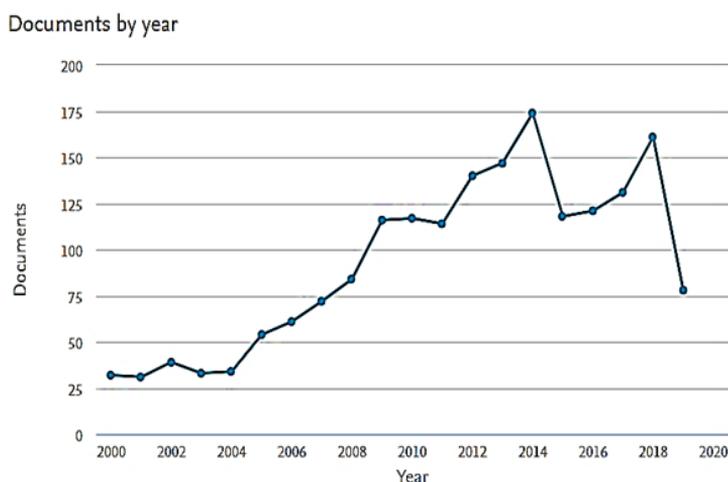
en español para reconocer los avances de este campo en la literatura hispana. A continuación, se realiza una descripción de los principales resultados encontrados en cuanto a publicaciones por año, principales autores y país.

Número de documentos por año

La figura 1 muestra los resultados de publicaciones por año que se encuentra relacionados con la categoría “Nature of science” donde se evidencia que el número de publicaciones acerca de este tema ha estado en aumento en los últimos 20 años, lo que permite interpretar que las investigaciones en este campo de las ciencias sociales están vigentes y es de gran interés para la comunidad científica internacional.

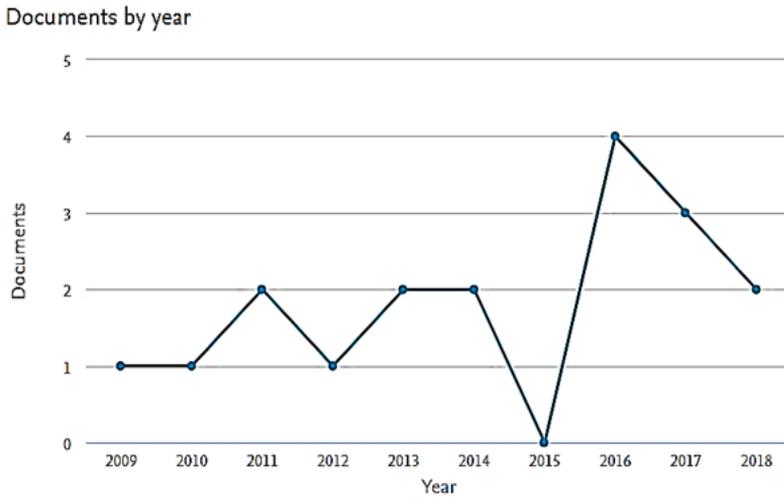
Asimismo, en la figura 2 muestra que las investigaciones sobre este tema en Latinoamérica están también en aumento. Aunque el número de publicaciones en idioma español no es tan elevado como el de la figura 1, debido a que la plataforma desde hace muy poco tiempo viene incluyendo bibliografía en español.

Figura 1. Resultados de número de documentos por año alrededor de “Nature of science” Fuente Base de Datos Scopus – mayo 2019



Fuente: Elaboración propia

Figura 2. Resultados de número de documentos por año alrededor de “Naturaleza de la Ciencia”
Fuente Base de Datos Scopus – mayo 2019

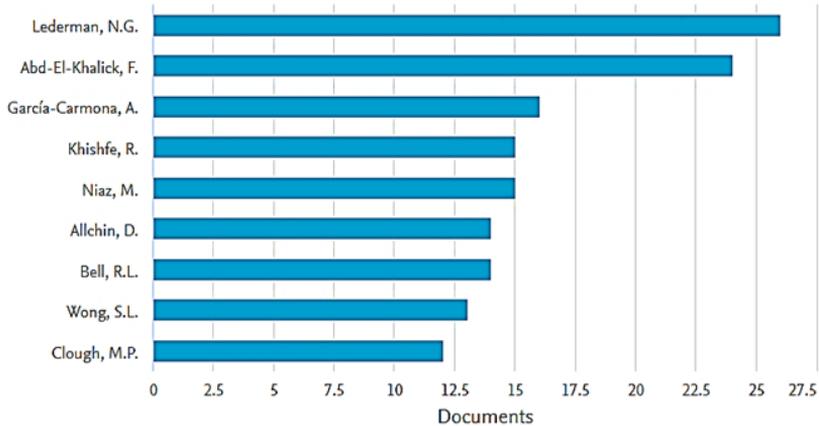


Fuente: Elaboración propia

Principales autores

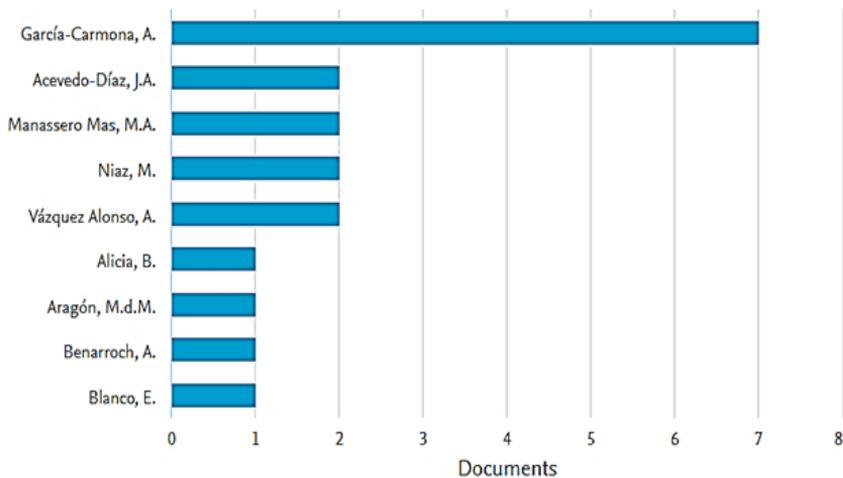
En la figura 3 se identifican a los principales autores entorno a “Nature of science”. En los últimos años los que tiene una mayor productividad académica son Lederman, N.G. con un total de 26 publicaciones, luego se encuentra Abd-El-Khalick, con 24 publicaciones, seguido de García-Carmona con 16 publicaciones, quienes se establecen como autores de referencia para esta línea de investigación.

Figura 3. Resultados de principales autores alrededor de “Nature of science”.



Fuente: Base de Datos Scopus – mayo 2019

Figura 4. Resultados de principales autores alrededor de “Naturaleza de la Ciencia”.



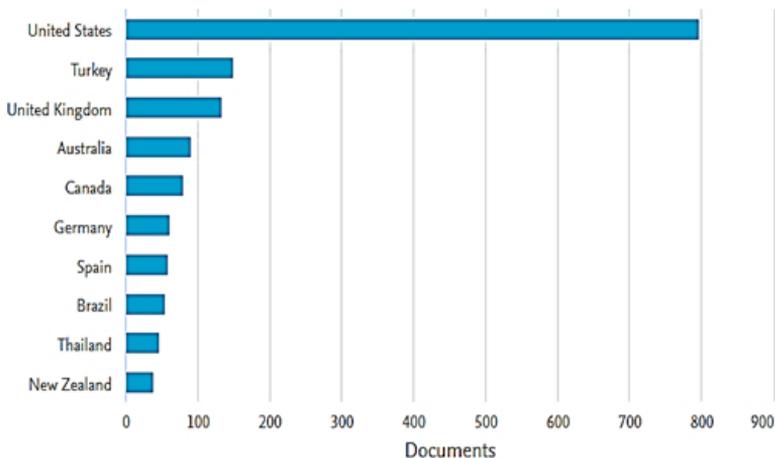
Fuente: Base de Datos Scopus – mayo 2019

La figura 4 muestra que los principales autores de habla hispana son García-Carmona, con 7 publicaciones, Acevedo-Díaz y Manassero Mas, MA y Vázquez. A con 2 publicaciones cada uno.

Número de documentos por país

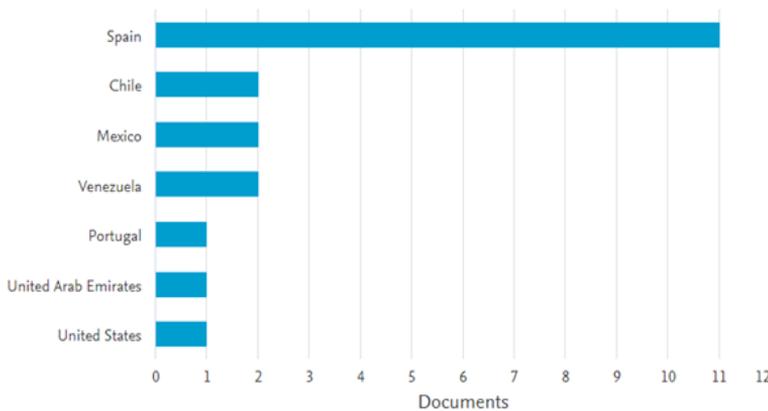
La figura 5 evidencia que el país donde más se ha realizado publicaciones en los últimos 20 años en torno a la categoría de NdC es en Estados Unidos con 796, seguido por Turquía y el Reino Unido. A nivel de Latinoamérica, cabe resaltar a Brasil con 57 publicaciones.

Figura 5. Resultados de publicaciones por país alrededor de “Nature of science”.



Fuente: Base de Datos Scopus – mayo 2019

Figura 6. Resultados de publicaciones por país alrededor de “Naturaleza de la Ciencia”.



Fuente: Base de Datos Scopus – mayo 2019

En cuanto a las publicaciones alrededor de la NdC en español, se encuentra que los principales países en publicar acerca de este tema en el campo de las ciencias sociales son España, Chile y México. Con estos datos, se realiza una revisión documental de los principales autores presentados en las figuras 3 y 4 para obtener un primer acercamiento a las líneas de investigación alrededor de la “Naturaleza de la Ciencia” en el campo de las ciencias sociales. La tabla 1 muestra la descripción de las líneas y los autores que la desarrollan.

Tabla 1 – Principales líneas de investigación en torno a la NdC.

Líneas de investigación	Descripción	Autores
Curriculo	Investigaciones relacionadas con la implementación y desarrollo curricular encaminadas a mejorar las ideas de las/los estudiantes acerca de la NdC,	Vázquez Alonso, Acevedo Díaz, & Manassero Mas, 2003; Allchin, Andersen, & Nielsen, 2014; Khishfe & Lederman, 2006; Lederman, 2018; Yecid et al., 2017
Programas de desarrollo profesional -Formación inicial de profesores	Esta línea de investigación aborda las diferentes formas de incluir mejores visones de NdC en la formación inicial de los profesores	Acevedo-Díaz & García-carmona, 2016; Acevedo-Díaz, Acevedo, Manassero, & Vázquez, 2003; Bell, Blair, Crawford, & Lederman, 2003; Bell, Mulvey, & Maeng, 2013; Vesterinen, Manassero-Mas, & Vázquez-Alonso, 2014
Alfabetización Científica	En esta línea de investigación se abordan los elementos de NdC y el desarrollo de una alfabetización científica-	Acevedo-Díaz & García-carmona, 2016; Abd-el-khalick, 2003; Vázquez Alonso et al., 2003; Maeng, Whitworth, Gonczi, Navy, & Wheeler, 2017; Khishfe & Lederman, 2006; Allchin et al., 2014; Maeng et al., 2017
Aprendizaje de los estudiantes sobre la NdC	Esta línea de investigación se interesa por las formas en la que los estudiantes aprenden ciencias y la NdC así como la eficacia de las prácticas de enseñanza.	Khishfe & Abd-El-Khalick, 2002; Aragón-Méndez et al., 2016; Niaz, 2016; Khishfe, 2008; Bell et al., 2013; Vázquez, Manassero, & Bennássar, 2013
Representaciones sobre NdC en estudiantes y profesores	Investigaciones que indagan sobre las representaciones, concepciones, visones e imágenes de los estudiantes y profesores acerca de la NdC.	Acevedo-Díaz, 2010; Vázquez-Alonso & Manassero-Mas, 2019; Khishfe & Abd-El-Khalick, 2002; Yin et al., 2003; Abd-El-Khalick, 2013;

Fuente: Base de datos Scopus elaboración propia

Nube de palabras - SciVal Topic Prominence

Scopus cuenta con la herramienta “SciVal Topic Prominence” la cual permite generar nubes de palabras alrededor del tema que se está consultado, en este caso “Nature of science” y “Naturaleza de la Ciencia”. Esta nube permite mostrar una colección de palabras extraídas de un recuento de citas, vistas, autores y documentos con un interés intelectual común, para este caso, la plataforma agrupa y analiza documentos en el área de ciencia, profesor e investigación científica en un intervalo de tiempo del 2013 al 2018.

en torno a la imagen de la NdC de los estudiantes y profesores, reformas curriculares en la enseñanza de las ciencias y la instrucción de contenidos filosóficos y epistemológicos, se encuentran en menor desarrollo en el periodo revisado. De igual forma, la herramienta “SciVal Topic Prominence” permite reconocer los documentos más relevantes, por medio del índice de citación, relacionados con la nube de palabras descrita en la figura 7. Este resultado se muestra en la figura 8.

Figura 8. Documentos representativos alrededor de “Nature of science”

Representative documents

[Two Views About Explicitly Teaching Nature of Science](#)

Duschl, R.A., Grandy, R....

(2013) *Science and Education*

Cited 81 times

[Teaching With and About Nature of Science, and Science Teacher Knowledge Domains](#)

Abd-El-Khalick, F....

(2013) *Science and Education*

Cited 60 times

[Research on teaching and learning of nature of science](#)

Lederman, N.G., Lederman, J.S....

(2014) *Handbook of Research on Science Education*

Cited 58 times

[New directions for nature of science research](#)

Irzik, G., Nola, R....

(2014) *International Handbook of Research in History, Philosophy and Science Teaching*

Cited 44 times

Fuente: Base de Datos Scopus – mayo 2019

Este resultado, nos permite identificar en cada uno de los documentos los principales aportes para la presente investigación los cuales se describen en la tabla 2.

Tabla 2. Descripción de documentos representativos alrededor de “Nature of science” Fuente: Base de datos Scopus. Elaboración propia

Documento	Descripción
Two Views About Explicitly Teaching Nature of Science (Duschl & Grandy, 2013)	El documento examina los desarrollos históricos acerca de la enseñanza de la NdC en especial para el caso angloamericano. Después da una visión general de los desarrollos realizados en la filosofía de la ciencia y ciencias cognitivas que han influenciado en los cambios la forma en que se aborda la enseñanza de la NdC. Asimismo, analiza dos formas de realizar los procesos de enseñanza de la NdC. La primera versión la denominan “principios heurísticos basados en consensos”. La segunda versión se basa en que los estudiantes tengan la posibilidad de “construir y refinar prácticas científicas basadas en modelos” en unidades de mayor tiempo de desarrollo.
Teaching With and About Nature of Science, and Science Teacher Knowledge Domains (Abd-El-Khalick, 2013)	El documento realiza un análisis sobre la forma en que se han desarrollado entornos de aprendizaje que se aproximen a las prácticas científicas, como una forma de acercar a los estudiantes a una mejor comprensión acerca de la NdC acordes con las históricas, filosóficas, estudios sociológicos y psicológicos, pero también para estructurar entornos sólidos de aprendizaje de indagación que se aproximan a la práctica científica. De igual forma realiza una discusión sobre lo que se considera enseñar con y sobre la NdC y sus implicaciones en la enseñanza de las ciencias y el desarrollo de diferentes dominio en los profesores para su aplicación.
Research on teaching and learning of nature of science (N. G. Lederman & Lederman, 2015)	Capítulo 58 del “Handbook of Research on Science Education, Volume II” que hace referencia a estudios e investigaciones más importantes del 2008 al 2015 y sus principales contribuciones a este campo. Establece que la investigación sobre NOS continúa siendo un área de investigación en desarrollo, donde aún se busca reconceptualizar cómo la NdC principalmente desde el trabajo de los Estándares de Ciencias en Estados Unidos. Por lo tanto, este capítulo describe la conceptualización en los últimos años de la “naturaleza de la ciencia”, cómo se enseña, aprende y evalúa. Así mismo, se discuten las últimas tendencias respecto al pensamiento sobre la naturaleza de la ciencia y cómo estas tendencias pueden o no ayudar a mejorar su comprensión por parte de los profesores y estudiantes.
New directions for nature of science research (Irzik & Nola, 2014)	Documento que cuestiona la visión de conceso de la NdC propuesto por Lederman 201, y retoma las propuestas Duschl & Grandy, 2013 sobre la enseñanza de la NdC en la última década. Propone una aproximación a la comprensión y enseñanza de la NdC desde un enfoque de semejanza de familias que proporciona una visión más amplia y que incluye elementos cognitivos y sociales. De acuerdo con el enfoque de semejanza familiar, la naturaleza de la ciencia se puede caracterizar sistemáticamente en términos de una serie de categorías científicas que muestran fuertes similitudes y se superponen entre diversas disciplinas científicas.

Los documentos exponen la necesidad que los estudiantes alcancen comprensiones de cómo funciona la ciencia. Esto les permite interpretar la confiabilidad de las afirmaciones científicas en la toma de decisiones personales y públicas, es decir desarrollar una alfabetización científica por medio de una mejor comprensión de la NdC de profesores y

estudiantes. Sin embargo, la forma en que se comprende y se desarrolla la enseñanza son dos posturas diferenciadas.

De acuerdo con Duschl & Grandy (2013) en el campo de la educación en ciencias, el debate sobre las interpretaciones acerca de que es la ciencia y como se desarrolla y su respectiva enseñanza, se puede agrupar desde dos enfoques. El primero, se configura desde el debate y consenso que han desarrollado algunos epistemólogos, historiadores, filósofos y sociólogos de la ciencia sobre la NdC para valorar la enseñar explícita de los principios heurísticos que se proponen sobre el uso de la ciencia, por lo cual, los profesores de ciencias deben vincular explícitamente estas declaraciones de consenso en las clases y procesos de enseñanza de las ciencias.

El segundo enfoque, plantea que la ciencia, al igual que la educación en ciencias, debe estar contextualizada en términos de los procesos cognitivos, epistémicos y prácticas sociales que caracterizan el hacer ciencia. De esta forma la enseñanza de la NdC debe buscar que los estudiantes vivencien las prácticas científicas en contextos apropiados para su edad (Duschl & Grandy, 2013).

Esta segunda mirada, se relaciona con la propuesta realizada Irzik & Nola (2014) denominado el enfoque de semejanza de familias, la cual presenta un panorama más amplio de la NdC y su enseñanza ya que considera que esta se da por medio de procesos cognitivos-epistémicos y socio-institucional desde un conjunto de categorías que permiten caracterizar el conocimiento científico de diferentes disciplinas entorno a: objetivos y valores, métodos científicos, prácticas científicas, conocimiento científico y aspectos socio-institucionales de la ciencia. Esta propuesta se considera la pertinente para el desarrollo de la presente investigación, porque permite tener una mirada amplia de la NdC, por lo cual se realiza una revisión bibliográfica en otras bases de datos para indagar el desarrollo de este enfoque.

El enfoque de semejanza de familias en otras fuentes de información

Una vez que se realiza este primer acercamiento al estado del arte de la NdC desde el enfoque de familias de semejanzas se realiza una búsqueda en otras bases de datos como Reserch Gate, Google Académico, ERIC,

Dialnet, Academia.edu, Biblioteca digital CLACSO, Springer y CAPES, con el fin de indagar sobre el enfoque de semejanza de familias donde se selecciona los artículos más acordes a los objetivos de la investigación¹, para un total de 69 artículos analizados en cuanto a autores, tipos de texto y países de publicación en una ventana de registro desde el año 2001.

Número de publicaciones por autor

La figura 9 identifica a los principales autores en torno al enfoque de semejanza de familias a Sibel Erdurancon, Adúriz-Bravo; Gürol Irzik y García-Carmona, quienes se establecen como referentes teóricos para esta línea de investigación.

Figura 9. Principales autores encontrados relacionados con el enfoque de semejanza de familias



Fuente: Elaboración propia

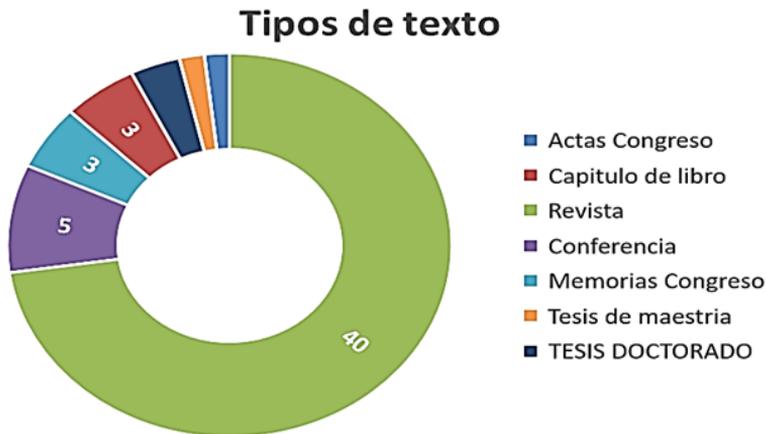
Tipos de texto

La búsqueda se aborda desde fuentes primarias que corresponden a artículos académicos, fuentes secundarias donde se encuentran las tesis de doctorado y maestría, libros y capítulos de libro, y fuentes terciarias

¹ La matriz de resumen de artículos seleccionados para su análisis se puede consultar en el Anexo 1.

asimiladas a actas de congreso, conferencias. La grafica 10 muestra la distribución de los documentos en los diferentes tipos de fuentes.

Figura 10. Distribución de documentos relacionados con el enfoque de semejanza de familias



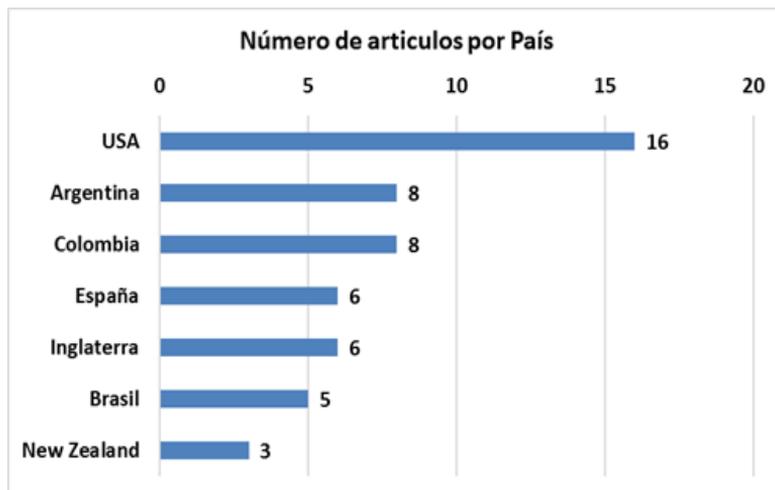
Fuente: Elaboración propia

Esta revisión permite ubicar los principales artículos científicos en revistas académicas especializadas con un total de 40 publicaciones. Es importante destacar que el menor número de documentos están en las fuentes terciaras que corresponden a las actas de congresos y conferencias. Este resultado permite interpretar que el enfoque de familias de semejanza es un campo que está en creciente desarrollo.

Publicaciones por país

La figura 11 muestra que las publicaciones corresponden a documentos publicados en Estados Unidos, ya que es una propuesta sobre la NdC desarrollas en este país a partir de las discusiones entre la visión de consensos y la posibilidad de desarrollar propuestas de enseñanza de la NdC de forma práctica y contextualizada que aporten al desarrollo cognitivo en relación con el entorno social de los estudiantes.

Figura 11. Distribución de documentos relacionados con el enfoque de semejanza de familias por país



Fuente: Elaboración propia

También es importante destacar que, a nivel colombiano, se ubicaron 8 documentos relacionados con la NdC desde la postura del enfoque de familias de semejanza, de los cuales 5 corresponden a artículos científicos y 2 a memorias de congresos y uno capítulo de libro, lo cual muestra que este es un enfoque emergente en el abordaje de la NdC. Esta revisión nos permite ubicar que el enfoque de familias de semejanza aplicado al campo de educación en ciencias está orientado a propuestas curriculares, procesos de enseñanza en forma explícita o implícita y en propuestas de formación inicial docente. Lo cual muestra que este enfoque es novedoso para aplicar a la NdC en docentes en formación en servicio.

Además, las investigaciones han centrado su atención en establecer las visiones, ideas o representaciones que tiene tanto los estudiantes como los profesores acerca de la visión de consenso de NdC, donde los resultados que se obtienen son generalmente cada vez más repetitivos, donde los profesores tienen una visión acerca de la NdC marcadamente empírico inductivista, que considera la ciencia como construcción ahistórica, individualista, independiente de valores, ideologías, intereses

y contextos, y por tanto neutral, objetiva y sin dudas infalible y dueña de la verdad (Pujalte et al., 2014). De la misma manera, Rabello (2007) propone que las concepciones de los profesores acerca de la NdC se pueden ubicar en tres grandes categorías: idealismo, empirismo y constructivismo. En concordancia con la filosofía de la Ciencia, atribuye al idealismo que el conocimiento se encuentra dentro de nosotros, por lo cual es necesario descubrirlo por medio de la introspección. En cuanto al empirismo, establece que el conocimiento se encuentra fuera de nosotros y debe ser buscado, es la visión más tradicional de las ciencias. Por último, el constructivismo establece que el conocimiento no está en nosotros ni fuera de nosotros, es construido, progresivamente por las interacciones que realizamos. Este a su vez, se puede dividir en: racionalismo crítico o hipotético-deductivo, contextualismo, racionalismo aplicado y anarquismos epistemológico. Esta mirada está dada desde la Filosofía de las Ciencias y se hace una interpretación desde estas las concepciones de los maestros sobre la ciencia dejando de lado los contextos particulares en que se desarrolla la enseñanza de la ciencia.

Estas investigaciones se pueden ubicar en la visión de consensos (Duschl & Grandy, 2013) y no se incorporan otros elementos sociales e institucionales de la NdC que aporten a la práctica reflexiva de los profesores en servicio. Esto abre paso a que el enfoque de familias de semejanza sea el adecuado para el desarrollo de esta investigación pues permite caracterizar la forma en que los maestros asumen la naturaleza de la ciencia desde la reflexión de su enseñanza en contextos particulares.

Práctica reflexiva

Se consulta de la categoría *reflective practice*, en la que se identifica inicialmente que el concepto ha sido utilizado en distintas áreas de investigación como la medicina, antropología, ciencia y educación — un total de 5393 documentos relacionados—. Para tener una mejor aproximación al concepto, se limita la búsqueda al área de ciencias sociales en una ventana de tiempo desde 2000 hasta 2019, por lo que los resultados se reducen a 2936 documentos. Los anteriores resultados se analizan por medio de la herramienta *analyze search results* del programa

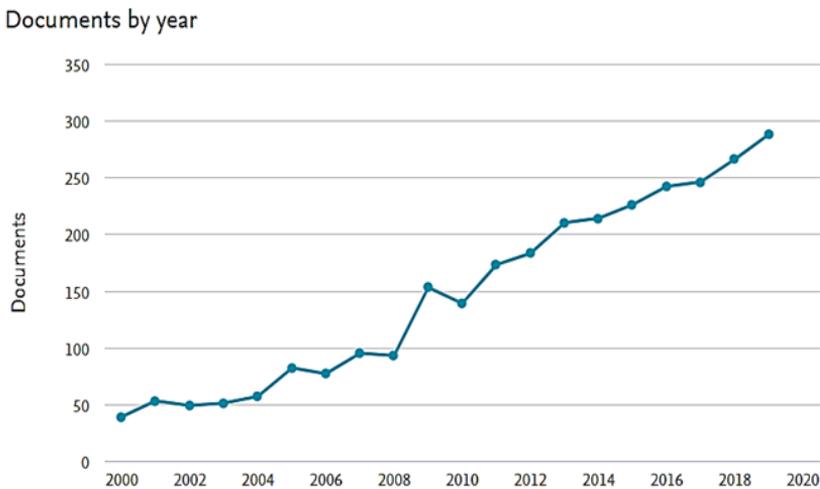
Scopus, que muestra resultados cuantitativos en cuanto al número de documentos por año, principales autores y país donde se publican.

Los resultados arrojados por la herramienta evidencian que las producciones académicas relacionadas con la práctica reflexiva son de procedencia angloamericana, por lo que las principales investigaciones se centran en Estados Unidos e Inglaterra. Por lo que, nuevamente, se realiza la consulta en Scopus con la palabra en español para reconocer los avances de este campo en la literatura hispana, arrojando 213 documentos como resultado.

A continuación, se describen los principales resultados encontrados en cuanto a publicaciones por año, principales autores y país:

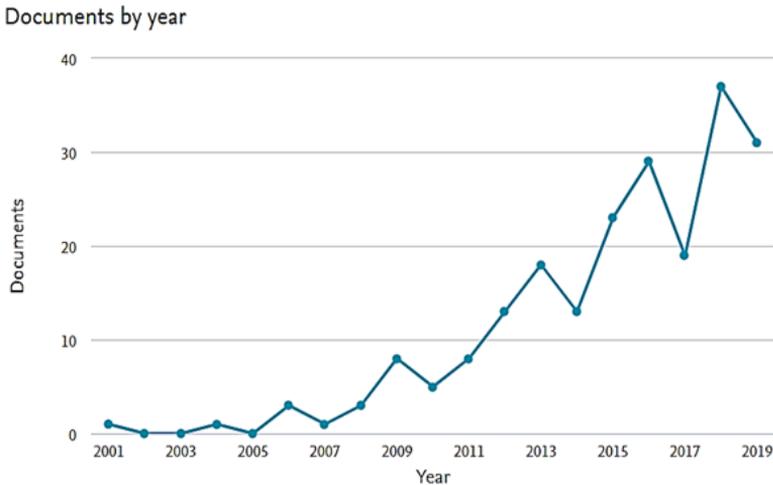
Número de documentos por año

Figura 12. Resultados de número de documentos por año alrededor de “Reflective practice”



Fuente: Base de Datos Scopus – mayo 2019

Figura 13. Resultados de número de documentos por año alrededor de “Práctica Reflexiva”



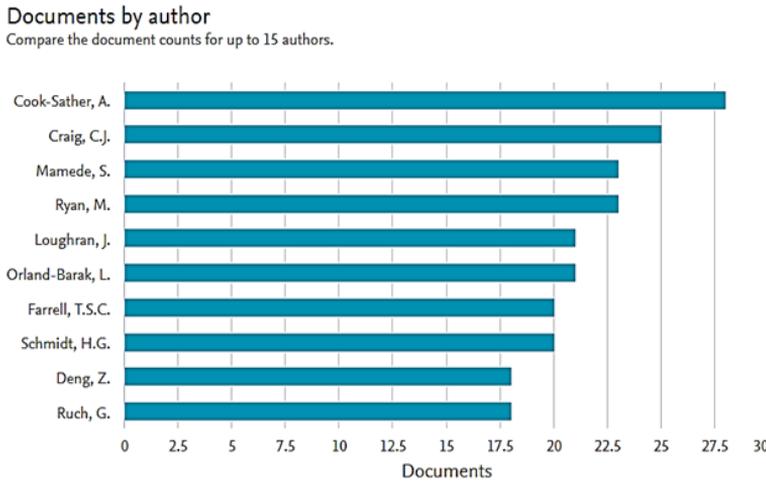
Fuente: Base de Datos Scopus – mayo 2019

En las figuras 12 y 13 se evidencia el aumento de las investigaciones alrededor de la práctica reflexiva en los últimos años.

Principales autores

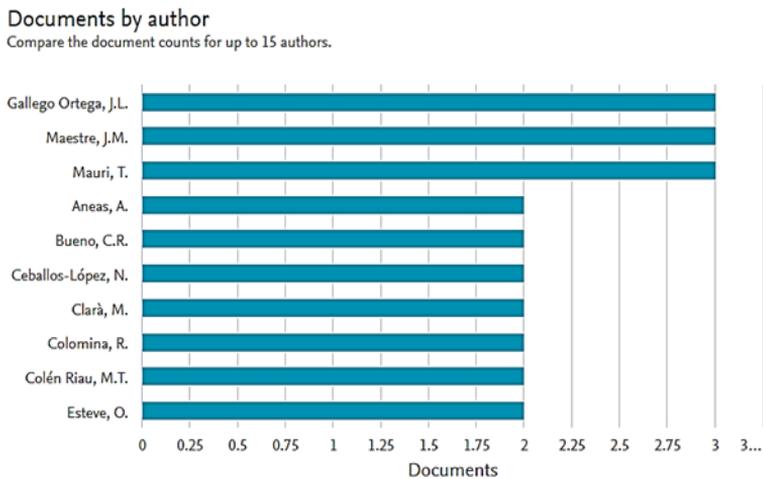
En la figura 14 se identifican a los principales autores en torno a Reflective practice. En los últimos años, estos son los autores que han registrado una mayor productividad académica: Cook-Sather, A. con un total de 28 publicaciones; luego se encuentra Craig, C.J., con 25 publicaciones; seguido de Mamene, S., con 23 publicaciones, quienes se establecen como autores de referencia para esta línea de investigación.

Figura 14. Resultados de principales autores alrededor de “Reflective practice”



Fuente: Base de Datos Scopus – mayo 2019

Figura 15. Resultados de principales autores alrededor de “Práctica Reflexiva”



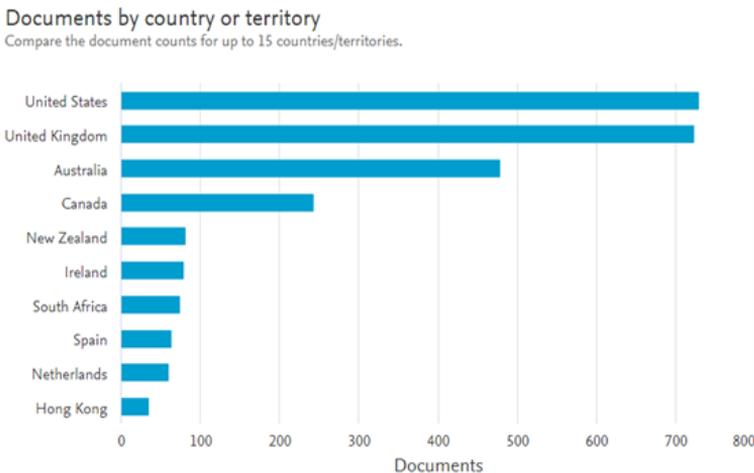
Fuente: Base de Datos Scopus – mayo 2019

La figura 14 muestra que los principales autores de habla hispana son Gallego Ortega Jk, Maestre J.M y Mauri, T., con 3 publicaciones cada uno.

Número de documentos por país

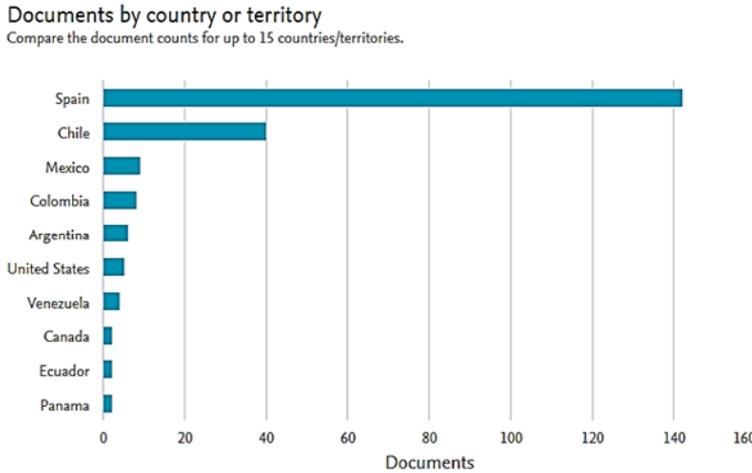
La figura 16 muestra que Estados Unidos y Reino Unido son los países donde más se han realizado publicaciones en los últimos 20 años en torno a la categoría de reflective practice. En Latinoamérica, se resalta a España, con 143, y Chile, con 39 publicaciones. Colombia muestra nueve investigaciones en los últimos 20 años.

Figura 16. Resultados de publicaciones por país alrededor de “Reflective practice”.



Fuente: Base de Datos Scopus – mayo 2019

Figura 17. Resultados de publicaciones por país alrededor de “Práctica Reflexiva”.



Fuente: Base de Datos Scopus – mayo 2019

A partir de estos datos, se realiza una revisión de los documentos de los principales autores presentados en las figuras 16 y 17 para obtener un primer acercamiento a las líneas de investigación alrededor de la “práctica reflexiva” en el campo de las ciencias sociales. La tabla 3 muestra la descripción de las líneas y los autores que la desarrollan.

Tabla 3 – Principales líneas de investigación en torno a la “reflective practice”.

Líneas de investigación	Descripción	Autores
Modelos de práctica reflexiva en la formación	Investigaciones que desarrollan o analizan los diferentes modelos, enfoques o esquemas teóricos que pueden o no estar clasificados dentro de la práctica reflexiva o investigación – acción.	(A. AL-HASHIM, 2019; Cerecero, 2019; Jimenez et al., 2017; Rigney et al., 2019)
Niveles de reflexión en profesores	Estas investigaciones plantean que la reflexión sobre la práctica se concibe como un proceso constante en “capas” o en espiral, que se va desarrollando y alcanzado en diferentes niveles.	(Javier et al., 2018; Loughran, 2002; Nguyen et al., 2014)

Líneas de investigación	Descripción	Autores
Técnicas de posibilitan la práctica reflexiva	Investigaciones que analizan una o dos técnicas para favorecer la práctica reflexiva en los profesores, como los diarios de campo y las narraciones.	(Cheung & Wing, 2014; Lamas & Vargas-D' Uniam, 2016; Salajan & Duffield, 2019)

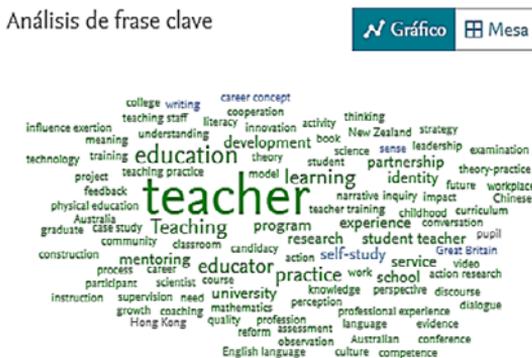
Fuente: Base de datos Scopus elaboración propia

Nube de palabras - SciVal Topic Prominence

Como ya se mencionó, Scopus cuenta con la herramienta *SciVal Topic Prominence*, que permite generar nubes de palabras alrededor del tema que se está consultado; en este caso, *reflective practice* y “práctica reflexiva”. Para este caso, la plataforma agrupa y analiza documentos en el área de ciencia, profesor e investigación científica en un intervalo de tiempo de 2013 a 2018.

Así, se muestra una nube de palabras de diferente tamaño que indican una mayor o menor relevancia con el tema consultado. De igual forma, el color verde indica un mayor crecimiento de este tema a lo largo del intervalo de tiempo consultado y el color azul indica un menor desarrollo. En la figura 18 se muestra el resultado de este proceso:

Figura 18. Nube de palabras alrededor de *reflective practice*.



AAA relevancia de la frase clave | decreciente AAA Crecimiento

Fuente: Base de Datos Scopus – mayo 2019

La figura 18 muestra las palabras con mayor relevancia y crecimiento en torno al concepto de *reflective practice*, que son: profesor, práctica, desarrollo, aprendizaje, experiencia. Estos temas se encuentran relacionados con las líneas de investigación descritas en la tabla 1, mostrando que el desarrollo profesional de profesores, la enseñanza y aprendizaje de los estudiantes en torno al *reflective practice* se encuentran en vigencia y son de interés en la comunidad científica. Dentro de las palabras con menor relevancia, se destacan: imagen, Ciencias Naturales, reforma, filosofía, evaluación, instrucción y epistemología. Por lo que, las investigaciones en torno a la imagen de *reflective practice* de los estudiantes y profesores, las reformas curriculares en la enseñanza de las ciencias y la instrucción de contenidos filosóficos y epistemológicos se encuentran en menor desarrollo en el periodo revisado.

Pregunta orientadora de la investigación

La presente investigación busca contribuir al campo de la formación en servicio del sistema colombiano desde una postura teórico-práctica, situando al profesor de ciencias como un profesional de la educación reflexivo de su práctica y objeto de enseñanza frente a las complejidades de su acción educativa y de las variaciones del contexto, junto a sus relaciones con lo local y lo global. De esta forma, se plantea la siguiente pregunta:

¿De qué forma la práctica reflexiva sobre la enseñanza de la Naturaleza de la Ciencia (NdC) en contextos particulares en espacios de formación en servicio, contribuye la comprensión de la enseñanza de las ciencias?

Objetivos

Comprender características, relaciones y condiciones presentes en la Naturaleza de la Ciencia (NdC) que enseñan los profesores de ciencias en servicio a partir de la práctica reflexiva que desarrollan en contextos particulares.			
Propiciar escenarios de formación en servicio para profesores de ciencias naturales de la ciudad de Bogotá, que permitan identificar los principales procesos en la reflexión de la práctica reflexiva sobre la Naturaleza de la Ciencia (NDC)	Identificar los estudios de caso en un proceso de formación en servicio de profesores de ciencias, que permitan una investigación coherente con los marcos conceptuales y metodológicos propuestos	Caracterizar la enseñanza de la Naturaleza de la Ciencia (NdC) que es desarrollada por los docentes en servicio en determinados contextos.	Analizar, mediante el estudio de casos, las relaciones de la práctica reflexiva sobre la naturaleza de la ciencia que se enseña en contextos particulares.

Referentes teóricos



De acuerdo con Hernández, Fernández & Baptista (2006), en las investigaciones cualitativas, el papel de la teoría es establecer relaciones entre las variables o constructos que pueden describir un fenómeno y contribuir en la limitación del problema, pero en ningún momento se pretende que guíen la investigación. Por lo tanto, la propuesta investigativa presentada a continuación se ha construido por medio de elementos conceptuales y antecedentes de investigación, que se han configurado, inicialmente, por medio de la experiencia del investigador como profesor de ciencias y la consulta bibliográfica para establecer la pertinencia y validez de la investigación.

Inicialmente se realiza una primera descripción de los referentes conceptuales y teóricos alrededor de los aspectos característicos de la NdC y las construcciones conceptuales acerca del tema desde el campo de la educación en ciencia. Posteriormente se describen las construcciones teóricas acerca de la práctica reflexiva.

La enseñanza de la naturaleza de la ciencia

Desde hace más de tres décadas diversos autores como Driver, Leach, Millar y Scott (1996, citado por Kaya, Erduran, Aksoz, & Akgun, 2019) han planteado que la enseñanza de la NdC en los estudiantes de todos los grados escolares tiene múltiples beneficios, ya que les permite comprender el funcionamiento de la ciencia, tomar decisiones informadas sobre temas socio científicos, valorar la ciencia como un elemento fundamental de la cultura contemporánea, entender las normas de la comunidad científica, y aprender sobre los contenidos de la ciencia con mayor profundidad.

Desde el campo de la educación en ciencias, se han realizado varios avances acerca de la naturaleza de la ciencia que se debe enseñar, la cual se ha basado en la una concepción de la NdC principalmente con un enfoque epistemológico; desde las reflexiones de la forma en que se da el proceso de construcción del conocimiento científico y sus características, sin centrarse en las circunstancias y contextos socioculturales, políticos, económicos, etc., que influyen o determinan su desarrollo (Abd-El-Khalick, 2013; Ng Lederman, 2006; Niaz, 2016). Asimismo, la enseñanza de la NdC se ha convertido en un objetivo de la educación en ciencias, pero hoy en día continua siendo un área desafiante para los profesores de ciencias, en gran parte a que es difícil de comprender con precisión el concepto de NdC y la forma en que se debe enseñar (Acevedo & García, 2016; Norman Lederman, 2018).

A pesar de este consenso, diversos autores han planteado la necesidad de abordar la NdC desde otros aspectos relevantes de la ciencia como el enfoque sociológico y que deben estar presentes en la enseñanza de la ciencia. Uno de estos enfoques que ha involucrado estos aspectos es la tradición Ciencia-Tecnología-Sociedad para la enseñanza de las ciencias el cual ha integrado, desde un principio, reflexiones respecto a la forma de producir conocimiento científico, los métodos para validarlo, los valores implicados en las actividades de la ciencia, las relaciones con

la tecnología, la naturaleza de la comunidad científica, las relaciones de la sociedad con la ciencia y la tecnología, y las aportaciones de la ciencia a la cultura y el progreso de la sociedad, aspectos que ahora se reivindican para una mejor comprensión de la NdC (Acevedo-Díaz & García-carmona, 2016).

Duschl & Grandy (2013) han planteado que la forma en que se comprende y desarrolla el proceso de enseñanza de la NdC en las últimas décadas, gira alrededor de dos posturas, por un lado, está la posición de que la NdC debe ser comprendida por medio de aspectos de dominio general, basada en el consenso de que es la ciencia y enseñada por medio de referencias explícitas determinadas por un conjunto de principios heurísticos que filósofos e historiadores de la ciencia utilizan para caracterizar la ciencia y la forma en que se desarrolla el conocimiento científico. Ha esta primera postura la denominamos enseñanza de la NdC explícita.

Por el otro lado, se encuentra la postura que denominamos enseñanza de la NdC implícita, la cual establece que la ciencia, así como la educación en ciencias, se deben conceptualizar en términos de las prácticas cognitivas, epistémicas y sociales, los contextos materiales y tecnológicos que caracterizan a la ciencia y que el aprendizaje de NdC ocurre cuando los compromisos de los estudiantes se ubican en estas prácticas, en contextos apropiados para la edad (Duschl & Grandy, 2013)

Las implicaciones para la enseñanza de la ciencia se encuentran que los autores que abogan por una enseñanza explícita de la NdC, establecen que los profesores deben vincular explícitamente en las actividades y clases de ciencia las declaraciones de consenso y las características de conocimiento científico. Por otro lado, los defensores de la enseñanza implícita, promueve que los estudiantes se deben involucrar en prácticas científicas durante unidades curriculares que se desarrollen en semanas o meses y que centren la atención de los alumnos en la construcción de modelos y por medio de diferentes metodologías de medición, observación, argumentación y explicación científica (Duschl & Grandy, 2013)

Además de las discusiones de una enseñanza de la NdC de forma implícita y explícita, en la última década, otros autores han planteado la necesidad de discutir el contenido de lo que hay que enseñar sobre NdC,

discutiendo que la visión de consensos no aborda todos los aspectos y características de la NdC, especialmente de los aspectos sociológicos, por lo que es necesario realizar un debate crítico y constructivo sobre cómo reconceptualizar la naturaleza de la ciencia para la educación en ciencias (Irzik & Nola, 2014).

Irzik y Nola (2011, 2014) plantean que las cuestiones de NdC se abordan casi siempre de manera genérica y común para todas las disciplinas de ciencias, pero también existen rasgos específicos de cada una de las disciplinas, por lo cual proponen la noción de “parecido de familia”. El enfoque de parecido de familia (EPF) reconoce los aspectos sociológicos de la ciencia que son comunes a todas las disciplinas y al mismo tiempo busca identificar las características propias de cada una, por lo que este enfoque resulta ser más amplio. De esta forma, Dagher & Erduran (2016) usan el EPF como marco de referencia para el desarrollo de una propuesta de diseño curricular de la NdC en la educación científica.

Por lo tanto, a continuación se realiza una descripción de los dos enfoques en la enseñanza de la NdC, la visión de consensos y el enfoque de parecido de familias como referentes teóricos para el análisis de datos de la investigación.

La NdC desde una visión de consenso

De acuerdo con Acevedo & García (2016) desde la educación en ciencias en las últimas décadas se ha venido imponiendo una concepción de la NdC sobre todo epistemológica centrada en el propio proceso de construcción del conocimiento científico, sus características, donde no se presta la suficiente atención a las circunstancias y contextos socioculturales, políticos y económicos que influyen en su desarrollo de manera decisiva. Esta postura ha sido desarrollada principalmente por las investigaciones de Lederman, (2006); Niaz, (2016) y Abd-El-Khalick, (2013).

Para Duschl & Grandy (2013) estas postura se encuentran relacionadas con los desarrollos realizados desde la reflexión sobre los avances científicos y las perspectivas filosóficas sobre la forma en que se ha evolucionado el conocimiento científico durante los últimos 100 años, a partir de tres movimientos importantes que se describen a continuación:

- Un primer movimiento se basa en el positivismo lógico, empirismo lógico y deductivo-nomológico, el cual surge del éxito de la lógica formal para aclarar y hacer rigurosa los fundamentos de las matemáticas. Sus principales exponentes son el Círculo de Viena y grupos paralelos en Varsovia y Berlín. Estos pensadores dirigen principalmente a establecer la relación entre las observaciones, las leyes y teorías al definir rigurosamente el grado en que las observaciones específicas confirmar o no una ley o teoría.
- El segundo se basa en una visión histórica del desarrollo de la teoría y el cambio conceptual presentados por los paradigmas, programas de investigación, principios heurísticos, temas científicos y tradiciones de investigación que dan cuenta del crecimiento racional del conocimiento científico. Este movimiento introduce tres nuevos elementos de análisis de la evolución histórica de las teorías y su relación con las pruebas, la constatación de que la observación no puede ser tomado como un concepto simple y sin problemas, y la importancia de la comunidad de investigación científica. También vio la desaparición de la suposición del movimiento anterior de que la evaluación del apoyo que evidencia prevé una teoría se puede reducir a un algoritmo preciso cuya corrección puede ser probado
- El tercer movimiento se basada en los modelos de las dinámicas cognitivas y sociales entre las comunidades de académicos que nos brindan la epistemología social, la filosofía naturalizada de la ciencia y las epistemologías que la acompañan para explicar la profundización y ampliación de las explicaciones científicas. Este movimiento surgió como una alternativa al giro histórico examinado más cuidadosamente las prácticas cognitivas y sociales y los mundos materiales de los científicos.

De acuerdo con Duschl & Grandy (2013) y Irzik & Nola (2014) la visión de consenso de la NdC la enseñanza de las ciencias busca que los dos primeros movimientos sean identificados y enseñados que abarque una punto de vista de reconstrucción racional de los desarrollos científicos (por medio de la historia de la ciencia) y el crecimiento del conocimiento científico desde posturas epistemológicas y principios heurísticos. Lederman, Abd-El-Khalick, Bell, & Schwartz (2002) afirman que a pesar de la complejidad de los problemas que presenta la NdC y las diferentes

controversias entre los filósofos de la ciencia, se ha logrado cierto grado de consenso dentro de la comunidad de educación en ciencias de tal forma que la naturaleza de la ciencia pueda caracterizarse, entre otras, por los siguientes aspectos: (Niaz 2009, p. 33):

1. El conocimiento científico se basa en gran medida, pero no completamente, en observaciones, evidencia experimental, argumentos racionales y escepticismo.
2. Las observaciones están cargadas de teoría.
3. La ciencia es tentativa / falible.
4. No hay una única forma de hacer ciencia y, por lo tanto, no se puede encontrar un método científico universal, tipo receta, paso a paso.
5. Las leyes y las teorías tienen diferentes roles en la ciencia y, por lo tanto, las teorías no se convierten en leyes, incluso con evidencia adicional.
6. El progreso científico se caracteriza por la competencia entre teorías rivales.
7. Diferentes científicos pueden interpretar los mismos datos experimentales en más de una forma.
8. El desarrollo de teorías científicas a veces se basa en fundamentos inconsistentes.
9. Los científicos exigen el mantenimiento de registros precisos, la revisión por pares y la replicabilidad.
10. Los científicos son creativos y con frecuencia recurren a la imaginación y la especulación.
11. Las ideas científicas se ven afectadas por su cultura social e histórica.

Los 11 aspectos enumerados anteriormente encuentran gran aceptación por parte de varios autores (Gil et al., 2014; Kind & Osborne, 2017; Ng Lederman, 2006), pero otros autores (Irzik & Nola, 2011; Kaya et al., 2019; Kaya & Erduran, 2016; Laherto et al., 2018; Le Cornu & Ewing, 2008) están en desacuerdo con esta postura por la falta de atención a las prácticas cognitivas, epistémicas y metodológicas que la ciencia desarrolla.

Las estrategias que se han implementado para la enseñanza de la NdC desde la visión de concesos, (García et al., 2012) plantea que se han desarrollado diversas estrategias de enseñanza como las que se describen a continuación:

- **Una ciencia contextualizada en situaciones socio-científicas (sociocultural):** Se busca mediante el análisis de aspectos socio – científicos el desarrollo de actitudes positivas hacia la ciencia, una idea más realista y adecuada de ésta, un aumento de la capacidad argumentativa, así como el desarrollo de pensamiento crítico y responsable ante tales situaciones. Lo anterior no implica necesariamente, que hayan mejorado su comprensión de la NdC, salvo cuando reflexionan sobre situaciones contradictorias ante un determinado tema de controversia socio – científico (García et al., 2012).
- **La historia y la filosofía de la ciencia:** Uno de los recursos más utilizados para la enseñanza de la NdC son los escenarios que muestra cómo se construyen los conocimientos científicos en conexión con el contexto histórico y social. De acuerdo con García et al (2012) y Pedretti & Nazir (2011), la historia de la ciencia beneficia la disposición de los estudiantes por la ciencia y su aprendizaje, pero requiere de actividades reflexivas para superar la gran dificultad de los alumnos en reconocer los aspectos de la NdC, involucrados en las historias de ciencia, además que requieren de tiempo y preparación especial por los profesores.
- **Los procedimientos y la indagación científica:** La comprensión de la NdC mediante el desarrollo de los procedimientos de indagación tiene una buena acogida entre el profesorado; muchos confían en las actividades educativas relacionadas con los procedimientos y métodos de la ciencia (prácticas de laboratorio,

procesos de la ciencia, proyectos de indagación, etc.) como instrumento para que los estudiantes aprendan de forma natural contenidos de la NdC. Sin embargo, además del posible y falso reduccionismo que puede derivarse de identificar procedimientos científicos con la NdC, esta enseñanza de la NdC no se muestra efectiva por ser demasiado implícita (García et al., 2012).

- **Contextos habituales de los cursos de ciencia:** La NdC puede enseñarse también presentando sus contenidos en el contexto del currículo escolar de ciencias habitual, de dos maneras: integrados en los contenidos curriculares tradicionales (por ejemplo, integrar la provisionalidad del conocimiento científico en el contexto de los modelos atómicos), o bien enseñarlos como nuevos contenidos del currículo, diferenciados de los demás, y explicitando sus propios objetivos, contenidos, actividades y criterios de evaluación. Las investigaciones en este contexto de currículo escolar usual aún son escasas, si bien hay coincidencias en que el factor más determinante del éxito de la enseñanza de la NdC es que sea explícita y reflexiva (García et al., 2012).

La enseñanza de la NdC desde el enfoque parecido de familias

Para Duschl & Grandy (2013), el elemento clave que permite establecer esta postura es que la ciencia se hace por los científicos y los científicos son seres humanos. Por lo tanto, se establece que los seres humanos son capaces de construir teorías y tecnologías complejas de gran alcance. La comprensión de esta forma en que se hace la ciencia implica entender la invención humana: el uso de instrumentos, lenguajes técnicos, estructuras sociales y entornos de aprendizaje. De esta forma, a los dos movimientos en los que se basa la visión de consenso, se incluirían las características del tercer movimiento en cuanto a las prácticas cognitivas, sociales del conocimiento científico. Irzik & Nola (2011) intenta hacer frente a la unidad de la ciencia, sin sacrificar su diversidad, mediante la aplicación de un enfoque de familia por semejanza como alternativa a la visión de consenso. Plantean que la ventaja de utilizar el enfoque de familia por semejanza para caracterizar un campo de la ciencia, por medio de un conjunto de categorías amplias, permite reconocer diferentes características comunes a todas las ciencias.

De acuerdo con Kaya et al (2019), el enfoque de familia por semejanza desarrollado por Irzik y Nola (2014) se describe de la siguiente manera:

Considere un conjunto de cuatro características $\{A, B, C, D\}$. Entonces, uno podría imaginar cuatro elementos individuales que comparten cualquiera de estas tres características tomadas en conjunto, como $(A \& B \& C)$ o $(B \& C \& D)$ o $(A \& B \& D)$ o $(A \& C \& D)$; es decir, las diversas semejanzas familiares se representan como cuatro conjunciones disyuntivas de cualquiera de las tres propiedades elegidas del conjunto original de características. Este ejemplo de un modelo politético de semejanzas familiares se puede generalizar de la siguiente manera. Tome cualquier conjunto S de n características; entonces cualquier individuo es un miembro de la familia si y sólo si tiene todas las n características de S , o cualquier conjunción $(n-1)$ de características de S , o cualquier $(n-2)$ conjunción de características de S , o cualquier $(n-3)$ conjunción de características de S y así sucesivamente. ¿Qué tan grande puede ser n y qué tan pequeño $(n \times)$? es algo que puede dejarse abierto ya que corresponde a la idea de una familia por semejanza no desea imponer límites arbitrarios y deja esto para una investigación de “caso por caso”. A continuación emplearemos esta versión politética del parecido familiar (en una forma ligeramente modificada) en el desarrollo de nuestra concepción de la naturaleza de la ciencia. (Irzik y Nola, 2014, pág. 1011, traducción propia)

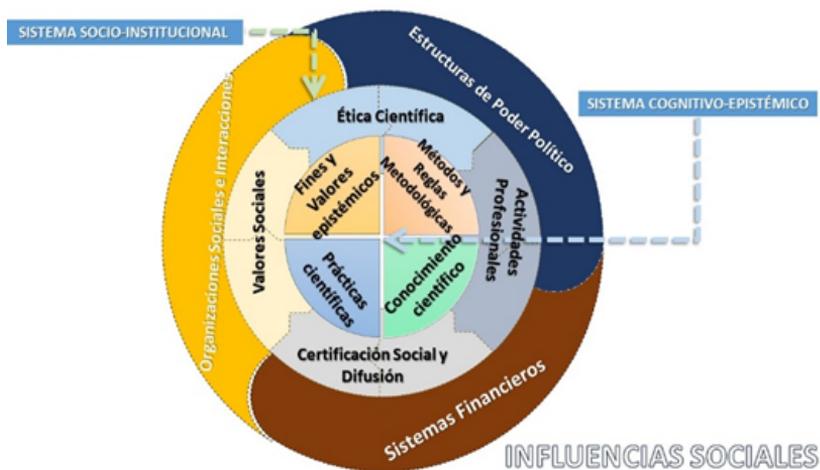
Irzik y Nola (2014) plantean que existen características comunes a todas las ciencias, pero son tales que no pueden ser definidas de manera explícita, aunque tampoco pueden ser utilizadas para diferenciar la ciencia de otras actividades humanas. Por ejemplo, no podemos pensar en una ciencia que no implique hacer algún tipo de inferencia en algún momento; si no lo hiciera, no iría más allá de la ingenua recopilación de datos. Sin embargo, inferir, aunque común a las ciencias, no es exclusivo de ellas. Los jueces en un tribunal también hacen inferencias, pero eso no indica que estén haciendo ciencia (Irzik & Nola, 2014).

Por lo tanto, se parte de la visión de consenso descrita anteriormente, que establece que la ciencia es una empresa multifacética que involucra (a) procesos de investigación, (b) conocimiento científico con características especiales, (c) métodos, fines y valores y (d) aspectos éticos sociales e históricos. De hecho, la ciencia es muchas cosas al mismo tiempo: es una actividad de investigación, una vocación, una cultura y una empresa con una dimensión económica y, por lo tanto, tiene muchas características —cognitivas, sociales, culturales, políticas,

éticas y comerciales— (Irzik & Nola, 2014). Entonces, es necesaria una perspectiva sistemática y unificadora que capture no sólo este o aquel aspecto de la ciencia, sino toda la ciencia en general (Allchin et al., 2014) La propuesta inicial que realiza Irzik & Nola (2011), el enfoque de familia por semejanza de la naturaleza de la ciencia, establece la ciencia en términos de dos sistemas: una denominada cognitivo-epistémica y la otra sistema socioinstitucional, que no son excluyentes, ya que las dos interactúan constantemente entre sí de múltiples maneras, como se muestra en la figura 19.

El primer sistema denominado cognitivo-epistémico abarca los procesos de investigación, fines y valores, métodos y reglas metodológicas, y el conocimiento científico; mientras que la ciencia como un sistema socio-institucional abarca inicialmente las actividades profesionales, ética científica, la certificación social y la difusión del conocimiento científico (Irzik & Nola, 2011). Esta última es ampliada en una segunda versión que incluye las estructuras del poder político, las organizaciones sociales e interacciones y los sistemas financieros abarcados por las influencias sociales (Dagher & Erduran, 2016), como se representan en la figura 19.

Figura 19. Rueda del Enfoque Parecido Familiar: Representación de la ciencia como un sistema cognitivo-epistémico y socio-institucional



Fuente: Reproducido y adaptado de Erduran & Dagher, 2014, p. 28

Dentro del sistema cognitivo-epistémico, Irzik y Nola (2014) plantean la ciencia en términos de cuatro categorías obtenidas, modificando ligeramente (a) - (c): procesos de investigación, fines y valores, métodos y reglas metodológicas y conocimiento científico. A continuación, se realiza una descripción de cada una de ellas:

Prácticas científicas

Matthews (2016) plantea que la ciencia se basa en un conjunto de prácticas sustentadas en actividades sociales, institucionales, cognitivas y epistémicas. Las características de las prácticas científicas implican la producción de modelos y explicaciones que permitan la construcción de conocimiento científico.

Dagher & Erduran (Dagher & Erduran, 2016) exponen que las prácticas científicas involucran no sólo componentes epistémicos, sino componentes socioinstitucionales y culturales que subyacen a las decisiones tomadas dentro de la realización de las actividades científicas. De esta forma, las prácticas científicas incluyen elementos conceptuales y teóricos que anteceden a la elección de las herramientas y permiten la construcción del conocimiento científico dentro de un sistema socioinstitucional. En este sentido, las prácticas científicas implican la recopilación de datos para fines particulares, la coordinación de evidencia y modelos por medio de procesos discursivos como la argumentación. Asimismo, es importante establecer que las prácticas son interdependientes entre sí. Por lo tanto, las prácticas científicas son un conjunto de prácticas epistémicas y cognitivas que conducen al conocimiento científico por medio de la certificación social, que involucran —inicialmente— actividades particulares como la observación, la clasificación y la experimentación en un conjunto complejo de interacciones, incluyendo la recopilación y el análisis de datos, y la certificación de las afirmaciones de conocimiento posteriores. Matthews (2016) propone que generalmente estas prácticas científicas son abordadas de forma individual. Por lo que, desde el modelo de EPF, se propone una visión más heurística de las prácticas científicas para reunir componentes que pueden ser dispares —por ejemplo, el modelado, la certificación social— y se redefinan algunos aspectos descartados en la visión de consenso para una representación que tenga en cuenta la mayor interrelación de las prácticas científicas.

Figura 20. Prácticas científicas en la actividad para los científicos desde la heurística del anillo de benceno



Fuentes: Tomada y adaptado de (Kaya et al., 2019)

Con el fin de ser aplicada y usada en la educación en ciencias, Dagher & Erduran (Dagher & Erduran, 2016) proponen la heurística del anillo de benceno, con la que buscan representar los aspectos epistémicos, cognitivos y socioinstitucionales propios de las prácticas científicas, que se representa en la figura 20. Esta heurística apunta a los relatos teóricos que muchas veces son dispares de las prácticas científicas y busca sintetizarlas como un todo.

Dagher & Erduran (Dagher & Erduran, 2016) plantean la analogía del anillo de benceno de la siguiente forma:

Los diversos aspectos epistémicos y cognitivos de la ciencia están representados como cada átomo de carbono alrededor del anillo y los enlaces pi difusos representan los contextos y prácticas sociales que se aplican a todos estos aspectos. La heurística ilustra las dimensiones epistémica y cognitiva de la ciencia como interrelacionadas e influenciadas por las dimensiones sociales en una representación holística. Los vínculos entre los diferentes componentes epistémicos están subrayados por los procesos sociocognitivos dinámicos representados por la nube de electrones que denotan representación, razonamiento, discurso y certificación social (entre otros factores cognitivos, sociales e institucionales) que permiten la instanciación de cada componente. La estructura del anillo interno representa la “nube” de procesos (incluidas las dimensiones sociológica, cultural y económica) que subyacen a los componentes epistémicos. El flujo es multidireccional y fluido. Una fortaleza significativa de la heurística es que las habilidades del proceso científico típicamente dispares ya no están aisladas, sino que se redefinen y posicionan fundamentalmente en interacciones dentro y en relación con otras prácticas científicas. (p. 82 - Traducción propia)

De esta forma, Dagher & Erduran (Dagher & Erduran, 2016) proponen que las prácticas científicas se encuentran interconectadas por los contextos y las prácticas sociales, desde las dimensiones epistémicas y cognitivas como la observación, indagación, clasificación, modelación, experimentación, entre otras.

Fines y valores epistémicos

Dentro del sistema cognitivo epistémico, Irzik y Nola (2014) plantean la categoría de fines y valores epistémicos, que se ha configurado desde las amplias discusiones sostenidas por los filósofos de la ciencia sobre temas epistemológicos. Por ejemplo, alrededor de la objetividad en la ciencia, lo cual hace difícil proporcionar un resumen definitivo o un conjunto normativo de fines y valores epistemológicos de forma exhaustiva o representativa (Erduran & Dagher, 2016). De acuerdo con Dagher & Erduran (2016), los fines y valores epistémicos están relacionados con la forma en que se construye el conocimiento, sus prácticas y evaluación en la ciencia, donde la importancia epistémica está determinada por los valores epistémicos. Por lo tanto, se constituyen como los objetivos cognitivos y epistémicos que están involucrados en la ciencia, como la precisión y la objetividad.

Los fines y valores epistémicos se relacionan principalmente con la forma en que se construye el conocimiento. Muchas veces estos no son explícitos en los procesos científicos. Los fines y valores cognitivos se relacionan con el razonamiento científico, y los fines y valores sociales con las necesidades humanas como la honestidad (Kaya & Erduran, 2016). Estos fines y valores epistémicos se han agrupado en tres conjuntos: lo epistémico, lo cognitivo y lo social, como se muestra en la figura 21.

Figura 21. Fines y Valores epistémicos



Fuentes: Tomada y adaptado de (Kaya et al., 2019)

Dentro del campo de la educación en ciencias, Dagher & Erduran (Dagher & Erduran, 2016) plantean que se debe prestar atención a los fines y valores de la ciencia por las siguientes razones: (a) Informar a los estudiantes que el conocimiento científico y las prácticas científicas operan dentro de un conjunto acordado de valores que guían la actividad científica; (b) Apoyar la adquisición de los valores epistémicos mediante el uso de métodos instruccionales que facilitan un compromiso más profundo con el contenido y las prácticas científicas; (c) Crear conciencia de que los objetivos y los valores pueden dar lugar a un sesgo, por ejemplo, en términos del diseño de una investigación o comunicación de conocimiento científico. En este sentido, Dagher

& Erduran (Dagher & Erduran, 2016) plantean algunos fines y valores que son relevantes para el campo de la educación en ciencias y plantean algunas aplicaciones, como se muestra en la tabla 4.

Tabla 4. Fines y Valores epistémicos aplicados a la educación en ciencias

Subcategoría	Fin o valor	Aplicación educativa
Epistémico-cognitivo	Objetividad	Buscar neutralidad y evitar sesgos. Buscando nuevas explicaciones.
	Novedad	Asegurarse de que las explicaciones sean precisas.
	Exactitud	Basar los reclamos en datos suficientes, relevantes y plausibles Dando razones para justificar los reclamos.
	Adecuación empírica	Reconocer ideas opuestas y responder a objeciones.
	Examen crítico	Tomar en serio la oposición a las ideas propias.
	Abordar anomalías	Asegurarse de que nadie controle ideas para favorecer sesgos grupales o particulares.
Social	Abordar las necesidades humanas	Considerar y respetar las necesidades humanas.
	Poder descentralizador	Asegurarse de que nadie controle ideas para favorecer sesgos grupales particulares.
	Honestidad	Ser y actuar honestamente en todos los aspectos de las actividades científicas.
	Igualdad de autoridad intelectual	Respetar todas las ideas siempre que estén basadas en evidencia, independientemente de quien las realice.

Fuente: Tomado y ajustado de Dagher & Erduran (2016a).

Sin embargo, es posible desarrollar un marco de referencia propio que permita adaptarse a la enseñanza de la ciencia con el propósito de servir a diferentes objetivos educativos. Asimismo, estos fines y valores que se plantean en las tabla 4 pueden cambiar o dar lugar a otras consideraciones en el contexto del aula o los niveles de enseñanza, ya que pueden ser más adecuados en ciertas edades (Erduran & Dagher, 2016).

Métodos y reglas metodológicas de la ciencia

De acuerdo con Irzik y Nola (2014), la ciencia es una actividad organizada, que se rige por medio de diferentes métodos y reglas

metodológicas. Para los autores, los métodos y las reglas metodológicas apoyan la comprensión de las prácticas científicas, pero no se les ha dado la importancia respectiva en el campo de la educación en ciencias. En el mejor de los casos, se ha limitado a dar conferencias a los estudiantes sobre métodos científicos, sin involucrarlos en la práctica de diseñar investigaciones y comprender las opciones metodológicas que pueden usarse por la ciencias para abordar preguntas relevantes.

Dagher & Erduran (Dagher & Erduran, 2016) plantean que los métodos y reglas metodológicas hacen referencia a la variedad de enfoques sistemáticos que utilizan los científicos para asegurar la obtención de conocimiento fiable. Son el conjunto de reglas metodológicas que guían un razonamiento inductivo, deductivo o abductivo. Por lo tanto, las investigaciones científicas utilizan una amplia variedad de métodos.

Asimismo, permiten comprender la coordinación entre la afirmación evidente y el razonamiento como un componente esencial en la explicación científica (Erduran & Dagher, 2016). Por lo cual, los métodos se encuentran estrechamente relacionados con los fines y valores científicos, ya que influyen en la selección y aplicación de reglas metodológicas. Dagher & Erduran (Dagher & Erduran, 2016) utilizan el análisis de Brandon (1994, citado por Dagher & Erduran 2016b) de los métodos utilizados en biología evolutiva para ejemplificar la variedad de métodos que pueden explorarse en la educación en ciencias. El análisis de Brandon es pertinente para mostrar las formas de pensar sobre métodos en contextos donde la ciencia y la investigación científica requieren de múltiples dominios, por lo que se utilizan múltiples métodos y metodologías científicas.

De acuerdo con Dagher & Erduran (Dagher & Erduran, 2016), Brandon describe que hay dos formas en que los experimentos se contrastan habitualmente con observaciones y trabajo descriptivo, para lo cual plantean:

En términos del contraste del experimento con el trabajo descriptivo, un factor clave para el contraste es si se está probando una hipótesis o si se están midiendo los valores de los parámetros. Las medidas de parámetros pueden exigir una manipulación considerable, pero pueden o no implicar la prueba de hipótesis. Brandon (1994) da el siguiente ejemplo. Si los biólogos están interesados en averiguar si un herbívoro determinado puede ejercer un factor selectivo para una población

de plantas, el herbívoro (que sirve como variable independiente) se introduciría en una parcela experimental y variables relacionadas con sus efectos sobre la supervivencia y reproducción de la planta, sin necesariamente plantear una hipótesis. Los ejemplos de Brandon ilustran que no todos los experimentos involucran pruebas de hipótesis y que no todo el trabajo descriptivo no es manipulador. Representa las conexiones entre experimentos y observaciones en términos de una tabla de dos por dos. (p. 100 – Traducción propia)

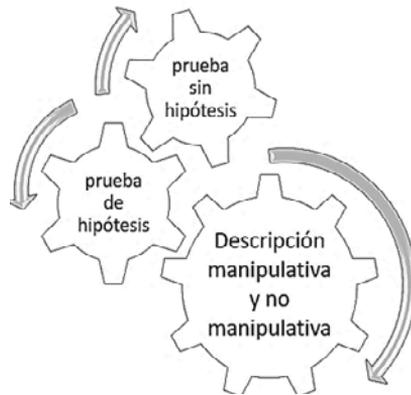
La figura 22 representa los tipos de métodos de investigación y observación, y cómo están relacionados entre sí desde la manipulación, la prueba de hipótesis y medición de parámetros.

Figura 22. Tipos de métodos de observación y experimentales, de acuerdo con Brandon (1994).



Fuente: Tomado y adaptado de Dagher & Erduran (2016)

Figura 23. “Engranajes” que ilustran la variedad de métodos



Fuente: Tomado y adaptado de Dagher & Erduran (2016)

Aunque esta variedad de métodos científicos generalmente no están aislados, la figura 23 representa cómo estos funcionan de forma sincrónica para la construcción de explicaciones y conocimiento científico. El tamaño de cada uno de los engranajes puede variar de acuerdo con la relevancia de cada uno de los métodos (Kaya & Erduran, 2016).

En cuanto a las reglas metodológicas, Irzik y Nola (2011) consideran que éstas son reconstrucciones racionales altamente idealizadas, que incluyen: construir hipótesis que sean comprobables; evitar cambios en las teorías; elegir la teoría que sea más explicativa; rechazar teorías inconsistentes; aceptar una nueva teoría sólo si puede explicar los éxitos de sus predecesores; usar experimentos controlados para prueba de hipótesis causales; y el uso de procedimientos cegados al experimentar con seres humanos.

Un ejemplo planteado por Dagher & Erduran (Dagher & Erduran, 2016), como una regla metodológica que puede ser usada en la educación en ciencias, es la diversidad de errores que se pueden identificar en cierto método científico desarrollado en el aula. El conocimiento de estos errores es significativo para comprender reglas metodológicas que permitan minimizarlos y dar confiabilidad a los datos. Otro ejemplo es cómo se puede evitar un efecto placebo a través de un método de doble ciego, en el que a través de experimentos controlados y errores de

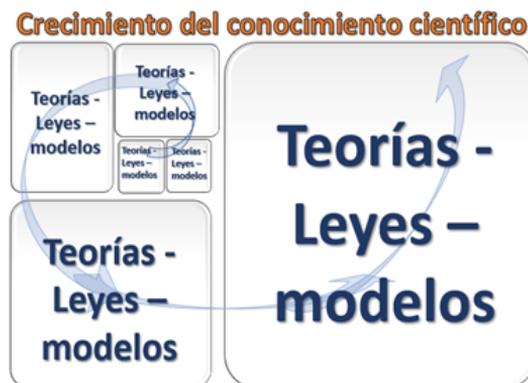
muestreo, se evita este efecto. Asimismo, estos autores establecen que las reglas metodológicas están ligadas a los fines y valores de la ciencia, como la honestidad o la objetividad.

Conocimiento científico

Para Dagher & Erduran (2016), el conocimiento científico crece a través del desarrollo, la extensión y la revisión de teorías, las leyes y modelos (TLM) por medio de los cuales se busca explicar y predecir los fenómenos en el universo. A medida que los científicos aprenden más sobre estos, las TLM se enriquecen y el conocimiento científico crece, conduciendo a una mayor comprensión científica.

De esta forma, las estructuras teóricas que hacen parte de las bases del conocimiento van creciendo y se aplican a contextos más amplios. Por lo tanto, las TLM no se refieren a los componentes individuales de las formas de conocimiento, sino a la forma en que están interconectados en un contexto determinado, que se representan en la figura 24. Cada plano de crecimiento del conocimiento podría considerarse como un paradigma que, a veces, puede ser abandonado y sustituido por nuevos conjuntos de TLM que representan no sólo las fases “normales”, sino “revolucionarias” de la ciencia, como lo planteo Kuhn. (Dagher & Erduran, 2016).

Figura 24. Crecimiento del conocimiento científico y comprensión científica por medio de las teorías, leyes y modelos (TLM)



Fuente: Tomada y adaptado de Dagher & Erduran (2016)

Esta representación de las TLM, en un marco de crecimiento del conocimiento, es una forma de abordar cuestiones que a menudo no son consideradas en el educación en ciencias. Un ejemplo de esto cómo se consideran las leyes científicas cuando son definidas como regularidades que se observan y sus relaciones matemáticas (Dagher & Erduran, 2016) sin tener en cuenta las múltiples discusiones, que principalmente se ha dado en la filosofía de la ciencia sobre la naturaleza de las leyes en un contexto comparativo entre la física y la química, que han llevado a la comprensión de que las leyes científicas pueden tener diferentes distinciones entre ramas de la ciencia (Kaya & Erduran, 2016). Las características de las leyes físicas varían con las características de las leyes en la química o la biología.

Dagher & Erduran (2016) plantean que la ciencia escolar está dominada por teorías, leyes y modelos que, con frecuencia, son caracterizadas como el “conocimiento de contenido”. Pero no existe mayor investigación de la comprensión de los estudiantes sobre cómo se relacionan entre sí las diversas formas de conocimiento científico y cómo contribuyen a las explicaciones en una disciplina científica determinada en un tema específico.

Formación en servicio de los profesores y el desarrollo profesional del profesor

Desde los inicios del siglo XXI se ha instalado en la narrativa educativa internacional una estrecha correspondencia entre la formación de los profesores al concepto de desarrollo profesional de profesor. Sus inicios se pueden caracterizar por las relaciones entre esa formación de los profesores y los resultados de aprendizaje de los estudiantes, al igual que por el carácter permanente que esa formación debería tener, para permitir la evolución de la práctica laboral (UNESCO, 2006b).

El concepto de desarrollo profesional del profesor (DPP) se ha configurado desde diferentes posturas teóricas y políticas educativas, que han planteado diversas estrategias para permitir su progreso, ya sea con la extensión de los años de formación inicial, el cambio los planes de estudio de las carreras docentes, la mejora del lugar y el tiempo destinado a la práctica profesional, o bien, la actualización del conocimiento o las competencias de los profesores en servicio (Vezub, 2013).

Es así como existen numerosas clasificaciones que dan cuenta de la pluralidad de los conocimientos profesionales del profesor y varían según los paradigmas de investigación y las disciplinas que las han generado. Algunos se centran en ser teóricos y prácticos, otros se enfocan en los conocimientos conscientes que preparan y guían la acción del profesor; al igual que existen algunos que indican que son implícitos, saberes de experiencia, rutinas automatizadas, interiorizadas, que intervienen en las improvisaciones o a la hora de tomar una decisión interactiva durante la acción (Tardif, 2004). De esta forma, el concepto del DPP se ha configurado desde diferentes posturas y vertientes que hacen complejo generar un consenso para establecer con exactitud y de forma específica su definición. Aunque una forma para conceptualizar lo que significa el DPP, con el cual nos identificamos, es comprender la práctica de la enseñanza como una profesión y derivar de ahí las implicaciones para la formación, las cuales han procedido principalmente de las investigaciones realizadas por Schön (1992), que se orientan a reconocer al profesor como un profesional reflexivo.

En esta línea, el concepto de DPP se ha construido como un proceso de formación permanente que cobra sentido en el desempeño del profesor sobre su práctica, en palabras de Delannoy (2000), se concibe como un proceso permanente de aprendizaje, en el que se incluye la formación inicial, la formación de profesores principiantes y en servicio. Es así como el DPP, en su acepción de formación en ejercicio, hace referencia al mejoramiento constante de las habilidades, de acuerdo con los requerimientos cambiantes del contexto social, con la pretensión fundamental de contribuir al desarrollo y aprendizaje de los estudiantes y de los procesos educativos y escolares, sin olvidar que también pretende mejorar la calidad de vida personal y profesional de los profesores (Parra et al., 2013).

De igual manera, ha cobrado mayor vigencia la representación del profesor como un profesional que opera con cierta autonomía. De acuerdo con Montecinos (2003), estas propuestas surgen desde cuatro ámbitos: una nueva visión de la profesión docente, el descontento generalizado con los modelos tradicionales de capacitación, los aportes desde la teoría constructivista en su vertiente más socio-constructivista, así como desde las investigaciones de programas de desarrollo profesional docente en diferentes partes del mundo. Ya que, es en la práctica profesional, específicamente, donde los profesores articulan

diversos saberes procedentes de una formación disciplinaria, curricular, experiencial o práctica construida a lo largo de la vida y de la trayectoria profesional. En este sentido, Tardif (2004) señala la importancia de reconocer el entramado de relaciones desde las cuales se construyen las prácticas profesionales, el conocimiento práctico sería indisociable de sus vivencias personales.

En América Latina se advierte con mayor claridad que, para que los profesores se conviertan en autores, actores y corresponsables de los cambios educativos, se requiere algo más que ajustes salariales y programas de capacitación. En los últimos años se ha enfrentado el desafío de implementar políticas y estrategias que garanticen un sostenido desarrollo profesional de los profesores, para que se priorice la necesidad de integrar la mayor cantidad de elementos que conforman el quehacer del profesor (OREALC/UNESCO; Santiago, 2015).

Existen diferentes posturas sobre la formación permanente de profesores de ciencias, aunque de acuerdo con Avalos (2011) generalmente se pueden considerar bajo enfoques epistemológicos que subrayen el déficit de conocimientos, habilidades o destrezas o, más bien, por lo que, la formación de profesores, en particular de aquellos que se encuentran en ejercicio, no se encuentra articulada a la cultura profesional, a las rutinas y las prácticas que configuran las actividades propias del profesor de ciencias. Para Ávalos (2011) la formación permanente de profesores de ciencias puede considerarse bajo enfoques epistemológicos que subrayen el déficit de conocimientos, habilidades o destrezas o, más bien, por lo que, la formación de profesores, en particular la de aquellos que se encuentran en ejercicio, no se encuentra articulada a la cultura profesional, a las rutinas y las prácticas que configuran las actividades propias del profesor de ciencias.

De esta manera, Nemiña, García, & Montero (2009) plantean que si se parte del hecho que cuando los profesores tienen acceso a procesos de formación continua, estos van ampliando y complejizando la base de conocimientos para tomar decisiones fundadas respecto de lo que adoptarán y adaptarán de estas políticas, debido a que:

Se puede observar que el concepto tradicional de la enseñanza como transmisión de conocimiento o como profesión artesana se está quedando obsoleto. Existen sólidos argumentos para

pensar que estas concepciones deben ser reemplazadas por otras concepciones más dinámicas, orientadas a un nuevo profesionalismo en general y un profesionalismo pedagógico en particular. (2009, p 9)

De igual forma Rojas et al (2012) indican que una de las principales dificultades que se evidencian en el DPP es el desencuentro entre ámbitos de formación (inicial y continua), ámbitos del saber (teoría y práctica, saberes fundamentales y saberes de experiencia) y unidades formadoras (universidad y escuela), por lo que se cuestiona si será posible concebir y ejecutar una propuesta que congregue en la formación en servicio de los profesores.

A partir de lo anterior surge la urgente necesidad de reflexionar desde la educación en ciencias y, en particular, sobre sus prácticas docentes: ¿En qué condiciones un docente transforma sus prácticas? Si bien ha habido diversas iniciativas de desarrollo profesional docente orientadas a reformar las prácticas, estas se han llevado a cabo, a menudo, desde un enfoque vertical, distinguiendo a un ministerio o universidad de carácter técnico, que diseña, y una escuela que recibe la intervención sin mayor incidencia en el proceso (Muñoz Martínez & Garay Garay, 2015). En Colombia, el MEN también ha vinculado el DPP a su proceso de formación mediante el “Sistema Colombiano de Formación de Educadores y Lineamientos de Política” (Ministerio de Educación Nacional de Colombia, 2013), donde se plantea la Formación en Servicio, concebido como los procesos que se realizan por medio de un conjunto de planes, programas y servicios de carácter formal y no formal, generados a partir del análisis de las características y necesidades contextuales en lo local y regional. Fernández Pérez (citado por González Alcaide & Ferri, 2014) señala que toda profesión debería caracterizarse por la posesión de un saber específico no trivial, de cierta complejidad y dificultad de dominio, que distinga y separe a los miembros de la profesión de quienes no lo son. Además, es fundamental la autopercepción de maestros y profesores, identificándose a sí mismos con nitidez y cierto grado de satisfacción como profesionales.

Pero, como indica Avalos (2011) el énfasis de la formación es servicio de los profesores se encuentra en la actualidad en construcción por parte del propio docente, impulsada principalmente por el reconocimiento del conocimiento que le entrega su experiencia y de las oportunidades que

tiene de ampliar su visión sobre su profesión, de esta forma estrategias como la reflexión de la práctica y la colaboración entre colegas, han mostrado que los profesores realicen un mayor desarrollo profesional sobre su profesión, sus saber pedagógico y su autonomía profesional.

Asimismo, la conceptualización de la formación en servicio de los profesores de ciencia se encuentra en constante desarrollo, la cual se va configura por medio del conocimiento que el profesor adquiere en sus prácticas de aula, el compartir de su saber pedagógico en diversas comunidades de formación y que fomentan la coherencia, colegialidad, aprendizaje activo y apoyo sistémico (Tobergte & Curtis, 2013). Para la presente investigación, la formación en servicio del profesor de ciencia se configura como un proceso complejo inmerso en un sistema reflexivo sobre los diferentes métodos, elementos y conocimientos que configuran la práctica profesional del profesor de ciencias y que contribuyen a su desarrollo profesional.

La práctica reflexiva

De acuerdo con la revisión del estado del arte en torno a la práctica reflexiva —presentado en el capítulo 1—, se identifica a Schön (1992) como uno de los primeros autores en utilizar este término, aunque diversos autores habían indicado la relevancia de la reflexión o algunos de sus elementos como elemento central en el desarrollo profesional de las personas. La práctica reflexiva es un concepto presente en múltiples disciplinas y profesiones desde los años 80, unido estrechamente al aprendizaje experiencias de Kolb (1984; citado por Sicora, 2012). Dirigir una constante mirada crítica a las acciones del profesional como esencia de la práctica reflexiva es posible, no sólo como consecuencia de la aplicación en la práctica de los conocimientos adquiridos desde la experiencia, sino como consecuencia del logro de una más profunda concienciación de los propios prejuicios y del impacto de la acción profesional en contextos más amplios. (Sicora, 2012)

Además de desarrollar el concepto de práctica reflexiva, Schön (1992) lo une al de formación del profesional reflexivo, basándose en la integración del pensamiento y la acción. Así, destaca la existencia de la reflexión en y sobre la acción por medio de la práctica reflexiva como elementos principales para la formación del profesional reflexivo. La reflexión en la acción permite desarrollar una consciencia sobre la

actividad o un suceso a futuro sin profundizar en éste, es intencional y superficial; mientras que la reflexión sobre la acción es profunda e intencional (Nocetti de la Barra, 2015).

Schön (1992) plantea que la reflexión en la acción muestra la habilidad del profesor para resolver problemas reales de su práctica por medio de la búsqueda de estrategias o soluciones a problemas prácticos y su análisis. Esto le permite crear conocimiento práctico, que se integra de forma significativa con su conocimiento teórico. Así, desarrolla conocimientos más genéricos de su práctica en la reflexión sobre la acción. La práctica reflexiva se fundamenta especialmente sobre lo aprendido por medio de la experiencia, permitiendo la articulación entre la práctica y la teoría. Ésta se va consolidando desde una concepción de “profesor investigador” y la reflexión sobre su práctica, que contribuye al desarrollo de una postura crítica frente a su papel en la educación, el aprendizaje de los estudiantes y el desarrollo de su comunidad (Cerecero, 2019).

Asimismo, Domingo (2013) establece que la práctica reflexiva es una metodología de formación que tiene como punto de inicio las experiencias vividas por los profesores, del sujeto en su contexto y la reflexión sobre su práctica. De esta forma, la práctica reflexiva centra su atención en el profesor que la lleva a cabo y a su desarrollo; también sobre las actividades que realiza o están relacionadas con su trabajo. Así, un profesor reflexivo se identifica como un sujeto que cuestiona las hipótesis inherentes al sentido común de la práctica educativa y actúa reflexivamente sobre las cuestiones éticas, políticas y pedagógicas involucradas en su práctica (Domingo & Gómez, 2014).

Para Fandiño & Bermúdez (2015), la práctica reflexiva no se reduce al ejercicio de enseñanza y a los procesos desarrollados en el contexto del aula, sino que se configura como reflexiones individuales y colectivas que permiten analizar y explicitar los principios y las creencias que subyacen de las acciones del profesor, cuestionándolas y reestructurándolas para aplicarlas en actuaciones futuras. Se establece como un eje fundamental para el desarrollo profesional de profesor, en el que se permite identificar sus avances y dificultades, generar conocimientos pedagógicos y transformar su entorno. En muchas circunstancias, la labor desempeñada por los profesores se desarrolla a ritmos de trabajo muy altos, de tal forma que los acontecimientos de una clase pueden dejar a los profesores con situaciones que no se

pueden revisar. Por lo tanto, cuando un profesor se toma el tiempo de sistematizar esta información y su práctica de enseñanza, esto le permite reconocer las contradicciones, equivocaciones y valorar en mejor medida los aciertos que ha tenido (Cerecero, 2018).

Asimismo, la práctica del docente es social. Por lo tanto, existen factores internos como externos que intervienen en su actuar, pensar, sus conocimientos y reflexiones, con los cuales va construyendo un conocimiento pedagógico a partir de una práctica reflexiva. La práctica reflexiva involucra un proceso de autoobservación, autocuestionamiento, pensar en lo que el profesor realiza en el aula, el por qué y para qué de sus acciones, si logra o no los objetivos que se propone, al mismo tiempo que conoce y reconocer los factores, contexto y personas que intervienen en el proceso con el propósito de mejorar continuamente su práctica (Cerecero, 2018).

De las anteriores posturas sobre la práctica reflexiva, se puede establecer como elemento principal la reflexión de la experiencia por encima de la teoría con una intencionalidad de actualización profesional. Asimismo, Schön (1998), Perrenoud (2004), Domingo (2013), Anijovich (2009) y Cerecero (2018) coinciden en que la práctica reflexiva se caracteriza por ser un proceso metódico, deliberativo, intencional, ético, consciente, social; que requiere tiempo y supone un distanciamiento de la actividad para pensar en esta, conocerla y reconocerla, así como permitir al profesor conocerse y reconocerse; donde se compara y conecta teoría y práctica para buscar la objetivación de los saberes, que implica actuar y transformar, y busca el desarrollo humano y profesional. Para una mejor comprensión de la práctica reflexiva, es importante dar una mirada a las contribuciones que han realizado diversos filósofos sobre la importancia que tiene la reflexión. Según Atkinson (2011) y Cerecero (2019), se resaltan los siguientes ejemplos en la tabla 5:

Tabla 5 – Aportes de diversos filósofos en torno a la relevancia de la reflexión.

Autor	Relevancia de la reflexión
Sócrates, Platón y Aristóteles (siglo V a.C)	A partir del debate, la discusión y cuestionamiento de las creencias de la gente, establecieron elementos y formas de reflexionar con la finalidad de entender la realidad por medio del «método socrático», la «mayéutica», la «aletheia» o «la observación»; con los que se logra que quien sabe y que cree que no sabe se dé cuenta de su conocimiento
René Descartes (siglo XVII)	Establece el método cartesiano de la duda para acceder a la verdad, el cual propone dudar de todo lo que se cree o dice, sin importar quién lo plantea, su importancia social o académica. Por lo tanto, no es posible afirmar que algo es verdadero si no se tiene la absoluta certeza por medio de las evidencias. De esta forma, un proceso de reflexión inicia con la acción de dudar y requiere cuestionar, analizar, sintetizar y evaluar.
Immanuel Kant (siglo XIX)	La forma en que podemos conocer los objetos por medio de la experiencia de cada persona tiene con el objeto es a través de su subjetividad, que busca la objetividad de este por medio de la interpretación que hace del objeto. De esta forma, la reflexión es un estado del espíritu que nos permite encontrar las condiciones de carácter subjetivo para formar un concepto.
Edmund Husserl (siglo XX)	Partiendo que es el sujeto quien interpreta el mundo, es el que le da sentido, por lo cual las personas ven el mundo de acuerdo con sus experiencias, sensaciones, recuerdos, visualización e imaginación, pudiendo actualizarlas conforme a la atención o reflexión que el sujeto tenga del objeto. De esta forma, otro elemento de la reflexión está centrado en que lo que es interpretado y cierto para una persona, no es igual para otra, ya que son percepciones de cada uno. Por lo que, en lugar de juzgar los hechos, la persona parte de su observación, sin etiquetar lo sucedido, liberándose de prejuicios y permitiendo proporcionar un nuevo sentido y significado a los objetos y hechos experimentados.
John Dewey (siglo XX)	Establece que el pensamiento reflexivo es un proceso que requiere de curiosidad, sugerencias, lógica, flexibilidad, variedad, orden, control, una mente abierta, entusiasmo y aceptación de la responsabilidad. Por lo tanto, siempre tiene un propósito y una conclusión. Propone seis fases para el pensamiento reflexivo: sugerencia, intelectualización, hipótesis, razonamiento, comprobación de la hipótesis a través de la acción u observación directa, y visión del futuro. Estas fases no están diseñadas en un orden establecidos, ni mucho menos es un requisito fundamental que se realicen todas. De esta forma, la reflexión debe ser un método sistemático o un proceso continuo que permite el cuestionamiento de las experiencias vividas como un proceso de indagación, observación e investigación, que debe ser continuo, flexible, abierto y que evita las ideas preconcebidas.

Fuente: Tomado y ajustado de Atkinson (2011); Cerecero (2019)

Por lo tanto, en esta investigación se asume la definición de la reflexión enfocada hacia la formación en servicio de los profesores, que puede desarrollarse desde la práctica reflexiva. Autores como Schön (1998),

Elliott (1998), Stenhouse (1998), Perrenoud y Domingo (2013), entre otros, destacan el papel central que juega la práctica reflexiva en el desarrollo profesional de los profesores. Asimismo, establecen que la formación en la reflexión de la práctica se debe guiar hacia el análisis de fundamentos teóricos de la disciplina que se enseñan, la pedagogía y la didáctica en general y específica del contenido; la pertinencia de su aplicación, la revisión de las propias concepciones acerca de la educación; su coherencia con lo que se pretende poner en práctica y con lo que finalmente se lleva a cabo en el salón de clase. De esta forma, en la presente investigación se asume a la práctica reflexiva como un proceso de formación y desarrollo profesional, que parte de las vivencias de los profesores en el contexto que desarrolla su ejercicio profesional y les permite realizar un análisis sistemático sobre los diferentes asuntos que involucran su práctica de enseñanza.

Asimismo, el desarrollo de la práctica reflexiva ha permitido identificar diversos niveles de reflexión en los profesores. A continuación, se realiza una descripción de los principales modelos y niveles de reflexión identificados en la literatura.

Modelos sobre práctica reflexiva

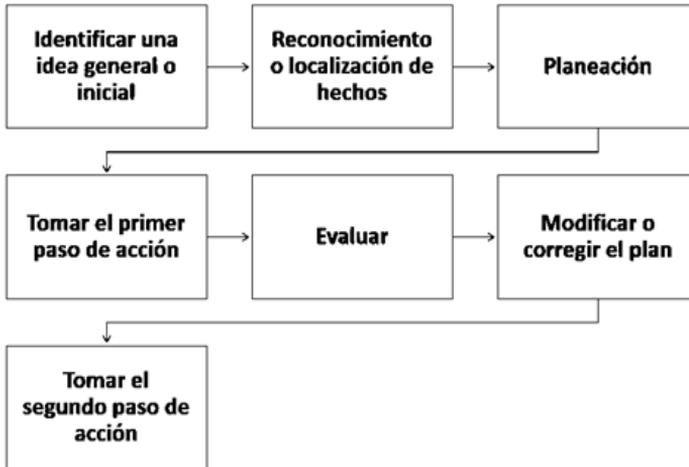
Mientras ha evolucionado el concepto de la práctica reflexiva, se han propuesto diversos modelos de formación para que los profesores desarrollen una práctica reflexiva, ya sea para un proceso de formación o para que se instaure como propio de su ejercicio profesional. En este sentido, Eugenia & Medina (2019) plantean que los modelos o esquemas teóricos en torno a la práctica reflexiva provienen de diversas posturas teóricas que pueden o no estar dentro de una práctica reflexiva, pero que contribuyen al desarrollo de la reflexión sobre la práctica para transformarla. De igual forma, estos modelos ha sido usados como metodología de formación respecto al ejercicio profesional del profesor en formación o servicio.

En la tabla 6 se realiza una descripción y representación de los principales modelos que promueven una práctica reflexiva, propuestos por Elliott, 1998, 2015; Engeström, 2014; Kolb, 2015; Peeters & Robinson, 2015; Cerecero, 2018; y Eugenia & Medina, 2019.

Tabla 6 – Descripción y representación de los principales modelos que promueven una práctica reflexiva

Modelo	Descripción
<p>Investigación-acción en Espiral</p>	<p>Cerecero (2019) plantea que Lewin es reconocido como el primero en plantear un modelo de investigación acción; así mismo, indica que posteriormente se reconocen a Kolb, Carr y Kemmis, Whitehead y Elliott entre otros, quienes contribuyen en este modelo. Desde estos autores se plantea que la investigación-acción es una espiral de ciclos de investigación y acción, constituidos principalmente por las siguientes fases: planificar, actuar, observar y reflexionar. El modelo de espiral de ciclos se considera como la base para mejorar y promover la práctica reflexiva (Cerecero, 2019).</p> <p>El modelo planteado por Lewin (figura 25) se divide en siete fases, a saber: inicia por identificar una idea, luego se reconoce o se definen los hechos, después se realiza una planeación de la acción para luego actuar, evaluar y modificar o corregir el plan propuesto para luego dar inicio al otro ciclo de reflexión (Cerecero, 2019).</p> <p>El modelo de Lewis ha sido ampliamente trabajado y discutido por diferentes autores por medio de diversas adaptaciones, descripciones y mejoras al modelo; como el propuesto por Elliot, en 1998, en forma de espirales de acción. Éste plantea que para lograr el potencial total de mejora y cambio en la práctica, un ciclo de investigación-acción no es suficiente. Para la implementación satisfactoria de un plan de acción deben existir varios ciclos de reflexión, como se describen en la figura 26.</p> <p>Otro modelo cíclico dentro de la investigación-acción es el propuesto por Mertler en el año 2009. Según Cerecero (2019), éste modelo plantea cuatro etapas: planear, actuar, desarrollar y reflexionar; como se muestran en la figura 27. En la etapa de planeación, se identifica y delimita la situación a trabajar, se recopila información a partir de otras personas que conozcan del tema, se revisa literatura relacionada con el tema a trabajar y se desarrolla un plan de investigación.</p> <p>En la etapa de acción se realizan los siguientes pasos: se implementa el plan investigación, se recolectan y analizan los datos conformen se van obteniendo. Luego, en la etapa de desarrollo, se realiza un plan de acción para probar las nuevas ideas propuestas y trabajar en resolver el problema identificado.</p> <p>La última etapa del ciclo es la reflexión, con la que se busca compartir y comunicar los resultados con otras personas o diferentes comunidades y reflexionar sobre el proceso (Cerecero, 2019).</p> <p>Los modelos de Argyris y Schön de aprendizaje de una vuelta —single loop learning— y de doble vuelta —double loop learning— asumen que el aprendizaje no es la acumulación de conocimiento, sino la detección y corrección de errores; es decir, se aprende a aprender de sus errores para actuar de manera más consistente (Peeters & Robinson, 2015).</p>

Figura 25. Modelo de investigación-acción en espiral de Lewin de 1946.



Fuente: Adaptado de Cerecero Medina, 2019

Figura 26. Modelo de investigación-acción en espiral de Eliot de 1993.



Fuente: Adaptado de (Elliott, 1998)

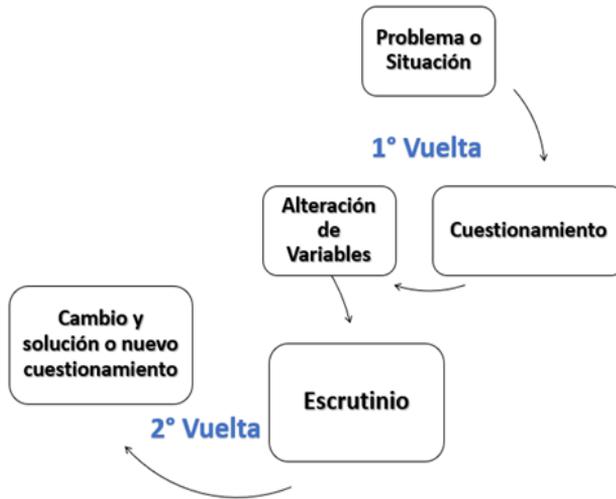
Modelo	Descripción
<p>Aprendizaje de una sola vuelta y de doble vuelta</p>	<p>Los modelos de Argyris y Schön de aprendizaje de una vuelta —single loop learning— y de doble vuelta —double loop learning— asumen que el aprendizaje no es la acumulación de conocimiento, sino la detección y corrección de errores; es decir, se aprende a aprender de sus errores para actuar de manera más consistente (Peeters & Robinson, 2015).</p> <p>El aprendizaje de una vuelta de Argyris y Schön (1978; citado por Peeters & Robinson, 2015) plantea que un error se produce cuando una acción no genera la consecuencia deseada. Estos errores se corrigen mediante el aprendizaje de bucle único (Figura 28), cuando se prueba una nueva estrategia de acción sin cuestionar las creencias y suposiciones que guían la elección del actor.</p> <p>Por ejemplo, si un profesor cree que su trabajo es cubrir el plan de estudios, pero no lo hace, puede corregir el error comprimiendo el material o enseñando más horas. Este es un aprendizaje de una vuelta, porque el profesor no ha realizado un examen de sus creencias sobre la naturaleza e importancia de la cobertura curricular (Peeters & Robinson, 2015).</p> <p>Al modelo de aprendizaje de dos vueltas (Figura 29) se integra el cuestionamiento de valores y creencias que guían las elecciones sobre cómo actuar. La capacidad de aprender en este modelo es fundamental para que las personas puedan detectar y corregir los errores causados, no sólo por una mala elección de estrategia —como es el caso del modelo de una vuelta—, sino por concepciones inapropiadas para tomar esas decisiones (Peeters & Robinson, 2015).</p> <p>En el ejemplo del profesor que cree que su trabajo es abarcar el plan de estudios, él puede descubrir que, al hacerlo, la comprensión de los conceptos clave de su asignatura se ve comprometida, lo que le permite cuestionarse sobre la importancia de cubrir todo el plan de estudios y comenzar a dar mayor importancia enseñanza para la comprensión (Peeters & Robinson, 2015).</p>

Figura 28. Modelo de aprendizaje de una vuelta de Argyris y Schön (2002).



Fuente: Adaptado de Peeters & Robinson, 2015

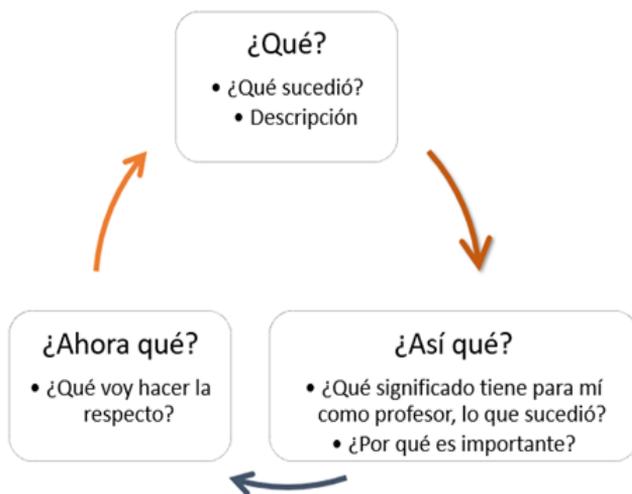
Figura 29. Modelo de aprendizaje de dos vueltas de Argyris y Schön (1978).



Fuente: Adaptado de Peeters & Robinson, 2015

Modelo	Descripción
Reflexivo de Rolfe, Freshwater y Jasper	<p>Cerecero Medina (2019) plantean que el modelo reflexivo planteado por Rolfe, Freshwater y Jasper en 2010 no toma en cuenta ninguna teoría, ya que se centra principalmente en la reflexión de la experiencia. No es necesario ningún tipo de acompañamiento o de alguna persona en especial para que se pueda realizar.</p> <p>La metodología se centra en tres preguntas fundamentales, que se pueden ampliar para obtener una mejor descripción del problema. Las preguntas que se proponen son: ¿qué o cuál? ¿Así que? ¿Ahora qué? —como se muestra en la figura 30—.</p> <p>Se inicia con una pregunta que busca la descripción del evento y la autoconsciencia del mismo. Se puede complementar con otras preguntas como: ¿cuál es el problema? ¿Cuál es mi papel en esta situación? ¿Cuáles fueron las consecuencias? ¿Qué sentimientos se provocaron en mí y en los afectados? ¿Qué fue lo positivo y lo negativo de esta experiencia? ¿Qué podría mejorarse? (Cerecero, 2019).</p> <p>En un segundo momento se busca analizar la situación y evaluar las circunstancias descritas en la primera parte, complementado con preguntas como: ¿Así que esta situación que se ha presentado, qué me dice? ¿Así que en qué basé mis acciones? ¿Así que, qué hubiera pasado si hubiera actuado diferente? etcétera? (Cerecero, 2019).</p> <p>Por último, se realizan preguntas que permitan sintetizar la información para observar los cambios que pueden realizarse ante una situación similar, iniciando con la pregunta ¿ahora qué? Ésta se puede apoyar con preguntas como: ¿Ahora qué necesito hacer para arreglar la situación? ¿Ahora a quién podría solicitar su apoyo? ¿Ahora qué he aprendido de la experiencia? ¿Ahora qué debo evitar en un futuro?, entre otras. (Cerecero, 2019)</p>

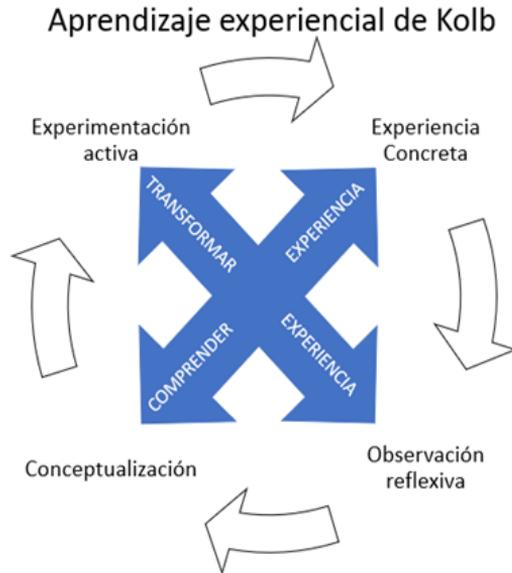
Figura 30. Modelo de Reflexión de Rolfe, Freshwater y Jasper (2010).



Fuente: Adaptado de Adaptado de Cerecero Medina, 2019

Modelo	Descripción
Ciclo de aprendizaje experiencial de Kolb	<p>El presente modelo muestra una perspectiva sobre el aprendizaje, denominado experiencial por dos razones: la primera, porque se encuentra vinculada claramente con sus orígenes intelectuales en el trabajo de Dewey, Lewin y Piaget. La segunda, porque se enfatiza por el papel central que juega la experiencia en el proceso de aprendizaje (Cerecero, 2019; Domingo, 2013).</p> <p>Kolb (2015) plantea que el aprendizaje es el proceso mediante el cual se crea conocimiento por medio de la transformación de la experiencia. Este planteamiento enfatiza que es un proceso de adaptación y aprendizaje, opuesto a las teorías de aprendizaje que se centran en contenidos o resultados. Asimismo, establece que el conocimiento resulta del proceso de transformación, que se crea y recrea continuamente, no como una entidad independiente para ser adquirida o transmitida. Por último, indica que el aprendizaje transforma la experiencia tanto en su forma objetiva como subjetiva (Kolb, 2015). Para este modelo —como se muestra en la figura 31—, las experiencias concretas son base de las observaciones y reflexiones. Estas reflexiones se asimilan y se destilan en conceptos abstractos de los que se pueden extraer nuevas implicaciones para la acción. Estas implicaciones pueden probarse activamente y servir como guías para crear nuevas experiencias. De igual forma, en el modelo se encuentran dos modos dialécticamente relacionados con la experiencia: experiencia concreta y conceptualización abstracta. Son dos modos dialécticamente relacionados de experiencia transformadora: observación reflexiva y experimentación activa (Kolb, 2015). La reflexión en este modelo no es el único determinante del aprendizaje y su desarrollo, se considera como un proceso holístico de aprendizaje a partir de la experiencia, que incluye experimentar, reflexionar, pensar y actuar (Kolb, 2015).</p>

Figura 31. Modelo del Ciclo de Aprendizaje Experiencial de Kolb.



Fuente: Adaptado de (Kolb, 2015)

Modelo	Descripción
Reflexivo de Gibbs	<p>De acuerdo con Cerecero (2018), el profesor Graham Gibbs propone en 1988 un ciclo de reflexión en su libro <i>Aprender haciendo: una guía de métodos de enseñanza y aprendizaje</i>, el cual consta de seis pasos: descripción, sentimientos, evaluación, análisis, conclusión y plan de acción —como se muestran en la figura 32—.</p> <p>Durante el primer paso se describe el evento lo más objetivamente posible, respondiendo a la pregunta: ¿qué sucedió? En el segundo paso, se identifican los sentimientos que se tuvieron durante el evento y los que se tienen posteriormente, por lo que se puede contestar la pregunta: ¿qué sentimientos tienes o tuvieses al respecto? En un tercer paso se realiza una evaluación subjetiva del evento, buscando ¿qué estuvo bien? ¿qué estuvo mal? En el quinto paso se analizan los datos obtenidos en los pasos anteriores y se consultan diversas fuentes con la finalidad de explicar lo sucedido, respondiendo: ¿qué afirmaciones puedes realizar acerca de lo que pasó? Durante el quinto paso se generan conclusiones generales y específicas de las etapas realizadas, respondiendo: ¿qué conclusiones generales puedes obtener de la experiencia? ¿qué conclusiones específicas puedes obtener de tu respuesta individual? En el último paso, se toman decisiones sobre lo que se hará en caso de presentarse un problema similar al experimentado, de manera que los resultados sean positivos y eviten el problema presentado (Cerecero, 2018).</p>

Figura 32. Modelo Reflexivo de Gibbs.



Fuente: Adaptado de Cerecero, 2018

Modelo	Descripción
Teoría del aprendizaje expansivo	<p>Para Engeström (2014), la teoría del aprendizaje expansivo centra su importancia en las comunidades como aprendices, en la transformación y creación de cultura, en el movimiento horizontal y la hibridación, y en la formación de conceptos teóricos. Para este modelo, la idea del aprendizaje expansivo se basa en la distinción teórica entre acción y actividad. Una acción es finita, tiene un comienzo y un final definidos, mientras una actividad colectiva se reproduce sin un punto final predeterminado donde se pueden generar acciones aparentemente similares una y otra vez. El aprendizaje expansivo es el movimiento de las acciones a la actividad (Engeström, 2014).</p> <p>Según la figura 33, la primera acción en el modelo es: preguntar, analizar, modelar y reflexionar aspectos de la práctica. La segunda acción es analizar la situación, la que implica una transformación mental, discursiva o práctica de la situación para descubrir causas o mecanismos explicativos. Este análisis evoca preguntas y principios explicativos: "¿por qué?". La tercera acción es la de modelar la relación explicativa recién encontrada. Esto significa construir un modelo explícito y simplificado de la nueva idea, que explique y ofrezca una solución a la situación problemática.</p> <p>La cuarta acción es examinar el modelo, ejecutarlo, operarlo y experimentarlo para comprender plenamente su dinámica, potencial y limitaciones. La quinta acción es implementar el modelo por medio de aplicaciones prácticas, enriquecimientos y extensiones conceptuales. Las acciones sexta y séptima son las de reflexionar y evaluar el proceso, y consolidar sus resultados en una nueva forma estable de práctica (Engeström, 2014).</p>

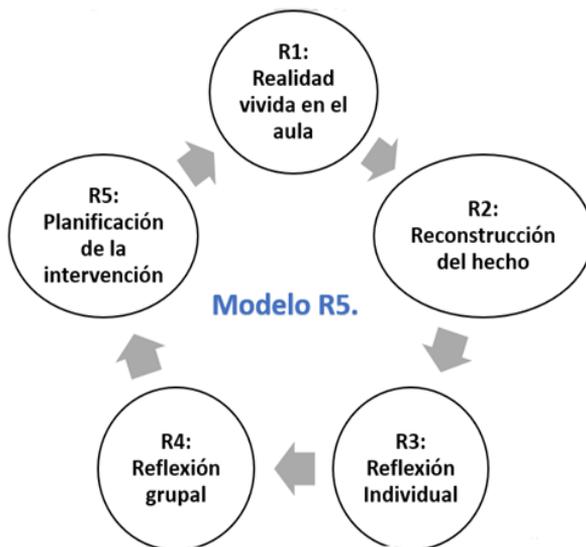
Figura 33. Modelo de la Teoría del Aprendizaje Expansivo.



Fuente: Adaptado de Engeström (2014)

Modelo	Descripción
R4 y R5	<p>Domingo y Gómez (2014) proponen un modelo de práctica reflexiva que consiste en cuatro o cinco fases para mejorar la práctica, a partir de la reflexión individual (modelo R4) o grupal (modelo R5).</p> <p>Domingo (2013) establece que el modelo R5 integra las fases del profesional reflexivo de Schön como primer acercamiento al pensamiento práctico. Asimismo, incorpora la intuición, el pensamiento intuitivo, en la práctica del profesor, el contexto —el aula escolar— como elemento activador del conocimiento en la acción o implícito.</p> <p>Cerecero (2019) establece que las fase del modelo R5 —como se muestran en la figura 34— son:</p> <p>R1. Elección de una experiencia que se desea analizar, sin importar si su resultado fue de éxito o fracaso.</p> <p>R2. Describe lo sucedido a detalle de forma escrita, de manera que se reconstruya la experiencia.</p> <p>R3. Reflexión individual autorregulada. Se parte del conocimiento de lo sucedido y del conocimiento previo o formativo del profesional; se analiza la reflexión durante la acción y se reflexiona sobre esa reflexión durante la acción, con el propósito de mejorar en caso de que se volviera a presentar la intervención descrita.</p> <p>R4. La cuarta fase se considera opcional: se procede a una reflexión compartida o grupal, con otras personas involucradas o con la teoría existente, de manera que se pueda comparar y contrastar la información obtenida, a modo de retroalimentación.</p> <p>R5. La última fase consiste en planificar lo que se hará con el fin de mejorar la práctica, tomando en cuenta lo aprendido de la situación sobre la que se reflexionó, lo que se desea modificar o conservar de la misma, los conocimientos teóricos relacionados y los vacíos intelectuales detectados.</p>

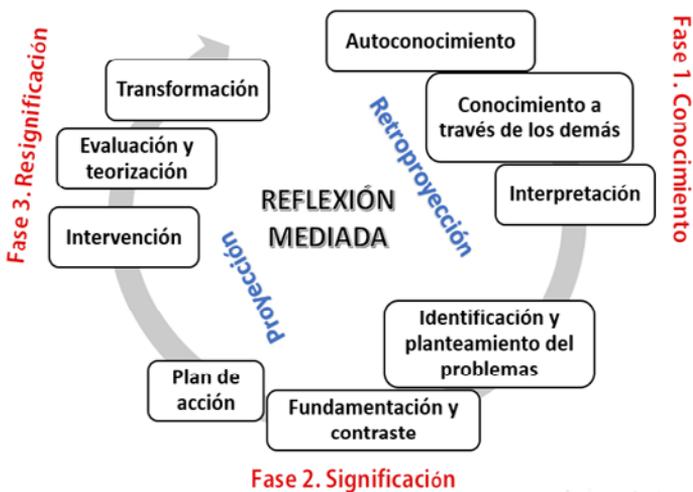
Figura 34. Modelo R4 y R5 de Domingo y Gómez.



Fuente: Adaptado de Cerecero, 2019

Modelo	Descripción
Práctica reflexiva mediada	<p>De acuerdo con Cerecero (2018), el modelo de práctica reflexiva mediana se centra sobre la praxis profesional y el autoconocimiento. Toma en cuenta el acompañamiento de otros docentes, la participación de alumnos y la consulta de aportaciones teóricas. Este modelo ha sido dividido en tres fases — como se muestra en la figura 35—:</p> <p>La primera fase es el conocimiento del profesor y su práctica, la cual se divide en tres ciclos: autoconocimiento, conocimiento a través de los demás e interpretación. Esta fase busca el conocimiento del profesor y de su práctica por medio de la introspección, la consideración y la verbalización (Cerecero, 2018).</p> <p>La segunda fase se orienta hacia la significación de la práctica y se divide en tres ciclos: la identificación de un problema, su fundamentación y contraste, y el plan de acción. A cada uno les corresponde una de las siguientes categorías: descripción, análisis y síntesis.</p> <p>La tercera fase corresponde a la resignificación del propio docente y de su práctica. Los ciclos que abarca son la intervención a partir del plan diseñado, la evaluación de la intervención, la teorización de lo aprendido y la transformación.</p>

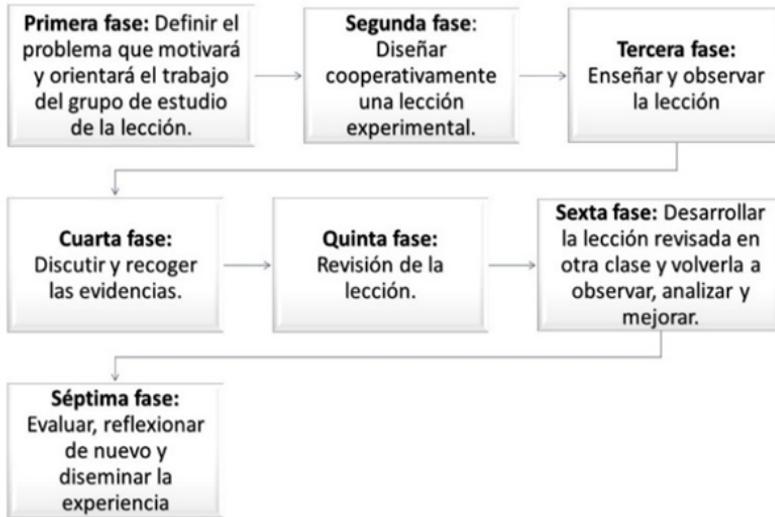
Figura 35. Modelo de Práctica Reflexiva Mediada.



Fuente: Adaptado de Cerecero, 2018

Modelo	Descripción
Lesson Study	<p>El modelo de Lesson Study ha sido utilizado por profesores japoneses como un proceso de desarrollo profesional docente, para mejorar su práctica educativa. Se centra en el análisis colaborativo de sus prácticas de enseñanza por medio de un diseño denominado estudio de una lección. (Cheung & Wing, 2014). Con este modelo, los profesores diseñan, enseñan, observan y analizan críticamente sus prácticas de enseñanza y el efecto que tienen en el aprendizaje de los niños y niñas.</p> <p>De esta forma, Lesson Study es el trabajo de investigación que desarrolla un grupo de profesores, que se reúnen regularmente durante un largo periodo de tiempo para diseñar, experimentar y analizar el desarrollo de una lección (Elliott, 2015). Ésta se divide en siete fase, como se muestran en la figura 36:</p> <p>Primera fase: definir el problema que motivará y orientará el trabajo del grupo de estudio de la lección.</p> <p>Segunda fase: diseñar cooperativamente una lección experimental.</p> <p>Tercera fase: enseñar y observar la lección.</p> <p>Cuarta fase: discutir y recoger las evidencias.</p> <p>Quinta fase: revisión de la lección.</p> <p>Sexta fase: desarrollar la lección revisada en otra clase y volverla a observar, analizar y mejorar.</p> <p>Séptima fase: evaluar, reflexionar de nuevo y diseminar la experiencia (Encarna & Pérez, 2015).</p>

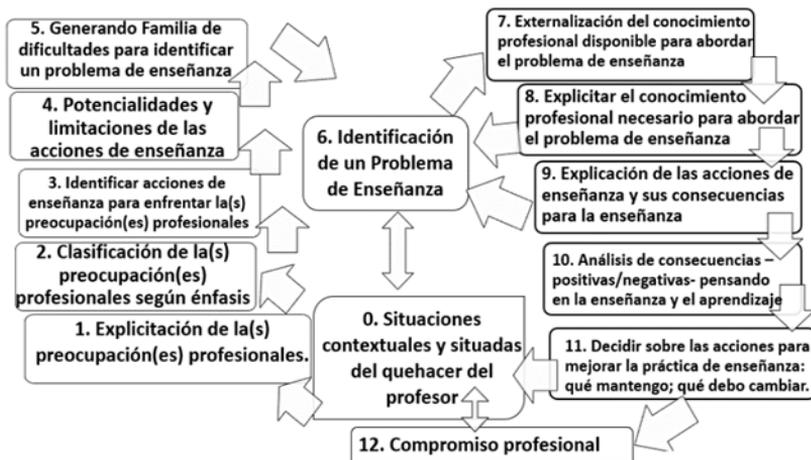
Figura 36. Modelo de Lesson Study.



Fuente: Adaptado de Encarna & Pérez, 2015

Modelo	Descripción
RINDE con-ciencia	<p>El modelo RINDE con-ciencia, propuesto por Ravanal-Moreno (2017); Ravanal, Valbuena, & Amórtegui (2018), adopta una perspectiva de investigación-acción, que reconoce al profesor para cuestionar, analizar, proponer, compartir ideas, experiencias y conocimientos dentro de su comunidad.</p> <p>Este modelo se aborda desde dos marcos teóricos: el modelo intercomunicado de Clarke y Hollinsworth (2002, citado por Ravanal et al., 2018) y los aportes de la visión profesional. Ambos están basados en la ciencia cognitiva y en la forma en que el profesor puede desarrollar su conocimiento profesional individual y colectivamente, desde la reflexión sobre su acción.</p> <p>Reconoce cuatro espacios de desarrollo profesional: las preocupaciones profesionales, las dificultades en la enseñanza y el aprendizaje, los problemas de aprendizaje y formalización del conocimiento práctico (Ravanal et al., 2018), que se desarrollan en 12 etapas —como se muestran en la figura 37—.(Ravanal-Moreno, 2017).</p>

Figura 37. Modelo RINDE con-ciencia.



Fuente: Adaptado de Ravanal, Valbuena, & Amórtegui, 2018

Fuente: elaboración propia a partir de Elliott, 1998, 2015; Engeström, 2014; Kolb, 2015; Peeters & Robinson, 2015; Cerecero, 2018; Eugenia & Medina, 2019

La tabla 6 muestra que, en términos generales, la práctica reflexiva se caracteriza por la observación, la descripción y la reflexión de las acciones del profesor en un proceso de enseñanza, como los modelos investigación-acción en espiral; de aprendizaje de una o doble vuelta; el modelo reflexivo de Rolfe, Freshwater y Jasper o Modelo RINDE conciencia. La mayoría de los modelos inician por localizar un problema o situación que se requiere resolver, otros se enfocan en contrastar las acciones del aula con fundamentos teóricos, que permitan evaluar las acciones como el modelo del ciclo de aprendizaje experiencial de Kolb o la reflexión mediada. De igual forma, todos los modelos son cíclicos, en forma de espiral o bucle, y buscan que los profesores desarrollen una práctica reflexiva que les permita decidir conscientemente sobre una acción futura, desde un proceso de planeación puesto en marcha y la evaluación del proceso de enseñanza (Cerecero, 2019).

Algunos autores críticos de la práctica reflexiva establecen que, aunque los profesores pueden recopilar y reflexionan sobre los datos, este proceso muchas veces no produce conocimientos pedagógicos y didácticos de mayor profundidad. Algunos de ellos se pueden convertir en procesos operativos y superficiales, donde muchos los profesores eligen lo que consideran importante para su proceso de reflexión (Cerecero, 2019). En general, sostienen que aprender de la experiencia es identificar alguna cosa que no funciona, por lo cual se intenta algo más hasta que finalmente se encuentra algo que funcione. Es una especie de prueba y error reflexivo (Mann, 2016).

Por otro lado, autores —como Schön— que han trabajado sobre la práctica reflexiva y defienden el desarrollo de los diferentes modelos plantean que, con la investigación acción, se han establecido nuevas formas de ver el mundo desde la práctica reflexiva. Así, la reflexión es mucho más que simplemente “mirar hacia atrás una experiencia” o pensar como un recuerdo los acontecimientos vividos en la práctica (Russell & Martin, 2017).

Asimismo, Russell & Martin (2017) plantean que la práctica reflexiva se ha centrado en que los profesores desarrollen habilidades para observar, en diferentes perspectivas, las situaciones a las que se ve enfrentado por medio de la reflexión. Ésta se asume como un aspecto especializado del desarrollo profesional del profesor, ya que cada uno va creando nuevas oportunidades para reconocer, comprender y presentar mejor el conocimiento tácito que se usa en la enseñanza; en particular, ofreciendo nuevas ideas sobre el razonamiento pedagógico, porque la enseñanza es mucho más que simplemente el “acto de hacer”.

Asimismo, en la tabla 6 se evidencia que los modelos que permiten una práctica reflexiva han estado en constante evolución y han incorporado nuevos referentes teóricos y estrategias para la reflexión. Pero, una de las ideas que se están vinculando a la práctica reflexiva es que este proceso puede ocurrir y ocurre cuando los docentes trabajan juntos. Como señala Warwick (2007, citado por Ruffinelli, 2017), existe un argumento poderoso para considerar a la reflexión como un proceso socialmente mediado, en el que las interacciones con otros crean oportunidades para una discusión abierta e impulsan el desarrollo de entendimientos compartidos y una mayor conciencia. Una práctica reflexiva desarrollada por comunidades de profesores, de menor o

mayor experiencia, aumenta las posibilidades de un mayor desarrollo profesional.

Así, la práctica reflexiva se ha convertido en un elemento esencial para la pedagogía y la formación inicial del profesorado, especialmente en la formación en servicio, al trabajar dentro del proceso de la enseñanza y el aprendizaje. Las mismas experiencias de aprender a enseñar ofrecen un contexto en el que la reflexión permite al profesor desarrollarse como un profesional de la educación, cada día más (Russell & Martin, 2017).

De igual forma, se puede establecer que en ninguno de los modelos consultados proponen ciclos de reflexión sobre la naturaleza de la ciencia o saber qué se enseña, pues la mayoría no se centran en las características propias de la enseñanza, sino en las acciones que realiza el profesor en el aula. Por lo tanto, esta investigación se busca analizar y comprender las relaciones que pueden tener la práctica reflexiva con la NdC que enseñan los profesores.

Niveles de reflexión del profesor

Diferentes autores que han desarrollado diversos modelos sobre la práctica reflexiva, también se han establecido que los profesores en sus procesos de sistematización de sus experiencias de enseñanza, se identifican diferentes niveles de complejidad, los cuales permiten diversas categorías o niveles de reflexión sobre la práctica reflexiva. A continuación se describen, algunos niveles de reflexión encontrados en la literatura.

De acuerdo con Rodrigues (2013) Van Manen en 1977, distingue tres niveles durante un proceso reflexivo de profesores sobre práctica. cada uno de estos niveles se caracteriza por medio de diferentes paradigmas como lo son el empírico-analítico, hermenéutico-fenomenológico y crítico, respectivamente. La tabla 7, describe cada uno de los niveles y sus principales características.

Tabla 7 – Niveles de Reflexión propuestos por Van Manen (1977) -

Nivel	Descripción
Técnico	El profesor aplica eficazmente el conocimiento, las teorías y las técnicas educativas. Pero en la toma de decisiones no considera los contextos del aula, de la escuela, de la comunidad o sociedad.
Práctico	La acción del docente está centrada en el análisis de los comportamientos y en el cumplimiento de los objetivos. No evalúa las consecuencias educativas de las decisiones y prácticas. Analiza y trata de clarificar las experiencias individuales y culturales, las creencias, los juicios, los significados, con el propósito de orientar la práctica.
Crítico	El docente hace un análisis crítico de las instituciones, tomando en cuenta criterios morales y éticos en la reflexión sobre la acción educativa, y sobre el valor social del conocimiento desde una mirada autocrítica.

Fuente: Rodríguez (2013)

Por otro lado, Lamas & Vargas-D'Uniam (2016) establecen que Smyth (1989), propone un modelo de reflexión, en el cual busca reconocer las características del desarrollo gradual de un proceso reflexivo de estudiantes, el cual es vinculado a un análisis y comprensión de las complejidades de la práctica reflexiva y reconoce y enfatiza la presencia del entorno social, económico y político de la práctica. Este modelo, propone cuatros niveles: Descripción, Informe, Confrontación y Reconstrucción, que en un comienzo se conciben como un procesos lineal y por etapas, las cuales se describen en la tabla 8.

Tabla 8 – Niveles de reflexión propuestos por Smyth (1989)

Nivel	Descripción
Descripción	Hace relatos sobre sus creencias, su enseñanza, las decisiones que toma, sus dudas. Narra situaciones vividas en el proceso de enseñanza y aprendizaje, y los problemas enfrentados.
Informe	Hace un examen o análisis de la cuestión o problema desde múltiples perspectivas, identificando las "teorías en uso" (Schön D., 1998).
Confrontación	Hace un examen o análisis de los supuestos y teorías relacionados con el tema o problema, a través de cuestionamientos, contrastando su práctica con sus teorías, creencias y valores sobre la enseñanza. Al intentar dar respuestas a estas interrogantes, puede tomar conciencia de las causas de sus acciones.
Reconstrucción	Hace un examen de las alternativas y puntos de vista de las acciones futuras en relación con el problema o situación analizada, y los posibles cambios.

Fuente: Lamas & Vargas-D'Uniam (2016)

Por su parte, Jay y Johnson (2002), a partir de las contribuciones de Van Manen (1977), Schön (1998), entre otros, propone un modelo inicial con tres niveles de reflexión: Descriptivo, comparativo y crítico. Este modelo busca orientar los procesos de enseñanza de la práctica reflexiva para profesores en formación, como una forma de aprender esta habilidad. La tabla 9 muestra las principales características de este modelo y las preguntas orientadoras en cada nivel.

Tabla 9 – Niveles de reflexión a partir de las contribuciones de Van Manen (1977), Schön (1998) y propuesto por Jay y Johnson (2002) -

Nivel	Descripción	Preguntas orientadoras
Descriptivo	Se enfoca en las funciones de enseñanza y en las habilidades docentes, analizando las situaciones de manera aislada. Describe la práctica de enseñanza	¿Qué está pasando? ¿Funciona esto y para quién? ¿Para quién no está funcionando? ¿Cómo puedo saber? Como me siento ¿De qué estoy satisfecho y / o preocupado? ¿Qué no entiendo? ¿Se relaciona esto con alguno de mis objetivos establecidos y en qué medida se están cumpliendo?

Nivel	Descripción	Preguntas orientadoras
Comparativo	Se consideran las teorías y los fundamentos de su práctica. Replantee su práctica de enseñanza a la luz de puntos de vista alternativos, perspectivas de otros, investigación, etc.	¿Cuáles son las opiniones alternativas de lo que está sucediendo? ¿Cómo otras personas que están directa o indirectamente involucradas describen y explican lo que está sucediendo? ¿Qué aporta la investigación a la comprensión de este asunto? ¿Cómo puedo mejorar lo que no funciona? Si hay un objetivo, ¿cuáles son algunas otras formas de lograrlo? ¿Cómo logran otras personas este objetivo? Para cada perspectiva y alternativa, ¿a quién se sirve y quién no?
Crítico	Se examinan las consecuencias éticas, políticas y sociales de su enseñanza, tomando en cuenta una perspectiva más amplia del quehacer educativo. Habiendo considerado las implicaciones de su práctica de enseñanza, establece una perspectiva renovada	¿Cuáles son las implicaciones del asunto cuando se ve desde estas perspectivas alternativas? Dadas estas diversas alternativas, sus implicaciones y mi propia moral y ética, ¿cuál es el mejor para este asunto en particular? ¿Cuál es el significado más profundo de lo que está sucediendo, en términos de propósitos públicos democráticos de la educación? ¿Qué revela este asunto sobre la dimensión moral y política de la escolarización? ¿Cómo este proceso reflexivo informa y renueva mi perspectiva?

Fuente: Jay y Johnson (2002)

Larrivee (2008), por medio de sus investigaciones, modifica su escala inicial de tres niveles de reflexión, incluyendo un nivel denominado pre reflexión, en el cual, los profesores reaccionan de forma inconsciente y por lo general los problemas del aula está fuera de él.

Asi mismo, para Larrivee (2008) la práctica reflexiva hace referencia al desempeño que puede tener el profesor en su práctica de enseñanza, producto de un proceso reflexivo, que le permiten tomar decisiones diariamente, de forma consciente y solucionar problemas de su práctica de forma profesional, por lo tanto, el mejor antídoto para que los profesores tomen el control su profesión es que ellos desarrollen el hábito de participar en una reflexión sistemática sobre su práctica de enseñanza. De esta forma, Larrivee (2008), basado en las anteriores propuestas, propone el modelo de la práctica reflexiva con cuatro niveles, los cuales son descritos en la tabla 10.

Tabla 10 – Niveles de reflexión de Larrivee (2008)

Nivel	Descripción
Pre reflexión	Reacción ante las situaciones del aula de forma automática y rutinaria, sin un análisis previo, atribuyéndose la responsabilidad de los problemas a los estudiantes o a otros. Sus creencias y posiciones acerca de las prácticas de enseñanza son generalizadas y no se apoyan en la experiencia, la teoría o la investigación. No adapta su enseñanza a las necesidades de los estudiantes.
Reflexión superficial	Las creencias y posiciones acerca de las prácticas de enseñanza son compatibles con la evidencia de la experiencia, pero no se toman en cuenta las teorías pedagógicas. Se centra en las estrategias y los métodos utilizados para alcanzar objetivos predeterminados. Reconoce la importancia de tomar en cuenta las necesidades de los estudiantes.
Reflexión pedagógica	Implica un alto nivel de reflexión sobre las metas educativas, basado en un marco conceptual pedagógico y en la aplicación de conocimientos didácticos o investigaciones educativas, así como en las teorías que subyacen a los enfoques pedagógicos, y las conexiones entre dichos principios y la práctica en el aula. Analiza el impacto de las prácticas de enseñanza en el aprendizaje de los estudiantes y la forma de mejorar las actividades de aprendizaje. El docente tiene como objetivos la mejora continua de la práctica y lograr el aprendizaje de todos los estudiantes.
Reflexión crítica	Se refiere a la reflexión sobre las implicaciones de las realidades sociales y políticas, así como de la moral y la ética, y las consecuencias de las prácticas en el aula; centrando su atención en el contexto y en las condiciones en las que se desarrollan. Se evidencia la actividad investigativa y la reflexión crítica de las acciones de enseñanza y sus consecuencias, así como sobre los procesos de pensamiento.

Fuente: Larrivee (2008)

Podemos identificar en los anteriores modelos que existe un elemento común, en el cual, el nivel de reflexión básico se caracteriza por que el profesor realice una descripción general de los hechos. Así sí mismo, está basadas en las propias experiencias del sujeto, para luego avanzar a una confrontación con supuestos teóricos que pueden ser pedagógicos. Finalmente alcanza una reflexión que implica la evaluación de aspectos éticos y del impacto social del quehacer docente en un sentido transformador. Es importante aclarar que en los últimos modelos, los niveles no son lineales y pueden ocurrir en diferentes momentos y situaciones, pero sí permiten comprender la forma de su práctica de enseñanza.

A continuación, se muestra la propuesta de niveles de reflexión tenidos en cuenta en la presente investigación, los cuales se basan en los modelos descritos anteriormente, pero que se reorganizan y ajustan de acuerdo a los intereses investigativos.

Tabla 11 – Niveles de reflexión propuestos

Nivel	Descripción
Reflexión crítica	Esta reflexión sostiene que se investiga con el fin de transformar la práctica, interpelando a las condiciones sociales de la experiencia docente; concibiéndola –al igual que las dos tradiciones anteriores– como una herramienta al servicio del mejoramiento de la práctica, pero desde un abordaje social y contextual que enfatiza en la transformación (Jay & Johnson, 2002)
Reflexión pedagógica	De acuerdo con los postulados de Schön (2010), la práctica reflexiva alude a un saber que se construye a partir de la experiencia, mediada por una reflexión en y sobre la acción; un saber que genera nuevo conocimiento práctico capaz de modificar el repertorio del docente, de crear aprendizaje profesional y mejorar, con ello, la práctica. (Larrivee, 2008)
Reflexiva comparativa	Esta reconoce un saber reflexivo de base experiencial –a partir de la reflexión acerca de la propia experiencia de práctica docente– que es informado por las teorías existentes. (Larrivee, 2008)
Reflexión descriptiva	Se concibe desde la experiencia descriptiva, donde las narraciones de los profesores son de tipo anecdótico. Las preguntas que orientan este tipo de reflexión son: ¿Qué está sucediendo? ¿Qué no está funcionando? ¿Cómo lo sé? ¿Cómo me siento? ¿Qué es lo que no entiendo de esta situación? ¿Con qué objetivo se relaciona esta situación? (Jay y Johnson; 2002)

Fuente: Elaboración propia

Ruta metodológica



En el presente capítulo se aborda la metodología del objeto de estudio. También se exponen y justifican las decisiones metodológicas que permitieron la construcción de nuevas interpretaciones a partir de posturas teóricas y metodológicas para mostrar el conocimiento de esta investigación.

Por lo tanto, este apartado inicia con la descripción de las bases teóricas de la metodología de la investigación propuesta por Tójar (2006) y

Hernández et al. (2006); seguido del diseño de la investigación en el marco de estudio de caso colectivo (Paramo, 2013; Stake, 1999; Tójar H, 2006; Yin et al., 2003); por último, del proceso de análisis de la información por medio del análisis textual discursivo (Moraes & Galiazzi, 2006; Ramos et al., 2015).

La metodología de la investigación se instauro como un proceso formal, sistemático, racional e intencionado para realizar un análisis. Es posible revelar nuevos hechos o datos en cualquier campo del conocimiento en un momento histórico específico (Espinoza & Toscano, 2015), por medio de un procedimiento reflexivo, controlado y crítico.

Así, la metodología constituye el eje central en el desarrollo de esta tesis doctoral, que busca comprender la realidad de los procesos de formación en servicio de los profesores de ciencias sobre la Naturaleza de la Ciencia que enseñan en contextos particulares por medio de la práctica reflexiva, más allá de las acciones de los participantes del proceso investigativo.

Bravin & Pievi (2008) establecen que en este tipo de investigación no se trata de hallar la regularidad de los hechos externos que se imponen a los sujetos, sino de comprender el sentido de las prácticas sociales desarrolladas por los profesores de ciencias durante los procesos de formación en servicio; además de entender el significado atribuido a la naturaleza de la ciencia que se desarrolla en cada uno de los contextos educativos.

La investigación cualitativa en el sistema de formación de los profesores genera un proceso continuo de construcción de conocimiento. Este último no sólo contribuye a su profesionalización, sino que constituye una base sobre prácticas y producción del saber con la que se busca interpretar la enseñanza de las ciencias desde el enfoque de familia por semejanza.

De acuerdo con Tójar (2006), la metodología de investigación es la ruta desarrollada para alcanzar los objetivos y respuestas a la pregunta de investigación. Es flexible y no recorre necesariamente un camino lineal, ya que cada una de sus etapas contienen características definidas por los marcos metodológicos de diseño, alcances y técnicas de investigación cualitativa adoptados por el trabajo.

En el presente trabajo se identifican y establecen cuatro momentos dentro de la metodología de la investigación cualitativa (Tójar, 2006): formulación, diseño, gestión y cierre. Es importante tener presente que cada uno de estos momentos no ocurre de forma lineal en el tiempo, sino que es recurrente. Tampoco suceden por separado, ya que las acciones que se realizan en cada fase se mezclan y entremezclan para formular y reformular la investigación durante todo el proceso (figura 38).

Figura 38. Momentos metodológicos de la investigación.



Fuente: Elaboración propia adaptado de (Tójar, 2006)

A continuación, se describen las principales características de cada uno de los momentos de la investigación, la forma cómo se desarrollaron y sus distintas relaciones.

Formulación

El punto de partida de esta investigación obedece no sólo a los criterios de pertinencia y relevancia —que se abordan en los primeros capítulos—, sino también a experiencias, ideas y opiniones sobre el problema a estudiar (Hernández et al., 2006). Todas son producto del conocimiento práctico como docente de ciencias naturales en

instituciones de educación secundaria, y del trabajo colaborativo entre compañeros. A partir de las reflexiones y cuestionamientos surge la idea de investigar sobre cómo los profesores, en particular los de ciencias, desarrollan procesos de formación en servicio relacionados con la naturaleza de la enseñanza.

A partir de este punto inició la revisión bibliográfica de cada uno de los temas abordados —desarrollo profesional del profesor de ciencias, naturaleza de la ciencia, práctica reflexiva— en diversas fuentes primarias — tesis doctorales, artículos de revistas científicas y libros especializados—, al igual que en fuentes secundarias —artículos de revistas no indexadas, congresos y encuentros pedagógicos— (Penalva et al., 2015). El objetivo era reconocer los avances teóricos e investigativos. La búsqueda se realizó en diferentes bases de datos, entre las que se destacan Redalyc, Dialnet, ERIC, Scopus y Scielo.

Con este mapeo bibliográfico se buscó establecer conceptos claves que no se habían considerado y desarrollar ideas con respecto a los métodos de recolección de datos y análisis de información llevados a cabo en diferentes investigaciones. También se tuvo presente las dificultades que otros identificaron, al igual que se estudiaron diferentes maneras de pensar y abordar el planteamiento del problema (Hernández et al., 2006).

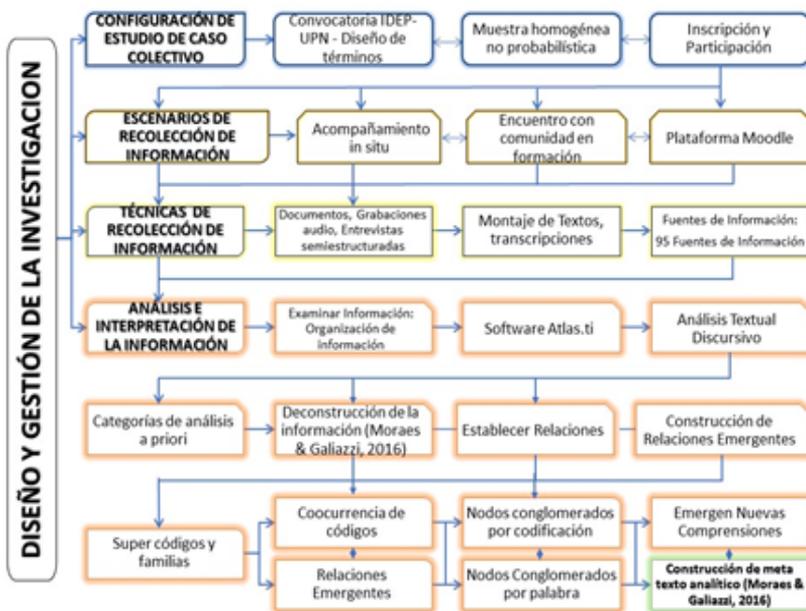
Inicialmente, la formulación se sistematizó y socializó en la publicación del artículo “Elementos constitutivos de CTSA para la formación continua de docentes del distrito” (Carreño, 2014) en un capítulo de libro *Conocimiento profesional docente desde la naturaleza de la ciencia, la tecnología y el ambiente en docentes de secundaria* (Tuay et al., 2015) y en el proyecto de investigación (Carreño, 2017), en el que se delimitó y se hizo un planteamiento tentativo del problema de investigación.

Estos procesos no terminan en el momento de formulación. Al contrario, los abordajes teóricos — desde las consultas bibliografías hasta la delimitación y el planteamiento tentativo del problema de investigación— continúan desarrollándose a lo largo de las otras etapas de la investigación. Por esto, precisamente, están determinados por las experiencias de los participantes en torno a la práctica reflexiva (Hernández et al., 2006), que se va configurando según los diversos contextos formativos de los profesores de ciencias.

Diseño y Gestión

Las fases de diseño y gestión de la investigación no son mutuamente excluyentes, se solapan en la medida que se establecen los escenarios u objeto de estudio, y las actividades y tareas que ocurren antes, durante y después del trabajo de campo (Tójar, 2006). De esta forma, en la presente investigación se instituyen cuatro escenarios, a saber: 1). Configuración de estudio de caso; 2). Escenarios de recolección de información; 3). Instrumentos de recolección de información; 4). Análisis de datos. A continuación, la figura 39 representa cada uno de estos escenarios con sus respectivos componentes y relaciones:

Figura 39. Componentes y relaciones en el diseño y gestión de la investigación.



Fuente: Elaboración propia.

El diseño en la investigación cualitativa está sujeta a las circunstancias particulares de cada ambiente o escenario donde se desarrolla el trabajo y a la ruta metodológica construida a lo largo de la investigación.

Hernández et al (2006) plantea que, en el enfoque cualitativo, el diseño corresponde al “abordaje” general que permite centrar el fenómeno de interés durante el proceso de investigación. Este surge inicialmente en la fase de formulación, se desarrolla en el trabajo de campo y se va ajustando a lo largo de todo el proceso.

La selección del diseño en la investigación cualitativa está relacionada con la forma cómo se pretende abordar la investigación, a qué colectivo se dirige o está enfocada y la manera en qué se pretende construir el conocimiento acerca de la realidad humana objeto de estudio (Tójar, 2006). A continuación, se realiza una descripción de cada uno de los componentes desarrollados en estas fases y la forma en que estas se configuran.

Configuración del estudio de caso

La presente investigación busca establecer las condiciones y relaciones existentes entre las reflexiones de los profesores de ciencias sobre la naturaleza de la ciencia, la misma que se enseña en los contextos de formación en servicio. Por lo cual, el diseño más pertinente es el estudio de caso. Stake (1999) y Yin et al (2003) plantean el estudio de caso como una indagación empírica que investiga un fenómeno contemporáneo dentro de su contexto real de existencia, estudiando la particularidad y la complejidad de un caso singular para llegar a comprender su actividad en circunstancias importantes. El caso es un sistema integrado.

Los casos de estudio de interés en la educación se refieren a personas, programas, individuos, organizaciones, procesos, instituciones o eventos que se asemejan en cierta forma unos a otros y, de cierto modo, son únicos (Yin et al., 2003, p. 12). En esta investigación, el estudio de caso está constituido por los profesores de ciencias naturales, quienes se encuentran en un proceso de formación en servicio y de reflexión sobre la naturaleza de la ciencia que enseñan. Asimismo, centra su interés en investigar las divergencias y convergencias entre los diferentes participantes del proceso de formación en servicio que se denomina estudio de caso colectivo o multicaso, según Tójar, (2006).

Hernández et al. (2006) establecen que el caso se estructura como un vehículo para comprender un problema o las condiciones que lo afectan, no sólo al caso estudiado sino también a otros. Por lo tanto, el estudio

de caso colectivo utiliza varios sucesos con el fin de hacer un mejor análisis y, consecuentemente, una mejor comprensión y teorización del problema que se investiga.

Es importante tener en cuenta que esta investigación no busca producir explicaciones causales dentro del caso colectivo, sino establecer las condiciones y relaciones que existen entre las reflexiones de los profesores sobre la naturaleza de la ciencia que se enseña; las prácticas que desarrollan los sujetos en los contextos de formación en servicio; los puntos de vista o actitudes que cambian o se mantienen durante las prácticas reflexivas; los procesos que se desarrollan; y los efectos que se dan o las tendencias que se despliegan. También reconocer si existen o no relaciones entre ellas y cómo son esas relaciones en intensidad y dirección, pero no en términos de causa-efecto (Bravin & Pievi, 2009). De esta manera, se identifican tres componentes que permiten configurar el estudio de caso colectivo:

Convocatoria IDEP- UPN

En un primer momento del diseño de la investigación, se buscó establecer qué tipo de caso interesaba —profesores, programas, organización, proceso o institución— y dónde podría encontrarse. No resulta sencillo identificar, diferenciar o delimitar procesos de formación en servicio que centren su atención en la reflexión de la naturaleza de la ciencia que se enseña, dado que estos procesos se plantean como un subsistema a través de un conjunto de planes, programas y servicios. Estos últimos generalmente no son formales y están determinados por las características y necesidades contextuales —local y regional— de cada profesor (Ministerio de Educación Nacional de Colombia, 2013).

Así que, para poder establecer el estudio de caso colectivo de la presente investigación, se buscó entre las instituciones educativas de la ciudad de Bogotá a aquellas que brindaran programas o servicios de formación en servicio para profesores sobre la naturaleza de la ciencia. Por lo tanto, se identificó al Instituto para la Investigación Educativa y el Desarrollo Pedagógico (IDEP), que desde hace 25 años ha llevado a cabo actividades orientadas a la cualificación de maestros de la educación básica como profesionales e intelectuales de la pedagogía. Asimismo, ha promovido la formación docente implícita en el ejercicio investigativo y el mejoramiento de sus prácticas pedagógicas como resultado de una

acción reflexionada y estimulada por el IDEP, desde convocatorias para investigación en el aula, innovación pedagógica, y sistematización de experiencias realizadas por los mismos maestros y maestras (Anexo 2). Cuando se buscó establecer el estudio de caso colectivo, el IDEP no estaba desarrollando acompañamientos o convocatorias dirigidas a los profesores de ciencias que sistematizaran experiencias o investigaciones sobre la naturaleza de la ciencia. Por lo tanto, se llevaron a cabo conversaciones entre el IDEP y el grupo de investigación EduCADiverso de la Universidad Pedagógica Nacional para realizar una convocatoria centrada en la sistematización de experiencias de profesores en este sentido.

En el marco de las acciones de cooperación existentes entre las dos instituciones, en el primer semestre de 2015 se configuró la convocatoria “El profesor de ciencias como sujeto conocimiento. Reflexionemos y sistematicemos nuestras prácticas, con tres líneas de trabajo² : Línea 1: Enseñanza de la alimentación y la nutrición humana; Línea 2: Educación ambiental; Línea 3: Naturaleza de las Ciencias. La línea 3 se dirigió a los profesores de ciencias naturales vinculados a colegios públicos de Bogotá que desearan sistematizar experiencias de aula o institucionales —en inicio o en desarrollo— relacionadas con la naturaleza de las ciencias. Asimismo, se brindaron apoyos y beneficios para los profesores participantes y su acompañamiento académico, y así contribuir a la reflexión de su práctica. Se destaca la participación en el VIII Encuentro Nacional de Experiencias en Enseñanza de la Biología y la Educación Ambiental y la divulgación de la experiencia en una revista especializada —sujeta a comité científico—. Para la convocatoria, la sistematización de experiencias se consideró como un proceso histórico y complejo en el que intervinieron diferentes actores. Se realizó en un contexto económico-social determinado y en un momento institucional del cual formaban parte los profesores (Jara, 2012).

De este modo, la convocatoria buscó acompañar la sistematización de diferentes propuestas relacionadas con la naturaleza de la ciencia como un ejercicio de abstracción a partir de o desde la práctica; realizando un análisis crítico que aportara a otros para describir o explicar mejor

2 Para mayor información acerca de la convocatoria realizada se puede consultar la página web: <http://www.idep.edu.co/?q=content/convocatoria-el-profesor-de-ciencias-como-sujeto-de-conocimiento-reflexionemos-y>

sus ideas. Además, para permitirles ver otros puntos de vista, descubrir experiencias comunes y para aprender del otro sin el temor a ser juzgado (Jara, 2012).

Muestra homogénea no probabilística

La convocatoria realizada por el IDE-UPN se divulgó en la página web de IDEP entre el 10 y el 24 de marzo de 2015, lo que permitió establecer un estudio de caso colectivo con una muestra homogénea no probabilística (Paramo, 2011) de once profesores de ciencias naturales de colegios públicos de Bogotá. Los miembros de la línea 3-Naturaleza de la Ciencia tienen rasgos similares, cuentan con experiencia de trabajo en la educación oficial, son profesores de ciencias naturales que reflexionan sobre su práctica pedagógica y participan voluntariamente en procesos de formación en servicio. La convocatoria también permitió conocer la diversidad de particularidades y cualidades únicas de los profesores dentro del proceso de formación en servicio (Hernández et al., 2006).

A continuación, se realiza una descripción de la formación profesional de pregrado y posgrado, género y experiencia profesional de los profesores que participan de la convocatoria en la línea 3-Naturaleza de la ciencia.

Formación profesional de la muestra no probabilística

Las principales características de formación profesional de la muestra no probabilística se establecen por los estudios de nivel de pregrado y posgrado, descritos en la tabla 12 y en las figuras 40 y 41:

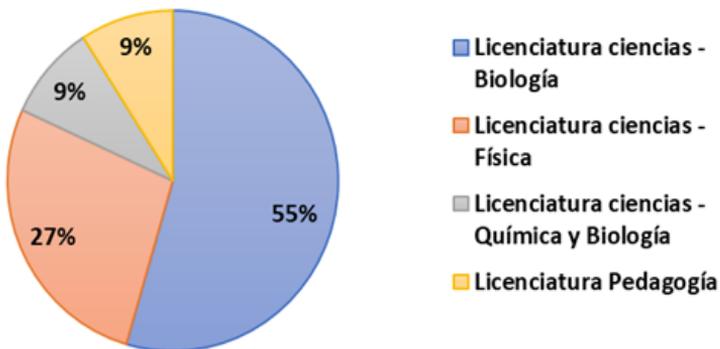
Tabla 12. Formación de pregrado de los docentes participantes.

Formación profesional Pregrado	Número de participantes		Formación profesional Posgrado	Número de participantes	
Licenciatura ciencias Biología	6	55%	Especialización Pedagogía	1	9%
Licenciatura ciencias Física	3	27%	Estudiante doctorado Educación	1	9%
Licenciatura ciencias Química y Biología	1	9%	Maestría Ciencias	3	27%
Licenciatura Pedagogía	1	9%	Maestría Educación	5	46%
			No aplica	1	9%

Fuente: Elaboración propia.

Figura 40. Gráfico de porcentaje de formación de pregrado.

Formación Profesional -Pregrado



Fuente: elaboración propia.

Figura 41. Gráfico de porcentaje de formación de posgrado.



Fuente: elaboración propia.

Con respecto a la formación profesional de pregrado de los participantes, se resalta que todos los profesores realizaron una licenciatura, fueron formados en programas académicos para ser profesores. De igual forma, se estableció que 54% de los profesores realizó sus estudios en una licenciatura de Biología; el 27%, en una licenciatura en Física; el 9%, en Química y Biología. Asimismo, se presentó un profesor de licenciatura en pedagogía, representando un 9 %. Referente a la formación posgradual, se destaca que el 91 % de los profesores ha realizado algún estudio de posgrado, ya sea una especialización o maestría. En el momento en que se realizó la convocatoria, se presentó un estudiante de doctorado en Educación. De esta forma, podemos evidenciar que la mayoría de los profesores que forman parte del estudio de caso colectivo cuentan con formación de pregrado en el campo de la educación en ciencias, por lo que han tenido formación en la ciencia que enseñanza, y formación posgradual en ciencias de la educación.

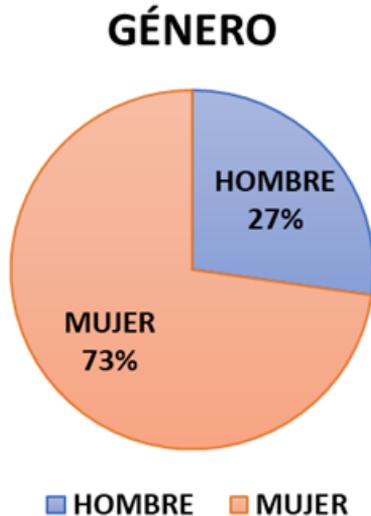
Género

En la convocatoria se presentaron 11 profesores: 8 mujeres —equivalente al 73 % de muestra—, y 3 hombres, que representan el 27 % (ver gráfico 42). Cabe destacar que estos datos son congruentes con la proporción de hombres y mujeres que trabajan en los colegios oficiales de Bogotá. De acuerdo con los datos establecidos por el Ministerio de Educación Nacional (MEN)³, la Secretaría de Educación de Bogotá contaba con un 70 % de profesores mujeres, aproximadamente, en 2015.

Experiencia profesional de la muestra no probabilística

Una característica importante de los profesores que forman parte de la muestra no probabilística para el estudio de caso corresponde a los años de experiencia en el desarrollo de su práctica pedagógica:

Figura 42. Gráfico de porcentaje de género.



Fuente: elaboración propia.

3 Datos oficiales publicados en la pagina <https://www.datos.gov.co/Educaci-n/CA-RACTERIZACION-DOCENTES-EPBM-2015/4fcp-di4f>

Figura 43. Gráfico de porcentaje de años de experiencia.

Fuente: Elaboración propia

Todos los profesores tienen más de cinco años de experiencia docente. En el momento de la convocatoria, el 45% tenía entre 6 y 10 años de experiencia, el otro 55 % contaba con más de 11 años; de esta forma, podemos evidenciar que los profesores que forman parte del estudio de caso colectivo, cuentan con amplia experiencia profesional en la enseñanza de las ciencias.

Escenarios de producción y recolección de información

La recolección de la información implica una inmersión profunda en el fenómeno de estudio por medio de datos cualitativos, que se encuentran en diferentes documentos, grabaciones y entrevistas realizadas a los participantes del estudio de caso (Tójar, 2006).

Asimismo, para los estudios de caso, la información puede proceder de diferentes fuentes y técnicas de recolección. Esto permite tener una mirada amplia del caso estudiado, ya que se puede contrastar la información a través de las diferentes perspectivas y técnicas (Paramo, 2013). Si bien las técnicas de recolección de información —documentos,

cuestionarios, entrevistas— no determinan la clase de investigación, ya que estas no son exclusivas de un diseño de investigación específico, son los contextos y desarrollos propios de cada fenómeno estudiado los que permiten utilizar múltiples técnicas de forma simultánea y en diferentes niveles de investigación (Tójar, 2006).

Por lo tanto, gracias a la convocatoria, se identificaron varios contextos donde se desarrollan procesos de formación en servicio, que a su vez representan escenarios de producción y recolección de información con sus respectivas técnicas. De esta forma, se reconocieron tres escenarios: el acompañamiento in situ, los encuentros con la comunidad de formación y el uso de plataforma Moodle. Para los acompañamientos del investigador in situ, el investigador acudió a cada uno de los colegios para conocer el contexto institucional donde se desarrollaba cada una de las propuestas presentadas por los docentes para la sistematización de la experiencia. Para orientar los primeros acompañamientos in situ, se utilizó la técnica de entrevista semiestructurada, que permite cierto grado de flexibilidad de diálogo con los profesores. Al mismo tiempo es uniforme, por lo que se pueden alcanzar interpretaciones acordes con los propósitos de la investigación (Díaz B et al., 2013). Todas las entrevistas semiestructuradas fueron grabadas en audio. Posteriormente, se realizaron las transcripciones de cada una de ellas.

Tabla 13. Escenarios de producción y recolección de información.

Escenario de producción y recolección de información	Técnica	Descripción	Recolección de información
Acompañamiento in situ	Documentos	Documentos presentados por los profesores durante las visitas in situ.	Documento (escrito)
	Entrevista semiestructurada	Entrevista realizada a los profesores en las primeras visitas in situ.	Grabación (audio)

Escenario de producción y recolección de información	Técnica	Descripción	Recolección de información
Encuentro con comunidad en formación	Cuestionario múltiple de ítems	Entrevista semiestructurada	Grabación (audio)
	Taller de investigación	Reunión entre los investigadores y todos los profesores participantes de la convocatoria.	Grabación (audio)
	Taller de investigación	Conversatorio realizado con el apoyo de investigadores del IDEP	Grabación (audio)
Plataforma Moodle	Cuestionario	Respuestas de los profesores al formulario de inscripción de la convocatoria.	Documento (escrito)
	Documentos	Documento escrito de la propuesta a sistematizar.	Documento (escrito)
	Documentos	Documento final	Documento (escrito)
	Cuestionario sobre las representaciones de contenido (CoRe)	Cuestionario sobre las representaciones de contenido como alternativa a la caracterización del conocimiento del profesor y el desarrollo profesional.	Documento (escrito)

Fuente: Elaboración propia.

De igual forma, durante este primer escenario, se recibieron los documentos escritos por los profesores sobre los avances de la propuesta a sistematizar (Anexo 4). Esto fue importante, debido a que estos textos producidos durante el acompañamiento in situ podrían contener información sobre las actividades y procesos llevados a cabo en el contexto social de la investigación. Asimismo, podrían contener apuntes que, en otros casos, no estarían disponibles (Tójar H, 2006).

El segundo escenario de recolección de información se estableció en los encuentros con la comunidad de formación; los diferentes encuentros sincrónicos con todos los participantes del proceso de la convocatoria que conformaban la muestra del estudio de caso colectivo. En este contexto se utilizaron las técnicas de recolección de información: los talleres de investigación y la clasificación múltiple de ítems. Los talleres

de investigación se desarrollaron con el propósito de que todos los profesores debatieran sobre cómo sistematizar las diferentes propuestas en torno a la naturaleza de la ciencia. De acuerdo con Tójar (2006), los talleres permiten identificar líneas de actuación y fortalezas de las propuestas, y analizar las diversas alternativas en torno a las mejoras que cada uno de los procesos puede desarrollar. Todos los talleres de investigación se grabaron en audio y se realizaron las transcripciones.

Con respecto a la clasificación múltiple de ítems, esta es una técnica de recolección de información de tipo cualitativo que se emplea como un tipo de entrevista semiestructurada, que “(...) facilita la emisión de constructos por parte de los entrevistados. Cada constructo personal refleja las formas de entender el mundo a partir de los elementos que tiene para ello quien lo interpreta” (Pacheco, 2010, p. 26). Paramo (2008) señala que esta entrevista se fundamenta en el surgimiento libre y espontáneo del entrevistado para realizar clasificaciones cualitativas sobre un tema en particular; en este caso, en torno a la naturaleza de las ciencias. Este instrumento se utilizó en el primer encuentro con los participantes con la intención de tener un acercamiento inicial sobre las visiones acerca de la NdC de los profesores.

Para el desarrollo de esta entrevista, se utilizaron 28 tarjetas con palabras relacionadas a la Segunda Guerra Mundial, sus orígenes y consecuencias; una temática común para todos los docentes que contiene elementos de la NdC, los cuales fueron establecidos y avalados por un grupo de investigación de la universidad. La entrevista se realizó de acuerdo con el protocolo establecido por Paramo (2008), donde se le informa al entrevistado el objetivo de la investigación. Luego se impartieron las siguientes instrucciones: *“se le entregaran 28 tarjetas que contienen diferentes palabras, las cuales usted puede clasificar, de manera que cada grupo que usted realice tenga algo en común. El criterio de clasificación que usted elija, es libre y puede formar tantos grupos como usted considere necesarios. Se le recuerda que no existen clasificaciones correctas o incorrectas, sólo es importante el criterio de clasificación que se le asigne”*. El entrevistado utilizó un formato, que se presenta en la tabla 14, para organizar la información.

Tabla 14. Registro de información CMI (ejemplo)

Docente	Grupos	Subgrupos	Tarjetas	Observaciones del participante
Profesor 8	Semejanzas relación temática	Científicos (1)	10, 17, 14, 20	
		Descubrimiento bomba atómica (2)	5, 7, 2, 4, 12, 15, 3, 14, 8, 16, 27, 21, 1, 24, 26, 11, 28	
		Otras (3)	6, 9, 22, 23, 25, 18, 13	
	Contextos sociales	Potencias mundiales (1)	8, 14, 21, 1, 27, 11, 3, 26, 16	
		Colegio (2)	13, 22, 10, 17, 25, 19, 12, 4, 20, 15, 7, 2, 5	
	Áreas de enseñanza	Química (1)	7, 10, 4, 22, 17, 12, 14, 23, 5, 25, 20, 15, 2, 6	
		Ciencias Sociales (2)	11, 8, 14, 1, 3, 24, 9, 26, 28, 18, 21, 27, 16, 9	
	Campos de conocimiento	Ciencias Naturales (1)	75, 10, 14, 6, 3, 19, 15, 2, 7, 12, 1, 11, 20, 17, 24, 4	
		Ciencias Sociales Historia (2)	8, 27, 16, 21, 18, 22, 13, 18, 23, 9, 26, 25	

Fuente: Elaboración propia

Por último, el tercer escenario identificado fue el uso de la plataforma Moodle. Éste permitió un encuentro asincrónico de los participantes de la convocatoria, en el que se utilizaron técnicas de cuestionario abierto y documental.

Inicialmente los docentes respondieron un cuestionario con preguntas abiertas sobre las motivaciones y expectativas que tenían frente al proceso de sistematizar sus experiencias en torno a la naturaleza de la ciencia (Anexo 7). De esta manera, el cuestionario se aplicó de forma indirecta, buscando que los participantes lo respondieran de forma libre, espontánea y sin presiones —como lo asegura Tójar (2006), que puede llegar a ejercer la presencia del investigador—. Adicionalmente, se recopilaron los documentos que los profesores subieron a Moodle, habilitada desde el IDEP. Estos fueron elaborados después de las visitas in situ con el propósito de que fueran sean revisados por otros profesores u pares académicos para hacer una retroalimentación en los encuentros con la comunidad de formación.

La última técnica que se utilizó en fue un cuestionario sobre las representaciones de contenido o CoRes, desarrollado originalmente como parte de una estrategia para explorar y obtener información sobre el PCK de maestros de ciencia expertos —tomado y adaptado a partir Hume & Berry (2011) en: Constructing CoRes- A strategy for building PCK in Pre-service Science Teacher Education—.

La mayoría de los profesores participaron activamente en los encuentros sincrónicos y asincrónicos. Sin embargo, ciertos profesores no participaron en todas las actividades propuestas. Por lo tanto, en la tabla 15 se detalla la participación en cada una de las fuentes de información realizadas:

Tabla 15. Tabla de fuentes de información por cada profesor participante.

Docente	Conversatorio	CoRe	Entrevista semiestructurada	Escrito final	Escrito inicial	Formulario inicial	CMJ	Proceso de la propuesta	Taller de Investigación	Total
P1	1			1		1	1	1	3	8
P10				1	1	1	1		1	5
P11		1		1	1	1	1	1	3	9
P2	1			1	1	1	1	1	1	7
P3	1	1	1	1	1	1	1	1	5	13
P4		1	1	1	1	1	1		2	8
P5	1		1	1	1	1	1	1	1	8
P6			1	1	1	1	1	1	2	8
P7		1	2	1		1	1	1		7
P8		1		1	1	1	1		5	10
P9	1	1	1	1	1	1	1		5	12
Total	5	6	7	11	9	11	11	7	28	95

Fuente: Elaboración propia.

En total, se obtuvieron 95 fuentes de información de los 11 profesores que se presentaron a la convocatoria para la sistematización de sus

experiencias sobre la naturaleza de la ciencia. A partir de esta muestra, se realizó el proceso de análisis de información.

Es importante resaltar que, durante el primer encuentro sincrónico con los profesores, se realizaron consentimientos informados para la recolección de la información en cada uno de los escenarios de producción. En estos se establecen los seis principios propuestos por el manual de Ética en Investigación en Ciencias Sociales del *Economic and Social Research Council de la Gran Bretaña* (Ospina, 2017), a saber: integridad y calidad de la investigación; información completa de los participantes de la investigación; confidencialidad y anonimato de los participantes; participación voluntaria y libre de coerción; evasión de cualquier daño; por último, la independencia e imparcialidad de los investigadores.

Análisis e interpretación de la información

Uno de los objetivos de la investigación cualitativa es conceptualizar por medio de un proceso de abstracción estructurada, que permite descubrir estructuras invisibles de los fenómenos estudiados de una manera intuitiva e inductiva a partir de la exploración de la información textual obtenida (Penalva et al., 2015). Por lo tanto, se realiza un descripción de la forma en que se organiza la información para desarrollar las respectivos análisis e interpretaciones acerca de las características relaciones y condiciones presentes en la NdC que enseñan los profesores de ciencias en servicio desde la práctica reflexiva, desarrollada en este proceso de formación en servicio.

En este sentido, Tójar (2006) establece que el análisis cualitativo de la información implica su organización y una orientación en su búsqueda. Se deben elaborar patrones, categorías y unidades de análisis con los que se reorganizarán las primeras unidades seleccionadas. Pero, esto también implica interpretar, asignar significados, describir y comprender los patrones encontrados, y buscar conexiones entre éstas y otras categorías.

Organización de la información: Atlas.ti

El proceso inicia con el ordenamiento de los diferentes documentos y grabaciones —que fueron obtenidos en la fase anteriormente descrita—

en formatos de archivo de texto para ser procesados por programas informáticos, como Atlas.ti. Este tipo de *software* contiene un conjunto de herramientas que permite gestionar, extraer, explorar, reestructurar y reconfigurar elementos significativos de la información de manera flexible, creativa y sistemática (Penalva et al., 2015).

La elección de Atlas.ti se debió a la capacidad que tiene este programa para ordenar los archivos y codificar la información en citas, códigos, memos y familias en un entorno intuitivo y potente para la comprensión del proceso de investigación (Tójar, 2006)

Análisis textual discursivo (ATD)

La investigación cualitativa ha desarrollado diversos procedimientos de análisis de información para la interpretación de los fenómenos estudiados, como los análisis de discurso — conversacional, narrativo, textual o visual—, de contenido o procesos analíticos —técnicas conceptuales, análisis de dominio— (Tójar, 2006). La presente investigación utiliza el procedimiento de análisis textual discursivo (ATD). Así, a partir de los textos producidos por medio de entrevistas, observaciones o diferentes documentos, se busca comprender y reconstruir conocimientos existentes (Moraes & Galiazzi, 2016) de las condiciones y relaciones presentes en la práctica reflexiva de los profesores de ciencias sobre la NdC que enseñan en sus contextos particulares. Según Santos & Dalton (2012), el ATD tiene su fundamento en el ejercicio de la escritura, en cuanto es una herramienta mediadora en la producción de conocimientos. De esta forma, se establece como un proceso de análisis que se mueve de la evidencia empírica —documentos escritos— hacia la abstracción teórica, que sólo puede ser alcanzada si el investigador hace un fuerte movimiento de interpretación y producción de argumentos por medio de las categorías de análisis a priori y/o posteriori. Moraes & Galiazzi (2016) establecen que el ATD es un proceso autoorganizado que permite construir comprensiones extraídas de la lectura de la información producida y recolectada en la fase anterior por medio de una secuencia de tres componentes, que no se ordenan lineal o jerárquicamente, pero si se relacionan mutuamente, como se muestra en la figura 44.

Figura 44. Características del análisis textual discursivo.

Fuente: elaboración propia.

En el primer componente, la información recolectada se deconstruye en unidades de análisis —también denominadas unidades de sentido o significado—, que se codifican de tal forma que permiten al investigador su identificación en función de un sentido pertinente a los objetivos de la investigación (Moraes & Galiazzi, 2016; Santos & Dalton, 2012). Las categorías de análisis —el segundo componente de ATD— son representadas por medio de un concepto con características determinadas, inmerso en una red que busca expresar comprensiones nuevas. De esta forma, las categorías de análisis se pueden representar como los nodos de una red, con los cuales se entretrejen diferentes interpretaciones y sentidos desde los centros de cada una de las categorías. Por lo tanto, estas categorías de análisis necesitan de un proceso de definición y explicación de cada uno de sus núcleos, de tal forma que se pueda establecer los diversos cruces entre cada uno de los nodos (Moraes & Galiazzi, 2016).

De acuerdo con Tójar (2006), inicialmente este proceso puede guiarse con el establecimiento de categorías a priori por medio de un proceso deductivo, que son sistemas provisionales que dan paso a un proceso inductivo con la emergencia de nuevas categorías más explicativas, con mayor capacidad interpretativa de los fenómenos estudiados. La

deconstrucción de la información en categorías de análisis puede no ser exhaustiva; es decir, pueden existir fragmentos de información sin categorizar por considerarse que no sean relevantes para los objetivos de la investigación (Tójar, 2006). De igual forma, Moraes & Galiazzi (2016) indican que las categorías de análisis a priori se deben definir teniendo en cuenta su validez o pertinencia, homogeneidad y no exclusión mutua.

La validez, o pertinencia, se enmarca en la representatividad de las descripciones e interpretaciones realizadas por los datos por medio del conjunto de categorías; es decir, una categoría es válida cuando es capaz de propiciar una nueva comprensión sobre los fenómenos investigados. La homogeneidad de las categorías de un mismo conjunto debe estar determinada y construida bajo un mismo principio conceptual, de tal forma que las unidades de análisis se puedan agrupar bajo el mismo precepto. La no-exclusión mutua permite que una misma unidad de análisis pueda ser usada en diferentes categorías de análisis (Moraes & Galiazzi, 2016). De esta forma, la construcción de las categorías a priori debe procurar cumplir con estas las características descritas anteriormente, de tal forma que permitan iniciar el dialogo del todo y sus partes. Por último, la captación de emergencias tiene como objetivo construir un metatexto analítico que expresa los sentidos elaborados a partir de un conjunto de textos, que es construido por medio de las categorías y subcategorías resultantes del análisis. La captación de emergencias, o nuevas relaciones emergentes, se obtiene por medio de la percepción, comparación, contrastación, agregación, ordenación, determinación de vínculos y relaciones de las unidades de análisis (Tójar, 2006). En esta investigación se eligió establecer categorías de análisis *a priori* que correspondieran con los marcos teóricos y objetivos propios de la investigación para deconstruir la información en categorías y subcategorías de análisis, descritas a continuación.

Categorías de análisis a priori

Como se indicó en el apartado anterior, para la construcción de las categorías a priori se utiliza un método deductivo (Moraes & Galiazzi, 2006; Santos & Dalton, 2012), buscando que éstas presenten la relación teórica y metodológica más adecuada con los objetivos establecidos en la investigación en torno a la naturaleza de las ciencias y los procesos de formación en servicio en los profesores. De igual forma, se procura que tengan la validez, homogeneidad y no exclusión mutua descritas

anteriormente (Santos & Dalton, 2012). De esta forma, se establecen tres categorías a priori con sus respectivas subcategorías. La primera guarda estrecha relación con los planteamientos teóricos desde la epistemología y filosofía de la ciencia, propuestos en los últimos años en la NdC desde la educación en ciencias. La segunda categoría centra sus planteamientos en dos puntos de vista relacionados con la enseñanza explícita o implícita de la NdC. Y la última categoría aborda la perspectiva de la formación en servicio de los profesores desde los procesos de reflexión de la práctica. Las tablas 16, 17 y 18 describen las categorías y subcategorías planteadas desde los diferentes referentes teóricos consultados para cada una de ellas:

Tabla 16. Categorías de análisis a priori sobre la Naturaleza de las Ciencias.

Categoría	Subcategoría	Descripción	Referencia
La Naturaleza de la Ciencia en la enseñanza de la ciencia	Verdades absolutas	Se establece el conocimiento científico como una colección de creencias verdaderas sobre cómo hacer algo correctamente, o como hechos básicos.	(Fernandez et al., 2002); (Gil et al., 2014); (Herman et al., 2010); (Pujalte, 2014) (Pujalte et al., 2015); (Pujalte et al., 2014); (Rabello, 2007); (Rodríguez, 2007).
	Acumulativo	El conocimiento científico se acumula, poco a poco, mediante el relato y la observación sobre lo que es cierto y verdadero.	
	Cambio de certeza	El conocimiento científico varía en certeza y, por lo tanto, invita a los estudiantes a participar críticamente sobre las ideas y evaluarlas con criterios epistemológicos.	
	Relación teoría - práctica	La ciencia es concebida como una construcción dialéctica entre las prácticas, la teoría y la evidencia.	
	Metodológicos	Los métodos científicos son diversos. Por ejemplo, los experimentos se llevan a cabo en algunos campos y en otros En lugar de confiar en el (los) método(s), la ciencia depende de formas de evaluar las afirmaciones científicas.	
	Criterios de selección	El conocimiento científico viene en diferentes formas que varían en el poder explicativo y predictivo. Esta es una característica esencial fundamental para entender las interacciones entre las formas de conocimiento.	
	Ciencia escolar	El conocimiento científico que se imparte en el colegio tiene formas diferentes de construcción y validación, difieren con las que se realizan en la ciencia.	(Izquierdo et al., 2004)

Fuente: Elaboración propia

Tabla 17. Categorías de análisis a priori de la enseñanza de la NdC.

Categoría	Subcategoría	Descripción	Referencia
Enseñanza de la NdC	Explícita	Se enseñan contenidos de la NdC explícitamente. Los profesores presentan los "principios heurísticos basados en la visión de consensos sobre la NdC" en sus clases y actividades de ciencias.	(Allchin et al., 2014); (Duschl & Grandy, 2013); (Kind & Osborne, 2017); (Martins, 2015); (Niaz, 2016).
	Implícita	Se enseñan contenidos de la NdC implícitamente. Las experiencias de aprendizaje en ciencias de los estudiantes se basan en la construcción de prácticas científicas a partir de modelos que desarrollen prácticas cognitivas, sociales y/o epistémicas en unidades o actividades de inmersión más largas.	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 18. Categorías de análisis a priori sobre la reflexión docente.

Categoría	Subcategoría	Descripción	Referencia
Reflexión docente	Reflexión crítica	Esta reflexión sostiene que se investiga con el fin de transformar la práctica, interpelando a las condiciones sociales de la experiencia docente; concibiéndola —al igual que las dos tradiciones anteriores— como una herramienta al servicio del mejoramiento de la práctica, pero desde un abordaje social y contextual que enfatiza en la transformación.	(Jay & Johnson, 2002; Lamas & Vargas-D'Uniam, 2016; Larrivee, 2008).
	Reflexión pedagógica	De acuerdo con los postulados de Schön (2010), la práctica reflexiva alude a un saber que se construye a partir de la experiencia, mediada por una reflexión en y sobre la acción; un saber que genera nuevo conocimiento práctico capaz de modificar el repertorio del docente, de crear aprendizaje profesional y mejorar, con ello, la práctica.	
	Reflexiva comparativa	Esta reconoce un saber reflexivo de base experiencial —a partir de la reflexión acerca de la propia experiencia de práctica docente— que es informado por las teorías existentes.	
	Reflexión descriptiva	Se concibe desde la experiencia descriptiva, donde las narraciones de los profesores son de tipo anecdótico. Las preguntas que orientan este tipo de reflexión son: ¿Qué está sucediendo? ¿Qué no está funcionando? ¿Cómo lo sé? ¿Cómo me siento? ¿Qué es lo que no entiendo de esta situación? ¿Con qué objetivo se relaciona esta situación?	

Fuente: Elaboración propia

Deconstrucción de la información

Ramos et al. (2015) afirma que el propósito del ATD es poner en manifiesto los significados que se construyen y reconstruyen en función de los sentidos expresados por los participantes de la investigación en cada uno de los textos. Por lo tanto, las unidades de análisis son las entidades que refieren a la comprensión del mundo desde la perspectiva de los participantes.

De esta forma, las unidades de análisis pueden tener distintos propósitos: uno correspondería a la descripción del significado de los fenómenos vividos por los participantes, otro a la interpretación de las acciones más allá de los propios sujetos. Por último, a la confirmación o rechazo de ciertas premisas o supuestos sobre la realidad. Durante este proceso pueden surgir nuevas categorías a partir de las interpretaciones múltiples de los textos, que se van más allá del contenido directo — lo literal— hacia lo indirecto — lo latente—, para descubrir lo que se encuentra debajo las unidades de análisis (Tójar, 2006).

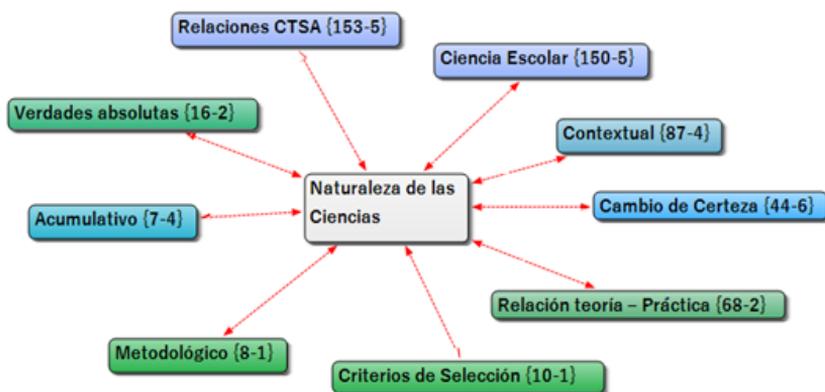
En la presente investigación, inicialmente, el proceso de codificación de las unidades de análisis se realizó de manera deductiva por medio de deconstrucción de la información en diferentes segmentos de texto, correspondientes a las categorías *a priori* establecidas. Al mismo tiempo, se utilizaron procedimientos inductivos que demandaron nuevas codificaciones. Para este proceso se utilizó el programa Atlas.ti, en el que se concretaron las actividades dirigidas a la reducción de datos, la fragmentación del texto y la escritura de anotaciones en un primer nivel textual (Penalva et al., 2015). A continuación, se describen los resultados de la codificación en unidades de análisis de las tres categorías y subcategorías *a priori* —producto del análisis deductivo—, al igual que los resultados de la categoría emergente —subjetividad–alteridad— y las subcategorías emergentes —relaciones CTS y contextual— como parte del proceso inductivo en la deconstrucción de información.

Naturaleza de la ciencia. Codificación de unidades de análisis

En la deconstrucción de la información de la categoría *a priori* de Naturaleza de la Ciencia en la educación en ciencias se obtuvieron 543 unidades de análisis, distribuidas en siete subcategorías iniciales

—verdades absolutas, acumulativo, cambio de certeza, relación teoría-práctica, metodológicos, criterios de selección, y ciencia escolar—, y dos categorías emergentes — relaciones CTS y contextual—, como se muestra en la figura 45:

Figura 45. Unidades de análisis en torno a la naturaleza de la ciencia en la educación en ciencias.



Fuente: Elaboración propia.

La descripción de las dos nuevas subcategorías que emergen en el proceso — relaciones CTS y contextual— se describe en la siguiente tabla:

Tabla 19. Subcategorías emergentes de la NdC en la educación en ciencias.

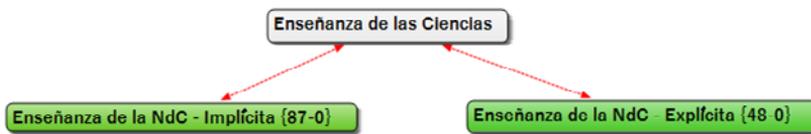
Categoría	Subcategoría	Descripción
La Naturaleza de la Ciencia en la educación en ciencias	Relaciones CTS	Se incluyen las relaciones que se trabajan en el movimiento CTS para la enseñanza de la ciencia con respecto a la forma cómo se produce el conocimiento científico, los métodos para validarlo, los valores implicados en las actividades de la ciencia, las relaciones con la tecnología, la naturaleza de la comunidad científica, las relaciones de la sociedad con la ciencia y la tecnología, las aportaciones de la ciencia a la cultura, y el progreso de la sociedad de forma explícita.
	Contextual	Se toman elementos cercanos del saber local y contextual —donde se desarrolla la propuesta de educación en ciencias— para promover el desarrollo de habilidades científicas en los estudiantes.

Fuente: Elaboración propia.

Enseñanza de las ciencias. Codificación de unidades de análisis

En la categoría de enseñanza de las ciencias, se codificaron 135 unidades de análisis distribuidas en las dos subcategorías *a priori* —enseñanza de las NdC implícita y explícita—, como se muestra en la figura 46:

Figura 46. Unidades de análisis en torno a la enseñanza de las ciencias.

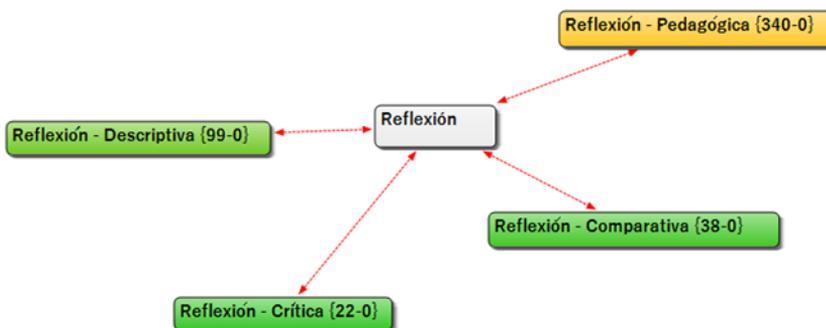


Fuente: Elaboración propia.

Niveles de Reflexión. Codificación de unidades de análisis

En la categoría de los niveles de reflexión se codificaron 499 unidades de análisis, distribuidas en las cuatro subcategorías *a priori* —reflexión pedagógica, descriptiva comparativa y crítica enseñanza—, como se muestra en la figura 47:

Figura 47. Unidades de análisis en torno a los niveles de reflexión docente.

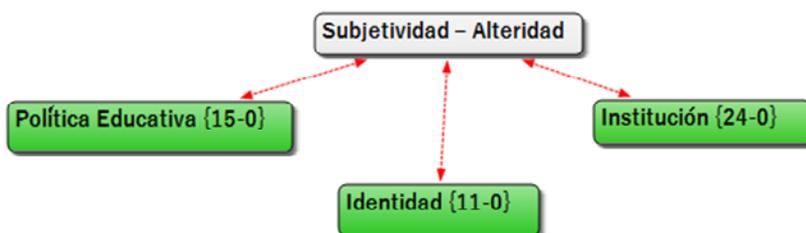


Fuente: elaboración propia.

Subjetividad- alteridad. Codificación de unidades de análisis

Durante el análisis de la información y la metodología del ATD emergieron significados relevantes, pero que no correspondían a las categorías a priori establecidas. De esta forma, surgieron las categorías de subjetividad–alteridad, en las que se codificaron 60 unidades de análisis distribuidas en las tres subcategorías: identidad, institucional y políticas educativas (figura 48).

Figura 48. Categorías de análisis a priori alrededor de la subjetividad–alteridad.



Fuente: Elaboración propia.

La categoría subjetividad–alteridad se considera en torno a los factores que facilitan o dificultan los procesos de reflexión de los profesores sobre la naturaleza de la ciencia desde lo individual e institucional — colegio o Secretaría de Educación— y las políticas educativas del país. Las subcategorías que emergen —identidad, institucional y políticas educativas— se describen en la siguiente tabla:

Tabla 20. Descripción de subcategorías emergentes alrededor de la subjetividad–alteridad.

Categoría	Subcategoría	Descripción
Subjetividad alteridad	Identidad	Elementos percibidos por los profesores que permiten o limitan su práctica reflexiva
	Institucional	¿De qué forma las figuras institucionales (colegio, secretaria de Educación) limitan obstaculizan o le permiten avanzar al profesor de ciencias en su práctica reflexiva?
	Políticas educativas	La política pública orienta, limita o hace posible una práctica reflexiva en el profesor de ciencias.

Fuente: Elaboración propia

Construcción de relaciones emergentes

Una vez realizada la codificación de las unidades de análisis en las categorías y subcategorías descritas anteriormente, se hace el análisis de la información a nivel conceptual (Penalva et al., 2015); es decir, se establecen relaciones entre los diferentes fragmentos del texto que permitan dotar de mayor significado a los elementos creados y dar paso a nuevas comprensiones entre las diferentes categorías y subcategorías. Este proceso se realiza a partir de la reducción en la deconstrucción de la información, conectando entre sí los elementos creados para una nueva reducción de datos y así comenzar a exponer las nuevas comprensiones del objeto de estudio (Penalva et al., 2015).

Para realizar este proceso, se utilizan las herramientas de Atlas.ti de tabla de coocurrencia de códigos y herramienta de consulta, con las que se puede revisar la existencia de dos o más códigos en una misma unidad de análisis y buscar relaciones proposicionales con respecto a la vinculación conceptual entre las diferentes categorías y subcategorías, establecidas en el apartado anterior.

Como resultado de este primer proceso, se obtiene una tabla de coocurrencia de los códigos que muestra una tabulación cruzada. Ésta indica la frecuencia de existencia de códigos en la misma unidad de

análisis. La figura 49 muestra un ejemplo de las tablas que se pueden obtener por medio del programa:

Figura 49. Ejemplo de tabla de coocurrencia de los códigos

The screenshot shows a software window titled "Tabla de co-ocurrencia de códigos". On the left, there is a list of codes under "COLUMNAS" and "Seleccionado (9 de)". The selected codes are: Acumulativo (7-4), Cambio de Certeza, Ciencia Escolar (15), Contextual (87-4), Criterios de Selecci, Metodológico (8-1), Relaciones CTSA (, Relación teoría - P, and Verdades absolutas. The table on the right shows the co-occurrence matrix for these selected codes.

	Relaciones CT	Ciencia Escoli	Contextual	Relación te
Relaciones CTSA		73	6	1
Ciencia Escolar	73		32	8
Contextual	6	32		17
Relación teoría - Practica	1	8	17	
Cambio de Certeza	3	5	3	1
Verdades absolutas	1	1	1	1
Criterios de Selección	2	3	1	1
Metodológico	1	2	1	3
Acumulativo	2	3	1	1

Fuente: Programa Atlas.ti

Posteriormente, se revisan cada una de las unidades de análisis que se encuentran codificadas con dos o más subcategorías, para así poder identificar las relaciones posibles existentes entre cada una de ellas por medio de la herramienta “vincular código a” del programa Atlas.ti. Ésta permite establecer relaciones proposicionales —descritas en la tabla 21—, lo que permite indagar sobre diferentes características de las unidades de análisis que no fueron percibidas anteriormente y que contribuyen a una comprensión más profunda del objeto de estudio.

En la mayoría de los casos se pueden establecer relaciones proposicionales entre las diferentes subcategorías por medio de la “herramienta de consulta” del programa, con la que se pueden crear supercódigos que agrupan las unidades de análisis en común y algunos memos de comentarios. Estos permiten un nivel de análisis cualitativamente superior, ya que en estos se escriben notas, definición de las categorías, interpretaciones, explicación de las relaciones encontradas, teorías acerca de los datos, conclusiones, entre otros (Penalva et al., 2015).

Tabla 21. Tipos de relaciones entre códigos en Atlas.ti

Relaciones	Etiqueta	Atributo formal	Comentario
A está asociado con B	está asociado	Simétrica	Relación de conceptos sin subsunción.
A es parte de B	es parte de	Transitiva	Enlaza objetos, no conceptos, que son de diferente nivel de abstracción.
A es parte de B	es parte de	Transitiva	Para relaciones causales, procesos.
A contradice B	contradice	Simétrica	Relaciones de contradicción
A es un/a B	es un/a	Transitiva	Se usa para relacionar conceptos específicos con conceptos generales.
A sin nombre B	sin nombre		Relación sin definir
A es propiedad de B	es propiedad de	Asimétrica	Señala características del concepto —sus atributos—.

Fuente: Tomado y adaptado de Penalva et al. (2015)

Una vez establecidas las relaciones proposicionales, por medio de la herramienta de redes del programa Atlas.ti, se construyen redes semánticas que permiten representar las diferentes relaciones encontradas entre las categorías y subcategorías analizadas. Así, es posible que surjan nuevas interpretaciones y comprensiones para la construcción del texto analítico.

De esta forma y acorde con los objetivos de estudio, se realiza el análisis de relaciones entre las siguientes categorías y subcategorías: Subcategorías de NdC en la educación en ciencias, Categorías de NdC con la enseñanza de la NdC; Categorías NdC en la educación en ciencias, con categoría niveles de reflexión; Subcategorías de Subjetividad – Alteridad.

Relaciones entre subcategorías de NdC en la educación en ciencias

El primer lugar, se analizan las relaciones que pueden existir entre las subcategorías de NdC en la educación en ciencias. La tabla 22 describe

la frecuencia de correlación entre las diferentes subcategorías de NdC en la educación en ciencias, que tienen la misma unidad de análisis.

Una vez interpretadas estas unidades de análisis se establece si existe o no relación entre las subcategorías, por lo que se marca en color verde la frecuencia de los códigos cuando se encuentra alguna relación —tipos de relaciones entre códigos en Atlas.ti— y de color rojo cuando no se logra determinar relación alguna. Esta marcación no se debe por la frecuencia, sino por el análisis de las unidades. Las diferentes relaciones entre las subcategorías de la NdC en la educación en ciencias se representan en una red semántica (figura 50), en la que se indica el número de relaciones que cada una de ellas tiene —por ejemplo, en la red la subcategoría acumulativo {7-4} tiene siete unidades de análisis y cuatro relaciones entre las otras subcategorías—. Asimismo, la red muestra una relación de colores generado por el programa, donde el color azul indica que la subcategoría tiene mayor número de relaciones y el color el verde, menor menos relaciones.

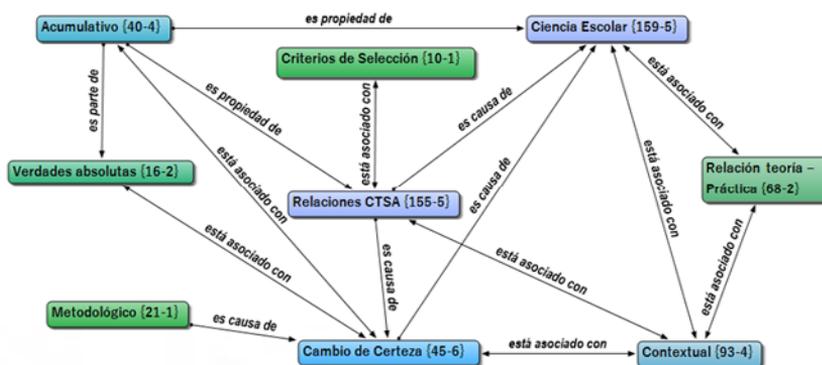
Tabla 22. Matriz de análisis coocurrencia de subcategorías de NdC en la educación en ciencias

	Acumulativo	Cambio de Certeza	Ciencia Escolar	Contextual	Criterios de Selección	Metodológico	Relaciones CTSA	Relación teoría Práctica	Verdades absolutas	Totales
Acumulativo	0	10	6	4	1	1	4	10	4	40
Cambio de Certeza		0	8	9	1	6	14	1	6	45
Ciencia Escolar			0	34	3	11	100	10	1	159
Contextual				0	1	2	18	25	1	47
Criterios de Selección					0	1	2	2	1	6
Metodológico						0	13	15	1	29
Relaciones CTSA							0	1	1	2
Relación teoría – Práctica								0	1	1
Verdades absolutas									0	0
	0	10	14	47	6	21	155	64	16	

Fuente: Elaboración propia en base a Atlas.ti

De esta forma, en la figura 50 se exponen las relaciones entre las diferentes subcategorías de la NdC en la educación en ciencias por medio de la red semántica obtenida en el programa Atlas.ti:

Figura 50. Red semántica para subcategorías de la NdC en la educación en ciencias.



Fuente: Elaboración propia por medio de Atlas.ti

Con el fin de comprender las diferentes relaciones encontradas en la anterior red, por medio de la herramienta de consulta del programa Atlas.ti se analizan las diferentes unidades de análisis y sus relaciones frente a diferentes características de la NdC desde el enfoque de familias por semejanza, propuesta por Dagher & Erduran (2016), en cuanto a las siguientes características: cognitivo, social, epistémico, predicción, explicación, modelación, actividades, hacer preguntas, recolectar datos, probar soluciones, hipótesis, manipulación de datos, teorías, modelos teóricos, actividades profesionales, ética científica, certificación social, valores sociales, aspectos organizativos políticos, sistemas financieros, y organizaciones sociales e interacciones —como se ejemplifica en la tabla 23—.

Tabla 23. Ejemplo revisión de características de NdC en unidades de análisis de la red semántica.

Unidades de análisis	Técnicas de recolección de información	Características
"El concepto de célula como unidad de base y el ADN como material hereditario representan las bases para atender a las necesidades de los demás temas con evaluación desfavorable en las etapas uno y dos de la investigación".	Documento Inicial P11 - 13:5	Teorías, modelos teóricos
"Con el Botiquín Verde y el cultivo de plantas aromáticas medicinales en la huerta escolar, se busca rescatar el conocimiento ancestral, utilizar sus principios activos en la disminución de síntomas recurrentes en la comunidad y brindar la posibilidad de disminuir el uso de medicamentos que causan efectos secundarios".	Doc-Final P3-P4 - 24:5	Organizaciones sociales e interacciones, valores sociales, social, cognitivo, epistémico

Fuente: Elaboración propia en base a Atlas.ti

De esta forma, surgen nuevas relaciones e interpretaciones entre las características de NdC y los supercódigos, especificadas en la tabla 24, donde se describen las relaciones encontradas y el número de unidades de análisis examinadas.

Tabla 24. Relaciones entre supercódigos y características de NdC.

Supercódigo	Características	Unidades de análisis
Acumulativo & cambio de certeza	Actividades profesionales, cognitivos, modelos teóricos, recolectar datos, social	28
Acumulativo & ciencia escolar	Cognitivos, modelizaciones, social	24
Acumulativo & relación teoría-práctica	Social	36
Acumulativo & verdades absolutas	Cognitivos, social	23
Cambio de certeza & ciencia escolar	Cognitivos, social	25
Cambio de certeza & metodológico	Cognitivos	22

Supercódigo	Características	Unidades de análisis
Cambio de certeza & relaciones CTSA	Cognitivos, valores sociales	23
Cambio de certeza & verdades absolutas	Cognitivos	22
Ciencia escolar & contextual	Explicaciones, hacer preguntas, manipulación de datos, organizaciones sociales e interacciones, predicción, probar soluciones, recolectar datos, sistemas financieros, social, valores sociales	47
Ciencia escolar & metodológico	Cognitivos, manipulación de datos, recolectar datos, social,	25
Ciencia escolar & relaciones CTSA	Actividades, aspectos organizativos políticos, epistémicos, explicaciones, hipótesis, modelizaciones, organizaciones sociales e interacciones, probar soluciones, recolectar datos, social, teorías, valores sociales	83
Ciencia escolar & relación teoría-práctica	Actividades, hacer preguntas, recolectar datos, social, valores sociales	20
Contextual & relaciones CTSA	Actividades profesionales, aspectos organizativos políticos, epistémicos, organizaciones sociales e interacciones	29
Contextual & relación teoría-práctica	Modelizaciones, organizaciones sociales e interacciones, predicción, recolectar datos, social	36
Metodológico & relaciones CTSA	Actividades, teorías	23
Metodológico & relación teoría-práctica	Hacer preguntas, hipótesis, sistemas financieros, social	25

Fuente: Elaboración propia en base a Atlas.ti

Cada una de estas características se agrupan en las familias: fines y valores, prácticas científicas, métodos y reglas metodológicas, y la ciencia como sistema socioinstitucional — como se describen en la tabla 25.

Tabla 25. Relaciones entre supercódigos y características de NdC.

Familia	Características	Unidades de análisis
Fines y valores	Cognitivo	45
	Social	57
	Epistémico	47
Prácticas científicas	Predicción	12
	Explicación	15
	Modelación	15
	Actividades	33
	Hacer preguntas	16
	Recolectar Datos	25
Métodos y reglas metodológicas	Probar Soluciones	12
	Hipótesis	14
	Manipulación de datos	19
	Modelos teóricos	14
	Actividades profesionales	15
La ciencia como sistema socioinstitucional	Ética científica	12
	Certificación social	14
	Valores sociales	19
	Aspectos organizativos políticos	14
	Sistemas financieros	13
	Organizaciones sociales e interacciones	20

Fuente: Elaboración propia en base a Atlas.ti.

Asimismo, para cada una de estas familias se diseñaron nubes de palabras con los principales conceptos encontrados. Posteriormente, éstas son analizadas a profundidad por medio de la hermenéutica fractal, ya que, como indica Cristóbal, 2017, lo que está en el texto es una estructura fractal para comprender, interpretar y aplicar el sentido del mismo. Se puede realizar un listado de categorías, utilizando una escala de valoración y procurando ordenarlas según la importancia. Igual, éstas se ven reflejadas en las nubes de palabras de las figuras 51 a la 56:

Figura 51. Nube de palabras familia Fines y valores.



Fuente: Elaboración propia por medio de Atlas.ti

Tabla 26. Coocurrencia de códigos enseñanza de la NdC y familias de NdC.

Familia	Características	Enseñanza de la NDC	
		Explícita	Explícita
Fines y valores	Cognitivo	2	11
	Social	19	36
	Epistémico	39	50
Prácticas científicas	Predicción	1	17
	Explicación	4	20
	Modelación	19	27
	Actividades	20	29
	Hacer preguntas	9	29
	Recolectar Datos	2	26
Métodos y reglas metodológicas	Probar Soluciones	4	17
	Hipótesis	4	5
	Manipulación de datos	5	22
	Modelos teóricos	4	9
	Actividades profesionales	28	20
La ciencia como sistema socioinstitucional	Ética científica	0	0
	Certificación social	0	0
	Valores sociales	19	25
	Aspectos organizativos políticos	28	9
	Sistemas financieros	1	10
	Organizaciones sociales e interacciones	32	41

Fuente: Elaboración propia en base a Atlas.ti

Después de generar la tabla de coocurrencia de códigos para la categoría de enseñanza de las NdC y las familias, se revisan las unidades de análisis para establecer posibles relaciones proposicionales, que se identifican en color verde, y de color rojo cuando no se identifican relaciones entre las categorías de enseñanza de NdC y las características de las familias —como se muestra en la tabla 27—.

Tabla 27. Coocurrencia de códigos enseñanza de la NdC y familias de NdC.

Unidades de análisis	Técnicas de recolección de información	Enseñanza	Características de la familia
"Estudiar, trabajar y modificar las actitudes hacia la ciencia juega un papel preponderante al momento de realizar el proceso de enseñanza / aprendizaje de la misma, ya que permite acercarse al conocimiento científico de una mejor manera, lo que desarrolla en el estudiante un interés por dicho aprendizaje".	Cues_P10 - 10:8	Explícita	Cognitivo, epistémico
"Frente a estos aspectos, la escuela juega un papel trascendental para la enseñanza de las ciencias, siendo un campo que permite la interrelación cultural y posibilita el diálogo entre los estudiantes, profesores, científicos, políticos y la comunidad educativa en general, teniendo en cuenta los cambios importantes que acontecen en el entorno escolar a partir de las dinámicas locales, distritales, nacionales y globales".	Doc-Final P1 - 21:5	Explícita	Organizaciones sociales e interacciones, epistémico, actividades profesionales

Fuente: Elaboración propia en base a Atlas.ti

Una vez que se establece si hay relación proposicional entre las categorías y las características de las familias, se representan a través de una red semántica realizada en el programa Atlas.ti para cada una de las subcategorías de enseñanza de las NdC, como se muestra en la figura 57.

Figura 57. Red semántica de enseñanza de NdC – Explícita y sus relaciones con las Familias de NdC.



Fuente: Elaboración propia por medio de Atlas.ti

Relaciones entre categorías NdC en la educación en ciencias con la categoría niveles de reflexión

En la búsqueda de una mayor comprensión acerca de la práctica reflexiva sobre la Naturaleza de la Ciencia que enseña, se interpretan las relaciones existentes entre los supercódigos de NdC, que describen las características de la NdC y las subcategorías reflexión descriptiva, pedagógica, comparativa y crítica. Se utiliza las herramientas de tabla de coocurrencia de códigos y de consulta del programa Atlas.ti para determinar alguna relación entre estos códigos. En la tabla de 28 se muestra la frecuencia de coocurrencia de código. Se señala con verde cuando se establece relación entre código, y con rojo cuando no existe.

Tabla 28. Descripción de coocurrencia de códigos entre categoría niveles de reflexión y familias de NdC.

Familia	Características	Reflexión Descriptiva	Reflexión Pedagógica	Reflexión Comparativa	Reflexión Crítica
Fines y valores	Cognitivo	22	43	14	1
	Social	24	94	13	3
	Epistémico	32	163	20	18
Prácticas científicas	Predicción	0	28	0	0
	Explicación	18	61	1	12
	Modelación	17	74	1	3
	Actividades	17	86	2	13
	Hacer preguntas	20	86	1	3
	Recolectar Datos	21	103	1	3
Métodos y reglas metodológicas	Probar Soluciones	1	57	1	2
	Hipótesis	1	0	0	0
	Manipulación de datos	16	63	2	0
	Modelos teóricos	18	28	1	11
	Actividades profesionales	1	56	2	16
La ciencia como sistema socioinstitucional	Ética científica	1	0	0	0
	Certificación social	1	0	0	0
	Valores sociales	12	91	3	3
	Aspectos organizativos políticos	1	55	2	6
	Sistemas financieros	1	31	1	0
	Organizaciones sociales e interacciones	17	112	4	16

Fuente: elaboración propia por medio del programa Atlas.ti

En la tabla 29 se muestran ejemplos de unidades de análisis para establecer relaciones proposicionales entre diferentes categorías. Así, se pueden elaborar redes semántica en cada una de las subcategorías de niveles de reflexión, que se muestran en las figuras 58 y 59.

Tabla 29. Tabla de ejemplo de unidades de análisis de categoría niveles de reflexión y familias de NdC.

Unidades de análisis	Técnicas de recolección de información	Reflexión	Características de la familia
<p>“Me permito argumentar que la línea en la que inscribo este proyecto Naturaleza de las Ciencias, es debido a que a pesar de presentar referentes asociados a las otras dos líneas, este proyecto cumple con una de las finalidades de la ciencia, que consiste en dotar a los educandos y a la comunidad de unos conocimientos y competencias científicas que les permitan como ciudadanos responder de forma responsable, coherente y crítica a sus necesidades y a las de su entorno”.</p>	<p>Cues_P6 - 6:5</p>	<p>Descriptiva</p>	<p>Cognitivos, epistémico</p>
<p>“Durante más de cuatro años vengo desarrollando con mis estudiantes de los ciclos 3 y 4 , un trabajo de investigación que implica fortalecer ejercicios de indagación mediante la construcción de preguntas generadoras en las que se fortalece procesos de auto formación y de aprendizaje significativo en cada una de las estudiantes, dicho proceso se inicia con el fortalecimiento de ambientes de aprendizaje en el aula en el que media la negociación , la concertación y el trabajo en equipo alrededor de diversos temas de Biología y de ciencias sociales —entre ellos comunidades indígenas y seguridad alimentaria , diversidad de género, el sentido de lo público, la oralidad , lectura y escritura , el trabajo por el territorio—, durante este proceso se ha realizado ferias, conservatorios, ejercicio de reflexión y socialización con la estudiantes del colegio Técnico Menorah I.E.D, en algunas ocasiones el trabajo ha sido apoyado por maestras de sociales del ciclo”.</p>	<p>Cues_P8 - 8:3</p>	<p>Pedagógica</p>	<p>Actividades, epistémico, modelizaciones</p>

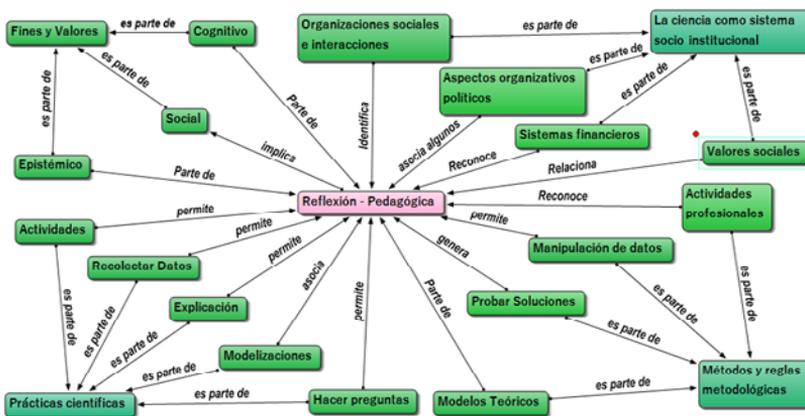
Fuente: Elaboración propia por medio del programa Atlas.ti

Figura 58. Red semántica de reflexión descriptiva y sus relaciones con las familias de NdC.



Fuente: elaboración propia por medio de Atlas.ti

Figura 59. Red semántica de reflexión pedagógica y sus relaciones con las familias de NdC.



Fuente: elaboración propia por medio de Atlas.ti

Relaciones entre subcategorías de subjetividad – alteridad

Con respecto a la categoría de subjetividad – alteridad, se indaga entre las diferentes unidades de análisis características propias de la subjetividad, como proyección frente al sujeto el discurso pedagógico, prácticas escolares disciplinares y actividades centradas en el profesor. Y de alteridad: proyección frente a los otros, conversación pedagógica, praxis educativas y actividades centradas en el estudiante.

Para tal propósito, se organizan las unidades de análisis correspondientes con las subcategorías de identidad, institución y políticas educativas en una matriz de análisis, donde se identifican características de la subjetividad y alteridad —se muestra en la tabla 30—.

Una vez determinadas las características en cada una de las unidades de análisis de la categoría de subjetividad – alteridad, se realiza la tabla de coocurrencia de códigos entre las subcategorías y sus características, en la que se establecen frecuencias y relaciones proporcionales entre cada una de ellas, señalando con color verde cuando se evidencia relación y de rojo cuando no hay.

Tabla 30. Tabla de coocurrencia de códigos entre subcategorías de subjetividad – alteridad y sus características.

		Identidad	Institución	Política educativa
Subjetividad	Proyección frente al sujeto	12	11	0
	Discurso pedagógico	11	12	14
	Prácticas escolares disciplinares	0	0	12
Alteridad	Actividades centradas en el profesor	0	0	0
	Proyección frente a los otros	15	15	0
	Conversación pedagógica	16	15	0
	Praxis educativas	11	13	12
	Actividades centradas en el estudiante	12	114	13

Fuente: Elaboración propia por medio del programa Atlas.ti

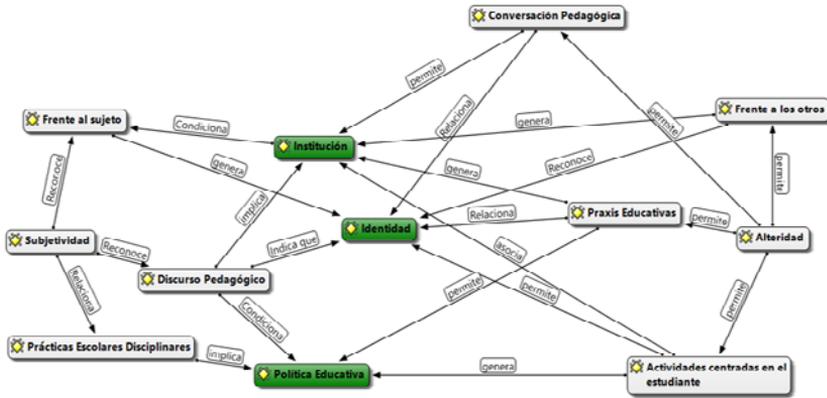
Tabla 31. Tabla de ejemplo de la matriz de análisis de las características de la subjetividad - alteridad.

Unidades de análisis	Técnicas de recolección de información	Subcategoría	Subjetividad	Alteridad
"En el ejercicio reflexivo, a diario me construyo y reconstruyo como maestra. Hay muchas satisfacciones como las de la labor cumplida, el enseñar a las estudiantes que el conocimiento se edifica en el aprendizaje cotidiano a partir de la búsqueda de respuestas a múltiples preguntas", forma responsable, coherente y crítica a sus necesidades y a las de su entorno".	Doc-Final P8 - 27:46	Identidad	Proyección frente al sujeto	
"La lucha de todos los días con el currículo impuesto por el Ministerio de Educación Nacional, los estándares, las competencias, los lineamientos curriculares y las pruebas por competencias, al igual que las políticas establecidas que indican cómo debe ser el actuar en el aula, cómo se debe enseñar, qué deben aprender las estudiantes, queda de lado, porque el enseñar a pensar no puede ser peligroso".	Doc-Final P8 - 27:46	Institución		Praxis educativas

Fuente: Elaboración propia por medio del programa Atlas.ti

Cuando se establecen las relaciones que existen entre las diferentes subcategorías de subjetividad y alteridad, se utiliza el programa Atlas.ti para elaborar la red semántica que muestra las diferentes relaciones encontradas en esta categoría emergente.

Figura 60. Red semántica de subjetividad - alteridad.



Fuente: elaboración propia por medio de Atlas.ti

Las fases de análisis de la información y cierre de la investigación que se exponen en la figura 60, se desarrollan y describen con más detalle en los siguientes capítulos.

Análisis e interpretación de los resultados



En el presente capítulo se describen los resultados de la investigación, que permiten reconstruir y comprender características, condiciones y relaciones presentes en la NdC que enseñan los profesores de ciencias en servicio, a partir del análisis e interpretación de la práctica reflexiva que desarrollan en sus contextos particulares.

En primer lugar, se analizan los resultados obtenidos con el cuestionario múltiple de ítems, con el que se realizó una primera aproximación a la visión de los profesores acerca de la NdC. Este fue el primer elemento de referencia para comprender la enseñanza de la NdC desarrollada durante su práctica reflexiva, en un proceso de formación en servicio. Luego, se describen y analizan características, relaciones y condiciones de la NdC

que se enseña desde la visión de consensos, el enfoque parecido de familias (EPF), la enseñanza implícita y explícita de ésta, los niveles de reflexión que alcanzan los docentes y la subjetividad-alteridad.

Aproximación a la visión de los profesores acerca de la NDC

Como se mencionó en el estado del arte, diferentes investigaciones plantean que existe una gran relación entre las imágenes o visiones que tienen los profesores acerca de la Ndc y los procesos de enseñanza de las ciencias (Fernandez et al., 2002; Gil et al., 2014; Toro & Cardoso, 2013). Por lo tanto, en esta investigación, se hizo una primera aproximación para reconocer las imágenes que tienen los profesores en torno a la Ndc por medio de una entrevista semiestructurada.

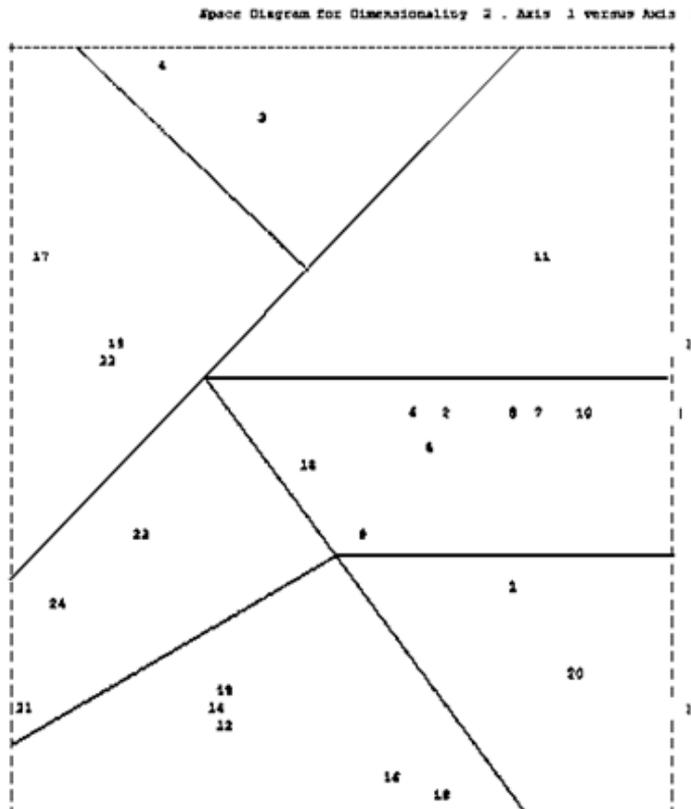
De esta forma, en el primer encuentro que se realizó con el grupo de profesores, se empleó una entrevista semiestructurada de tipo clasificación múltiple de ítems, que es una técnica cualitativa de recolección de información que “(...) facilita la emisión de constructos por parte de los entrevistados. Cada constructo personal refleja las formas de entender el mundo a partir de los elementos que tiene para ello quien lo interpreta” (Pacheco , 2010, p. 26).

Esta información se procesó mediante un análisis de escalogramas multidimensionales —MSA, por su sigla en inglés—, por medio del *software* HUDAP8. Este programa fue alimentado por una matriz sobre las distintas clasificaciones que hicieron los profesores, cuya fila principal lleva el código creado — por ejemplo, P8C2—. El programa genera un gráfico bidimensional (figura 61) con una distribución de puntos que representan el grado de correlación entre los subgrupos, producto de las agrupaciones creadas por los profesores con las palabras dadas.

A partir de este gráfico bidimensional, se crearon particiones o regiones sobre las distancias espaciales entre cada subgrupo a que da lugar cada palabra, producto de las agrupaciones en las que es incluido cada vez que se hace una clasificación, para explicar las asociaciones entre las diferentes palabras e identificar así el sistema conceptual de los profesores. De acuerdo con Shye, Elizur y Hoffman (1994; citado en Escorcía, Gutiérrez, & Figueroa, 2009), resulta muy útil

representar conceptos multivariados como espacios físicos con una extensión, ya que la contigüidad representa las relaciones empíricas entre los grupos creados y los conceptos; puede ser representada en el espacio de conceptos. De acuerdo con esto, el investigador determina la naturaleza de la proximidad conceptual con la cual él o ella se relaciona. Frecuentemente, tales regiones geométricas —subconjunto del espacio— corresponden a subconceptos bien formulados de los conceptos (Escorcía et al, 2009). Este principio es utilizado en la presente investigación para interpretar las visiones que tienen los profesores frente a la NdC.

Figura 61 - Grafico bidimensional donde se identifican siete grupos.



Fuente – Elaboración propia mediante el programa HUDAP8

Como primeros resultados, se pudo establecer que el programa le asigna un mismo Id a las palabras Japón y Segunda Guerra (Id. 4), hombre y mujer (Id. 8), fusión, fisión y radiación (Id. 13). Por lo tanto, se interpreta que los docentes usan estas palabras en las mismas categorías, así que no se puede determinar una diferencia o relación entre ellas.

Una interpretación inicial del hecho —que las tarjetas de hombre y mujer se unifiquen en un sólo Id. 8— puede corresponder a que los profesores no le dan importancia al tema de género en la actividad científica. En cuanto a las palabras fusión, fisión y radiación, agrupadas en el Id. 13, se puede interpretar que son identificadas por los profesores como un sólo contenido. El Id. 11 correspondiente la política —ver gráfico 1— muestra que no se relaciona con otro, pudiéndose interpretar como que los profesores no encuentran que la ciencia se relacione con asuntos políticos. En cuanto al gráfico bidimensional —figura 61— que genera el programa, se identificaron siete grupos, que se identifican por la proximidad en el espacio de la siguiente manera:

- **Grupo 1:** Estados Unidos (Id. 3), Japón y Segunda Guerra (Id. 4).
- **Grupo 2:** fisión y fusión (Id. 13), teoría atómica (Id. 17) y átomos (Id. 22).
- **Grupo 3:** científicos (Id. 21), Einstein (Id. 23) y Heineberg (Id. 24).
- **Grupo 4, 19, 14, 12, 16, 18:** laboratorio, disciplinar, desarrollo tecnológico, aplicación científica, avance científico.
- **Grupo 5:** efecto (Id. 1) y multidisciplinar (Id. 20).
- **Grupo 6:** muerte (Id. 6), vida (Id. 2), causas (Id. 5), hombre y mujer (Id. 8), escuela (Id. 7), sociedad (Id. 10), Roosevelt (Id. 15).
- **Grupo 7:** política (Id. 11)

En esta línea inicial de la investigación se halló una correspondencia entre la visión de la NdC de los profesores que participaron de la investigación con la planteada por Pujalte (2014), en la que los profesores hacen evidente una visión empírico-inductivista guiada por procesos analíticos, rígidos, algorítmicos, exactos e infalibles. Ésta se relaciona con una visión individualista y elitista de la forma cómo se realiza

la actividad científica, en la que no se evidencia la existencia de una relación significativa entre la ciencia y la historia, poco independiente de valores, ideologías, intereses y contextos (Pujalte et al., 2015).

De acuerdo con Lederman (2018), las visiones de los profesores sobre la NdC no necesariamente determinan su práctica de enseñanza, ya que estos tienen una visión de la ciencia coherente con la visión de consenso. No necesariamente han desarrollado prácticas de enseñanza de las ciencias acordes, ya que existen múltiples elementos que se deben tener en cuenta en el momento de desarrollar los procesos de enseñanza de las ciencias naturales. Por ejemplo, cómo motivar a los estudiantes para que aprendan, las prioridades curriculares, las presiones por cumplir con los contenidos, la disponibilidad de materiales, la forma de evaluar, entre otras (Abd-El-Khalick, 2013).

De esta forma y acorde con la metodología de investigación propuesta en el capítulo anterior, a continuación se presentan las características, relaciones y condiciones de la NdC que enseñan los profesores de ciencias, a partir del análisis de la práctica reflexiva que desarrollan en un proceso de formación en servicio y en sus contextos particulares.

La NDC que se enseña

La enseñanza de la NdC que proponen los profesores de ciencias generalmente se encuentra en una dicotomía entre el conocimiento científico y la ciencia escolar, principalmente cuando las prácticas de enseñanza se convierten en un puente entre un conocimiento cotidiano desarrollado en un contexto específico, y el conocimiento científico que se quieren enseñar (Ritter & Pansera, 2009). Por lo tanto, los profesores de ciencias que realizan una práctica reflexiva cuentan con un amplio conocimiento, no sólo disciplinar, sino que amplían su conocimiento desde el reconocimiento e inclusión de la comunidad donde desarrollan su práctica de enseñanza; que les permite plantear diversas formas de enseñar la NdC.

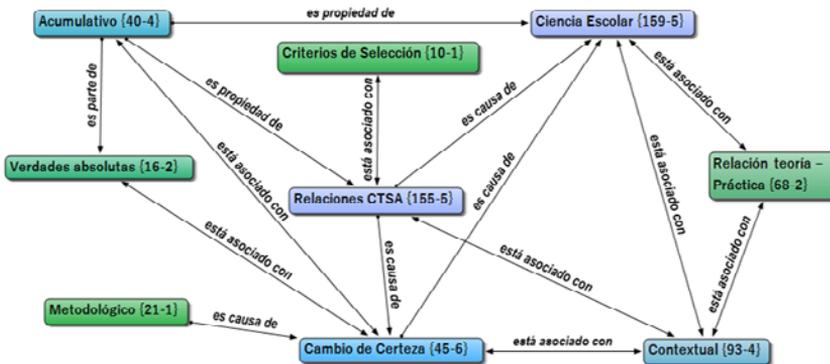
La NdC que se enseña por medio de la visión de consensos

De acuerdo con la metodología planteada para el análisis de la información, el primer paso fue codificar la información recolectada en

unidades de análisis de acuerdo con las categorías de análisis a priori y posteriori. Por lo que se obtienen 1300 unidades de análisis alrededor de estas categorías iniciales, ya establecidas a partir de la visión de consensos.

A continuación, se presenta el análisis de las características y condiciones de la NdC que se enseña, encontradas en las subcategorías a priori — acumulativo, verdades absolutas, metodológico, cambio de certeza, criterios de selección, relación teoría-práctica y ciencia escolar— y las emergentes (relaciones CTSA y contextual); continuando con el análisis de las relaciones encontradas por medio de la matriz de coocurrencia, con la que se obtiene la red semántica (figura 61).

Figura 62. Red semántica de NdC en la enseñanza de la ciencia.



Fuente: elaboración propia por medio de Atlas.ti

En la red semántica de la NdC en la enseñanza de la ciencia (figura 62), las subcategorías que más unidades de análisis registran son las de ciencias escolares (159-5), relaciones CTSA (155-5), contextual (93-4) y cambio de certeza (45-6) —se identifican con color azul—. Aunque las demás subcategorías no presenten un número amplio de unidades de análisis —representadas por el color verde—, esto no significa que no tengan la misma importancia frente a las que presentan mayor número. La relevancia se establece, en gran parte, en la forma en cómo se relacionan con otras subcategorías. Por lo tanto, las subcategorías que

mayor número de relaciones presenta son: cambio de certeza (45-6), ciencias escolares (159-5), relaciones CTSA (155-5), acumulativo (40-4) y contextual (93 - 4).

Por lo tanto, se puede establecer que la mayoría de las relaciones parten de la subcategoría acumulativo, en la que el conocimiento científico se va acumulando poco a poco y son necesarios los preconceptos o contenidos previos, tal como lo afirman los profesores P10 y 11:

Existen conceptos clave o estructurantes sobre los cuales se edifica un conocimiento más integral y complejo. Documento Inicial P11 - 13:28
En primer lugar el ambiente se pensó para ser separado por unidades didácticas que trabajaba tres conceptos básicos de la mecánica de fluidos como lo son: densidad, flotabilidad y empuje con la descripción del principio de Arquímedes, pretendiendo las prácticas se gestionarían a través de los recursos técnicos y tecnológicos (...). Documento Inicial P10 - 12:31

Asimismo, al analizar las relaciones y los caminos que se establecen en la red semántica, la mayoría terminan en la subcategoría ciencia escolar. Esto se interpreta como ese transitar continuo que realizan los profesores entre el conocimiento científico y el escolar, ya que los fundamentos de la práctica están anclados en la racionalidad de las teorías y los procesos de enseñanza que se constituyen día a día en la escuela (Ritter & Pansera, 2009). Así reflexionan los profesores P8 y P10:

¿Cómo lograr que la enseñanza de las ciencias, en especial de la Biología, no esté centrada sólo en conceptos, sino que les permita tanto a las niñas como a la maestra, generar nuevas formas de apropiación del saber pedagógico y conceptual? (P8: Doc-Final P8 - 27:17).

Cuando se enseñan las ciencias como una simple transcripción de conocimientos ordenados cronológicamente, sin contexto, sin historia y ya terminados, no admiten que el estudiante observe la utilidad de dicho conocimiento, las implicaciones sociales que este trabajo consigo y la manera como se construyó, lo que no permite generar actitudes hacia la ciencia como la creatividad, la curiosidad, el interés, el gusto por el conocimiento científico, el trabajo en equipo, entre otros. (P10: Cues_ P10 - 10:7)

De igual forma, la categoría sobre las relaciones CTSA emerge principalmente desde la necesidad de los profesores de conocer y reconocer la forma cómo se elabora socialmente el conocimiento

científico y ambiental, como una forma de incluirlo en sus procesos de enseñanza (Tuay-Sigua & Porras-Contreras, 2016). Así lo muestra la profesora P2, cuya práctica reflexiva le ha permitido incluir procesos de enseñanza en esta línea:

Entonces yo lo que hice fue optar por los escenarios de aprendizaje y lo que yo hago es desarrollar proyectos proyecto entre los estudiantes cada año deben visitar como mínimo tres escenarios de la ciudad en lo ambiental, en lo científico y a partir del aprendizaje significativo desarrollamos un proceso en el cual ellos van al escenario, van a la par con los contenidos de ciencias porque lógicamente es una exigencia que tengo, que es cumplida y pero también incorporamos situaciones sociales que viven durante su proceso, durante la visita estos escenarios. (P2-. Taller de Investigación 2 - 51:20)

El marco CTSA incluye reflexiones con respecto a la forma de producir conocimiento científico; los métodos para validarlo; los valores implicados en las actividades de la ciencia; las relaciones con la tecnología; la naturaleza de la comunidad científica; las relaciones de la sociedad con la ciencia y la tecnología; y las aportaciones de la ciencia a la cultura y el progreso de la sociedad usado por los profesores para la enseñanza de las ciencias (Acevedo-Díaz & García-carmona, 2016). Por eso se evidencia que la categoría relaciones CTS permite a los profesores transitar entre la dicotomía de conocimiento científico y escolar en sus procesos de enseñanza de la ciencia, como se evidencia en las reflexiones del profesor P6:

Podemos ver la comunidad con un colegio, con temores, con discusiones, pero algo que he intentado descubrir en el aula y es discutir con alguien, es muy discutido y conversado, y es el currículo oculto, pues obviamente soy maestra de ciencias. Yo he intentado todos los días entre la realidad de lo me exige el currículo de Ministerio de Educación y la realidad que me exige las pruebas Saber y el ser humano, el construir las niñas desde su pedagogía crítica desde su autonomía y ese es ese construir constantemente permito y haciendo ese saber pedagógico y no es fácil y también que para mí es satisfactorio y es el proceso de autoformación y yo estoy totalmente convencida que el maestro no sólo se construye de la universidad, no sólo desde la academia, de la formalidad, sino también desde las redes, desde los colectivo, desde lo saberes. Taller de Investigación 2 - 51:8

Por su parte, la categoría contextual muestra cómo los profesores procuran que sus estudiantes participen activamente en la construcción del conocimiento científico, reconociendo las características propias del contexto donde se desarrolla su práctica de enseñanza. Así lo expresan los profesores P9 y P5:

Durante el desarrollo de las actividades se observó que cuando se hace abordan los conceptos desde los intereses particulares de la población, existe una mejor apropiación de los conceptos por parte de los mismos, lo cual supone que para optimizar los procesos de enseñanza aprendizaje de las ciencias físicas en grado décimo, no necesariamente se deben seguir los planes de estudio ni las metodologías tradicionales. Documento Inicial P9 - 15:8

Yo pensaba, porque ese es uno de los preconceptos que uno tiene como maestro, que en la parte rural, como ellos están más conectados con la naturaleza, ellos reconocen mejor ciertas cosas físicas pero resulta que no, no la mayor parte de estos niños viven inmersos en en la naturaleza más que un niño urbano..., entonces, por ejemplo a ellos les parece sorprendente jugar con un imán. Entrevista semiestructurada P5 - 43:28

Así, se puede identificar como una característica principal de la NdC que se enseña desde la práctica reflexiva la búsqueda para que los estudiantes participen activamente en la construcción del conocimiento científico, a partir del reconocimiento del contexto donde se desarrolla su práctica de enseñanza. Aunque los profesores evidencien una visión empírico-inductivista, su práctica reflexiva los conduce a buscar nuevas alternativas de enseñanza; como puede ser el enfoque CTSA, que les permite realizar el tránsito del conocimiento científico y la ciencia escolar, incluyendo nuevos elementos de la NdC.

Para comprender la NdC que se enseña, a continuación se describen las principales características desde el enfoque parecido familiar o EPF en las categorías de fines y valores, prácticas científicas, métodos y reglas metodológicas, y conocimiento científico.

Características de la NdC que se enseña desde el EPF

El enfoque parecido familiar (EFS) es una adaptación de la filosofía a la NdC, planteada y revisada por Irzik & Nola (2011, 2014). Los autores

investigan diferencias y similitudes de cada disciplina científica, para así construir un conjunto de características del conocimiento científico. Erduran y Dagher (2016) amplían esta enfoque y proponen algunas aplicaciones e implementaciones para la educación en ciencias. El EPF ha incorporado diferentes aspectos cognitivos, epistémicos, sociales, políticos, científicos y económicos — descritos en el capítulo 2—.

Se tienen en cuenta los referentes teóricos planteados por Erduran & Dagher, 2016; Irzik & Nola, 2011, 2014; Kaya & Erduran, 2016; y Laherto et al., 2018 sobre el EPF y lo establecido en la fase de construcción de relaciones emergentes —descritas en el capítulo 3—, dio lugar a la creación de supercódigos y familias en torno a fines y valores, prácticas científicas, métodos y reglas metodológicas, conocimiento científico y la ciencia como sistema socioinstitucional. Partiendo de estos referentes, se realiza el análisis hermenéutico desde las nubes de palabras obtenidas en cada familia con el propósito de establecer las características de la NdC que se enseña y están presentes en el proceso de la práctica reflexiva.

Análisis de familia: fines y valores

La familia de fines y valores fue creada por la relación de 22 categorías de análisis, que son: acumulativo & cambio de certeza; acumulativo & ciencia escolar; acumulativo & relación teoría-práctica; acumulativo & verdades absolutas; cambio de certeza & ciencia escolar; cambio de certeza & metodológico; cambio de certeza & relaciones CTSA; cambio de certeza & verdades absolutas; ciencia escolar & contextual; ciencia escolar & metodológico; ciencia escolar & relaciones CTSA; ciencia escolar & relación teoría-práctica; contextual & relaciones CTSA; contextual & relación teoría-práctica; criterios de selección; metodológico & relación teoría-práctica; relación teoría-práctica. Todas se encuentran representadas por 486 unidades de análisis, a partir de las cuclas se construye la nube de palabras —figura 63—.

Para generar la nube se toman más de 500 palabras con frecuencias mayores a 10 por cada una, las cuales se seleccionan y filtran según la mayor relación con los fines y valores epistemológicos, a partir de las categorías cognitivo, epistémico y social. Así, resultan 60 palabras graficadas en la nube de palabras para la familia fines y valores:

la que animan a los estudiantes a realizar registros sistemáticos de los efectos de las plantas medicinales; al mismo tiempo, buscando sesgos y explicaciones desde los diferentes conocimientos que se hacen:

(...) el objetivo es llevarlos a la enfermería y hacer un registro de estudiantes que llegan con dolor de cabeza y se les da una aplicación, a continuación se muestra un ejemplo de tabla de registro, (Ver cuadro de registro), hasta el momento este proceso ha sido un ensayo preliminar para corroborar el efecto de la Melissa en caso de dolores de cabeza o cefaleas que no son de tipo migraña, pues esta es una enfermedad que requiere atención médica. Documento Inicial P3 - P4 - 58:39

Esta es una característica presente en la mayoría de las reflexiones de los profesores de ciencias alrededor de su práctica. En otro ejemplo, el profesor P5 también busca que los datos de las prácticas de laboratorio sean interpretados y analizados, que sean utilizados en las clases de ciencias de acuerdo con los principios epistémicos y de construcción de un conocimiento preciso (Kaya et al., 2019), desde cada una de las disciplinas en las que se desarrolla el proceso de enseñanza de las ciencias naturales:

Con lo que se produce en el laboratorio se puede ver la distancia entre encontrar una ley y corroborar unos datos. Se presenta una disyuntiva al tratar de recoger el dato. Una cosa es el dato recogido por nuestros sentidos y otra cosa es el dato recogido con una gramática elaborada para observar el objeto. Cues_P5 - 5:4

Dentro de las prácticas reflexivas desarrolladas por los profesores no se logran identificar fines y valores epistémicos relacionados con la adecuación empírica y el examen crítico. En cuanto a los fines y valores sociales, se realiza el análisis desde los conceptos: ambiente, semillero, construir, problemáticas, contexto, educación, escuela, niños, propuestas, social, alfabetización, grupo, sociedad, apropiación, colegio, espacios, experiencias, familias, formación, niñas, sociales, escenarios, aromáticas, escolar, comunidad, entorno, actitudes, ciudadanos, ciudad, dolor, medicinales, ambiental, colaborativo, cultural, museos, comunidades, cultura, grupos, fitoplancton y reflexionar.

En este sentido, se logra identificar y analizar un mayor número de características en la NdC que se enseña de acuerdo con las propuestas realizadas por Dagher & Erduran (2016) —tabla 6—. En la mayoría de las prácticas reflexivas, se identifican características de la NdC que

buscan cubrir las necesidades humanas y el trabajo colaborativo, a partir del reconocimiento del contexto en el que se encuentran los docentes; como lo muestran los profesores P3 y P4:

A partir de la observación del entorno escolar e inspirado en las plantas medicinales aromáticas cultivadas en la huerta, nace el interés colectivo de iniciar un proyecto que satisfaga una necesidad de salud reconocida en la población estudiantil. Documento inicial P3 - P4 - 58:6

Durante tres meses de trabajo en el laboratorio, los estudiantes según sus roles, fueron complementando el metaplan. Sobresalen los siguientes roles: los relatores, recopilan y organizan la información de cada sesión para socializarlo en la siguiente reunión, leyendo conclusiones y dando paso a la discusión del día; los comunicadores encargados de dinamizar la producción de saber de cada grupo; el líder, que en este caso es el estudiante que lleva más tiempo en el semillero, encargado de mantener el interés del grupo, hace registros fotográficos, interviene con apuntes pertinentes. En esta dinámica de roles tanto profesor coinvestigadoras y estudiantes investigadores comparten autoridad y control de aprendizaje (...). Documento inicial P3 - P4 - 58:35

También se identifican fines y valores sociales que reconocen el conocimiento científico y su desarrollo en una ciencia escolar, que a su vez permite una alfabetización científica y mantiene a los estudiantes al día con los desarrollos científicos y tecnológicos. Así lo indican las reflexiones de los profesores P5 y P6:

Encontrando en la física de la escolaridad media el insumo perfecto para estimular esas competencias que pretende el aprendizaje de las ciencias, generando necesidades en los aprendices y el tutor a fin de que se usen adecuadamente las TIC, dejando como resultado la competencia intrínseca de autoformarse “aprender a aprender” aportando en la construcción de estos lineamientos para la innovación educativa mediante el uso de la TIC, desde la ruralidad. Documento inicial P5 - 59:2

Atendiendo a las anteriores necesidades y estrategias, se desarrolla la presente experiencia tomando como eje dinamizador tres premisas, fundamentadas en la alfabetización científica; caracterizándose esta por: **Ser práctica**; permitiendo utilizar los conocimientos cotidianos para mejorar la calidad de vida, el conocimiento de sí mismo y del entorno. **Estar al alcance de toda la comunidad** y facilitar a las personas intervenir socialmente, con criterio científico, en decisiones políticas. Desarrollar procesos de aprendizaje que propicien la **adquisición de**

conocimientos propios de la ciencia y la tecnología, la familiarización con los procedimientos y el uso de instrumentos útiles en su estudio e incidir en los aspectos sociales, económicos, ambientales y políticos. Documento inicial P6 - 14:5

Es así que la NdC que se enseña se caracteriza por incluir principios éticos como la honestidad, el cuidado por la naturaleza y el medio ambiente, entre otros. Estos son importantes y están estrechamente vinculados con los contextos sociopolíticos y culturales de la ciencia. Aunque la ciencia no tiene como objetivo principal establecer códigos morales o abordar cuestiones de ética, en los procesos de educación científica tienen una mayor relevancia (Abd-El-Khalick, 2013), como lo reflexionan los profesores P10 y P15:

Por otra parte la educación es tomada como un pilar fundamental para la sociedad, la cual ha tenido que evolucionar con las constantes transformaciones que la vida y el desarrollo de la ciencia y tecnología ha traído consigo, por tal motivo se afirma que la educación científica debe orientar sus objetivos y fines, no sólo a la mejora del aprendizaje de ciencias naturales, sino también a impulsar una visión más humanizada de las ciencias que promueva en los alumnos una mejor comprensión del entorno y en especial la interacción entre la sociedad. Documento inicial P10 y P15 - 12:21

Por lo tanto, se establece que las principales características de la NdC que se enseña, relacionadas con los fines y valores epistémicos, son la objetividad y la exactitud. Principalmente, se encuentran fines y valores sociales relacionados con la honestidad, Las necesidades humanas, aprender sobre el medio ambiente y la tierra, la alfabetización científica, y mantenerse al día con los desarrollos científicos y tecnológicos.

Análisis de familia: prácticas científicas

La familia de prácticas científicas se creó al relacionar 22 categorías de análisis, que son: acumulativo & cambio de certeza; acumulativo & ciencia escolar; cambio de certeza & metodológico; cambio de certeza & verdades absolutas; ciencia escolar & contextual; ciencia escolar & metodológico; ciencia escolar & relaciones CTSA; ciencia escolar & relación teoría-práctica; contextual & relación teoría-práctica; metodológico & relación teoría-práctica; relación teoría-práctica. Se extraen 264 unidades de análisis, que contienen 2500 palabras para la generación de la nube que se muestra en la figura 64:

Figura 64. Nube de palabras familia prácticas científicas.

Fuente: elaboración propia

El análisis hermenéutico (Cristóbal, 2017) alrededor de la familia práctica científica se realizó a partir de las principales conceptos encontrados en la nube de palabras, que permiten caracterizar las diferentes prácticas científicas. De esta manera, se identifican: laboratorio, proyecto, proceso, ciencia, experiencia, construir, competencias, semillero, procesos, equipo, ciencias, conceptos, construcción, ambiente, hecho, físicas, sociales, dolor, actividad, indagación, naturaleza y virtual.

Con el análisis de los conceptos centrales en la nube de palabras, se identifica que la indagación en la práctica reflexiva es una de las principales prácticas científicas en la NdC enseñada por los profesores participantes de esta investigación.

García-Carmona (2014) establece que la indagación dentro de la NdC incluye tareas reflexivas frente a las forma en que se establece un procedimiento experimental, utilizando la indagación para determinar un procedimiento que permite unos resultados. La profesora P9 muestra de la siguiente forma:

Durante más de cuatro años vengo desarrollando con mis estudiantes de

los ciclos 3 y 4, un trabajo de investigación que implica fortalecer ejercicios de indagación mediante la construcción de preguntas generadoras en las que se fortalece procesos de autoformación y de aprendizaje significativo en cada una de las estudiantes, dicho proceso se inicia con el fortalecimiento de Ambientes de Aprendizaje en el Aula en el que media la negociación, la concertación y el trabajo en equipo alrededor de diversos temas de Biología y de ciencias sociales (...). Cues_P8 - 8:3

Es importante resaltar que la indagación, además de tener una intención de hacer ciencia en las clases, es vinculada por los profesores con fines y valores sociales como el trabajo colaborativo. Así lo proponen los profesores P3 y P4:

Esta mirada hacia la indagación pone en la mesa un conjunto de elementos para tener en cuenta, como: el conocimiento científico, una necesidad social, la enseñanza de las ciencias, el conocimiento científico escolar, saberes comunes, intereses del semillero de investigación, la didáctica de la pregunta –planteamiento problémico- y la dinámica escolar. De ellos y de una manera interactiva se van construyendo pautas de trabajo, en un proceso comunicativo dialógico en el cual se interpreta, comprende y aporta a caminos de aprendizaje conjuntos, donde se logran resultados y se obtienen respuestas a interrogantes, que no son definitivos, es por ello que este artículo muestra unos resultados parciales de un proceso investigativo en la dinámica de un semillero de investigación escolar. P58: Documento inicial P3 y P4.

Otra de las prácticas científicas que se evidencia en la NdC que se enseña es la experimentación. Aunque esta práctica científica suele confundirse como una actividad convencional mediante la que se instruye a los estudiantes a seguir los procedimientos prescritos, como si se tratara de un enfoque del “libro de cocina” (Erduran & Dagher, 2016), esto sucede en casos donde la experimentación no es una actividad recurrente en la enseñanza de la ciencia. Esto le sucedió a la profesora P9:

En primer lugar se debe destacar la buena actitud mostrada por los estudiantes quienes acogieron la actividad como una verdadera novedad y eso se evidencia por la manera como la desarrollaron, puesto que la identificaron el experimento, consiguieron los materiales necesarios, la reprodujeron e hicieron la explicación del fenómeno demostrado. Documento inicial P9 - 15:28

En la práctica reflexiva de los profesores de ciencias se hace evidente un avance hacia una práctica de experimentación en la que se estimula a

Los principales conceptos encontrados en la nube de palabras permiten caracterizar las diferentes prácticas científicas. Se identifican, de esta manera: laboratorio(s), prácticas, hecho, virtual(es), procesos, recoger, actividad y experiencias.

De acuerdo con Dagher & Erduran (2016), los métodos se relacionan principalmente con las prácticas científicas y las reglas metodológicas están vinculadas con los fines y valores científicos. Por lo tanto, se esperan encontrar métodos científicos relacionados con las prácticas de indagación y experimentación —identificados en la sección anterior—.

El número bajo de relaciones encontradas y las pocas palabras clave frente a esta familia no permiten hallar en gran detalle métodos y reglas metodológicas que desarrollan los profesores en sus procesos de enseñanza en torno a la práctica de indagación. Pero sí se logran identificar algunas características generales frente a las prácticas de indagación, en las que se buscan metodologías para plantear preguntas y procedimientos adecuados en la búsqueda, selección e interpretación de información relevante para dar respuesta a esas preguntas (Ministerio de Educación Nacional de Colombia, 2004). Esto se evidencia en la forma cómo los profesores P2 y P3 plantean la práctica de indagación:

Desarrollar un proceso de indagación a través de las preguntas problema generadas por los estudiantes alrededor del objeto de estudio plantas aromáticas medicinales, se han realizado prácticas de etnobotánica y de laboratorio, consultas, socializaciones y una encuesta tabulada para diagnosticar el principal síntoma de los estudiantes del colegio cuando acuden a la enfermería?. Doc-final P2-y P3 - 34:37

Este abordaje se inició con prácticas de laboratorio teniendo en cuenta las propiedades organolépticas, donde se plantearon las siguientes preguntas: ¿Cuál es su aroma?, ¿De qué estructura de la planta proviene?, ¿Cuáles son sus características morfológicas?, ¿Cuál es su textura?, ¿Cuál es su sabor?, ¿Su sabor es agradable o desagradable?, entre otras. La intención de las preguntas es acercarse de una manera experimental al objeto de estudio, y reconocer de una manera cualitativa las propiedades químicas de la planta. Documento inicial P2 y P3 - 61:8

Una característica general en esta familia es la variedad de metodologías de los profesores y cómo cada una de éstas se ajustan a los procesos de enseñanza y sus fines epistemológicos, con las que se amplían el uso de las metodologías como actividades de laboratorio, que se buscan

desarrollar en otros espacios físicos diferentes al salón de clase. Así lo muestra la profesora P5:

(...) mi propuesta tiene que ver con el uso de laboratorios virtuales en clase de física, yo soy profe de física y de matemáticas, sin embargo la propuesta solamente es para física décimo y once, lo que he hecho hasta el momento son prácticas con los muchachos de once, básicamente la propuesta es que con laboratorios virtuales complementar la parte teórica, no es solamente el laboratorio virtual sino complementarlo con ellos. Entrevista semiestructurada P5 - 44:30

Teniendo como premisa el aporte que realiza al aprendizaje de las ciencias físicas la elaboración aplicaciones, applets o laboratorios virtuales al alcance de todos gracias a la Internet; resulta pertinente emplear la práctica tradicional y la práctica virtual con los estudiantes de media vocacional o ciclo V, y desde la experiencias de ellos establecer con cual las dos se adquiere una mejor comprensión sobre los conceptos físicos, si existen ventajas de una sobre la otra o se pueden emplear complementar entre sí. Doc-inicial P5 - 41:44

Según el análisis de las palabras claves encontradas en la nube, en la práctica de experimentación se logran identificar metodologías relacionadas con el desarrollo del método científico, donde las actividades de enseñanza que involucran el uso del laboratorio se centran principalmente en construir una hipótesis, recopilar datos, probar la hipótesis y finalmente llegar a una conclusión (Dagher & Erduran, 2017). Sin embargo, la característica principal es que este proceso se va reconfigurando y, en muchas ocasiones, el uso de estas práctica de experimentación permite que los estudiantes estén más involucrados con sus desarrollos y tenga otros fines diferentes a los epistémicos.

Como punto de partida para la búsqueda de una solución que involucra a todos los integrantes. Ellos diseñan la trayectoria —allí nacerán otras preguntas—, organizan y elaboran información y proponen escenarios u otras actividades que se validen como espacios propicios para el desarrollo de habilidades científicas. Doc-final P3-P4 - 24:27

Teniendo como premisa el aporte que realiza al aprendizaje de las ciencias físicas la elaboración de experiencias o el desarrollo de prácticas en laboratorio y, que en la actualidad existe aplicaciones, applets o laboratorios virtuales al alcance de todos gracias a la Internet; resulta pertinente emplear la práctica tradicional y la práctica virtual con los

estudiantes de media vocacional o ciclo V, y desde las experiencias de ellos establecer con cual las dos se adquiere una mejor comprensión sobre los conceptos físicos, si existen ventajas de una sobre la otra o se pueden emplear complementar entre sí. Cues_P9 - 9:3

Aunque no se identifiquen con detalle el uso de métodos científicos y reglas metodológicas, si se establece que, dentro de las prácticas reflexivas desarrolladas por los profesores, este componente se va reconfigurando a medida que avanzan en sus reflexiones, y se va articulando con otros fines y valores diferentes a los epistémicos.

Análisis de familia: conocimiento científico

La familia de conocimiento científico se estableció a través de las relaciones de 11 categorías de análisis, que son: códigos; acumulativo & cambio de certeza; ciencia escolar & cambio de certeza; ciencia escolar & relaciones CTSA; contextual & cambio de certeza; contextual & relaciones CTSA; criterios de selección & cambio de certeza; fines y valores & cambio de certeza; metodológico & cambio de certeza; relaciones CTSA & cambio de certeza; y relación teoría-práctica & cambio de certeza. De éstas se extraen 437 unidades de análisis, que contienen alrededor de 3800 palabras para generar la nube —que se muestra en la figura 66—. Las principales palabras encontradas en la nube permiten caracterizar el conocimiento científico, como: concepto(s), construir, genera, expresión, química, escuela, genética, evidencia, investigación, biodiversidad, celular, y escuela.

Figura 66, Nube de palabras familia conocimiento científico.



Fuente: elaboración propia

De acuerdo con Dagher & Erduran (Dagher & Erduran, 2016), una de las formas de caracterizar el conocimiento científico es por medio de las teorías, leyes y modelos (TLM), no sólo con su cobertura discreta, sino la forma cómo trabajan juntas para validar y/o generar nuevo conocimiento. Las TLM, además de ser las productoras del conocimiento científico, también conducen a nuevas comprensiones del mundo.

De esta forma, al identificar las características y relaciones de TLM que enseñan los profesores en sus contextos particulares, se establece que, principalmente, los docentes plantean y buscan desarrollar las TLM por medio de la apropiación de conceptos como entidades discretas de la ciencia. Por lo tanto, su enseñanza —según sus reflexiones iniciales— se centra en desarrollar actividades sobre la comprensión y uso de los conceptos, como se evidencia en los documentos iniciales de los profesores P6 y P11.

Se reconoce en el aprendizaje significativo crítico un enfoque oportuno para abordar las temáticas en cuestión, sobre todo en conceptos asociados con célula y material genético. Se encuentran dificultades asociadas en el manejo puntual de conceptos como cromosoma, células sexuales y la cantidad de material genético que se hereda de los progenitores. Documento inicial P11 - 13:2

Se han implementado diferentes modelos de enseñanza-aprendizaje, que buscan desarrollar alternativas encaminadas a la apropiación de conceptos, la resolución de problemas y la conexión de dichas ciencias. Documento inicial P6 - 14:19

Los conceptos de una rama del conocimiento verdaderamente contribuyen para que se alcancen mejores aprendizajes. Documento inicial P9 - 15:71

De igual forma, se evidencia a lo largo de la práctica reflexiva que la enseñanza del conocimiento científico se relaciona con la aplicación —dentro y a través— de las disciplinas científicas, por medio de la comprensión de los conceptos disciplinares. Pero aún se aprecian a las TLM como componentes individuales, así como lo describe P5 en la entrevista semiestructurada:

En las ciencias se puede ver como se expresa una estructura en la forma lingüística, en el pensamiento y en la configuración de una teoría.

No se parte de lo preestablecido para encontrar relaciones de causa y efecto, los conceptos no pueden ser tomados directamente de un código preexistente que se emplea en la cotidianidad; sino que se procede con un nuevo arreglo, su ciencia es una lectura pero una lectura con sentido.

Cues_P5 - 5:3

Una de las principales características de la NdC que se enseña frente al conocimiento científico es que las TLM son entidades discretas; es decir, las relaciones y formas en qué pueden desarrollarse en cada una de las disciplinas no son analizadas en profundidad, aunque se evidencia que los profesores procuran que estas TLM se desarrollen adecuadamente con la comprensión de los conceptos científicos y su relación con la comprensión de su contexto.

Durante el desarrollo de las actividades se observó que cuando se hace abordan los conceptos desde los intereses particulares de la población, existe una mejor apropiación de los conceptos por parte de los mismos, lo cual supone que para optimizar los procesos de enseñanza aprendizaje de las ciencias físicas en grado décimo, no necesariamente se deben seguir los planes de estudio ni las metodologías tradicional. Documento Inicial P9 - 15:8

De acuerdo con lo que plantean Erduran & Dagher (2016, p.150), “la clasificación de las formas de conocimiento científico, la naturaleza de las teorías, las leyes y los modelos a menudo no se discute a nivel de la ciencia escolar”. Esta puede ser una razón de la poca reflexión en este tema y su contribución en el aprendizaje de las ciencias.

La NDC que se enseña de forma explícita e implícita

Como se estableció en el capítulo 2, en la literatura en educación en ciencias se pueden identificar dos enfoques para la enseñanza de la NdC: el primero es aquel que desarrolla una enseñanza de la NdC explícita y el segundo, que busca el desarrollo de forma implícita.

De acuerdo con Duschl & Grandy (2013), el enfoque de la enseñanza de la NdC explícita utiliza elementos de historia, filosofía de la ciencia, entre otros, para su comprensión. Por su parte, el enfoque de la enseñanza de la NdC implícita es resultado del aprendizaje integrado en otras estrategias y objetivos pedagógicos, como la enseñanza de la investigación científica y la indagación, entre otros. De esta forma, en

las prácticas reflexivas de los profesores se identifican características de los dos enfoques de enseñanza, por lo que es pertinente analizar la NdC que se enseña desde ambos enfoques; buscando sus relaciones con las características de la NdC desde el EPF.

A continuación, se analizan estos dos enfoques y su relación con las características de la NdC desde el EPF.

La NdC que se enseña explícitamente

Para establecer las diferentes características de la enseñanza explícita de la NdC por medio de la práctica reflexiva que realizan los profesores de ciencias durante el proceso de formación en servicio, se buscan las relaciones de coocurrencia entre la familias de NdC y los códigos enseñanza de la NdC —tabla 27—, con las que se elaboró la red semántica alrededor de la enseñanza de la NdC explícita —figura 67—.

Figura 67. Red semántica alrededor de la enseñanza de la NdC explícita



Fuente: elaboración propia por medio de Atlas.ti

Inicialmente, en la red semántica de la figura 67, se evidencia a la enseñanza explícita de la NdC en las prácticas reflexivas de los profesores de ciencia. Este es un proceso que busca reconocer algunos elementos de los fines y valores epistemológicos del conocimiento científico, como la posibilidad de creación y desarrollo de culturas en el salón de clase. Allí el profesor y los estudiantes son explícitamente conscientes de los valores epistémicos compartidos, que les permitirá establecer un lenguaje común y hacer posible una interpretación de la actividad científica (Erduran & Dagher, 2016).

Por otro lado, no se identifican fines y valores cognitivos en estos procesos de enseñanza; es decir, no se busca el desarrollo de habilidades científicas en los estudiantes, que son necesarias para la comprensión de las actividades científicas en el campo científico y su relación con en el aula de ciencias naturales. Asimismo, son pocas las prácticas científicas que se evidencian y reconocen, aquellas que se centran en el reconocimiento de los modelos científicos.

Otro aspecto de la NdC que se enseña explícitamente es la inclusión de aspectos sociales de la actividad científica, donde se busca una representación más inclusiva de la ciencia que contribuya en comprender la forma cómo se ha desarrollado el conocimiento científico y sus diferentes métodos y metodologías para el desarrollo de las diferentes actividades científicas, al igual que las formas en que se hacen las investigaciones o en las que los científicos desarrollan su tarea (Dagher & Erduran, 2016). Al incluir los aspectos sociales de la actividad científica, los profesores han organizado procesos de enseñanza que permitan a los estudiantes trabajar juntos de tal manera que ellos puedan actuar frente a las diversas problemáticas ambientales y de la Tierra, las necesidades humanas y la forma cómo se desarrolla el conocimiento científico.

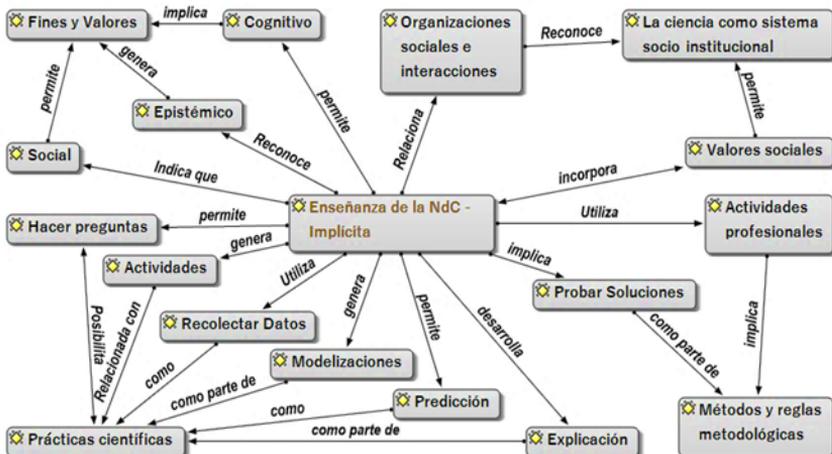
Es importante tener en cuenta que en las prácticas reflexivas de los profesores de ciencias, la enseñanza de la NdC explícita se encuentra en un estado inicial y que los profesores que están incluyendo estos procesos de enseñanza se encuentra en niveles iniciales de reflexión.

Características de la enseñanza de NdC – implícita

La red semántica de la NdC implícita de la figura 68 se construye a partir de las relaciones de coocurrencia entre la familias de NdC y los códigos enseñanza de la NdC —como se muestra en la tabla 28—. Con esta red se puede caracterizar la enseñanza implícita de la NdC por medio de la práctica reflexiva de los profesores, se puede establecer qué se busca en los estudiantes, la comprensión de una ciencia y su funcionamiento desde el hacer ciencia; desarrollando principalmente las prácticas científicas de indagación y experimentación por medio de diferentes métodos y metodologías propias de cada disciplina científica.

Asimismo, en la red semántica de la figura 68 se identifica que la enseñanza implícita de la NdC permite el desarrollo del componente de la práctica científica, dado al gran número de relaciones y conexiones semánticas que se pudieron establecer entre la enseñanza de la NdC implícita y las características de esta familia.

Figura 68. Red semántica alrededor de la enseñanza de la NdC implícita



Fuente: elaboración propia por medio de Atlas.ti

Los fines y valores cognitivos y epistémicos, que se pueden identificar en la práctica reflexiva de los profesores que realizan procesos de enseñanza implícitos de la NdC, están relacionados con los cognitivos, como el desarrollo de habilidades científicas; los epistémicos, como el objetivo y los valores, pero principalmente con los fines y valores sociales como el trabajo en equipo, las necesidades humanas, aprender sobre el medio ambiente y la Tierra, y los desarrollos científicos.

De esta forma, la NdC que se enseña de forma implícita desarrolla, permite, genera una práctica de experimentación en la que se utilizan métodos científicos que implican actividades particulares, como la observación, la clasificación, y la experimentación en un complejo conjunto de interacciones; incluyendo la recolección y análisis de datos, y la certificación de las afirmaciones de conocimiento posteriores. Todo esto permite a los estudiantes que realicen prácticas científicas para la solución de problemas reales y cercanos a sus contextos (Erduran & Dagher, 2016).

Asimismo, los profesores que incluyen una enseñanza de la NdC implícita buscan que los estudiantes utilicen diversos métodos de investigación y metodologías de análisis para comprender la forma en qué se construye el conocimiento científico, al mismo tiempo que desarrollan habilidades científicas como la observación, la indagación o el uso comprensivo del conocimiento científico.

Desde la familia de la ciencia como un sistema socioinstitucional, se incluyen problemáticas propias de los contextos de enseñanza, buscando que los estudiantes las aborden y vayan más allá de la recopilación de datos, que puedan reelaborar sus investigaciones por completo para que puedan responder no sólo a los fines y valores epistémicos, sino al desarrollo de valores sociales (Dagher & Erduran, 2016).

Asimismo, es importante destacar que las prácticas reflexivas de los profesores de ciencias se centran más en procesos de enseñanza de las NdC de forma implícita, lo que permite reconocer un mayor número de características de la NdC en torno al EPF.

La NDC que se enseña desde los niveles de reflexión

Una práctica reflexiva supone una postura, una forma de identidad o un habitus (Perrenoud, 2004). La profundidad de la reflexión sobre la

práctica de enseñanza desarrollada por los profesores permite identificar diferentes niveles descriptivos, comparativos, pedagógicos y críticos — descritos en el capítulo 2—. A continuación, se analizan los diferentes niveles de reflexión desarrollados por lo profesores de ciencias en torno a la NdC que enseñan desde su práctica reflexiva.

Cada uno de estos niveles de reflexión no se dan de forma lineal o son exclusivos de un profesor en particular, pero si se presentan en menor o mayor grado de acuerdo con su práctica reflexiva y las discusiones que se realizan con los demás profesores e investigadores que participan del proceso de formación en servicio.

En primer lugar, se analiza el nivel de reflexión descriptivo sobre la NdC que se enseña por medio de la relaciones encontradas en la tabla 30 de coocurrencia de códigos entre categoría niveles de reflexión y familias de NdC, con la que se construye la red semántica de la figura 69.

Figura 69 - Red semántica alrededor de reflexión descriptiva.



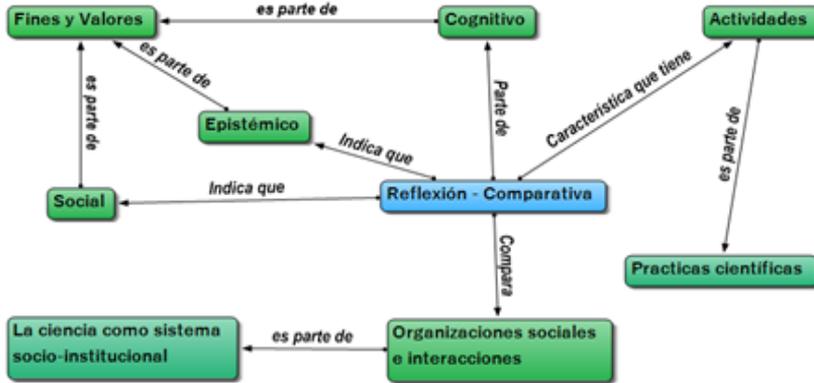
Fuente: elaboración propia por medio de Atlas.ti

De esta forma, el nivel de reflexión descriptivo tiene el segundo mayor número de unidades de análisis identificadas—99 unidades de análisis— y permite un mayor número de relaciones entre el nivel y las familias de NdC. Cuando los profesores realizan reflexiones de tipo descriptivo, éstas giran en torno a reconocer e identificar aspectos de la práctica científica que enseñan, pero no se reconoce un uso del conocimiento científico. Así lo plantea el profesor P8:

Inicialmente cuando se plantea el tema de Naturalezas de la Ciencia me lleva a revisar como a través de mi trabajo pedagógico en el que día a día en el aula de clase donde incentivo la investigación, el indagar sobre la importancia del saber y el aprendizaje significativo, en el que las estudiantes en un paso a paso van construyendo un conocimiento que es fruto de sus inquietudes, intereses y búsquedas me ha generado la posibilidad de construir con mis estudiantes un camino pedagógico en el que las ciencias no sólo se vea como una especialidad de unos pocos expertos, sino como un saber al alcance de cada una de nosotras, y en cuyo ámbito el trabajo en equipo, el proceso de autoformación y la construcción de un saber propio juegan un papel relevante de la mano de procesos de auto -investigación. (Cues_P8 - 8:5)

Los fines y valores epistémicos y cognitivos que se enseñan, como la objetividad y la exactitud, sólo son reconocidos de forma general y no asumidos como un eje principal de la enseñanza de las ciencias. En cuanto a los métodos y reglas metodológicas y la ciencia como sistema socio institucional, son muy pocas sobre las que se reflexiona. Esto se relaciona con prácticas reflexivas que aún están en procesos iniciales. Aunque haya mayores relaciones entre las categorías, éstas no han desarrollado un conocimiento profundo sobre la Naturaleza de la Ciencia.

Por otro lado, el mapa semántico de la reflexión descriptiva — figura 69— muestra menor número de relaciones encontradas entre el nivel y la familia de NdC. Principalmente se identifica que las características de la NdC que se enseña se centran en las estrategias y los métodos utilizados para alcanzar objetivos predeterminados, por lo que los profesores reconocen la importancia de tomar en cuenta las necesidades de los estudiantes: no sólo las incluyen, si no que buscan que cada vez tengan una mayor relevancia para sus estudiantes.

Figura 70. Red semántica alrededor de la reflexión comparativa –

Fuente: elaboración propia

Estas reflexiones comparativas parten de los procesos cognitivos que pueden desarrollar los estudiantes dentro de los fines y valores de la ciencia, así como lo manifiesta el profesor P11:

Para la Enseñanza de las Ciencias Naturales (2002) proponen que sea el maestro quien genere las condiciones necesarias para que el estudiante establezca relaciones entre mutación, selección natural y herencia; compare casos de algunas especies actuales que ilustren la selección natural; establezca relaciones entre el clima y las adaptaciones de algunos organismos representativos, formulando hipótesis acerca del origen y evolución de diferentes organismos. (P11- Doc-Final - 23:11)

Generalmente, las reflexiones pedagógicas que desarrollan los profesores parten de un marco conceptual pedagógico y el desarrollo y la aplicación de sus conocimientos didácticos, asimismo de las reflexiones que han realizado sobre las teorías que subyacen a los enfoques pedagógicos (Lamas & Vargas-D'Uniam, 2016) y las conexiones establecidas entre el conocimiento científico y la práctica en el aula. Esto permitió identificar un gran número de unidades de análisis — 342 unidades de análisis— y relaciones entre el nivel y las familias de la NdC, como se muestra en la figura 71:

Figura 71. Red semántica alrededor de la reflexión pedagógica.



Fuente: elaboración propia

La reflexión pedagógica permite que los profesores vinculen los fines y valores epistémicos- cognitivos de forma más consciente con sus procesos de enseñanza, como lo expresan los profesores 4 y 9:

¿Qué tanto podemos construir juntos? entonces tiene que ser mucho mejor y ha sido mucho mejor porque he encontrado en la investigación que llevo ahorita actualmente, es quien que fue o sea se dispararon muchos se dispararon muchos procesos, cuando les puse un reto común y pudieron hablar entre ellos, ellos solos sacaron las variables, ellos solos sacaron -no controlemos esto, controlemos lo otro- cuando estaban en medio de la experiencia -no nos toca modificar tal cosa- y venían y me hablaban, -profe- o por el WhatsApp ocho de la noche -profe es que no nos ha salido la semilla-entonces -bueno y ¿ya cambiaron algo? (P5: Entrevista semi estructurada 137:2)

Asimismo, la reflexión pedagógica permite a los profesores reconocer las diferentes formas en que un estudiante puede desarrollar la actividad científica y vincularlo en prácticas científicas como la indagación, como lo expresa el profesor P4:

Pues los puse en vasos transparentes, los voy a esperar- que vengan emocionados—profe, imagínese que me di cuenta de que si pongo en una litera transparente crecen más rápido que si están en algo oscuro, ¿Qué será? ¿La luz? ¿La radiación? ¿Qué percibirán? Entonces se hacen preguntas que uno no puede obligar a la mente humana a hacerse, a menos que viva ese ejercicio de construcción colectiva, porque cuando ellos hablaban entre ellos entonces le decía –no sea bobo eso no se puede- ¿sí? o sea es diferente cuando me hablan desde la horizontalidad, a cuando ya hay una jerarquía ya diciéndome –hay eso no se hace- ¿sí? O sea es totalmente distinto, entonces muy bonito.(P4: Entrevista semi estructurada 155:12)

Otra de las familias que mayor relación tiene con el nivel pedagógico es la de la ciencia como sistema socioinstitucional. En el análisis de esta familia se puede establecer que el profesor tiene como objetivo la mejora continua de su práctica para que sus estudiantes desarrollen mejoren aprendizajes, por lo cual se incluye un mayor número de características de la ciencia como sistema social desde la comprensión del problemas socioambientales, o aspectos financieros y políticos de la ciencia. Por último, es importante destacar que el conocimiento pedagógico desarrollado por los profesores les permite incluir métodos y metodologías de forma diferente en los procesos de enseñanza de la ciencia tradicional, como sucede en el caso del método científico. Con respecto al nivel de reflexión crítica, se establece que es uno de los niveles con menor número de unidades de análisis —23 unidades de análisis—, por lo que se pueden establecer pocas relaciones, tal y como se muestra en la figura 72:

vFigura 72- Red semántica alrededor de la reflexión crítica.



Fuente: elaboración propia

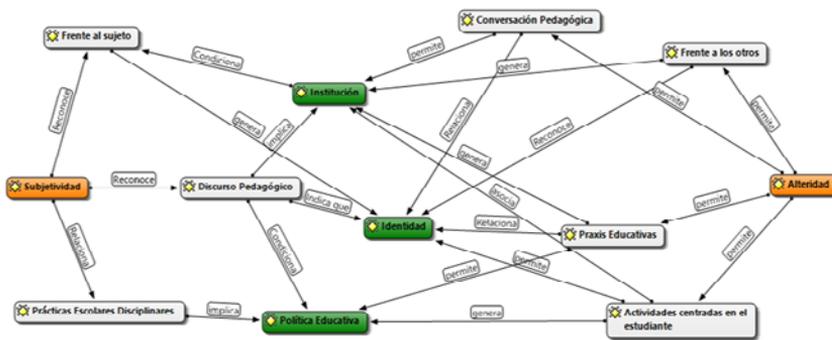
Como la práctica reflexiva hace referencia de las implicaciones de los procesos de enseñanza en las realidades sociales y políticas, así como se tienen en cuenta aspectos de la moral y la ética, y las consecuencias de las prácticas que se desarrollan en el aula (Lamas & Vargas-D'Uniam, 2016), los profesores de ciencias que logran este nivel centran su atención en el contexto y en las condiciones en las que se desarrollan su práctica. La convierten en una actividad investigativa, de reflexión crítica frente a los aspectos socioinstitucionales y las prácticas científicas.

De esta forma, los profesores comprenden la NdC como posibilidad para analizar diferentes problemáticas propias de su contexto, comparando las características de la ciencia con diversas problemáticas educativas.

La NDC que se enseña desde la subjetividad – alteridad

La categoría emergente de la subjetividad – alteridad surge de la deconstrucción de la información frente a la proyección de los profesores en cuanto su discurso pedagógico, prácticas de enseñanza, disciplinares y actividades centradas en el profesor como elementos de su subjetividad; así como su proyección frente a los otros, la conversación pedagógica, las praxis educativas y las actividades de su alteridad. que configuran y caracterizan la NdC que enseña.

Figura 73. Red semántica de Subjetividad - Alteridad.



Elaboración propia

De esta forma —como se describió en el capítulo 3—, se obtiene una red semántica — figura 73— a partir de las relaciones encontradas entre las subcategorías institución, identidad y política— en el centro del mapa, resaltadas en color verde— y la familia de NdC, como se describe en la tabla 30. De esta forma, al lado derecho de la red semántica se ubican las características relacionadas con la alteridad y al lado izquierdo, las que son afines con la subjetividad de los profesores.

En primer lugar, se evidencia en la NdC que se enseña que, aunque el profesor es y se reconoce como pedagogo principal por medio de sus discursos pedagógicos, se pueden ver condicionados por las políticas públicas y educativas que regula la institución, el Gobierno local y nacional, como lo muestra el profesor P9:

La implementación del ambiente de aprendizaje requiere tener una estrecha relación con el proyecto educativo institucional PEI, al cual el MEN (1994) le asigna el siguiente propósito: ...debe responder a situaciones y necesidades de los educandos, de la comunidad local, de la región y del país, ser concreto, factible y evaluable (p.12), en otras palabras, el PEI constituye la hoja de ruta de toda institución, en él se debe estipular: currículo, enfoque pedagógico, filosofía institucional, necesidades de la comunidad educativa, perfil docente, caracterización de los estudiantes; además, desde RCC se deben considerar cuatro nuevos aspectos: horizonte institucional, organización escolar, académico y comunidad. Documento inicial P9 - 15:38

Por lo tanto, estos condicionamientos se encuentran principalmente en las etapas iniciales de una práctica reflexiva y con poco desarrollo de las características de la NdC. Aunque, a medida en la que los profesores avanzan en su práctica reflexiva, apoyados por el diálogo entre sus pares académicos, estas limitaciones se convierten en oportunidades para desarrollar prácticas de enseñanza pertinente, incluso sin o con pocos apoyos institucionales, donde se incluyen mayores elementos de la NdC. Así se evidencia en el P11:

Dos cositas que comentábamos con el grupo que es importante, el nivel y motivación que se tiene, muchos de los colegas que están acá lo hacen a modo propio, es decir muchas veces ni el rector, ni el coordinación académica avalan o acompañan, ni validan, ni acompañan en este proceso, lo hacen porque les nace porque como dice acá el maestro son curiosos, curiositas, les gusta hacer sus trabajos darlos a conocer y esto ya es un buen ambiente para brindarlo a la comunidad educativa. Taller de Investigación P11 - 52:12

La subjetividad de los profesores en servicio se constituye y reconfigura desde la propia identidad y su capacidad de elegir dónde se van resignificando las condiciones institucionales que permitan el reconocimiento del otro como alteridad, además de la transformación del discurso pedagógico en conversación pedagógica, las prácticas escolares disciplinarias en prácticas educativas y las actividades descentradas del profesor para que el estudiante ocupe el centro del acto educativo para el desarrollo de sus potencialidades y su formación subjetiva (Porter, 2006).

Por último, es importante resaltar que estos procesos de reflexión sobre la práctica se hicieron más evidentes y se logró que muchos profesores participantes del proceso desarrollaran otros niveles de reflexión: fue el diálogo entre sus compañeros en las jornadas de socialización y en el acompañamiento in situ. Este diálogo no se realiza solo, sino se da en compañía de pares y otros, que le permite la búsqueda de alteridad, subjetividad e intersubjetividades para construir y consolidar una comunidad de formación (Tuay-Sigua & Porrás-Contreras, 2016).

Conclusiones

La presente investigación contribuye con escenarios propicios para plantear y desarrollar procesos de formación para los profesores de ciencias dentro del sistema educativo de la ciudad de Bogotá, a partir de convenios interinstitucionales, con el fin de promover la reflexión sobre la naturaleza de la ciencia que se enseña entre pares.

En este capítulo se exponen las conclusiones del proceso interpretativo de la investigación, un estudio de caso múltiple y un análisis textual discursivo. Los resultados son en torno a las características, relaciones y condiciones que se encuentran en la Naturaleza de la Ciencia enseñada por los profesores de ciencias en servicio, que están presentes en la práctica reflexiva que desarrollan en sus contextos particulares.

Este capítulo se divide en dos partes: inicialmente se presentan las conclusiones frente al objetivo general y los objetivos específicos según los hallazgos del análisis de la información; posteriormente, se presentan las proyecciones y recomendaciones del trabajo investigativo en el campo de la educación en ciencias y la formación en servicio de los profesores.

Conclusiones relacionadas con los objetivos

La presente tesis doctoral se planteó como objetivo general: “comprender las características, relaciones y condiciones presentes en la Naturaleza de la Ciencia que enseñan los profesores de ciencias en servicio desde la práctica reflexiva que desarrollan en sus contextos particulares”. Para alcanzarlo, el proceso de análisis de la información se orientó por medio de la pregunta: ¿Cuáles son las principales características, relaciones y condiciones que se encuentran en la Naturaleza de la Ciencia que enseñan los profesores de ciencias en servicio desde la práctica reflexiva

que desarrollan en contextos particulares?, además de los referentes teóricos de la visión de consensos, el enfoque de parecido por familias y la práctica reflexiva.

Primero, se presentan las características de la Naturaleza de Ciencia encontradas desde el enfoque de parecido familiar y la enseñanza implícita y explícita de la NdC. Luego se describen las relaciones encontradas entre la NdC con los niveles de reflexión, para terminar con las condiciones que se identifican en la NdC y que se enseñan desde la categoría emergente de subjetividad-alteridad.

Sobre las características de la NdC

Las características de la Naturaleza de la Ciencia que se enseña fueron analizadas desde los referentes teóricos de la visión de consensos, el enfoque de parecido familiar y la enseñanza explícita e implícita. Por lo que, en los siguientes apartados, se sustentan las principales conclusiones encontradas por cada uno de estos referentes.

Características de la NdC desde el enfoque de parecido familiar

Entre las características identificadas en la práctica reflexiva de los profesores, desde el enfoque de parecido familiar, se evidenció que en la familia de fines y valores epistémicos – cognitivos ésta se caracteriza por la búsqueda de la objetividad de la ciencia desde un enfoque sociocultural, en el que los profesores desarrollan un compromiso para construir el conocimiento en compañía de sus estudiantes; animándolos a realizar registros sistemáticos, desarrollar métodos y metodologías de investigación que les permita explicar problemáticas cercanas a sus entornos. Asimismo, la ciencia escolar adquiere nuevas características relacionadas con el trabajo colaborativo, para cubrir las necesidades humanas.

La familia de fines y valores sociales parte del reconocimiento del conocimiento científico y su desarrollo en una ciencia escolar para incluir principios éticos como la honestidad, la alfabetización científica, el cuidado por la naturaleza y el medio ambiente, entre otros. Estos están estrechamente vinculados con los contextos sociopolíticos y culturales de la ciencia, lo que permite a los profesores reconstruir

el conocimiento científico desde otras dimensiones diferentes a las epistémicas, que inicialmente proponen en su práctica reflexiva.

En cuanto a la familia de la práctica científica de indagación, ésta es la que más se desarrolla en la NdC que enseñan los profesores de ciencias. Con ésta se busca que el estudiante establezca diferentes métodos y metodologías para plantear preguntas y procedimientos adecuados; buscar, seleccionar e interpretar información relevante y dar respuesta a esas preguntas. Inicialmente la reflexiones son orientados por las políticas educativas en la enseñanza de las ciencias, establecidas en el sistema educativo colombiano, pero posteriormente se adaptan en cada uno de los contextos en los que se desarrolla la práctica de enseñanza.

Por otro lado, desde la familia de las prácticas de experimentación, se identifica que los profesores buscan estimular a sus estudiantes para establecer procedimientos experimentales relevantes y apropiados, basados en el uso de criterios y estándares epistémicos. Aunque en la mayoría de los casos, los profesores de ciencias exponen que el desarrollo de estas prácticas, tanto científicas como de indagación, no se logran implementar adecuadamente, debido a que estos procesos de enseñanza requieren de un tiempo prolongado y las dinámicas institucionales muchas veces no permiten que los estudiantes se apropien y desarrollen las habilidades científicas necesarias para apropiarse de estas prácticas científicas. De esta forma, es necesario que se continúe reflexionando sobre las prácticas científicas que el profesor está implementado para buscar nuevas alternativas en los procesos de enseñanza de la ciencia.

En cuanto a la familia de métodos y reglas metodológicas, se identifican metodologías para el desarrollo del método científico desde el planteamiento de actividades de enseñanza centradas en la construcción de hipótesis, recopilación de datos, pruebas de hipótesis. Una de las características principales en esta metodología es la forma en qué se configuran los usos de las prácticas de experimentación desde un enfoque de semejanza “a un libro de cocina”, en el cual se instruye a los estudiantes para seguir procedimientos prescritos. Sin embargo, se pasa a otro enfoque en el que se invita al estudiante para que se involucre en el planteamiento y desarrollo de la metodología, que implica otros fines diferentes a los epistémicos. Esto que permite articular las metodologías de la ciencia con los fines y valores epistémicos, y los procesos de enseñanza con características y relaciones de la naturaleza de la ciencia.

Desde la familia de conocimiento científico que caracteriza la NdC que se enseña, se establece que los profesores buscan un desarrollo de la comprensión de teorías, leyes y modelos por medio de la apropiación de diferentes conceptos, aunque se evidencia que estos no siempre funcionan como entidades discretas de la ciencia. Las actividades de enseñanza se han centrado en la comprensión y uso de conceptos aplicados a sus contextos particulares. Asimismo, no se puede evidenciar que los profesores establezcan relaciones entre las teorías, leyes y modelos dentro de su disciplina o la relación de éstas con otras disciplinas. De esta forma, en concordancia con lo que plantea Erduran & Dagher (2016), “la clasificación de las formas de conocimiento científico, la naturaleza de las teorías, las leyes y los modelos a menudo no se discute a nivel de la ciencia escolar” (pág. 150).

Es importante aclarar que no era una pretensión de la investigación encontrar todas las características del enfoque de parecido familiar de la NdC o de la visión de consensos en la práctica reflexiva que desarrollan los profesores en sus contextos particulares. Pero sí se puede afirmar que los profesores que desarrollan una práctica reflexiva en compañía de pares académicos o compañeros de trabajo de su misma institución o con otras instituciones logran incluir otras comprensiones de la ciencia y utilizar en sus procesos de enseñanza diversas características de la NdC, que son ajustados y contextualizados de acuerdo con las necesidades de los estudiantes. Por esto, el trabajo colaborativo de los profesores contribuye significativamente en la comprensión de la naturaleza de la ciencia y sus procesos de enseñanza, desde los compromisos epistémicos que ellos encuentran.

Asimismo, se establece que el enfoque CTSA emerge en la práctica reflexiva de los profesores como un mediador entre el conocimiento científico y la ciencia escolar, donde se conoce y reconoce la forma cómo se elabora socialmente el conocimiento científico y ambiental. Aunque este enfoque no se evidencia de forma explícita en los inicios de la práctica reflexiva, el desarrollo de nuevos niveles de reflexión en torno a la naturaleza de la ciencia, en compañía de sus pares académicos, permite que emerja y se establezca como una vía de desarrollo de la enseñanza de la ciencia escolar

Características de la NdC que se enseña implícita y explícitamente

En la literatura en educación en ciencias —en especial la anglosajona, revisada en el estado del arte—, se identificó el debate sobre la forma en qué se debe enseñar la NdC. En primer lugar, autores como Lederman (2018) y Abd-El-Khalick (2013) plantean que la enseñanza de la NdC se debe realizar por medio de referencias explícitas de un conjunto de principios heurísticos planteados por filósofos e historiadores, que caracterizan la ciencia, aprender sobre ella y los problemas sociocientíficos. Por otro lado, están las propuestas de autores como Duschl & Grandy (2013) que plantean que, para una mejor comprensión de la NdC, los procesos de enseñanza deben estar orientados hacia la participación de los estudiantes en prácticas científicas durante semanas o meses. Así, centran la atención de los estudiantes en la construcción de leyes, teorías y modelos para la medición, observación, argumentación y explicación científica, que forman parte del conocimiento científico: hacer ciencia.

En un primer momento, en la presente investigación se buscó identificar si los profesores de ciencias evidencian, desde sus prácticas reflexivas, procesos de enseñanza de la NdC de forma explícita o implícita. Luego, en un segundo momento, se analizaron las características de la NdC que enseñan de forma implícita o explícita desde el enfoque de parecido familiar.

Se logró identificar, desde la práctica reflexiva de los profesores, que en la mayoría de los casos se plantean procesos de enseñanza de la NdC de forma implícita, los cuales son evidentes en la familia de prácticas científicas. En la mayoría de los casos, son producto de su formación inicial como profesores de ciencias. Pero, con el desarrollo de una práctica reflexiva, surge la necesidad de enseñar características de la ciencia desde una perspectiva más explícita, donde se van incluyendo elementos históricos y cuestiones sociocientíficas en la enseñanza de cada una de las disciplinas.

La enseñanza de la NdC de forma implícita se identifica por promover fines y valores epistémicos de orden cognitivo, como el desarrollo de habilidades científicas; fines y valores epistémicos y sociales, como el trabajo en equipo las necesidades humanas, aprender sobre el medio

ambiente, la Tierra; y los desarrollos científicos, en los que los profesores plantean estrategias de enseñanza que permita a los estudiantes utilizar diversos métodos de investigación y metodologías de análisis para la comprensión de la forma en qué se construye el conocimiento científico. De esta forma, se afirma que una NdC que se enseña de forma implícita permite desarrollar y generar una práctica de experimentación donde se utilizan métodos científicos que implican actividades particulares, como la observación, la clasificación, y la experimentación en un complejo conjunto de interacciones; incluyendo la recolección y análisis de datos, y la certificación de las afirmaciones de conocimiento posterior (Erduran & Dagher, 2016). Un limitante que se identifica en la práctica reflexiva es la temporalidad en la que se desarrollan eventos y que no permite un desarrollo adecuado.

Otra característica de la NdC que se enseña de forma implícita es que los profesores procuran abordar principalmente el conocimiento científico desde la inclusión de problemáticas propias de los contextos de enseñanza, buscando que los estudiantes vayan más allá de la recopilación de datos; es decir, que ellos puedan reelaborar sus investigaciones para responder no sólo a los fines y valores epistémicos, sino también al desarrollo de valores sociales. Asimismo, se reitera que las prácticas reflexivas de los profesores de ciencias se encuentran más centradas en procesos de enseñanza de las NdC de forma implícita, lo que permite el reconocimiento de un mayor número de características de la NdC en torno a el enfoque de parecido familiar.

En contraste, con respecto a la NdC que se enseña explícitamente, los profesores incorporan aspectos sociales de la actividad científica que permiten tener una representación más inclusiva de la ciencia y la forma en que se ha desarrollado el conocimiento científico, sus métodos y metodologías. Aunque estas características de la naturaleza de la ciencia, por lo general, son incluidas en niveles de reflexión pedagógico y crítico, es necesario que los profesores continúen fortaleciendo sus prácticas reflexivas en compañía de sus pares académicos.

Una de las conclusiones en cuanto a la enseñanza implícita o explícita de la NdC es que los profesores deben desarrollar procesos de reflexión frente a cuál enfoque ellos están desarrollando, de tal forma que les permita ser más conscientes sin desconocer que cada uno de estos enfoques tiene posibilidades y limitaciones que contribuyen a una

mejor comprensión sobre cómo funciona la ciencia y la forma cómo se relacionan sus características. Asimismo, la enseñanza de la ciencia en las escuelas no se debe limitar al desarrollo de un solo enfoque, sino que se deben consolidar procesos de enseñanza que permitan a los estudiantes aprender a hacer ciencia, sobre la ciencia y a abordar problemas sociocientíficos. De esta forma, los estudiantes podrían, de forma progresiva, realizar metaconocimientos sobre la ciencia (Vázquez Alonso, 2014).

Relaciones de la NdC y los niveles de reflexión

Gracias al análisis de los niveles de reflexión alcanzados por los profesores de ciencias en su práctica reflexiva, se establece que cada uno de estos niveles no se dan de forma lineal o es exclusivo de un profesor en particular. Pero si se presentan en menor o mayor grado de acuerdo con su práctica reflexiva y las discusiones que se realizan con los demás profesores y pares académicos que participan del proceso de formación en servicio.

Asimismo, se establece que cada uno de los niveles de reflexión permite incluir algunas características de la NdC de modo más consciente y pertinente para los profesores. De esta forma, en un nivel de reflexión descriptivo, se identifican características relacionadas con los fines y valores epistémicos-cognitivos que se enseñan, como la objetividad y la exactitud, aunque estos sólo son reconocidos de forma general y no asumidos como un eje principal de la enseñanza de las ciencias. En cuanto a los métodos y reglas metodológicas y la ciencia como sistema socio institucional, son pocas las relaciones que se establecen. Las que se encuentran están en procesos iniciales y no han desarrollado un conocimiento profundo de la naturaleza de la ciencia. Al ser procesos de reflexión inicial, los profesores realizan descripciones de su práctica de enseñanza, pero estos deben ser interiorizados y evaluados para que se pueda desarrollar una conciencia sobre cada uno de ellos y sus implicaciones con la ciencia escolar.

Sobre el nivel de reflexión pedagógico, se identifica que las características de la NdC que se enseñan se centran en estrategias y métodos utilizados para alcanzar objetivos predeterminados, por lo que los profesores reconocen la importancia de tomar en cuenta las necesidades de los estudiantes. No sólo las incluyen, si no que buscan que cada vez tengan

una mayor relevancia para sus estudiantes. Asimismo, las reflexiones que desarrollan los profesores en este nivel generalmente parten de un marco conceptual pedagógico y la aplicación de su desarrollo en conocimientos didácticos. En el mismo sentido, las reflexiones que han realizado de las teorías que subyacen a los enfoques pedagógicos, permiten a los profesores realizar un mayor número de relaciones y conexiones entre el conocimiento científico y la ciencia escolar.

En el nivel de reflexión pedagógico, los profesores de ciencia tienen como objetivo la mejora continua de su práctica para que sus estudiantes desarrollen mejores aprendizajes, por lo cual se incluyen un mayor número de características de la ciencia relacionados con el sistema social, desde la comprensión de problemas socioambientales o aspectos financieros y políticos de la ciencia. Esto le permite un mayor acercamiento a la familia de fines y valores sociales.

También se evidencia que los profesores que desarrollan prácticas reflexivas acordes al nivel de reflexión crítica, incluyen en sus procesos de enseñanza de la NdC aspectos de la moral y la ética según las realidades sociales y políticas en las que desarrolla su práctica de enseñanza. Esto les permite alcanzar estados de mayor conciencia sobre las consecuencias de sus prácticas en el aula, por lo que transforman las prácticas de enseñanza en investigativas.

Condiciones de la NdC que se enseñan desde la categoría emergente de subjetividad-alteridad

Al analizar las condiciones identificadas en la NdC que se enseña, se evidencia que, aunque el profesor es y se reconoce como pedagogo principalmente por medio de sus discursos pedagógicos, muchas veces sus acciones pedagógicas se encuentran condicionadas por las políticas públicas y educativas reguladas desde la institución, el Gobierno local y nacional. Aunque se puede establecer que estos condicionamientos son más fuertes en las etapas iniciales de la práctica reflexiva —es decir, en niveles de reflexión descriptivo—, a medida que los profesores avanzan en su práctica reflexiva, apoyados por el diálogo entre sus pares académicos, muchas limitaciones se convierten en oportunidades para desarrollar prácticas de enseñanza que incluyen mayores elementos de la NdC.

La subjetividad de los profesores se constituye y se reconfigura desde la propia identidad y la capacidad que tienen de elegir sus prácticas, pues esto les permite resignificar las condiciones institucionales que permiten reconocer al otro como alteridad; la transformación del discurso pedagógico en conversación pedagógica, las prácticas escolares disciplinarias en prácticas educativas; y las actividades descentradas del profesor, para que el estudiante ocupe el centro del acto educativo para el desarrollo de sus potencialidades (Porter, 2006). La formación subjetiva permite que los profesores propongan procesos de enseñanza de las ciencias más acordes a la NdC, desde un enfoque de parecido por familias.

Por último, se destaca que estos procesos de reflexión sobre la práctica se hicieron más evidentes y lograron que otros profesores que participaron del proceso desarrollaran otros niveles de reflexión desde el diálogo entre sus compañeros, durante las jornadas de socialización y en el acompañamiento in situ realizado. Este diálogo no se realiza solo, sino que se da en compañía de sus pares y otros, contribuyendo a la búsqueda de alteridad, subjetividad e intersubjetividades, para así construir y consolidar una comunidad de formación (Valencia Valbuena, 2019).

En síntesis, los procesos de enseñanza de la naturaleza de la ciencia son variados y contienen diversos resultados, ya que van cambiando y se van modificando de acuerdo con los procesos de reflexión que desarrolle cada profesor de ciencias. Aunque el enfoque de parecido familiar ofrece un marco de referencia sobre el conocimiento científico más holístico, sobre la forma de hacer ciencia, aprender sobre ella y abordar problemas sociocientíficos y los procesos de enseñanza, sirve de guía en los procesos de mejora continua de los profesores.

Alcances, limitaciones y proyecciones del trabajo investigativo

Este trabajo de investigación contribuye en la enseñanza de las ciencias naturales en cuanto a la reflexión de la Naturaleza de la Ciencia que se desarrolla en las aulas de la ciudad de Bogotá, Colombia. Se espera que los resultados contribuyan en reflexiones y análisis sobre el desarrollo profesional de los profesores de ciencias, que debe ser ajustado y pensado, reconociendo al profesor como un profesional de la educación que construye y reconstruye sus prácticas de enseñanza desde su reflexión en contextos particulares.

Otra contribución de la presente investigación está relacionada con los procesos de formación en servicio de los profesores de ciencias, ya que al partir de la práctica reflexiva que desarrollan los profesores y el diálogo con sus colegas del área de conocimiento, se empiezan a configurar comunidades de formación, que a su vez contribuyen en la consolidación de la identidad profesional.

Al desarrollar comunidades de formación en los procesos de formación en servicio de los profesores, dentro de los sistemas educativos, se apuesta por modelos de desarrollo profesional que a mediano y largo plazo producirán cambios más profundos en la forma cómo se desarrollan la enseñanza de las ciencias. La presente tesis doctoral puede servir de referente para proponer comunidades de formación que se especialicen en la enseñanza de la Naturaleza de la Ciencia, desde los intereses y contextos particulares donde se desarrollen las prácticas de enseñanza. Es un aporte a los estudios sobre los enfoques de formación de colaboración entre colegas de una misma área, en especial, en ciencias.

Asimismo, se abren caminos para continuar desarrollando procesos de investigación sobre la Naturaleza de la Ciencia que se enseña y se puede enseñar en cada una de las regiones del país. Se pueden identificar las particularidades de los profesores participantes en sus contextos sociales y culturales, para así ajustar la formulación y el diseño de propuestas de formación continua docente a través de las comunidades de formación. Se recomienda continuar desarrollando investigaciones que propongan y desarrollen modelos de práctica reflexiva enfocados en la Naturaleza de la Ciencia, y que le permitan a los profesores desarrollar mayores niveles de reflexión sobre la ciencia que se enseña. Ya que, para comprender la Naturaleza de la Ciencia que enseñan los profesores de ciencias en sus contextos particulares, se requiere pensar y formular procesos de formación profesional en comunidades de formación, pertinentes según los contextos en los que se desarrollan las prácticas de enseñanza, afines la educación científica que requieren los estudiantes.

A continuación, en el último capítulo se propone un modelo de formación en servicio para los profesores de ciencias naturales, que busca aportar nuevos elementos al proceso educativo y al desarrollo profesional docente. Asimismo, brinda la posibilidad de reflexionar sobre qué ciencia escolar se propone, indagando sobre la Naturaleza de la Ciencia desde un enfoque de parecido familiar, y reflexionando

continuamente sobre su práctica. A partir de esto, se pueden configurar comunidades de formación profesional que promuevan compromisos epistemológicos, prácticos, cognitivos y valorativos, con los cuales se involucra una cultura científica, una comprensión de la Naturaleza de la Ciencia en general y el desarrollo de procesos de enseñanza de las ciencias para todos los estudiantes.

Proyección: Modelo de formación

En el desarrollo de la metodología de esta la investigación para comprender la Naturaleza de la Ciencia que enseñan los profesores de ciencias no se identificaron procesos de formación en servicio con un enfoque de colaboración entre colegas (Bruns & Luque, 2014); en especial con comunidades de formación (Tuay-Sigua & Porras-Contreras, 2016; Valencia Valbuena, 2019) de profesores de ciencias. Por lo tanto, se plantea un modelo de práctica reflexiva sobre la NdC que se enseña, para así analizar la ciencia escolar que los profesores desarrollan a partir de su práctica reflexiva.

En la tabla 6 —explicada en el capítulo 2—, se estableció que los modelos que promueven una práctica reflexiva buscan mejorar los procesos de enseñanza desde diferentes matices. Asimismo, algunos modelos proponen al pensamiento del profesor, desde su génesis, para desarrollar procesos en los que resignifiquen sus prácticas de enseñanza y las de sus compañeros de profesión. Además, la práctica reflexiva está ligada a la profesionalización docente y a los programas de innovación de formación en servicio de los profesores con mayores resultados (Domingo & Gómez, 2014).

Sin embargo, la mayoría de los modelos de la práctica reflexiva —descritos en la tabla 5— se centran en las reflexiones del profesor sobre sus acciones en el salón de clases, buscando el análisis de los componentes pedagógicos generales. Pero no se reconocen modelos que orienten al profesor a reflexionar sobre la Naturaleza de la Ciencia que enseña, o que le permita realizar el tránsito entre el conocimiento científico y la ciencia escolar reflexionada y enriquecida para mejorar su práctica en el aula. Por otro lado, es escasa la investigación dirigida al desarrollo del conocimiento de los profesores sobre la Naturaleza de la Ciencia y su relación con la ciencia escolar y sus prácticas de enseñanza. Con el fin de contribuir al desarrollo del conocimiento de los profesores

sobre la Naturaleza de la Ciencia que enseñan, se plantea un modelo de formación en servicio para los profesores de ciencias naturales. Éste se ha estructurado de acuerdo con las comprensiones obtenidas en la presente investigación, que se centra en la teoría, los individuos, su relación con sus pares y la práctica en la línea de un programa de desarrollo profesional 3.0 (Kartal et al., 2019).

Modelo de formación en servicio para los profesores de Ciencias naturales

El planteamiento de un modelo de formación en servicio para los profesores de ciencias naturales, que les permita reflexionar sobre la Naturaleza de la Ciencia que enseñan, se basa en el camino recorrido por la investigación para la configuración del caso de estudio colectivo, el análisis de la práctica reflexiva de los profesores, los referentes teóricos en torno al enfoque de parecido familiar y la práctica reflexiva.

Figura 74. Modelo de formación en servicio para los profesores de ciencias naturales.



Fuente: elaboración propia

El modelo se plantea en tres fases —ubicadas en la parte exterior de la figura 74—, identificadas durante la investigación sobre la práctica reflexiva desarrollada por los profesores de ciencias, que son: reconocimiento, significación y resignificación. En cada una de estas fases se desarrollan diferentes momentos, que no son exclusivos de una fase en particular, sino que pueden estar relacionadas con otras fases —como se muestra en la tabla 28—.

Tabla 32 – Fases del modelo de formación en servicio para los profesores de ciencias naturales

Fase	Descripción	Característica
Reconocimiento	Reconstrucción de la realidad vivida en el aula en la enseñanza de la ciencia.	Sistematización escrita de la experiencia de enseñanza en ciencias con información objetiva y subjetiva (Jara, 2012)
	Comunidades de formación	Compromisos del profesor (Tuay, 2016; Valencia, 2019)
Significación	NdC que se enseña	Identificar las características del sistema cognitivo – epistémico (Kaya & Erduran, 2016) desarrolladas en la práctica de enseñanza.
Resignificación		Identificar y relacionar las características del sistema socioinstitucional (Kaya & Erduran, 2016) presentes en la práctica de enseñanza.
	Resignificación de la naturaleza que se enseña y las prácticas de enseñanza.	Enriquecer las nuevas prácticas de enseñanza de forma implícita o explícita de la NdC.

Fuente: elaboración propia

La práctica reflexiva de los profesores de ciencias sobre la Naturaleza de la Ciencia que enseñan no surge de un conocimiento adecuado de la NdC, sino que el modelo se plantea a partir de un proceso progresivo a través de las prácticas de enseñanza concretas y vividas por los profesores participantes en el proceso. A continuación, se describen cada una de las fases presentadas en la tabla 32:

Fase 1: reconocimiento

La característica principal de la práctica reflexiva es reconocer al profesor como un intelectual crítico y reflexivo. Se conciben los procesos de

enseñanza como prácticas profesionales y socialmente contextualizadas (Domingo & Gómez, 2014). De esta forma, el modelo de formación en servicio para los profesores de ciencias naturales inicia reconociendo las prácticas de enseñanza en ciencias que ellos han desarrollado en sus contextos particulares.

En esta fase se busca que el profesor reconstruya una práctica de enseñanza en ciencias a partir de su experiencia —que haya desarrollado o se encuentre en desarrollo—, por medio de la sistematización de experiencias. Ésta es asumida como un proceso histórico y complejo en el que intervienen diferentes actores y que se realiza en un contexto económico-social determinado; en un momento institucional del cual forman parte los profesores (Jara, 2012).

Las sistematización de las experiencias de los profesores —como sujetos sociales con capacidad de construir un conocimiento vinculado a su práctica de enseñanza desde contextos particulares— permite pensar e impulsar un ejercicio de abstracción de la práctica para realizar procesos de investigación en el aula. Este proceso de sistematización e investigación se desarrolla desde el reconocimiento del profesor como sujeto de conocimiento, ya que él construye saberes que transforman realidades y reflexionan sobre sí mismo mediante su experiencia en aula.

Además, las comunidades de formación se van configurando en la fase de reconocimiento. Se van estableciendo a partir de las relaciones de la práctica reflexiva y discursiva de los profesores, representados en sus contextos particulares, para iniciar así deconstruir y construir su quehacer profesional (Tuay, 2016; Valencia, 2019). De esta forma, los profesores en trabajo colaborativo y sus colegas identifican los discursos, prácticas y metodologías, reconociendo que el profesor no está solo en el arduo trabajo de la ciencia escolar y que el diálogo permanente y los encuentros son los que les permiten avanzar en su práctica reflexiva.

Fase 2: significación

En la fase de reconocimiento se inicia con la sistematización de la experiencia, que continua desarrollándose durante las dos fases siguientes. Ésta no se convierte el fin mismo del modelo, puesto que el objetivo principal se centra en el profesor de ciencias y su proceso de reflexión sobre la práctica de enseñanza en torno a la Naturaleza de la

Ciencia que enseña. Por lo tanto, en la segunda fase, la de significación, se pretende que los profesores identifiquen la Naturaleza de la Ciencia que enseñan por medio de un referente teórico, desde el enfoque de parecido familiar y el trabajo de las comunidades de formación (Kaya & Erduran, 2016).

Las comunidades de formación proponen a cada uno de los profesores participantes aportes para el desarrollo profesional de sus colegas, puesto que cada uno de ellos asume compromisos prácticos, cognitivos, epistemológicos, valorativos, de escenarios posibles y de identificación. Estos se relacionan con otras formas de promoción del intercambio de aprendizajes y reflexiones desde las prácticas discursivas, que direccionan otros compromisos y formas de proceder en su práctica de enseñanza (Valencia, 2019). De esta forma, en esta fase de la práctica reflexiva se busca que la comunidad de formación configure los compromisos epistemológicos desde la construcción de discurso científico, a partir de la interacción con colegas —que pueden ser expertos o no—, que permita generar actitudes y habilidades cognitivas para reflexionar sobre la Naturaleza de la Ciencia que enseñan.

Por otro lado, el enfoque de parecido familiar sobre la Naturaleza de la Ciencia —con las diversas categorías de la ciencia como un sistema cognitivo-epistémico y social-institucional—, se establece como un referente teórico de los objetivos y valores de la ciencia, las prácticas científicas, los métodos y las reglas metodológicas, el conocimiento y los sistemas socioinstitucional presentes en la Naturaleza de la Ciencia. Éste permite analizar la forma de abordaje desde la ciencia escolar que propone cada profesor.

Por lo tanto, en esta fase, el principal compromiso epistemológico de la comunidad de formaciones establecer diferentes características, condiciones y relaciones de la Naturaleza de la Ciencia que se enseña desde un enfoque de parecido familiar. Además, debe considerar la complejidad de las ideas sobre la ciencias que tienen los estudiantes y pueden seleccionarse para enriquecer el aprendizaje de la ciencia

Fase 3: resignificación

Esta última fase plantea que los profesores desarrollen argumentos teóricos desde el enfoque de parecido familiar, que les permita

reflexionar de una manera crítica y analítica sobre la forma en qué se enseña la Naturaleza de la Ciencia, si es implícita o explícita, o en qué momentos de su quehacer se debe implementar cada una de ellas; todo esto según el contexto en el que desarrolla su práctica de enseñanza. La enseñanza de la NdC de forma implícita o explícita puede darse con el uso de diferentes marcos de referencia como una ciencia básica, cuestiones sociocientíficas, ciencia-tecnología-sociedad, historia de la ciencia, entre otros, que permita guiar el desarrollo de la ciencia escolar.

De esta forma, la práctica reflexiva sobre la Naturaleza de la Ciencia que se enseña permite a los profesores de ciencias ser más críticos sobre la ciencia escolar que proponen. Por lo tanto, se favorece su presente cercano y futuro con la configuración de un conocimiento metacognitivo de la ciencia que se desarrolla y se enseña. Asimismo, este proceso no sólo les permite deconstruir significados y actitudes, mitos y prejuicios de su práctica de enseñanza, sino una reestructuración mediante la reconceptualización y la reconstrucción de la Naturaleza de la Ciencia que se enseña.

Este modelo de formación en servicio para profesores de ciencias naturales es una contribución para configurar programas de desarrollo profesional que promuevan prácticas reflexivas en torno al conocimiento científico y la ciencia escolar que se desarrolla en contextos particulares. De esta forma, se plantean procesos de enseñanza de las ciencias acordes con los retos que afronta el campo de la educación en ciencias.

Índice de figuras

- Figura 1. Resultados de número de documentos por año alrededor de “nature of science”
- Figura 2. Resultados de número de documentos por año alrededor de “naturaleza de la ciencia”
- Figura 3. Resultados de principales autores alrededor de “nature of science”.
- Figura 4. Resultados de principales autores alrededor de “naturaleza de la ciencia”.
- Figura 5. Resultados de publicaciones por país alrededor de “nature of science”.
- Figura 6. Resultados de publicaciones por país alrededor de “naturaleza de la ciencia”.
- Figura 7. Nube de palabras alrededor de “nature of science”
- Figura 8. Documentos representativos alrededor de “nature of science”
- Figura 9. Principales autores encontrados relacionados con el enfoque de semejanza de familias
- Figura 10. Distribución de documentos relacionados con el enfoque de semejanza de familias
- Figura 11. Distribución de documentos relacionados con el enfoque de semejanza de familias por país

- Figura 12. Resultados de número de documentos por año alrededor de “reflective practice”
- Figura 13. Resultados de número de documentos por año alrededor de “práctica reflexiva”
- Figura 14. Resultados de principales autores alrededor de “reflective practice”
- Figura 15. Resultados de principales autores alrededor de “práctica reflexiva”
- Figura 16. Resultados de publicaciones por país alrededor de “reflective practice”.
- Figura 17. Resultados de publicaciones por país alrededor de “práctica reflexiva”.
- Figura 18. Nube de palabras alrededor de reflective practice.
- Figura 19. Rueda del enfoque parecido familiar: representación de la ciencia como un sistema cognitivo-epistémico y socio-institucional
- Figura 20. Prácticas científicas en la actividad para los científicos desde la heurística del anillo de benceno
- Figura 21. Fines y valores epistémicos
- Figura 22. Tipos de métodos de observación y experimentales, de acuerdo con Brandon (1994)
- Figura 23. “engranajes” que ilustran la variedad de métodos
- Figura 24. Crecimiento del conocimiento científico y comprensión científica por medio de las teorías, leyes y modelos (tlm)
- Figura 25. Modelo de investigación-acción en espiral de Lewin de 1946.

Figura 26. Modelo de investigación-acción en espiral de eliot de 1993.

- Figura 27. Modelo de investigación-acción en espiral de mertler de 2009
- Figura 28. Modelo de aprendizaje de una vuelta de argyris y schön (2002).
- Figura 29. Modelo de aprendizaje de dos vueltas de argyris y schön (1978).
- Figura 30. Modelo de reflexión de rolfe, freshwater y jasper (2010).
-
- Figura 31. Modelo del ciclo de aprendizaje experiencial de kolb.
- Figura 32. Modelo reflexivo de gibbs.
- Figura 33. Modelo de la teoría del aprendizaje expansivo.
- Figura 34. Modelo r4 y r5 de domingo y gómez.
- Figura 35. Modelo de práctica reflexiva mediada.
- Figura 36. Modelo de lesson study. Fuente:
- Figura 37. Modelo rinde con-ciencia.
- Figura 38. Momentos metodológicos de la investigación.
- Figura 39. Componentes y relaciones en el diseño y gestión de la investigación.
- Figura 40. Gráfico de porcentaje de formación de pregrado
- Figura 41. Gráfico de porcentaje de formación de posgrado.
- Figura 42. Gráfico de porcentaje de género.

- Figura 43. Gráfico de porcentaje de años de experiencia.
- Figura 44. Características del análisis textual discursivo.
- Figura 45. Unidades de análisis en torno a la naturaleza de la ciencia en la educación en ciencias.
- Figura 46. Unidades de análisis en torno a la enseñanza de las ciencias.
- Figura 47. Unidades de análisis en torno a los niveles de reflexión docente.
- Figura 48. Categorías de análisis a priori alrededor de la subjetividad–alteridad.
- Figura 49. Ejemplo de tabla de coocurrencia de los códigos
- Figura 50. Red semántica para subcategorías de la ndc en la educación en ciencias.
- Figura 51. Nube de palabras familia fines y valores.
- Figura 52. Nube de palabras familia prácticas científicas.
- Figura 53. Nube de palabras familia métodos y reglas metodológicas
- Figura 54. Nube de palabras familia conocimiento científico
- Figura 55. Nube de palabras familia la ciencia como sistema socioinstitucional
- Figura 56. Nube de palabras ndc en red semántica.
- Figura 57. Red semántica de enseñanza de ndc – explícita y sus relaciones con las familias de ndc
- Figura 58. Red semántica de reflexión descriptiva y sus relaciones con las familias de ndc.

- Figura 59. Red semántica de reflexión pedagógica y sus relaciones con las familias de ndc.
- Figura 60. Red semántica de subjetividad - alteridad.
- Figura 61 - grafico bidimensional donde se identifican siete grupos.
- Figura 62. Red semántica de ndc en la enseñanza de la ciencia.
- Figura 63. Nube de palabras familia fines y valores.
- Figura 64. Nube de palabras familia prácticas científicas.
- Figura 65. Nube de palabras familia métodos y reglas metodológicas
- Figura 66, nube de palabras familia conocimiento científico
- Figura 67. Red semántica alrededor de la enseñanza de la ndc explícita
- Figura 68. Red semántica alrededor de la enseñanza de la ndc implícita
- Figura 69 - red semántica alrededor de reflexión descriptiva
- Figura 70. Red semántica alrededor de la reflexión comparativa
- Figura 71. Red semántica alrededor de la reflexión pedagógica
- Figura 72- red semántica alrededor de la reflexión crítica
- Figura 73. Red semántica de subjetividad - alteridad
- Figura 74. Modelo de formación en servicio para los profesores de ciencias naturales.

Índice de tablas

- Tabla 1 – principales líneas de investigación en torno a la ndc.
- Tabla 3 – principales líneas de investigación en torno a la “reflective practice”.
- Tabla 4. Fines y valores epistémicos aplicados a la educación en ciencias
- Tabla 5 – aportes de diversos filósofos en torno a la relevancia de la reflexión
- Tabla 6 – descripción y representación de los principales modelos que promueven una práctica reflexiva
- Tabla 7 – niveles de reflexión propuestos por van manen (1977)
- Tabla 8 – niveles de reflexión propuestos por smyth (1989)
- Tabla 9 – niveles de reflexión a partir de las contribuciones de van manen (1977), schön (1998) y propuesto por jay y johnson (2002)
- Tabla 10 – niveles de reflexión de larrivee (2008)
- Tabla 11 – niveles de reflexión propuestos
- Tabla 12. Formación de pregrado de los docentes participantes. - fuente: elaboración propia.
- Tabla 13. Escenarios de producción y recolección de información

- Tabla 14. Registro de información cmi (ejemplo)
- Tabla 15. Tabla de fuentes de información por cada profesor participante.
- Tabla 16. Categorías de análisis a priori sobre la naturaleza de las ciencias.
- Tabla 17. Categorías de análisis a priori de la enseñanza de la ndc.
- Tabla 18. Categorías de análisis a priori sobre la reflexión docente.
- Tabla 19. Subcategorías emergentes de la ndc en la educación en ciencias.
- Tabla 20. Descripción de subcategorías emergentes alrededor de la subjetividad–alteridad.
- Tabla 21. Tipos de relaciones entre códigos en atlas.ti
- Tabla 22. Matriz de análisis coocurrencia de subcategorías de ndc en la educación en ciencias
- Tabla 23. Ejemplo revisión de características de ndc en unidades de análisis de la red semántica
- Tabla 24. Relaciones entre supercódigos y características de ndc.
- Tabla 25. Relaciones entre supercódigos y características de ndc.
- Tabla 26. Coocurrencia de códigos enseñanza de la ndc y familias de ndc.
- Tabla 27. Coocurrencia de códigos enseñanza de la ndc y familias de ndc.
- Tabla 28. Descripción de coocurrencia de códigos entre categoría niveles de reflexión y familias de ndc.

- Tabla 29. Tabla de ejemplo de unidades de análisis de categoría niveles de reflexión y familias de ndc.
- Tabla 30. Tabla de coocurrencia de códigos entre subcategorías de subjetividad – alteridad y sus características.
- Tabla 31. Tabla de ejemplo de la matriz de análisis de las características de la subjetividad - alteridad.
- Tabla 32 – fases del modelo de formación en servicio para los profesores de ciencias naturales

Referencias bibliográficas

- A. Al-Hashim. (2019). Practice in the science education practicum in Kuwait. *Revista Internacional de Filosofía y Teoría Social*, 24, 85–96.
- Abd-el-khalick, F. (2003). Socioscientific issues in pre-college science classrooms - The Primacy of Learners' Epistemological Orientations and Views of Nature of Science. In *The Role of Moral Reasoning on Socioscientific Issues and Discourse in Science Education* (pp. 41–61).
- Abd-El-Khalick, F. (2013). Teaching With and About Nature of Science, and Science Teacher Knowledge Domains. *Science and Education*, 22(9), 2087–2107. <https://doi.org/10.1007/s11191-012-9520-2>
- Acevedo-Díaz, J. A. (2010). Formación del profesorado de ciencias y enseñanza de la naturaleza de la ciencia. *Revista Eureka Sobre Enseñanza y Divulgación de Las Ciencias*, 7(3), 653–660.
- Acevedo-Díaz, J. A., Acevedo, P., Manassero, M., & Vázquez, Á. (2003). Avances metodológicos en la investigación sobre evaluación de actitudes y creencias CTS. *Science And Technology*, 1–14.
- Acevedo-Díaz, J. A., & García-carmona, A. (2016). *Tendencias sobre la naturaleza de la ciencia en la educación científica científica*. 13(JANUARY), 3–19.
- Acevedo, J. A., & García, A. (2016). «Algo antiguo, algo nuevo, algo prestado». *Tendencias sobre la naturaleza de la ciencia en la educación científica científica*. 13(JANUARY), 3–19. <http://hdl.handle.net/10498/18010DOI:10498/18010http://hdl.handle.net/10498/18010http://reuredc.uca.es>

Adúriz-Bravo, A. (2007). La naturaleza de la ciencia en la formación de los profesores de ciencias naturales. In *Didáctica de las ciencias: aportes para una discusión* (Universida, pp. 17–36).

Adúriz-Bravo, A., & Izquierdo-Aymerich, M. (2009). Un modelo de modelo científico para la enseñanza de las ciencias naturales. *Revista Electrónica de Investigación En Educación En Ciencias*, 2, 40–49. <http://www.scielo.org.ar/pdf/reiec/nesp/nспа04.pdf>

Adúriz, A., Rodríguez, D., Izquierdo, M., & López, D. (2011). Las ciencias naturales en educación básica: formación de ciudadanía para el siglo XXI. In *Las Ciencias Naturales en Educación Básica: formación de ciudadanía para el siglo XXI* (pp. 1–173). Secretaria de Educacion Publica.

Allchin, D., Andersen, H. M., & Nielsen, K. (2014). Complementary Approaches to Teaching Nature of Science: Integrating Student Inquiry, Historical Cases, and Contemporary Cases in Classroom Practice. *Science Education*, 98(3), 461–486. <https://doi.org/10.1002/sce.21111>

Anijovich, R., CAPPELLETTI, G., MORA, S., & SABELLI, M. J. (2009). *Transitar la formación Pedagógica. Dispositivos y Estrategias*.

Aragón-Méndez, M. del M., García-Carmona, A., & Acevedo-Díaz, J. A. (2016). Aprendizaje de estudiantes de secundaria sobre la naturaleza de la ciencia mediante el caso histórico de semmelweis Y la fiebre puerperal. *Revista Científica*, 4(27), 302. <https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.RC.2016.27.a1>

Arellano, M., & Cerda, A. M. (2006). *Formación continua para docentes: un camino para compartir 2000-2005* (Centro de). <file:///C:/Users/Personal/Downloads/formacioncontinuatedocentes.pdf>

Arias Gómez, D. H., Díaz Flórez, O. C., Garzón Barragán, I., León Palencia, A. C., Rodríguez Ávila, S. P., & Valbuena Ussa, É. O. (2018). Entre las exigencias de calidad y las condiciones de desigualdad: Formación inicial de profesores en Colombia. In *Entre las exigencias de calidad y las condiciones de desigualdad: Formación inicial de profesores en Colombia*. <https://doi.org/10.17227/ecp.2018.6581>

- Atkinson, S. (2011). *El libro de la Filosofía*.
- Avalos, B. (2011). Teacher professional development in Teaching and Teacher Education over ten years. *Teaching and Teacher Education*, 27(1), 10–20. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2010.08.007>
- Barber, M., & Mourshed, M. (2008). Cómo hicieron los sistemas educativos con mejor desempeño del mundo para alcanzar sus objetivos. *Preal*, 41, 1–48. <http://orton.catie.ac.cr/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=EARTH.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mfn=003423>
- Bell, R. L., Blair, L. M., Crawford, B. A., & Lederman, N. G. (2003). Just do it? Impact of a science apprenticeship program on high school students' understandings of the nature of science and scientific inquiry. *Journal of Research in Science Teaching*, 40(5), 487–509. <https://doi.org/10.1002/tea.10086>
- Bell, R. L., Mulvey, B. K., & Maeng, J. L. (2013). Beyond Understanding: Process Skills as a Context for Nature of Science Instruction. In *Advances in Nature of Science Research: Concepts and Methodologies* (pp. 1–268). <https://doi.org/10.1007/978-94-007-2457-0>
- Bravin, C., & Pievi, N. (2008). Documento metodológico orientador para la investigación educativa. In *Instituto Nacional Formación Docente* (Vol. 1).
- Bravin, C., & Pievi, N. (2009). Documento metodológico orientador para la investigación educativa. In *Instituto Nacional Formación Docente* (Vol. 1).
- Bruns, B., & Luque, J. (2014). Profesores excelentes *Cómo mejorar el aprendizaje en América Latina y el Caribe*.
- Carreño, A. (2014). Elementos constitutivos de ctsa para la formación continua de docentes del distrito (Bogotá, Colombia). *Uni-Pluri/Versidad*, 14, 441–447.
- Carreño, A. (2017). La naturaleza de la ciencia en la formación de los profesores de ciencias naturales. *Didáctica de Las Ciencias. Aportes Para Una Discusión*, 17–36.

- Cerecero, I. (2018). *Práctica Reflexiva Mediada: Del autoconocimiento a la resignificación conjunta de la práctica docente* (Editorial).
- Cerecero, I. (2019). Diez Modelos Relacionados Con La Práctica Reflexiva. *Revista panamericana de pedagogía*, 18, 155–181.
- Cerecero Medina, I. E. (2019). Ten models related to reflective practice. *Revista panamericana de pedagogía*, 155–181.
- Cheung, W., & Wing, Y. (2014). Does Lesson Study work? A systematic review on the effects of Lesson Study and Learning Study on teachers and students. *International Journal for Lesson and Learning Studie*, 137–150.
- Cofré, H., Camacho, J., Galaz, A., Jiménez, J., Santibáñez, D., & Vergara, C. (2010). La educación científica en Chile: Debilidades de la enseñanza y futuros desafíos de la educación de profesores de ciencia. *Estudios Pedagógicos*, 36(2), 279–293.
- Consejo Privado de Competitividad. (2015). *Informe Nacional De Competitividad 2014-2015*. http://www.compite.com.co/site/wp-content/uploads/2014/11/CPC_INC-2014-2015-1.pdf
- Cristóbal, A. (2017). Hermenéutica, pedagogía y praxeología. In V. Sandra (Ed.), *Journal of Chemical Information and Modeling*. Ediciones Universidad Libre Seccional Barranquilla. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Dagher, Z. R., & Erduran, S. (2016). Reconceptualizing the Nature of Science for Science Education: Why Does it Matter? *Science and Education*, 25(1–2), 147–164. <https://doi.org/10.1007/s11191-015-9800-8>
- Dagher, Z. R., & Erduran, S. (2017). Abandoning Patchwork Approaches to Nature of Science in Science Education. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 17(1), 46–52. <https://doi.org/10.1080/14926156.2016.1271923>
- Delannoy, F. (2000). Education Reforms in Chile , 1980-98 : A Lesson in Pragmatism. *Country Studies Education REform and Management Publication Series*, I(June), 94.

- Díaz B, L., Torruco G, U., Martínez H, M., & Varela R, M. (2013). La entrevista, recurso flexible y dinámico. *Investigación En Educación Médica*, 2(7), 162–167. [https://doi.org/10.1016/S2007-5057\(13\)72706-6](https://doi.org/10.1016/S2007-5057(13)72706-6)
- Domingo, À. (2013). Práctica reflexiva para docentes. De la reflexión ocasional a la reflexión metodológica. In *Society*.
- Domingo, À., & Gómez, M. V. (2014). *La práctica reflexiva: Bases, modelos e instrumentos* (Narcea Ed).
- Duschl, R., & Grandy, R. (2013). Two Views About Explicitly Teaching Nature of Science. *Science and Education*, 22(9), 2109–2139. <https://doi.org/10.1007/s11191-012-9539-4>
- Echeverría, P. (2010). El papel de la docencia universitaria en la formación inicial de profesores. *Calidad En La Educación*, 32, 150. <https://doi.org/10.31619/caledu.n32.154>
- Elliott, J. (1998). *El cambio educativo desde la investigación acción* ((Morata Ed (ed.)).
- Elliott, J. (2015). Lessons y Learning Study y la idea del docente como investigador. *Revista Interuniversitaria de Formación Del Profesorado*, 29(3), 29–46. <http://www.redalyc.org/pdf/274/27443871003.pdf>
- Encarna, S., & Pérez, Á. (2015). *Guía lesson study - Las Lesson Study ¿Qué son?*
- Engeström, Y. (2014). Activity Theory and Learning at Work. In *Positionierungen zwischen Virtualität und Gegenständlichkeit* (pp. 67–96).
- Erduran, S., & Dagher, Z. R. (2016). Reconceptualizing the nature of science for science education. In *Studies in Science Education* (Vol. 53, Issue 1). <https://doi.org/10.1080/03057267.2016.1258108>
- Escorcía, R., Gutiérrez, A., & Figueroa, R. (2009). Concepciones de los estudiantes sobre la clase académica. *Educação & Sociedade*, 30, 238–260. <https://doi.org/https://doi.org/10.1590/S0101-73302009000100012>

- Espinoza, E., & Toscano, D. (2015). *Metodología de Investigación Educativa y Técnica*. <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/6704>
- Fandiño, Y., & Bermúdez, J. (2015). Práctica pedagógica: subjetivar, problematizar y transformar el quehacer docente. In *Práctica y experiencia. Claves del saber pedagógico docente* (Ediciones). CMYK Diseño y Impresos SAS elementos.
- Fernandez, I., Gil, D., Carrascosa, J., Cachapuz, A., & Praia, J. (2002). Visiones deformadas de la ciencia transmitidas por la enseñanza. *Revista Electrónica de Enseñanza de Las Ciencias*, 11(3), 13–61. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=280954>
- Furman, M. (2013). Enseñar ciencias naturales: Lejos del dogma y cerca de la aventura. *Ruta Maestra* Ed, 5, 48–54. <https://vdocuments.mx/ensenar-ciencias-naturales-lejos-del-dogma-y-cerca-de-la-aventura.html>
- García-Carmona, A. (2014). The nature of science in press articles about science: Content analysis and pædagogical potential. *Enseñanza de Las Ciencias*, 32(3), 493–509. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.1307>
- García, A., Alonso, Á., & Mas, M. (2012). Comprensión de los estudiantes sobre naturaleza de la ciencia : análisis del estado actual de la cuestión y perspectivas. *Enseñanza de Las Ciencias*, 30(1), 23–34. <http://ensciencias.uab.es/article/view/442>
- Gil, D., Montoro, I. F., Carrascosa, J., Cachapuz, A., Praia, J., Acevedo-Díaz, J. A., Acevedo, P., Manassero, M., Vázquez, Á., Lederman, N., Garritz, A., Rodriguez, D., Fernandez, I., Gil, D., Carrascosa, J., Cachapuz, A., Praia, J., Acevedo-Díaz, J. A., Herman, B. C., ... Silvia, P. (2014). De la imagen de ciencia declarativa a la de la práctica en el aula: Las imágenes del profesorado entre la visión democrática y la deficitaria. *Revista Eureka Sobre Enseñanza y Divulgación de Las Ciencias*, 7(1), 111–118. <https://doi.org/10.1590/S1516-73132001000200001>

- González Alcaide, G., & Ferri, J. G. (2014). La colaboración científica: principales líneas de investigación y retos de futuro ; Scientific collaboration: main research lines and future challenges. *Revista Española de Documentación Científica* 37(4), Octubre-Diciembre 2014, 37(4), e062. <https://doi.org/10.3989/redc.2014.4.1186>
- González, C., Gómez, M., Ahumada, G., Bravo, P., Salinas, E., Avilés, D., Pérez, J., & Santana, J. (2014). Principios de Desarrollo Profesional Docente construidos por y para Profesores de Ciencia : una propuesta sustentable que emerge desde la indagación de las propias prácticas. *Estudios Pedagógicos*, XL, 105–126.
- Herman, B. C., Clough, M. P., Olson, J. K., Colbert, J. T., & Froelich, A. G. (2010). *Teaching the nature of science : Practices and associated factors by Major : Education Program of Study Committee :*
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2006). Metodología de la investigación. In Mc Graw Hill (Ed.), *Metodología de la investigación* (4 Edición).
- Irzik, G., & Nola, R. (2011). A Family Resemblance Approach to the Nature of Science for *Science Education*. *Science and Education*, 20(7), 591–607. <https://doi.org/10.1007/s11191-010-9293-4>
- Irzik, G., & Nola, R. (2014). New Directions for Nature of Science Research. In *International Handbook of Research in History, Philosophy and Science Teaching* (pp. 1–2532). <https://doi.org/10.1007/978-94-007-7654-8>
- Izquierdo, M., Bonil, J., Pujol, R. M., & Espinet, M. (2004). *Ciencia escolar y complejidad* (pp. 21–29). Universidad de Sevilla. <https://idus.us.es/xmlui/handle/11441/61000>
- Jara, O. (2012). Sistematización de experiencias, investigación y evaluación: aproximaciones desde tres ángulos. *Educación Global Research*, 1, 56–70. <http://educacionglobalresearch.net/wp-content/uploads/02A-Jara-Castellano.pdf>

- Javier, F., Ortega, R., Márquez, C., Badillo, E., & Rodas, J. M. (2018). Desarrollo de la mirada profesional sobre la argumentación científica en el aula de secundaria. *Revista Complutense de Educación*, 29(2), 559–576.
- Jay, J. K., & Johnson, K. L. (2002). Capturing complexity: A typology of reflective practice for teacher education. *Teaching and Teacher Education*, 18(1), 73–85. [https://doi.org/10.1016/S0742-051X\(01\)00051-8](https://doi.org/10.1016/S0742-051X(01)00051-8)
- Jimenez, J. A., Rossi, F., & Gaitán, C. (2017). La práctica reflexiva como posibilidad de construcción de saberes. Aportes a la formación docente en educación física. *Movimento, Porto Alegre*, 23, 587–600.
- Kartal, E. E., Doğan, N., İrez, S., Çakmakçı, G., & Yalaki, Y. (2019). Teachers' beliefs about learning and teaching nature of science: Professional Development Program. *Egitim ve Bilim*, 44(198), 291–307. <https://doi.org/10.15390/EB.2019.7690>
- Kaya, E., & Erduran, S. (2016). From FRA to RFN, or How the Family Resemblance Approach Can Be Transformed for Science Curriculum Analysis on Nature of Science. *Science and Education*, 25(9–10), 1115–1133. <https://doi.org/10.1007/s11191-016-9861-3>
- Kaya, E., Erduran, S., Aksoz, B., & Akgun, S. (2019). Reconceptualised family resemblance approach to nature of science in pre-service science teacher education. *International Journal of Science Education*, 41(1), 21–47. <https://doi.org/10.1080/09500693.2018.1529447>
- Khishfe, R. (2008). The development of seventh graders' views of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 45(4), 470–496. <https://doi.org/10.1002/tea.20230>
- Khishfe, R., & Abd-El-Khalick, F. (2002). Influence of explicit and reflective versus implicit inquiry-oriented instruction on sixth graders' views of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(7), 551–578. <https://doi.org/10.1002/tea.10036>
- Khishfe, R., & Lederman, N. G. (2006). Teaching Nature of Science within a Controversial Topic: Integrated versus Nonintegrated.

- Journal of research in science teaching*, 43(2), 1086–1109. <https://doi.org/10.1002/tea>
- Kind, P., & Osborne, J. (2017). Styles of Scientific Reasoning: A Cultural Rationale for Science Education? *Science Education*, 101(1), 8–31. <https://doi.org/10.1002/sce.21251>
- Kolb, D. A. (2015). Experiential Learning - Experience as the Source of Learning and Development. In *Experiential learning : experience as the source of learning and development* (Second Edi).
- Laherto, A., Kampschulte, L., Vocht, M. de, Blonder, R., Akaygun, S., & Apotheker, J. (2018). Contextualizing the EU's "Responsible research and innovation" Policy in science education: A conceptual comparison with the nature of science concept and practical examples. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 14(6), 2287–2300. <https://doi.org/10.29333/ejmste/89513>
- Lamas, P., & Vargas-D'Uniam, P. (2016). Los niveles de reflexión en los portafolios de la Práctica Pre Profesional Docente. REDU. Revista de *Docencia Universitaria*, 14(2), 57–78. <http://eds.b.ebscohost.com/eds/pdfviewer/pdfviewer?vid=2&sid=40bf105c-154b-4390-9725-cd1592295c38%40sessionmgr103>
- Larrivee, B. (2008). Development of a tool to assess teachers' level of reflective practice. *Reflective Practice*, 9(3), 341–360. <https://doi.org/10.1080/14623940802207451>
- Le Cornu, R., & Ewing, R. (2008). Reconceptualising professional experiences in pre-service teacher education...reconstructing the past to embrace the future. *Teaching and Teacher Education*, 24(7), 1799–1812. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2008.02.008>
- Lederman, N., Abd-El-Khalick, F., Bell, R. L., & Schwartz, R. S. (2002). Views of Nature of Science Questionnaire: Toward Valid and Meaningful Assessment of Learners' Conceptions of Nature of Science. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(6), 497–521. <https://doi.org/10.1002/tea.10034>

- Lederman, N. G., & Lederman, J. S. (2015). Research on Teaching and Learning of Nature of Science. *Handbook of Research on Science Education*, Volume II, 10513. <https://doi.org/10.4324/9780203097267.ch30>
- Lederman, Ng. (2006). Research on nature of science: reflections on the past, anticipations of the future. *Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching*, 7(1), 1–11. https://www.ied.edu.hk/apfslt/download/v7_issue1_files/foreword.pdf
- Lederman, Norman. (2018). The ever changing contextualization of nature of science: Recent science education reform documents in the U.S. and its impact on the achiev. *Enseñanza de Las Ciencias. Revista de Investigación y Experiencias Didácticas*, 36(2), 5. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.2661>
- Loughran, J. J. (2002). *Effective reflective practice in search of meaning in learning about teaching*. 53(1), 33–43.
- Maeng, J. L., Whitworth, B. A., Gonczi, A. L., Navy, S. L., & Wheeler, L. B. (2017). Elementary science teachers' integration of engineering design into science instruction: results from a randomised controlled trial. *International Journal of Science Education*, 39(11), 1529–1548. <https://doi.org/10.1080/09500693.2017.1340688>
- Mann, S. (2016). Reflective Practice and Reflexivity in Research Processes. In *The Research Interview*. <https://doi.org/10.1057/9781137353368>
- Martins, A. (2015). Natureza da Ciência no ensino de ciências: uma proposta baseada em “temas” e “questões.” *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 32, 703–737. <https://doi.org/10.1145/3132847.3132886>
- Ministerio de Educación Nacional de Colombia. (2001). Estándares básicos de competencias en Ciencias Naturales y Ciencias Sociales. La formación en ciencias: ¡el desafío! *Estándares Nacionales de Educacion*, 96–147. http://www.mineducacion.gov.co/1621/articulos-116042_archivo_pdf3.pdf
- Ministerio de Educación Nacional de Colombia. (2004). *Estandares básicos de competencias en Ciencias Naturales y Sociales*. 7(Serie

- Guías), 48. http://www.mineducacion.gov.co/1621/articles-81033_archivo_pdf.pdf
- Ministerio de Educación Nacional de Colombia. (2013). *Sistema colombiano de formación de educadores y lineamientos de política*. MEN.
- Ministerio de Educación Nacional de Colombia. (2014a). *Documento Guía: Docente de básica secundaria y media en ciencias naturales y educación ambiental (Química)*.
- Ministerio de Educación Nacional de Colombia. (2014b). *Programas de formación virtual para docentes y directivos docentes del sector oficial- Presentación Objetivos Esquema técnico Acciones realizadas y Resultados*. 57(1).
- Montecinos, C. (2003). Desarrollo profesional docente y aprendizaje colectivo. P *Sicoperspectivas*, 2, 105–128. <http://www.psicoperspectivas.cl/index.php/psicoperspectivas/article/viewFile/6/6>
- Moraes, R., & Galiuzzi, M. D. C. (2006). Análise textual discursiva: processo reconstrutivo de múltiplas faces. *Ciência & Educação* (Bauru). <https://doi.org/10.1590/S1516-73132006000100009>
- Moraes, R., & Galiuzzi, M. D. C. (2016). Uma Tempestade de luz: a compreensão possibilitada pela Análise *Textual Discursiva*. In Análise Textual Discursiva (Tercera Ed).
- Moreno, Á., Martín, C., Serrano, F., Quintero, J., Buitrago, P., & Herrera, O. (2013). *Informe nacional de competitividad 2013-2014*. 360.
- Muñoz Martínez, M., & Garay Garay, F. (2015). La investigación como forma de desarrollo profesional docente: Retos y perspectivas. *Estudios Pedagógicos*, 41(2), 389–399. <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-84959328204&partnerID=tZOtx3y1>
- Nemiña, R. E., García, H., & Montero, L. (2009). Desarrollo profesional y profesionalización docente. Perspectivas y problemas. Profesorado. *Revista de Currículum y Formación de Profesorado*.

- Nguyen, Q. D., Fernandez, N., Karsenti, T., & Charlin, B. (2014). What is reflection? A conceptual analysis of major definitions and a proposal of a five-component model. *Medical education*, 1176–1189. <https://doi.org/10.1111/medu.12583>
- Niaz, M. (2016). History and Philosophy of Science as a Guide to Understanding Nature of Science. *Revista Científica*, 1(24), 7. <https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.rc.2016.24.a1>
- Nocetti de la Barra, A. (2015). *Experiencia de reflexión de estudiantes de Pedagogía en Educación Media en Biología y Ciencias Naturales en las asignaturas de Prácticas Pedagógicas y Profesional en una universidad de la región del Bio Bio*, Chile. [Universitat de Barcelona]. http://diposit.ub.edu/dspace/bitstream/2445/102037/1/ANdIB_TESIS.pdf
- Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología. (2015). Indicadores de ciencia y tecnología, Colombia 2015. In 2323-072X. <http://ocyt.org.co/es-es/InformeAnualIndicadores/ArtMID/542/ArticleID/273/Indicadores-de-Ciencia-y-Tecnolog237a-Colombia-2015>
- OREALC/UNESCO Santiago. (2015). *Las Carreras Docentes en America Latina. La acción meritocrática para el desarrollo profesional* (UNESCO). <http://unesdoc.unesco.org/images/0024/002440/244074s.pdf>
- Ospina, M. (2017). Aspectos éticos que se deben tener en cuenta en la investigación en Ciencias Sociales. In *La Recolección de Información en las Ciencias Sociales . Una aproximación* (Issue January, pp. 1–16).
- Pacheco, J. (2010). La clasificación múltiple de ítems y el análisis de escalogramas multidimensionales. *Suma Psicológica*, 3(1), 25–37.
- Paramo, P. (2008). *La Investigación en las Ciencias Sociales* (Universidad Piloto de Colombia (ed.)).
- Paramo, P. (2011). *La investigación-acción educativa* (Universida). <http://www.jstor.org/stable/j.ctt18d84kk>
- Paramo, P. (2013). Investigación de Estudio de Caso: Estrategia de Indagación. In *La Investigación en Ciencias Sociales: Estrategias de investigación* (II, pp. 307–314).

- Parra, J., Maya, C., & Barrera, D. (2013). Maestros enseñantes y aprendices, a lo largo de la vida. In *Journal of Chemical Information and Modeling* (Vol. 53, Issue 9).
- Pedretti, E., & Nazir, J. (2011). Currents in STSE education: Mapping a complex field, 40 years on. *Science Education*, 95(4), 601–626. <https://doi.org/10.1002/sce.20435>
- Peeters, A., & Robinson, V. (2015). A Teacher Educator Learns How to Learn from Mistakes: Single and Double-loop Learning for Facilitators of In-service Teacher Education. *Studying Teacher Education*, 11(3), 213–227. <https://doi.org/10.1080/17425964.2015.1070728>
- Penalva, C., Alaminos, A., Frances, F., & Santacreu, O. (2015). *La investigación cualitativa: técnicas de investigación y análisis con Atlas.ti* (U. de Cuenca (ed.); pydlos edi). [http://dspace.ucuenca.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/22374/1/LA_INVESTIGACION_CUALITATIVA para repositorio u.pdf](http://dspace.ucuenca.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/22374/1/LA_INVESTIGACION_CUALITATIVA_para_repositorio_u.pdf)
- Perrenoud, P. (2004). *La practica reflexiva en el oficio de enseñar* (Primera). www.grao.com
- Porter, L. (2006). Políticas de subjetividad para la igualdad de oportunidades educativas. Un diálogo entre Juan Carlos Tedesco y Luis Porter. *Revista Electronica de Investigacion Educativa*, 8(1), 1–21.
- Pujalte, A. (2014). Las imágenes de ciencia del profesorado: de la imagen discursiva a la enactiva. In *tesis no publicada*. <http://studylib.es/doc/6779384/tesis-doctoral-pujalte>
- Pujalte, A., Adúriz-Bravo, A., & Porro, S. (2015). Las imágenes de ciencia en profesoras y profesores de Biología: Entre lo que se dice y lo que se hace. *Revista Boletín Biológica*, 9(33), 5–10. [http://www.revistaboletinbiologica.com.ar/pdfs/N33/aportes\(33\).pdf](http://www.revistaboletinbiologica.com.ar/pdfs/N33/aportes(33).pdf)
- Pujalte, A., Adúriz, A., & Silvia, P. (2014). De la imagen de ciencia declarativa a la de la práctica en el aula: Las imágenes del profesorado entre la visión democrática y la deficitaria. *Uni-Pluri/Versidad*, 14, 111–118.

- Rabello, R. (2007). *Em debate cientificidade e edição em ciências* (EdiPucrs).
- Ramos, G., Ribeiro, M., & Eduardo, M. (2015). *Análise Textual Discursiva em processo : investigando a percepção de professores e licenciandos de Química so - bre aprendizagem Análisis Textual Discursivo en proceso : investigando la percepción sobre el aprendizaje de profesores y futuros graduados en .* 34, 125–140.
- Ravanal-Moreno, E. (2017). Considerations for Professional Development Program that guides the teacher to reconceptualize teaching. *Revista Científica*, 1(28), 60–71. <https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.RC.2016.28.a5>
- Ravanal, E., Valbuena, E., & Amórtegui, E. (2018). Proposal of a model for professional development: perspectives and stages that contribute to the improvement of the practice of biology teaching. *ERIDOB*.
- Rigney, J., Ferland, T., Dana, N. F., Rigney, J., Ferland, T., & Dana, N. F. (2019). Understanding Teacher Reflectivity in Contemporary Times : A (Re) Review of the Literature. *The New Educator*, 0(0), 1–22. <https://doi.org/10.1080/1547688X.2019.1631923>
- Ritter, J., & Pansera, M. C. (2009). Concepções de ciência: uma reflexão epistemológica. *VIDYA, Florianópolis*, 29(2), 57–70.
- Rodrigues, R. (2013). *El desarrollo de la práctica reflexiva sobre el quehacer docente , apoyada en el uso de un portafolio digital , en el marco de un programa de formación para académicos de la Universidad Centroamericana de Nicaragua Tesis doctoral presentada por.* 53–70. http://diposit.ub.edu/dspace/bitstream/2445/43124/5/RRODRIGUES_TESIS.pdf
- Rodriguez, D. (2007). *Relación entre concepciones epistemológicas y de aprendizaje , con la práctica docente de ideas previas en el ámbito de la física.*
- Rojas, N., Alejandro, M., Vera, A., Davidson, Á., Vera, A. A., & Davidson, B. Á. (2012). *Profesionalización docente: ¿Es posible un camino de convergencia para expertos y novatos ?* 14, 10–24.

- Ruffinelli, A. (2017). Formación de docentes reflexivos : un enfoque en construcción y disputa Educating reflective teachers : an approach under progress and dispute. *Educ. Pesqui.*, Sao Paulo, 43, n. 1, 97–111. <https://doi.org/10.1590/S1517-9702201701158626>
- Russell, T., & Martin, A. K. (2017). Reflective Practice: Epistemological Perspectives on Learning from Experience in Teacher Education. In *Reflective Theory and Practice in Teacher Education* (pp. 27–48). <http://www.springer.com/series/7072>
- Salajan, F. D., & Duffield, S. K. (2019). Enhancing Pre-service Teachers' Professional Practice Through Reflection on the Action of Others: The Development of the Heterospective Reflection Framework Informed by Virtual Field Experiences. *The Teacher Educator*, 54(4), 333–358. <https://doi.org/10.1080/08878730.2018.1557309>
- Santos, J. R. V. dos, & Dalton, J. O. (2012). Sobre Análise de Conteúdo, Análise Textual Discursiva e Análise Narrativa: investigando produções escritas em Matemática. V *Seminário Internacional De Pesquisa Em Educação Matemática*. http://www.sbembrasil.org.br/files/v_sipem/PDFs/GT08/CC03178308997_A.pdf
- Schön, D. (1992). La formación de profesionales reflexivos. Hacia un nuevo diseño de la enseñanza y el aprendizaje en los profesionales. In *La formación de profesionales reflexivos*. <http://csmvigo.com/pedagogia/files/2016/07/D.A.-SCHÖN-LA-FORMACIÓN-DE-PROFESIONALES-REFLEXIVOS.pdf>
- Schön, D. (1998). *El profesional reflexivo. Cómo piensan los profesionales cuando actúan* (P. Ibérica (ed.); Primera).
- Secretaria de Educacion de Bogota. (2015). Docentes Empoderados y con mejor Formación. 2015. http://issuu.com/secretariadeeducacionbogota/docs/4_pantalla/1?e=0/5624495
- Sicora, A. (2012). Práctica reflexiva y profesiones de ayuda. *Alternativas. Cuadernos de Trabajo Social*, 19, 45–58. <https://doi.org/10.14198/altern2012.19.03>
- Stake, R. E. (1999). *Investigacion con estudios de caso*. <https://books>.

google.com.co/books?id=gndJ0eSkGckC&printsec=frontcover&dq=robert+yin+investigacion+sobre+estudio+de+casos&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwi5rNizsuHZAhVOoVMKHQM4CbsQ6AEI-JTAA#v=onepage&q=robert yin investigacion sobre estudio de casos&f=false

Stenhouse, L. (1998). La investigación como base de la enseñanza. *Reflexiones Pedagógicas*, 21, 28–37. <https://www.youtube.com/watch?v=mSdua3iR9Zg>

Stiefel, B. M. (2013). *La Ciencia Escolar hacia sus bordes*. 40–43.

Tardif, M. (2004). *Los saberes del docente y su desarrollo profesional* (Narcea S.A).

Tobergte, D. R., & Curtis, S. (2013). Second International Handbook of Science Education. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1689–1699. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>

Tójar H, J. C. (2006). *Investigación cualitativa : comprender y actuar*. https://discovery.upc.edu/iii/encore/record/C__Rb1380609__Sinvestigacion+cualitativa__Orightrresult__U__X7?lang=cat

Toro, R., & Cardoso, N. (2013). Evolución de las concepciones epistemológicas sobre naturaleza de la ciencia (NdC) en estudiantes de ibagué, colombia. *IX Congreso Internacional Sobre Investigación En Didáctica De Las Ciencias*, 2009, 9–12.

Tuay-Sigua, R. N., & Porras-Contreras, Y. A. (2016). Representaciones de la Naturaleza de la Ciencia y la Tecnología desde la Perspectiva CTSA de Profesores en Escuelas Normales Superiores -Nature of Science and Technology Representations From a Teacher's Stse Perspective at Normal Superior Schools. *Revista Científica*, 3(23), 30. <https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.rc.2015.23.a3>

Tuay, R. N., Carreño, A., Duran, V., & Valencia, F. (2015). Conocimiento profesional docente desde la Naturaleza de la Ciencia, la Tecnología y el Ambiente en docentes de Secundaria. In EDUCC (Ed.), *Educación Secundaria y sus modalidades en el contexto Nacional e Internacional Presente y Porvenir*. (pp. 173–187).

- UNESCO. (2006a). *Habilidades para la vida: Contribución desde la educación científica en el marco de la Década de la educación para el desarrollo sostenible*.
- UNESCO. (2006b). *Modelos innovadores en la formación inicial docente*. <https://doi.org/10.6018/analesps.28.2.125341>
- UNESCO. (2013). Enseñanza y aprendizaje: Lograr la calidad para todos. In *Informe De Seguimiento De La Ept En El Mundo 2013*. <http://unesdoc.unesco.org/images/0022/002256/225654s.pdf>
- Valdés, P., & Romero, X. (2011). Orientación CTS, un imperativo en la enseñanza general. *Revista Iberoamericana de Educación*, 55(4), 10. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3688183>
- Valencia Valbuena, F. (2019). *La educación en ciencias en la primera infancia desarrollada en comunidades de formación: un estudio de caso*. Univeridad Pedagógica Nacional.
- Vázquez-Alonso, A., & Manassero-Mas, M.-A. (2019). *An Alternative Conceptualization of the Nature of Science for Science and Technology Education*. 12, 18–24. <http://dspace.uib.es/xmlui/handle/11201/149882>
- Vázquez, Á., Manassero, M. A., & Bennássar, A. (2013). Secuencias de Enseñanza - Aprendizaje sobre la Naturaleza de la Ciencia y Tecnología. *Unidades Didácticas Del Proyecto EANCYT, January 2013*, 28.
- Vázquez Alonso, Á. (2014). Enseñanza, Aprendizaje y Evaluación en la Formación de Docentes en Educación CTS en el contexto del siglo XXI. *Uni-Pluri/Versidad*, 14(2), 37–49.
- Vázquez Alonso, Á., Acevedo Díaz, J., & Manassero Mas, M. (2003). Papel de la educación CTS en una alfabetización científica y tecnológica para todas las personas. REEC: *Revista Electrónica de Enseñanza de Las Ciencias*, 2(2), 1.
- Vesterinen, V.-M., Manassero-Mas, M.-A., & Vázquez-Alonso, A. (2014). History, Philosophy, and Sociology of Science and Science-

Technology-Society Traditions in Science Education: Continuities and Discontinuities. In *International Handbook of Research in History, Philosophy and Science Teaching* (pp. 1–2532). <https://doi.org/10.1007/978-94-007-7654-8>

Vezub, L. (2013). La formación y el desarrollo profesional docente frente a los nuevos desafío de la escolaridad. *Páginas de Educación*, 6(11), 1–31. <https://doi.org/http://www.ugr.es/local/recfpro/rev111ART2.pdf>

Yecid, R., Rodr, A., Aragón-Méndez, M. del M., García-Carmona, A., Acevedo-Díaz, J. A., Hurtado, G. E., & Ravanal-Moreno, E. (2017). Considerations for Professional Development Program that guides the teacher to reconceptualize teaching. *Revista Científica*, 1(18), 302. <https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.RC.2016.28.a5>

Yin, R. K., Venkatesh, V., Brown, S. A., Bouzid, I., Ali, R. E., Ali, R. E., South, A., Brulhart, Territoriale, G., Giordano, Y., Jolibert, A., Reed, M., Robert, É., Ridde, V., NVIVO, Hesse-Biber, S. N., Haddar, M., Thietart, R., Corbi, M., ... Bhaskar, R. (2003). Case Study Research. Design and Methods. In *Qualitative Research* (Vol. 5, Issue 3, p. 178). <https://doi.org/10.3917/rsi.103.0020>



La presente investigación analiza las principales características de la NdC que enseña un grupo de profesores de ciencias, quienes participan en un proceso de formación en servicio; la práctica reflexiva que ellos desarrollan desde la visión de consensos; el enfoque de parecido familiar (EPF); la enseñanza implícita y explícita de la NdC, y los niveles de reflexión. En general, esta investigación busca obtener una mejor comprensión de la ciencia que se enseña en los colegios de Bogotá, Colombia.