

Cambios en la visión de indagación científica: Una aproximación a la interpretación de esquemas realizados por docentes del Curso ICEC de la Región de Aysén¹

Patricia López S.
palopez@uahurtado.cl

Alejandra Moncada O.
alemoncadao@gmail.com

Patricia Espinosa T.
patriciaespinosat@gmail.com

Programa ICEC, Facultad de Educación, Universidad Alberto Hurtado
Almirante Barroso 10, Santiago

Resumen

La presente investigación de enfoque cualitativo se realiza con la finalidad de conocer y analizar las representaciones de indagación científica, como enfoque didáctico y pedagógico, que proyectan 27 docentes de la Región de Aysén, Chile. La investigación fue llevada a cabo en el marco del Programa de Indagación Científica para la Educación en Ciencias (ICEC), implementado por la Universidad Alberto Hurtado, y consistió en el análisis interpretativo de esquemas rotulados que los docentes elaboraron en tres momentos del desarrollo del Curso de Especialización en Indagación Científica: al inicio, después de haber transcurrido la mitad del curso y, por último, al término de este, con la finalidad de conocer cómo cambia la visión de indagación científica durante el desarrollo del Curso ICEC. Para analizar los esquemas se consideró la visión de indagación científica definida *a priori* para el diseño de la propuesta formativa. Los resultados muestran que los docentes, paulatinamente, incorporan conceptos y reemplazan otros, hacia concepciones que se aproximan a la visión de indagación científica que el Curso ICEC intenta promover. A partir de los resultados obtenidos se propone la introducción de modificaciones específicas en la propuesta formativa, con la finalidad de mejorar las oportunidades de aprendizaje en torno a la indagación científica para los docentes, en el marco del acompañamiento a las comunidades de aprendizaje, así como a los docentes de futuras implementaciones del Curso.

Palabras clave: Indagación científica; representaciones; desarrollo profesional docente.

Introducción

En las últimas décadas, como respuesta a las crecientes demandas de habilidades y competencias requeridas para desenvolverse en el incierto siglo XXI, se han generado movimientos, propuestas y visiones innovadoras para la educación en ciencias. Ya en el Consejo Internacional para la Ciencia, de 1999 se declaraba que:

para un país que quiere estar en condiciones de atender las necesidades fundamentales de su población, la enseñanza de la ciencia y la tecnología es un imperativo

¹ En el presente artículo se utilizan de manera inclusiva -es decir, entendiendo que esta denominación incluye a hombres y mujeres- términos como docente, estudiante, escolar, etc. No se usan referencias explícitas como "los/las"; "o/a", u otras, con el propósito de evitar la saturación gráfica del texto.

estratégico. Como parte de esa educación, los estudiantes deberán aprender a resolver problemas concretos y a atender las necesidades de la sociedad utilizando sus competencias y conocimientos científicos y tecnológicos. (Declaración de Budapest, 1999, Anexo II, pp.5)

La importancia de la alfabetización científica no exenta de críticas (Fensham, 2002; Hewson, 2002), no solo se consolidó, sino que originó el movimiento Ciencia para Todos, liderado por la UNESCO. Este movimiento, que impactó a la comunidad científica y educativa, remeciendo los cimientos de la visión elitista de la ciencia, dio origen a las corrientes Ciencia-Tecnología-Sociedad (CTS), para ampliarse más tarde con la consideración del Ambiente (CTSA) (Macedo, 2016).

También en la última década del siglo XX, en el documento oficial de los Estándares Nacionales de Educación de Washington, auspiciados por el Consejo Nacional de Investigación de Estados Unidos (1996), se plantea que:

En un mundo repleto de productos de la indagación científica, la alfabetización científica se ha convertido en una necesidad para todos: todos necesitamos utilizar la información científica para realizar opciones que se plantean cada día; todos necesitamos ser capaces de implicarnos en discusiones públicas acerca de asuntos importantes que se relacionan con la ciencia y la tecnología; y todos merecemos compartir la emoción y la realización personal que puede producir la comprensión del mundo natural (pp. 1).

La concepción de alfabetización como una necesidad para todos, se refuerza con las declaraciones del Programa PISA del área de Ciencias del PISA (Programme for International Student Assessment, de la OECD), que el 2002 declaraba que la alfabetización científica implicaba el desarrollo de capacidades que son requeridas para “entender y ayudar a tomar decisiones sobre el mundo natural y los cambios realizados en él a través de la actividad humana” (Harlen, 2002, p. 210). En ese mismo sentido, la “emergencia planetaria” (Bybee, 1991) que estamos viviendo, constituye un argumento a favor de una alfabetización científica para toda la ciudadanía. Es así que, en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo, realizada en Río de Janeiro en 1992 o Primera Cumbre de la Tierra, se exigió la acción de los educadores para que los ciudadanos y ciudadanas comprendan cuál es esa situación y puedan participar en la toma de decisiones fundamentadas (Gil-Pérez y Vilches, 2001; Gil-Pérez *et al.*, 2003).

Puede plantearse, por tanto, que existe cierto consenso respecto del propósito central de la educación científica del siglo XXI: entender y participar en debates críticos sobre temas de ciencia y tecnología. Lo anterior precisa de tres competencias específicas de este campo: la capacidad de explicar fenómenos naturales, artefactos técnicos y tecnologías, y sus implicaciones para la sociedad. Dicha capacidad requiere un conocimiento de las ideas fundamentales de la ciencia y las preguntas que enmarcan la práctica y los objetivos de la ciencia. La segunda es el conocimiento y la comprensión de la investigación científica: identificar las preguntas que pueden ser respondidas mediante investigación científica;

identificar si se han utilizado procedimientos apropiados; y proponer formas en que se podría responder a tales preguntas. La tercera es la competencia para interpretar y evaluar los datos y las pruebas científicamente, y evaluar si las conclusiones están justificadas (OECD, 2017).

Como una respuesta a la demanda de alfabetización científica, la comunidad científica internacional promueve activamente el uso de la indagación científica en la enseñanza de las ciencias (IAP, 2005). Desde el año 2000, las academias de ciencias del mundo, que conforman el *Inter Academy Panel on International Issues* (IAP), han convocado a la comunidad científica a generar programas de *Educación en Ciencias Basada en la Indagación* (ECBI) con la finalidad de mejorar la calidad de la educación en ciencias y acercarla a la ciudadanía.

En nuestro país, en los lineamientos vigentes del currículum en ciencias que plantea el Ministerio de Educación se alude a la alfabetización científica de los niños, niñas y jóvenes y a las grandes ideas de la ciencia (Harlen, 2012) como elementos centrales en su formación:

En la educación básica, estas grandes ideas y habilidades están enfocadas a la alfabetización científica de todos los alumnos. Esto corresponde a la capacidad de los estudiantes para aplicar en su vida ordinaria los conocimientos y las habilidades aprendidas, hacerse preguntas sobre distintos fenómenos y obtener conclusiones basadas en la evidencia. Lo anterior les permitirá comprender el mundo natural, tomar decisiones informadas dentro de él y llevar dichas decisiones a diversas actividades humanas que afecten a su familia y comunidad (Mineduc, 2018, pp. 71).

A pesar del consenso en torno a la formulación precedente, suponemos que en la escuela y el liceo persiste la idea de que la ciencia forma parte de un cuerpo de conocimiento ya definido y clausurado, con un método único y en que los experimentos tienen una función ilustrativa, en la medida que los resultados son conocidos por el docente y por sus estudiantes. Desde el punto de vista teórico, la ciencia es presentada con la visión de mundo de la mecánica newtoniana, i.e. “determinista, reversible, causalmente cerrada, atomística y homogénea en su concepción del espacio, tiempo y de las entidades y su medio ambiente” (Schizas *et al.*, 2016, p. 712).

El Programa de Indagación para la Educación en Ciencias (ICEC), implementado desde el 2015 por el Ministerio de Educación de Chile, busca impulsar el desarrollo profesional docente en el área de las ciencias naturales, con la finalidad de formar a los docentes en indagación como enfoque didáctico y pedagógico para la alfabetización científica de los estudiantes, favoreciendo la conformación de comunidades de aprendizaje docente. El programa ICEC, aplicado en todas las regiones del país por distintas universidades, responde así a los desafíos para la formación docente que exige el siglo XXI.

Tomando en consideración cuán difícil es conocer y modificar las visiones o creencias docentes, la evidencia de que estas impactan en sus percepciones y juicios, y estos en sus prácticas de aula (Biddle *et al.*, 2000), se decidió investigar en qué medida los docentes participantes, cambiaban su visión de indagación científica durante el Curso ICEC,

implementado por la Universidad Alberto Hurtado (UAH). Los resultados de dicho estudio aportaron evidencias para el mejoramiento de la propuesta formativa. Para esta investigación, se utilizaron algunas de las categorías propuestas por Fernández et al. (2002), acerca de la visión de ciencias: concepción empiroinductivista y ateorica; concepción rígida de la actividad científica; concepción aproblemática y ahistórica de la ciencia; concepción individualista y elitista de la ciencia, con la finalidad de disponer de mayor sustento de análisis respecto de los cambios en las concepciones docentes, basándonos en investigaciones anteriores.

La pregunta de investigación fue formulada como sigue: ¿Cómo cambia la visión de indagación científica como enfoque didáctico y pedagógico de docentes durante el Curso de Especialización en Indagación Científica de la Región de Aysén?

La investigación exploratoria, de carácter cualitativo, consistió en el análisis interpretativo y comparativo de esquemas rotulados acerca de la visión de indagación científica, que los docentes elaboraron en tres momentos del desarrollo del curso: al inicio, después de haber transcurrido la mitad del curso y, por último, al final de este. Posteriormente, se triangularon los cambios observados en las visiones de indagación científica con las actividades curriculares específicas implementadas durante el Curso ICEC, con el propósito de obtener evidencias que pudiesen contribuir al mejoramiento de la propuesta formativa para las nuevas cohortes.

Marco de referencia

Desarrollo profesional docente centrado en la Indagación científica como enfoque didáctico y pedagógico: un proceso de construcción

Numerosas investigaciones han abordado el desarrollo profesional de los docentes, centrándose en la progresión de sus concepciones (Porlán y Martín del Pozo, 2006; Porlán et al. 2010; Leema y Katherine, 2010) o en el cambio gradual de estas (Mellado, 2003). Todas, sin embargo, coinciden en la relevancia de conocer y estudiar cómo se construyen las concepciones docentes acerca de la ciencia, del aprendizaje y de la práctica. El énfasis está, justamente, en el estudio de las *transiciones* que se logran cuando los docentes participan en procesos de desarrollo profesional. En este estudio, se identificaron los cambios en las concepciones de indagación científica de los docentes participantes en un proceso de formación continua y se intentó establecer relaciones entre los cambios detectados y las actividades y enfoques de la propuesta formativa del Curso de Especialización en Indagación Científica para la Educación en Ciencias.

El Curso de Especialización en Indagación Científica para la Educación en Ciencias, se desarrolla en el marco del Programa ICEC en convenio de colaboración entre el Ministerio de Educación y la Universidad Alberto Hurtado (UAH). El curso, de 400 horas, se compone de ocho unidades: Visión de Ciencia, Visión de la Educación en Ciencias, Currículum en Ciencias Naturales, Evaluación para el Aprendizaje, Diseño de Recursos Educativos, Investigación en el Aula, Comunidades de Aprendizaje e Indagación Científica.

En el diseño del Curso de Especialización implementado por la UAH se concedió especial importancia a dos aspectos: la superación de la tradicional noción de una secuencia lineal del tratamiento de los contenidos, introduciendo el concepto de plan de estudios integrado e interconectado, que busca relacionar y enriquecer los contenidos de las distintas unidades. Además, el diseño del programa descansó en la idea de una progresión conjetural o hipotética de los aprendizajes docentes, mediante una definición *a priori* de cuáles podrían ser los niveles deseables de comprensión por parte de los docentes-alumnos que se pondrían de manifiesto cuando expongan sus ideas, analicen y diseñen situaciones de enseñanza aprendizaje y, más adelante, las apliquen (López, 2017).

Las actividades propuestas en el curso se diseñaron para orientar este proceso de aprendizaje gradual, a partir de las ideas, nociones y creencias de los docentes. Dichas propuestas, no obstante, constituyen un marco orientador flexible. Este marco, dado por la progresión hipotética de aprendizajes, asegurará las vinculaciones e interrelaciones entre las distintas sesiones consecutivas y entre las sesiones que pertenecen a otras unidades. Asimismo, se intencionó que los docentes participantes vivenciaran permanentemente el aprendizaje por indagación durante el curso y, paulatinamente, se apropiasen de él, a través de la profundización teórica, la reflexión y la metacognición como estrategias. Logrando así una conceptualización con fundamento teórico que progresivamente podría ser parte sustancial de su práctica pedagógica.

El curso fue organizado en torno a tres momentos:

Primer momento: La identificación temprana de un Problema Socio Científico (PSC) del espacio local, sirvió de gatillante del proceso de aprendizaje de docentes, como estudiantes. Estuvo centrado en el reconocimiento de las preconcepciones y creencias docentes acerca de la ciencia, su enseñanza y aprendizaje, la aproximación a la indagación científica como enfoque didáctico y pedagógico, fundamentalmente a través de la vivencia de experiencias indagatorias y su posterior análisis metacognitivo, así como el trabajo colaborativo, como base de la conformación de comunidades de aprendizaje.

Segundo momento: Estudio del PSC; profundización en torno a la indagación científica y su incidencia en el desarrollo de competencias científicas y ciudadanas; análisis curricular, considerando las “grandes ideas de la ciencia” (Harlen, 2010); construcción de la noción de “progresión de aprendizajes”, a partir de sus propias experiencias.

Tercer momento: Paulatinamente, se reemplaza el rol de “estudiante” por el de docente, en la medida que comienzan a proponer cómo sus aprendizajes incidirán en su enseñanza. Realizaron, colaborativamente, una investigación acción para identificar posibles “obstáculos” para el aprendizaje de sus estudiantes y diseñaron, en colaboración, una secuencia didáctica en el marco del abordaje del PSC estudiado, para enfrentarlos. Aplicaron y retroalimentaron algunas de las sesiones de clase diseñadas, proponiendo formas fundamentadas de mejorarlas. Luego, se prepararon para compartir y comunicar sus aprendizajes.

La unidad de Indagación Científica, de carácter transversal, tiene como objetivo general: Reconocer la indagación científica como un componente esencial del quehacer científico que se proyecta como enfoque de enseñanza que permite a los estudiantes alcanzar el desarrollo y la comprensión de ideas científicas involucrándolos en los procedimientos propios del hacer ciencias. Tres objetivos específicos se desprenden de esta unidad:

- Comprender la indagación científica como aquellos procesos y procedimientos que realizan los científicos para responder preguntas de interés.
- Reconocer la indagación científica como un componente esencial de la formación de los estudiantes para el logro de la alfabetización científica y la formación ciudadana.
- Apropriarse y valorar la indagación científica como un enfoque de enseñanza de las ciencias naturales, que responde a las necesidades formativas de los estudiantes y al currículum vigente.

Indagación Científica

Existen diversas formas de entender la indagación científica (Schwab, 1966; NRC, 1996; Martin-Hansen, 2002; Windschitl, 2003; Bybee, 2004; Schwartz et al., 2004; Anderson, 2007; Harlen, 2016). Mientras algunas concepciones enfatizan fomentar el cuestionamiento, otras se centran en las estrategias de enseñanza para motivar el aprendizaje, o bien, en el desarrollo de habilidades experimentales (Barrow, 2006). Sin embargo, independientemente de las divergencias y los distintos enfoques, existe consenso respecto del aporte para el aprendizaje que implica la aplicación en el aula de procesos similares a aquellos que la comunidad científica utiliza en la generación de conocimiento científico.

Desde una perspectiva sociocultural, la indagación científica correspondería a las formas utilizadas para generar explicaciones, cargadas de teoría, basada en evidencia y argumentos convincentes, que serán apoyadas y validadas por una comunidad, y mantenidas por la comunidad como conocimiento tentativo y plausible de desarrollo (Flick et al., 2004). El concepto “indagación científica”, también puede ser entendido como objetivos de aprendizaje, una metodología de enseñanza o un enfoque pedagógico, es decir, un conjunto de conocimientos y creencias que guían la enseñanza de las ciencias (Abell et al., 2004).

La visión de indagación científica que sirve de marco de referencia a este estudio considera los cuatro dominios enunciados por Driver y colaboradores (1996): Dominio 1: “Esquemas conceptuales”; Dominio 2: “Procesos y estrategias”; Dominio 3: “Marcos epistémicos” y; Dominio 4: “Procesos sociales”. Dichos dominios, analizados desde la perspectiva de la educación en ciencias, conforman, a nuestro juicio, componentes clave de la indagación científica como enfoque didáctico y pedagógico: visión de ciencia como construcción social y cultural; grandes ideas de la ciencia como conocimiento en construcción; desarrollo de habilidades y actitudes científicas en el proceso de aprendizaje; argumentación sustentada en evidencia; comunicación y difusión de los aprendizajes, en un marco de colaboración y conformación de comunidades de aprendizaje.

Los dominios son entendidos como sigue:

1. Esquemas conceptuales: Siguiendo a Brandwein y colaboradores (1962), este dominio se refiere al cuerpo de conocimientos científicos que incluye hechos, conceptos, teorías y principios. Respecto de los hechos, sería de especial importancia considerar cuál es la actitud, tanto de los docentes como de los estudiantes ante los hechos. La búsqueda por sí misma, de acuerdo con Biddle (2000), no tendría sentido. Más bien, debiese tratarse de una búsqueda para encontrar significados o explicaciones, o, simplemente por saber.
2. Procesos y estrategias: Este dominio se refiere al proceso de adquisición de conocimiento o de un resultado deseado, sin ceñirse a un procedimiento preestablecido. Aunque en la indagación algunas de las actividades son del tipo “procedimiento esquemático”, otras actividades requieren de toma de decisiones y el razonamiento guiado respondiendo al objetivo del trabajo de indagación. El diseño de una investigación o la selección de un diseño superan el “paso a paso” del procedimiento esquemático. En lugar de un esquema de procedimiento preestablecido, la indagación debiese centrarse en los aspectos tácticos y estratégicos del razonamiento científico que guían el proceso de recogida de pruebas (por ejemplo, decidir qué medir, cómo medirlo). Puede ser que el concepto “proceso” transmita mejor la idea de construir conocimientos y desarrollar habilidades necesarias para el razonamiento científico relacionado con la aplicación y perfeccionamiento de modelos basados en la evidencia.
3. Marcos epistémicos: Siguiendo a Kuhn (1989), Driver y colaboradores (1996) y Duschl (2000) este dominio se basa en lo que se ha descrito como la Naturaleza y el Desarrollo del Conocimiento Científico (NDCC). Se propone cinco aspectos de la NDCC que pueden estar más directamente vinculados a este dominio. El conocimiento científico:
 - es una construcción social y cultural -es algo que la gente hace y cree. Se trata de la invención de teorías, explicaciones, modelos, etc. y se sustenta en la argumentación (Duschl, 2000).
 - es empírico -sobre la base y/o derivados de las observaciones del mundo natural. (Khishfe y Abd-El-Khalick, 2002; Duschl, 2007).
 - es provisional e incierto -está sujeto a cambios (Schwab y Brandwein, 1962).
 - corresponde a resultados de diversas formas de práctica científica. No hay un método científico que se aplique a todas las investigaciones científicas (Duschl et al., 2007; Lehrer y Schauble, 2006).
 - varía en su poder explicativo y predictivo (por ejemplo, teorías, leyes, hipótesis) (Duschl et al., 2006).
4. Procesos sociales: Este dominio implica dos aspectos: (a) el conocimiento científico se construye en grupos de colaboración y se basa en investigaciones previas realizadas por otros científicos y (b) utiliza formas convencionales para ser comunicado, representado, argumentado y debatido por los científicos de una comunidad establecida. La ciencia tiene una forma especial de hablar y escribir. (Latour y Woolgar, 1986; Giere, 1988; Driver et al., 1996; Duschl, 2003).

Ideas acerca de la ciencia

Adicionalmente, con la finalidad de relacionar las ideas de indagación científica con las concepciones acerca de la ciencia, que los docentes presentaban en sus esquemas y documentar en qué medida cambian sus ideas, se consideró la propuesta de Gil Pérez (1994) y Fernández et al. (2002) acerca de las distintas visiones de ciencia que son transmitidas por su enseñanza.

Entre las visiones más frecuentes, está aquella “empirista y atórica” en que se presenta la observación y la experimentación como neutras, sin considerar el papel de las hipótesis ni la construcción del conocimiento. Por otra parte, cuando la actividad científica se presenta como “rígida”, el conocimiento aparece como una secuencia de pasos mecánicos a seguir. Si la actividad científica se presenta sin mostrar los problemas que le dieron origen, se pueden distinguir visiones “aproblemáticas y ahistóricas”.

En otros casos, la visión que predomina es la exclusivamente analítica; o bien, el conocimiento científico se presenta como acumulativo y lineal. Además, los conocimientos pueden ser presentados como obvios, adquiriéndose una visión de sentido común, lo cual podría contribuir a un reduccionismo conceptual. Por último, se encuentran visiones individualistas, en donde se ignora el trabajo colectivo y se presenta el trabajo como obra de genios aislados. Según los autores, estas distintas visiones no se encontrarían en forma aislada, sino que formarían esquemas conceptuales con cierto nivel de coherencia. Esto contribuiría a poner de manifiesto la dificultad y las limitaciones de definir en una categoría las concepciones de ciencia de un docente.

No obstante, las investigaciones sobre concepciones y creencias del profesorado son relevantes, puesto que contribuyen a comprender mejor la manera en que se desarrollan las prácticas de enseñanza y cómo estas concepciones las determinan (Doménech et al., 2006; Martín del Pozo et al., 2005).

Esquemas para conocer los cambios

Para conocer el cambio en la visión de indagación científica de los docentes participantes en el Curso ICEC mencionado, se ha utilizado el “esquema”, entendido, según Norman (1985, p. 75) “como un conjunto integrado de conocimientos sobre un campo limitado, es decir, una manera particular de estructurar nuestras representaciones sobre la realidad”; en este caso, esquemas rotulados que representen su visión de indagación científica.

Aun cuando existen variadas definiciones de *esquema* (Rumelhart, 1977; Piaget, 1985; García-Madruga, 1991), podrían sistematizarse estas ideas, planteando que el esquema organiza conjuntos de conocimientos que el sujeto posee sobre algún campo particular. El conocimiento al cual el esquema hace referencia podrá ser muy variado. Sin embargo, siempre incluirá algún tipo de información respecto de los componentes clave de la situación dada, del escenario en el que transcurren, quiénes son los participantes, dentro de cuál marco espaciotemporal.

Metodología

El objetivo de este estudio, de enfoque cualitativo descriptivo, interpretativo y de corte longitudinal, fue conocer y analizar las representaciones de indagación científica, como enfoque didáctico y pedagógico que presentan docentes de la Región de Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo.

La Región de Aysén es una zona extrema del país, de baja densidad poblacional, predominantemente urbana, con índices educativos que pertenecen mayormente al nivel medio, con una tendencia a obtener menores puntajes en las pruebas estandarizadas de ciencias respecto al puntaje nacional. En el Plan Especial de Desarrollo de Zonas Extremas se detectaron como principales necesidades formativas la actualización de prácticas pedagógicas, el enfoque intercultural en las prácticas pedagógicas, metodologías para desarrollar “habilidades del Siglo XXI”, metodologías innovadoras de enseñanza-aprendizaje y herramientas de habilidades blandas (Plan Especial de Desarrollo de Zonas Extremas, 2016).

Los 27 docentes participantes de este estudio son educadoras de párvulo, profesores de educación básica, media y diferencial que imparten clases de ciencias en 16 establecimientos educativos municipalizados y particular subvencionados de la región; 11 de estos funcionan en la zona urbana y cinco en la zona rural. Los docentes en su conjunto corresponden a la primera cohorte del Curso de Especialización en Indagación Científica que se llevó a cabo entre octubre de 2019 y agosto de 2020. Este grupo de docentes se caracteriza por ser mayoritariamente jóvenes (menores de 35 años) y mujeres, que residen y dictan clases en establecimientos de la zona urbana; seis son educadoras de párvulos, doce son profesoras de educación básica, tres de educación media y seis de educación diferencial; los años de práctica docente fluctúan entre uno y treinta años; estudiaron en universidades públicas y privadas, excepto dos docentes que lo hicieron en institutos profesionales; sin estudios en indagación científica, salvo dos docentes que han realizado cursos de actualización en ciencias o indagación y un docente un postítulo en ciencias.

Dentro del contexto antes descrito y con la finalidad de establecer si se evidencian cambios en la concepción de indagación científica de los docentes, a medida que se avanza en el curso, se les solicitó, sin incluir ninguna instrucción específica para su realización, que elaboraran un esquema rotulado donde plasmaran su visión de indagación. Dicho ejercicio se llevó a cabo en tres momentos del desarrollo del curso: al inicio (octubre de 2019; N=12), en una etapa intermedia (marzo de 2020; N=19) habiendo transcurrido 187 horas del curso y al término de este (agosto de 2020; N=16), con 400 horas de formación (240 presenciales, 160 virtuales).

Para su análisis e interpretación, se consideraron como categorías los cuatro dominios de la indagación científica, propuestos por Driver et al. (1996): Dominio 1: “Esquemas conceptuales”; Dominio 2: “Procesos y estrategias”; Dominio 3: “Marcos epistémicos” y; Dominio 4: “Procesos sociales”. Es decir, el estudio define *a priori* un estándar, que se sustenta en el enfoque de indagación científica, que se considera al diseñar el curso. Para cada una de las cuatro categorías, se consideraron los elementos clave que comprende cada dominio (subdominios), de tal manera que el análisis permitiera identificar cuáles son aquellas concepciones que el curso, a través de sus objetivos, contenidos y estrategias específicas de su implementación, logra promover en los docentes. Por el contrario, la

constatación de concepciones, que al finalizar el curso se alejen de la visión de indagación científica propuesta, constituirán evidencia para la discusión y análisis en torno a la introducción de modificaciones en el diseño original del curso.

El análisis de cada esquema se realizó desde la perspectiva del grupo (curso). Los términos y/o ideas de los docentes fueron clasificados en los cuatro dominios y sus correspondientes subdominios. En la Tabla 1 se presentan los dominios y subdominios y ejemplos categorizados de las ideas docentes.

Tabla 1. Dominios, subdominios y ejemplos categorizados de las ideas docentes. Fuente: Elaboración propia.

Dominios	Subdominios	Ejemplo de cómo se expresa en los esquemas
Esquemas conceptuales <i>El cuerpo de conocimientos incluye:</i>	Hechos y conceptos	"Conceptos" / "Generación de ideas nuevas"
	Principios y teorías	"Generación de teorías" / "Explicación de la naturaleza y sus fenómenos" / "Hipotetizar sobre fenómenos"
Procesos y estrategias <i>El conocimiento científico se adquiere a través de:</i>	Proceso no esquemático de construcción del conocimiento.	"Efectuar pasos" / "Utilización de diferentes caminos" / "Preguntas" / "Construcción de conceptos"
	Razonamiento científico y desarrollo de habilidades	"Desarrollo de habilidades y competencias" / "Resolución de problemas" / "Análisis de información" / "Investigación" / "Observación" / "Predicciones" / "Cuestionamientos" / "Comparaciones" / "Obtención de datos" / "Interpretación" / "Reflexión"
Marcos epistémicos <i>El conocimiento científico es:</i>	construcción social y cultural	"Compartir" / "Valorar ideas del otro" / "Trabajo en equipo" / "Diálogo y discusión" / "Reflexión y evaluación colaborativa" / "Comprobar" / "Experimentar" / "Reunir evidencia"
	empírico y basado en la observación	
	provisional e incierto	
Procesos sociales <i>El conocimiento científico:</i>	se construye en grupos de colaboración	"Comunicación democrática entre pares" / "Amplía conocimientos en torno a un tema" / "Valora conocimientos previos"
	se basa en investigaciones previas	
	utiliza formas convencionales para ser comunicado y debatido	

Al analizar las descripciones de los cuatro dominios, es posible identificar los elementos claves que los definen (subdominios). Cada uno de esos subdominios es considerado en forma independiente para el análisis de los cambios que se evidencien en los esquemas de los docentes. Posteriormente, se comparó de manera descriptiva la visión de indagación en cada uno de los esquemas, aplicados en tres momentos, y se identificó cambios a medida que transcurre el proceso formativo. Luego, se definió la trayectoria de cambio para cada uno de los cuatro dominios de la indagación científica propuestos *a priori*; así como la trayectoria de la visión de indagación científica de los docentes que participaron en las distintas actividades formativas, con la finalidad de inferir acerca de la influencia de las distintas

acciones formativas sobre la concepción de indagación que construían los docentes (ver figura 1).



Figura 1. Síntesis de las acciones formativas del Curso ICEC-UAH. Fuente: Elaboración propia

Además, para el análisis de los resultados, se consideró la propuesta de Gil Pérez (1994) y Fernández y colaboradores (2002) acerca de las distintas visiones de ciencia que son transmitidas por su enseñanza, con el propósito de documentar los cambios identificados, utilizando categorías estudiadas y consensuadas (ver figura 2). Adicionalmente, aquellas ideas o conceptos presentes en los esquemas, que no calificaban directamente para ninguno de los cuatro dominios considerados, se analizaron separadamente con la finalidad de visualizar en qué medida los docentes participantes aportaron otros elementos a su visión de indagación científica. Así, esos aportes fueron clasificados en dos nuevas categorías: “Labor docente” y “Oportunidades de aprendizaje en el marco de la indagación científic”a.

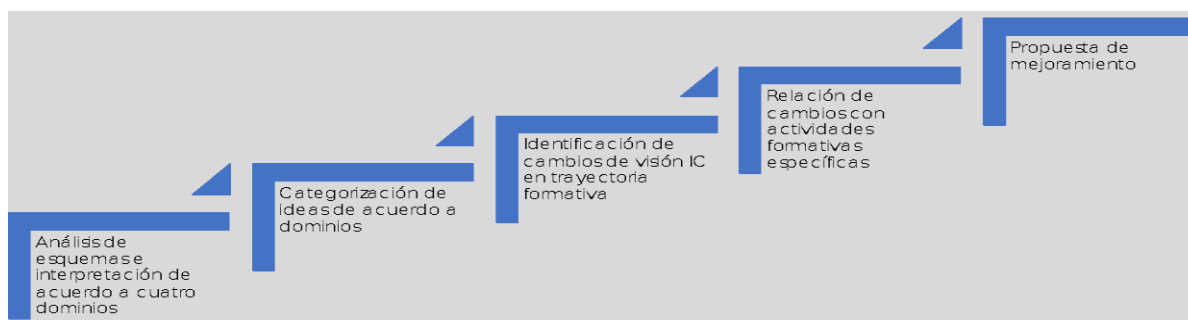


Figura 2. Etapas de la metodología de trabajo. Fuente: Elaboración propia.

Resultados y discusión

Para la interpretación de cada esquema se consideraron los cuatro dominios de la indagación científica propuesta por Driver y colaboradores (1996), así como los subdominios asociados a cada uno de ellos, que fueron detallados antes (ver Marco de referencia). La figura 3 sintetiza los cambios en la visión de indagación científica escolar de los docentes participantes del curso.

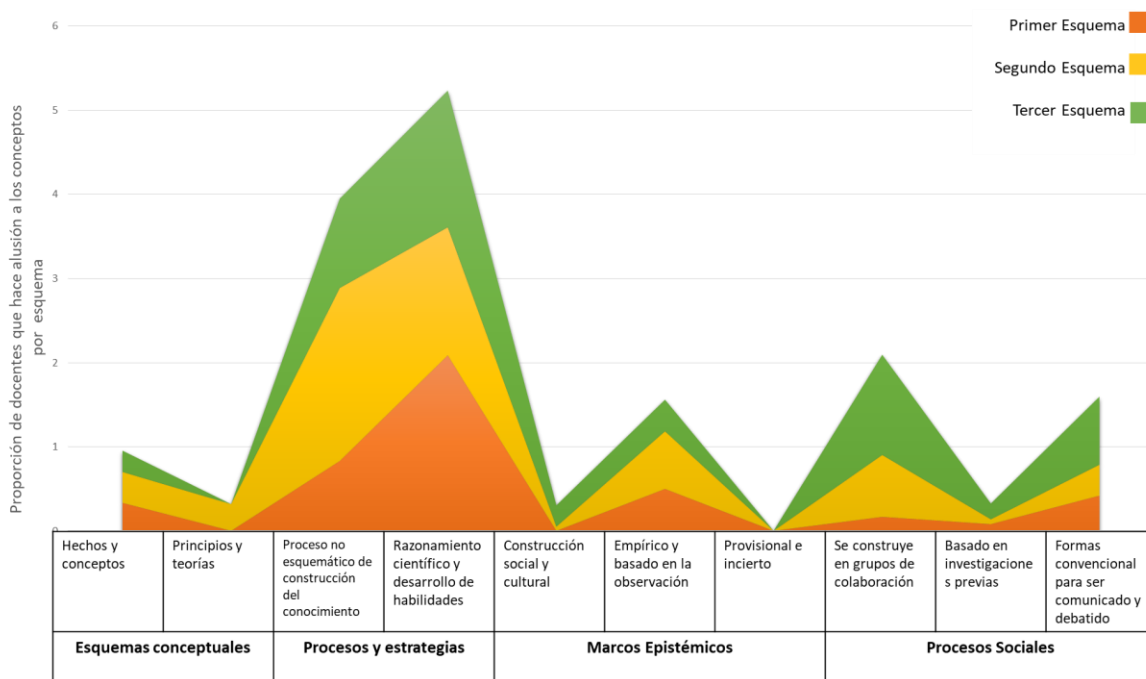


Figura 3. Visión de Indagación Científica Escolar contenida en los esquemas en tres momentos del Curso ICEC-UAH. Fuente: Elaboración propia.

Dominio 1: “Esquemas conceptuales”²

En el primer esquema los docentes se refieren exclusivamente al subdominio “Hechos y conceptos”, señalando que la indagación científica implicaría *conocimientos* y *conceptos*, que puede interpretarse como una visión de ciencia de conocimientos acabados. Sin embargo, en el segundo esquema agregan ideas asociadas al subdominio “Principios y teorías” describiendo que la indagación involucra la *generación de nuevas teorías* para *explicar fenómenos de la naturaleza* que serían indicadores del alejamiento de una visión de ciencia que no considera el papel esencial de las hipótesis como focalizadoras de la investigación y de los cuerpos coherentes de conocimientos (teorías) disponibles, que orientan todo el proceso (Fernández et al., 2002). Así, se constata un leve cambio hacia una concepción que integra al conocimiento científico, la noción de teoría. En el tercer esquema nuevamente se refieren al subdominio “Principios y teorías” complementando el subdominio “Hechos y conceptos”, señalando que los *conceptos* y *conocimientos se construyen* para generar *nuevas*

² En cursiva se presentan las ideas o términos textuales expresados por los docentes en sus esquemas.

ideas. A pesar de que no es posible identificar nuevos cambios, se percibe que las ideas planteadas tienen mayor relación con la construcción del conocimiento, cuestión que podría atribuirse a la comprensión alcanzada respecto de los procesos de aprendizaje y a los ejercicios de diseño de secuencias de clases, que, a partir del objetivo de aprendizaje, se centran en una progresión hipotética de estos. Por otra parte, el ejercicio de pesquisar en el currículo nacional cómo progresan las grandes ideas de la ciencia (Harlen, 2010), puede haber contribuido a la comprensión respecto de la construcción del conocimiento. Además, el seguimiento reflexivo, en tiempo real, de las informaciones respecto de la pandemia de COVID-19 durante la segunda parte del curso, podrían haber contribuido a la comprensión acerca de la construcción del conocimiento científico, en la medida que favoreció la discusión y el análisis en torno a cómo y cuándo la ciudadanía fue informada acerca de cómo el coronavirus infecta y, por tanto, cuáles son las medidas de prevención más adecuadas; que la solución de la pandemia está centrada en las vacunas y que estas son complejas de diseñar; que los científicos más renombrados del mundo no saben muchas cosas y que es necesario trabajar en colaboración para lograr nuevos conocimientos.

En ninguno de los esquemas se hace alusión a los “principios” como componente del dominio “Esquemas conceptuales”, lo que indicaría que los docentes no consideran aún los procesos de unificación como característica fundamental de la evolución de los conocimientos científicos. Como plantea Fernández et al. (2000) la mayor parte de los docentes y de los libros de texto omiten la consideración de los principios, “olvidando destacar, por ejemplo, la unificación que supuso la síntesis newtoniana de las mecánicas celeste y terrestre, rechazada durante más de un siglo con condenas a la obra de Copérnico o Galileo.” (p. 481) (ver figura 3).

Dominio 2: “Procesos y estrategias”

Para el primer subdominio “Procesos no esquemáticos de construcción del conocimiento” los docentes indican que la indagación científica consiste en *construir saberes o conocimientos efectuando pasos* mediante la *experimentación* que incluye *medir o poner a prueba las hipótesis* para luego *sacar conclusiones*. El análisis de las ideas expresadas muestra que las primeras referencias a los procedimientos esquemáticos para aproximarse al conocimiento científico aluden a la existencia de un solo método, respondiendo así a una concepción de la actividad científica que, generalmente, va asociada a la concepción de un “método científico”, como conjunto de etapas prácticamente inamovibles. Esta concepción, que podría llamarse *rígida*, está ampliamente difundida entre los docentes de ciencias (Fernández, 2000).

En el segundo esquema se enriquece este subdominio con otras ideas y se detecta un cambio en la visión docente debido a que expresan que el *conocimiento se construye* a partir de *investigaciones* que pueden desarrollarse mediante *diferentes caminos* de forma *sistemática y organizada, planificada, centrada en la detección de necesidades del contexto*. Asimismo, involucra *pensar, explorar, plantearse preguntas e hipotetizar o predecir, obtener datos o recolectar evidencia, analizar evidencia, razonar y reflexionar* para generar *conclusiones y responder a las preguntas* que dieron origen a la investigación para, finalmente, llegar a

descubrir. Numerosas ideas apuntan a una mayor comprensión sobre la construcción del conocimiento. Además, cuando plantean que existen “diferentes caminos” para llegar a él, se puede interpretar como el comienzo de un alejamiento de una visión rígida de la ciencia.

En el tercer esquema, refuerzan la idea de que el conocimiento *se construye desde las ideas previas* y que *se inicia con preguntas* que surgen desde la *observación*, el *registro* y las *evidencias* obtenidas. Tanto el segundo como en el tercer esquema muestran cambios progresivos hacia una visión cada vez menos rígida acerca de los procedimientos propios de la ciencia: en los segundos esquemas, desaparece esta concepción (rígida) y surgen referencias asociadas a “utilizar caminos diferentes” o “investigar”, para terminar de afianzarse en los terceros esquemas. Consideramos que estas nuevas ideas constituyen un aparente abandono de una idea *rígida* asociada a los procedimientos científicos, con atisbos de construcción de una nueva idea que requiere profundización y consolidación. Este cambio desde el primer esquema hacia el segundo y tercero en su conjunto, podría atribuirse a la influencia de la planificación del curso, centrada en una hipótesis de progresión de los aprendizajes, que considera las ideas previas, preconcepciones y creencias docentes, intentado promover la construcción de una noción de aproximación al conocimiento científico que se aleja de la concepción de “un solo método”. La consolidación paulatina de una nueva visión de ciencia requerirá de más frecuentes instancias de análisis y reflexión acerca del “hacer de la ciencia”, estableciendo relaciones explícitas entre esta visión y la forma en que se expresaría en la práctica docente, y viceversa.

Por otra parte, en el primer esquema para este subdominio se muestra una débil referencia a “construcción del conocimiento”, pero en el segundo y tercer esquema aparece una gran cantidad de términos que evidencian comprensión respecto de la construcción del conocimiento, que se alejan de una visión *acumulativa*, entendida como una interpretación simplista de la evolución o construcción de los conocimientos científicos, que no considera cómo se han alcanzado los conocimientos que hoy se aceptan, ni se refiere a las confrontaciones entre teorías contrarias ni a las dificultades que implican los procesos de cambios (Fernández et al., 2002).

Continuando en el subdominio “Procesos no esquemáticos de construcción del conocimiento” se observa que los docentes solo inician la construcción de una concepción que incluye como componente los modelos basados en evidencia: en el primer esquema es posible identificar algunas ideas asociadas como “poner a prueba”, “experimentar”, “medir” que hacen referencia solo a la búsqueda de evidencias, pero no a los modelos construidos en base a estas. En el segundo esquema se amplía la visión, sin embargo, no es posible identificar evidencias de comprensión respecto de la “aplicación de modelos”, sino, más bien del hecho de que los modelos se basan en evidencias.

Si consideramos, que la comprensión de la función de los modelos en la construcción del conocimiento científico es clave (Giere, 1999), la evidente lejanía de las concepciones docentes con relación al subdominio analizado podría transferirse a su práctica docente, dada la estrecha correspondencia -o coherencia epistemológica- que se observa entre visión de ciencia y visión de enseñanza de las ciencias (Porlán y Martín del Pozo, 2006). Por otra parte,

los cambios observados resultan especialmente interesantes, al considerar cuán arraigada está la concepción *rígida* de la actividad científica, no solo entre los docentes. La inclusión de ideas relacionadas con la utilización de caminos diferentes, de la imaginación, muestran que el cambio evidenciado es más profundo que solo omitir en sus esquemas al “método científico”.

Para el subdominio “Razonamiento científico y desarrollo de habilidades” los docentes en su primer esquema ya incluyen numerosos términos e ideas que hacen referencia a la noción de razonamiento científico señalando que el conocimiento científico se adquiere a través del *desarrollo de habilidades* que incluyen el *análisis de información*, el *cuestionamiento* permanente y la *observación* que lleva a *hipotetizar*, *predecir* o *inferir* mediante la *experimentación* que implica muchas veces establecer *comparaciones* y conduciendo a la *interpretación* y la *reflexión* para *resolver problemas* o *llegar a un resultado* y *comprender fenómenos*.

En el segundo esquema, los docentes mantienen en gran medida sus ideas iniciales, pero las complementan y complejizan expresando que el conocimiento científico se adquiere no solo a través del desarrollo de habilidades, sino que del *desarrollo de competencias y actitudes*. Además de señalar que el conocimiento científico se adquiere desde la *observación*, el *cuestionamiento*, la *formulación de hipótesis* para llegar a la *resolución de problemas* agregan que otros elementos donde explican que la adquisición del conocimiento es un *proceso* que se desarrolla en el transcurso de la *investigación para lograr nuevos saberes* donde incluyen la *interpretación de datos*, *explicaciones* y la *comunicación* para la *elaboración propia de conceptos*.

En el tercer esquema de este subdominio, también explican que el *desarrollo de habilidades* permite la adquisición del conocimiento científico y nuevamente afirman que la *observación desde la curiosidad*, el *cuestionamiento* o el *hacerse preguntas* desencadenan la *formulación de hipótesis o predicciones*, la *experimentación* para luego *reflexionar sobre los temas investigados*. Del mismo modo, agregan otros elementos más específicos del razonamiento científico que son la *planificación adecuada para obtener o reunir evidencias*, *medir*, *calcular*, *comunicar hallazgos*, *pensar*, *razonar*. A su vez, en el tercer esquema nuevamente se le otorga relevancia a que la adquisición del conocimiento es un *proceso* que va acompañado de actitudes que lo favorecen como son la *curiosidad*, el *espíritu crítico*, la *colaboración* y el *trabajo en equipo*.

La visión que muestran los docentes en el segundo y tercer esquema pone de manifiesto que ya conciben la idea de que el conocimiento puede ser alcanzado tomando decisiones para responder al objetivo de una investigación que es planificada de acuerdo con la naturaleza del problema y que ya no se basa solamente en “seguir pasos”. Del mismo modo, aparece la idea de “proceso” para la construcción de conocimientos que lo relacionan con el desarrollo de habilidades necesarias para el razonamiento científico. Lo anterior, podría interpretarse como un cambio en la concepción del razonamiento científico, como componente del dominio “Procesos y estrategias”, acercándose así a ideas que consideran la construcción de conocimientos y desarrollo de habilidades necesarias para el razonamiento científico

relacionado con la aplicación y perfeccionamiento de modelos basados en la evidencia (ver figura 3).

Dominio 3: “Marcos Epistémicos”

En el primer esquema los docentes no hacen alusión al subdominio “Construcción social y cultural” lo que pone de manifiesto que, al inicio del curso, los docentes no consideraban como inherente al conocimiento científico su carácter social y cultural. En el segundo esquema pocos docentes señalan que el conocimiento científico implica *participación*, pero aun así no hay un cambio sustancial. Sin embargo, en el tercer esquema se observa un cambio importante ya que expresan que el conocimiento científico involucra una *interacción con el entorno tanto natural como social* y que *se construye de forma permanente* a partir del *diálogo* y la *constante evaluación y reflexión*. Esto último se interpreta como un cambio en la visión debido a que muestran atisbos de que el conocimiento requiere del trabajo con otros. Esta nueva visión aparece como especialmente alentadora, dada la importancia que tiene su aplicación en las aulas. La visión descontextualizada no considera las complejas relaciones ciencia-tecnología-sociedad (CTS), o ciencia-tecnología-sociedad-ambiente (CTSA), relevantes para la formación científica de los estudiantes. De acuerdo con Solbes y Vilches (1997) las referencias más frecuentes a las relaciones CTSA en la mayoría de los textos escolares de ciencias se reducen a la enumeración de algunas aplicaciones de los conocimientos científicos.

Para el subdominio “Empírico y basado en la observación” en el primer esquema solo unos pocos docentes muestran una incipiente visión de la empiricidad de la ciencia señalando que el conocimiento científico requiere de la *exploración y observación del entorno*, de *comprobaciones* y de la *experimentación*. Pero en el segundo esquema se observa un cambio, ya que aumentan los docentes que señalan que la *observación* y *experimentación* son elementos relevantes. Asimismo, muestran una visión más amplia ya que agregan que es un *proceso* que se da durante las *investigaciones* que buscan *reunir evidencias*. Ese cambio es importante ya que demuestran una mayor comprensión de las distintas dimensiones del conocimiento científico. Por último, en el tercer esquema la mayoría de los docentes vuelve a mencionar la importancia de *observar desde la curiosidad* y otras ideas semejantes a las del segundo esquema, es decir, que la *observación* genera *investigaciones* donde se *experimenta* para *reunir evidencia*.

En el esquema final, las alusiones a este subdominio muestran atisbos de cambio en el proceso de construcción de esta noción. No obstante, estos resultados podrían ser interpretados, por el contrario, como un avance, si se considera en un contexto global. Los docentes, al hacer referencia a la experimentación y a la observación, podrían indicar una concepción empiroinductivista y atórica (Fernández et al., 2002) que no considera el rol de las hipótesis como focalizadoras de la investigación y de los cuerpos coherentes de conocimientos (teorías) disponibles, que orientan todo el proceso. La inclusión de términos, en el esquema final, como “buscar evidencias”, “indagar” u “observar desde la curiosidad”, podrían, por el contrario, indicar un alejamiento de esta visión y ser indicador de cambio. Ningún docente hace referencia al tercer subdominio “Provisional e incierto” y probablemente no hay una noción de que el conocimiento, al estar inmerso dentro de un

contexto histórico y cultural, está al mismo tiempo sujeto a cambios permanentes (ver figura 3).

Dominio 4: “Procesos sociales”

Para el subdominio “Se construye en grupos de colaboración”, unos pocos docentes muestran en el primer esquema tener una noción de “construcción en colaboración” y explican que el conocimiento científico se produce *compartiendo y generando conclusiones colectivas*. Esto demuestra que los docentes no inician el proceso de formación continua desde una visión absolutamente individualista de la ciencia.

En el segundo esquema se denota un cambio, ya que más de la mitad de los docentes plantean que es un *proceso colaborativo* que va acompañado de una *actitud colaborativa* que se desarrolla en un marco de *respeto y comunicación democrática entre iguales*. Esto último expresa que los docentes ya presentaban una visión más amplia respecto de que el conocimiento científico se construye en grupos de colaboración; en el tercer esquema se observa ya una consolidación de esta visión, pues casi la totalidad de docentes expresaron que el conocimiento se genera a través del *trabajo colaborativo* y que este además, debe ser *desafiante e inclusivo*, basado en la *reflexión grupal*, la *escucha activa*, la *valoración de las ideas del otro*, la *tolerancia* y el *diálogo o discusión* que puede tener *acuerdos y desacuerdos*. Por tanto, puede plantearse que en el segundo y tercer esquema se evidencia la construcción de una concepción de colaboración que se aleja de la visión inicial, concibiéndose el rol del trabajo colectivo, de la interacción con otros, de los intercambios entre equipos como inherentes a la indagación científica. Los cambios se inician con la noción de “compartir”, en el primer esquema, para avanzar a “trabajo colaborativo” como inherente a la indagación, que implica una “actitud colaborativa” y “democrática” en el segundo, hasta ampliar, en el tercer esquema, a la “reflexión grupal”, “desafiante e inclusivo”, “buscar respuestas, mediante el debate y la argumentación fundamentada”, “diálogo” y “escucha activa”, entre otros.

En el subdominio “Basado en investigaciones previas”, en el primer esquema menos de cinco docentes señalan que el conocimiento se *sustenta en información real*. En el segundo esquema no se refieren a este subdominio, pero en el tercero, se observa un cambio, puesto que explican que el *conocimiento previo y aquello que ya se sabe es valioso* y contribuye a *ampliar los conocimientos en torno a un tema común*. Se constata, por tanto, cierto cambio en las concepciones docentes. Las escasas ideas iniciales, aluden a la construcción de conocimiento sustentándose en información real; estas cambian levemente al plantearse que el conocimiento se genera a partir de una hipótesis, para incrementarse en el tercer esquema y ampliarse con planteamientos como “a partir de acuerdos y desacuerdo”; “basados en argumentos”, que podrían ser indicios de un proceso de cambio.

En el subdominio “Formas convencionales para ser comunicado y debatido” los docentes en el primer esquema se refieren a la importancia de *comunicar hallazgos, teorías*, el *trabajo desarrollado* o los *resultados obtenidos* a través de *diferentes vías, justificando las ideas*. Aun cuando los docentes se refieren a la importancia de comunicar, este concepto podría

confundirse con el de difundir, en la medida que agregan “por diferentes vías”. En el segundo esquema especifican, planteando que se debe *comunicar la información recopilada* e incluir *datos y dar cuenta del proceso*. Por último, en el tercer esquema además de presentarse nuevamente las ideas del primero y del segundo, se agrega que es importante *compartir el conocimiento para aprender* permitiendo el *debate* y la *argumentación* de ideas. No obstante, aun cuando se ve que hay un cambio en la visión, no se hace referencia explícita a que existen “formas convencionales de comunicación” (ver figura 3).

Categorías emergentes

El análisis de los esquemas puso en evidencia la inclusión de otros términos que no podían asociarse directamente a una dimensión de la indagación científica específica. Para su análisis, se establecieron dos categorías: “Labor docente” y “Oportunidades de aprendizaje en el marco de la indagación científica”.

Categoría 1: Labor docente

Dentro de esta categoría, en el primer esquema, los docentes destacan las preguntas como elemento relevante señalando que dentro del rol de un docente se incluye un adecuado *planteamiento de interrogantes* a los estudiantes, la *pregunta inicial* es el motor de la indagación científica, donde se busca *responder interrogantes de manera concreta, elaborando conclusiones individuales y grupales*. Asimismo, señalan como elementos complementarios los *conocimientos previos* para *abordar temas de interés* que tomen en cuenta el *contexto* de los estudiantes.

En el segundo esquema, adicionan elementos donde destacan que el rol de los docentes se enfoca mayoritariamente en los *estudiantes como protagonistas* y un mayor número de docentes le otorga importancia al adecuado *planteamiento de preguntas que lleven a la incertidumbre, que sean desafiantes, atractivas e investigables*, que permitan *despertar la curiosidad* y se le otorgue *valor al error*. En el segundo esquema también señalan que debe estar orientada hacia el logro de *procesos metacognitivos*, dando sentido a un *aprendizaje significativo y diversificado*, donde la *estrategia de proyectos sociocientíficos* permite que el rol del *docente entregue andamiajes, evaluando permanentemente*, que pueda *mediar*. En definitiva, los docentes reconocen que el uso de *estrategias que guíen acciones de aprendizaje constructivista* puede contribuir de manera efectiva en su quehacer.

En el tercer esquema, los docentes refuerzan ideas sobre la importancia de *las preguntas dentro del contexto* de los estudiantes que generan interés cuando se *consideran los conocimientos y experiencias previas*. Así como también, continúan destacando a los *estudiantes como protagonistas activos* que logran *aprendizajes significativos trabajando colaborativamente*, pero complejizan la labor docente señalando que se deben *planificar clases colaborativas, interactivas y significativas*. Otras ideas que se expresan nuevamente se relacionan con el rol del docente como *mediador del aprendizaje*, que *incluye a todos y todas sus estudiantes, sus emociones, con clases participativas y con sentido de la vida cotidiana, en un diálogo permanente*. Además, en el tercer esquema aparece expresada la

importancia que atribuyen los docentes hacia el trabajo en conjunto *conformando comunidades de aprendizaje*.

Es posible observar un cambio evidente en relación con la categoría “Labor docente”. Este cambio se constata, fundamentalmente, en relación con el rol que le otorgan a las preguntas y a las características que éstas debiesen tener para promover aprendizajes de los estudiantes; evidenciando así la comprensión lograda en torno al proceso enseñanza y aprendizaje en el marco de la indagación científica. Al inicio, los docentes hacen referencia genérica a la importancia de las preguntas, asociándolas con la elaboración de conclusiones individuales y grupales; noción que se complejiza y enriquece en los esquemas posteriores, haciendo referencia explícita a las características que éstas debiesen tener para promover aprendizajes significativos, al valor del error en el aprendizaje, haciendo alusión también a los procesos metacognitivos asociados. Dentro de los avances, también destaca la valoración de la estrategia de Problemas Socio Científicos para aprender y las oportunidades que ofrecería para el andamiaje y la evaluación permanente.

Los avances preliminares constatados con relación al rol de las preguntas son especialmente importantes si consideramos que formular preguntas en la clase de ciencias constituye una competencia de pensamiento científico, tanto para los docentes como para los estudiantes. Su formulación implica procesos cognitivos superiores, lingüísticos, contextuales y emocionalmente complejos, que deberían ser tomados en cuenta en el diseño de actividades de enseñanza de las ciencias naturales. (Joglar et al., 2019).

Categoría 2: Oportunidades de aprendizaje en el marco de la indagación científica

En el primer esquema los docentes no expresan ideas que se puedan asociar a esta categoría. Sin embargo, en el segundo, destacan que la indagación permite a los estudiantes un *desarrollo integral, inclusivo*, donde *se aprende desde el contexto*, que *promueve actitudes y valores como el respeto* y que puede ser *transversal al currículo*, pero también que es importante que los estudiantes *expongan lo aprendido* porque le da valor al aprendizaje y permiten que se consolide la *construcción de aprendizajes*. Esta forma de pensar el rol docente muestra que valoran la educación en ciencias y que esta se aleja de la transmisión de conocimientos.

Finalmente, en el tercer esquema plantean que la indagación permite que los estudiantes *aprendan haciendo*, que *desarrollen autonomía*, que *valoren el error* y también que contribuye a *formar personas capaces de generar cambios ambientales y sociales* y a la *formación ciudadana*. Así se muestra que profundizan en que la educación en ciencia contribuye a la formación ciudadana, en el marco de la alfabetización científica, señalando aspectos que son coincidentes con los planteamientos de Martín (2002) respecto de la finalidad de la enseñanza de las ciencias en el mundo de hoy

(...) conseguir una alfabetización científica y una educación para la ciudadanía, para lograr individuos más críticos, más responsables y más comprometidos con el mundo

y sus problemas. Si se logran estos objetivos habremos conseguido una enseñanza de las ciencias de mayor calidad y equidad para todos (pp. 61).

Conclusiones

La pregunta que guio nuestra investigación fue: ¿Cómo cambia la visión de indagación científica como enfoque didáctico y pedagógico de docentes durante el Curso de especialización en Indagación Científica de Nivel Intermedio de la Región de Aysén? El análisis e interpretación de esquemas rotulados elaborados por los docentes del Curso de Especialización en Indagación en tres momentos del Curso, nos permitió llegar a ciertas conclusiones que contribuirán al mejoramiento y diseño de programas académicos de futuras implementaciones de la propuesta formativa, así como afinar la propuesta de trabajo para las Comunidades de Aprendizaje. Aun cuando no es posible responder taxativamente la pregunta de investigación, podemos plantear que se perciben cambios de las concepciones docentes en los distintos dominios de la indagación científica considerados. Se evidencia que, paulatinamente, los docentes incorporan conceptos nuevos, reemplazan otros y avanzan a concepciones que se aproximan a la visión de indagación científica que el curso busca promover. Sin embargo, existen claras diferencias entre los dominios analizados, e incluso al interior de ellos.

Los principales cambios se perciben en los dominios “Procesos y estrategias” y “Procesos sociales”. En estos dominios, las concepciones asociadas a “razonamiento científico” y a “construcción en colaboración” mostraron cambios sustantivos; el primero, a partir de una concepción inicial relativamente consolidada; el segundo, desde escasas ideas muy básicas. En los dominios “Esquemas conceptuales” y “Marcos epistémicos”, se perciben menos cambios, sin embargo, en ambos es posible destacar ciertos avances: por ejemplo, en relación al dominio “Esquemas conceptuales”, en los primeros esquemas, las escasas alusiones a ese dominio mostraban una visión sesgada (Fernández et al., 2002); en el segundo esquema se agregaron ideas relacionadas con “generación de nuevas teorías”, por ejemplo, mostrando así un leve alejamiento de la visión anterior. En el dominio “Marcos Epistémicos”, la noción de “construcción social y cultural” muestra avances evidentes. Mientras en los primeros esquemas no hay alusión alguna a esta noción, en el segundo esquema se evidencia una comprensión inicial, que se amplía no solo en la cantidad de términos, sino que en las proyecciones que tendría esta característica epistémica de la ciencia: “conformación de comunidad de aprendizaje”; “compartir, valorar las ideas del otro, tolerar, trabajo en equipo”.

Los cambios más notables en los dominios “Procesos y estrategias” y “Procesos sociales” pueden explicarse, fundamentalmente, al considerar el diseño y enfoque del curso. Las distintas acciones docentes, que se proponen a partir de la progresión hipotética de aprendizajes, están diseñadas con el propósito de ofrecer oportunidades a los docentes participantes para que construyan la noción de aprendizaje como proceso y reflexionen respecto de las similitudes que es posible encontrar entre la construcción del conocimiento por la comunidad científica y el aprendizaje de la ciencia a través de la indagación en el aula. La importancia del “razonamiento científico” en los procesos de aprendizaje que el curso le otorga, se refleja en las distintas sesiones, a través de ejercicios metacognitivos a partir de

experiencias indagatorias vivenciadas por los docentes como aprendices y en el diseño, evaluación y coevaluación de clases indagatorias diseñadas para sus estudiantes. El trabajo colaborativo es parte consustancial al curso y se aplica en las distintas sesiones. Además, se intenta conceptualizar y sistematizar las comprensiones alcanzadas del trabajo colaborativo, de tal manera que no solo se practique, sino que se comprenda por qué es importante y cuáles pueden ser las formas más apropiadas de ponerlo en práctica con sus estudiantes.

Los cambios menos evidentes en los dos dominios restantes, “Esquemas conceptuales” y “Marcos epistémicos”, especialmente en algunos subdominios, indican que el curso no ha logrado abordarlos con la suficiente profundidad y/o los contextos no fueron suficientes. La necesidad de introducir modificaciones es especialmente clara respecto de la noción de “principios”, parte sustancial del dominio “Esquemas conceptuales”. Entendiendo los principios científicos como metacategorías de conceptos, que se diferencian de éstos por su versatilidad y porque subsisten por sobre los conceptos y hechos, surge la propuesta de considerar, en forma explícita en el curso, principios estructurantes, sustentados en referentes epistemológicos (teorías del aprendizaje, enfoques de enseñanza) para ser sometidos a una reflexión y revisión continua, como sustento del conocimiento científico. La definición de los “principios científicos estructurantes”, desde la perspectiva de construcción conceptual y cómo abordarlos en distintos momentos del curso, constituye el primer desafío.

Por otra parte, el análisis de los esquemas puso en evidencia algunas ideas que no pertenecían a las dimensiones de indagación científica consideradas en este estudio, asociadas a la “Labor docente” y “Oportunidades de aprendizaje para los estudiantes, en el marco de la indagación científica” como enfoque didáctico y pedagógico. Respecto de la categoría “Labor docente” resulta interesante constatar los cambios logrados por los docentes en relación con la concepción del rol y el valor didáctico de las preguntas, desde una visión genérica, a otra centrada en las características que las preguntas debiesen tener para promover aprendizajes de los estudiantes. En cuanto a la categoría “Oportunidades de aprendizaje para los estudiantes en el marco de la indagación científica”, se percibe cambios en torno a la visión de educación en ciencias que los docentes construyen: desde una visión que supera muy levemente la concepción de ciencia como cuerpo de conocimientos, a otra que la circunscribe en el marco de la alfabetización científica para la ciudadanía.

En conclusión, durante el desarrollo de este estudio preliminar y, especialmente, al analizar los resultados, surgieron preguntas que tienen relación con las estrategias que será necesario diseñar para que los progresos docentes, en el marco del desarrollo profesional docente continuo, sean más evidentes y se transfieran, paulatinamente, a la práctica docente cotidiana. Como se mencionó, las primeras consecuencias de los resultados de esta investigación preliminar son la necesidad de introducir algunas modificaciones en los programas académicos, como profundizar en algunos tópicos e introducir otras estrategias, asegurando el irrestricto respeto de los saberes docentes.

Agradecimientos

Agradecemos profundamente la colaboración entusiasta de los docentes participantes del Curso de Especialización ICEC-UAH 2019 - 2020. Región de Aysén.

Agradecemos a la Universidad Alberto Hurtado y al Ministerio de Educación de Chile, que a través del convenio de colaboración N°1452, del 26 de noviembre de 2019, han posibilitado la implementación del Programa ICEC-UAH en la Región de Aysén.

Agradecemos los comentarios y sugerencias de revisores anónimos que colaboraron en la versión final de este documento.

Bibliografía

- Abell, S. K., Smith, D.C. y Volkmann, M. J. (2004). Inquiry In Science Teacher Education. En L. B. Flick y N. G. Lederman (Eds.) *Scientific Inquiry and Nature of Science*. Science & Technology Education Library, vol 25. Springer, Dordrecht.
- Acevedo, C., Porro, S., Adúriz-Bravo, A. (2013). Concepciones epistemológicas, enseñanza y aprendizaje en la clase de ciencias. *TED*, (34), 29-46.
- Anderson R. (2007). Inquiry as an organizing theme for science curricula. En S. Abell & N. Lederman (Eds.), *Handbook of research on science education* (pp. 807-830). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Barrow, L. H., A (2006). Brief History of Inquiry: From Dewey to Standards, *Journal of Science Teacher Education*, 17, 265-278.
- Biddle, B.; Good, T. y Goodson, I. (2000). *La enseñanza y los profesores I. La profesión de enseñar*. Buenos Aires: Paidós.
- Brandwein, P. F., Metzner, J., Morholt, E., Roe, A., y Rosen, W. (1962). *Teaching High School Biology: A Guide to Working with Potential Biologists*. American Institute of Biological Sciences, Washington D.C.
- Bybee, R. (2004). Scientific Inquiry and Science Teaching. En Flick, L. y Lederman N. (eds.). *Scientific inquiry and nature of science: Implications for teaching, learning, and teacher education*, pp. 1-14. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- Bybee, R. W. (1991). Planet Earth in crisis: how should science educators respond? *The american biology teacher*, 53, 146-153.
- Carvajal, E. y Gómez, M. R. (2002). “Concepciones y representaciones de los maestros de secundaria y bachillerato sobre la naturaleza, el aprendizaje y la enseñanza de la ciencia”, *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, 7(16), 577-602.
- Doménech, F. B., Traver, J., Moliner, M. y Sales, M. (2006). Análisis de las variables mediadoras entre las concepciones educativas del profesor de secundaria y su conducta docente. *Revista de Educación*, 340, 473-492.
- Driver, R., Leach, J., Millar, R. y Scott, P. (1996). *Young people's images of science*. Open University Press Buckingham.
- Duschl, R. (2000) Making the nature of science explicit. En R. Millar, J. Leach y J. Osborne (Eds.) *Improving science education: the contribution of research*. Philadelphia: Open University Press.
- Duschl, R. (2003) The Assessment of Argumentation and Explanation. En D. Zeidler (Ed.) *The Role of Moral Reasoning on Socioscientific Issues and Discourse in Science Education*. Dordrecht: Springer Netherlands.
- Duschl, R. A., Schweingruber, H. A. y Shouse, A. W. (2007) Taking science to school: learning and teaching science in grades K-8. Washington, D.C: National Academic Press.
- Duschl, R. A. (2008). Science education in three-part harmony: Balancing conceptual, epistemic, and social learning goals. *Review of Research in Education*, 32(1), 268-291.
- Fensham, P. J. (2002). De nouveaux guides pour l'alphabétisation scientifique. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 2, 133-149.
- Fernández, I. (2000). Análisis de las concepciones docentes sobre la actividad científica: una propuesta de transformación. (Tesis doctoral). Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales. Universidad de Valencia, España.
- Fernández, I., Gil, D., Alís, J. C., Cachapuz, A. F. y Praia, J. (2002). Visiones deformadas de la ciencia transmitidas por la enseñanza. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 20, 477-488.

- Flick, Lawrence Blaine; Lederman, Norman G (2004) (eds.), *Scientific inquiry and nature of science: implications for teaching, learning, and teacher education*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht; Boston.
- Flores, F. *et al.* (2000). "Transforming science and learning concepts of physics teachers", *International Journal of Science Education*, 22(2), 197-208.
- Flores, F., López, A., Alvarado, M. E., Bonilla, M. X., Ramírez, J., Rodríguez, D. P. y Ulloa, N. (2002) "Concepciones de Aprendizaje y Evaluación una propuesta analítica" En las memorias de la V *Convención Nacional de Profesores de Ciencias Naturales*.
- Gallegos, L.; Flores, F. y Valdés, S. (2004). "Transformación de la enseñanza de la ciencia en profesores de secundaria. Efectos de los Cursos Nacionales de Actualización", *Perfiles Educativos*, 26(103), 7-37.
- García-Madruga, J.A. (1991) El enfoque computacional en el estudio del desarrollo de la mente. *Revista de Occidente*, 119, 61-83.
- Giere, R. N. (1988). *Explaining science: A cognitive approach*. University of Chicago Press.
- Giere, Ronald N. (1997)- *Explaining science: a cognitive approach*, The University of Chicago Press, Chicago, Ill.
- Gil Pérez, D. (1994). Diez años de investigación en didáctica de las ciencias: realizaciones y perspectivas. *Enseñanza de las Ciencias*, 12(2), 154-164.
- Gil-Pérez, D., y Vilches, A. (2001). Una alfabetización científica para el siglo XXI: obstáculos y propuestas de actuación. *Revista Investigación en la Escuela*, 43, 27-37.
- Gil-Pérez, D., Vilches, A., Edwards, M., Praia, J., Marques, L., y Oliveira, T. (2003). A Proposal to Enrich Teachers' Perception of the State of the World: first results. *Environmental Education Research*, 9, 67-90.
- Harlen, W. (2002). Evaluar la alfabetización científica en el programa de la OECD para la evaluación internacional de estudiantes (PISA). *Enseñanza de las Ciencias*, 20, 209-216.
- Harlen, W. (2010) *Principios y grandes ideas de la educación en ciencias*. Association for Science Education. College Lane, Hatfield, Herts
- Harlen, W. (2012): "Developing IBSE: New Issues", Helsinki, Finlandia, del 30 de mayo al 1 de junio.
- Harlen, W. (2013). Evaluación y Educación en Ciencias basada en la Indagación: Aspectos de la Política y la Práctica. Trieste: Global Network of Science Academies (IAP) Science Education Programme (SEP).
- Harlen, W. (2015). Trabajando con las Grandes Ideas de la Educación en Ciencias. Programa de Educación en Ciencias (SEP) de la Red Global de Academias de Ciencias (IAP). Trieste, Italia: Programa de Educación en Ciencias (SEP) de la IAP, 70.
- Hewson, P. W. (2002). Literacy and scientific literacy: A response to Fensham. *Canadian Journal of Math, Science & Technology Education*, 2, 207-213.
- IAP (2005). Science Education: Workshop Evaluation of Inquiry-Based Science Education Programme (Stockholm, 21-23 September 2005).
- Joglar, Carol L., Rojas-Rojas, Sandra P., & Manzanilla, Miguel A. (2019). Formulación y Uso de las Preguntas en la Clase de Ciencias Naturales a Partir de las Creencias de los Profesores. Un Estudio en la Región Metropolitana de Santiago, Chile. *Información tecnológica*, 30(5), 341-356. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642019000500341>
- Joglar, C. L., Rojas-Rojas, S. P., y Manzanilla, M. A. (2019). Formulación y Uso de las Preguntas en la Clase de Ciencias Naturales a Partir de las Creencias de los Profesores. Un Estudio en la Región Metropolitana de Santiago, Chile. *Información tecnológica*, 30, 341-356.
- Khishfe, R., y 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, 551-578.
- Kuhn, D. (1989). Children and adults as intuitive scientists. *Psychological Review*, 96, 674-689.
- Latour, B. y Woolgar, S. (1986). *Laboratory life: The construction of scientific facts*. Princeton University Press.
- Lederman, N. (1999). Teachers' understanding of the nature of science and classroom practice: Factors that facilitate or impede the relationship. *Journal of Research in Science Teaching*, 36(8), 916-929.
- Lederman, N. G. (eds.) (2007). *Handbook of Research on Science Education*, pp. 808-830. New York: Routledge.

- Leema K. y Katherine L. McNeill (2010). A learning progression for scientific argumentation: understanding student work and designing supportive instructional contexts. *Science Education*, 94(5), 765-793
- Lehrer, R. y Schauble, L. (2006). Scientific thinking and scientific literacy: Supporting development in learning contexts. En K.A. Renninger y W. Damon (Eds.) *Child psychology in practice (Vol. 4)*., Wiley, Hoboken, NJ, (Handbook of Child Psychology).
- López, Á., Rodríguez, D. y Bonilla, X. (2004) ¿Cambian los cursos de actualización las representaciones de la ciencia y la práctica docente? *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, 9(22), 699-719.
- López, P. (2017). El modelo indagatorio en el desarrollo profesional docente. En C. Everaert (Ed.) *Antología sobre indagación*, Vol. 3. Formación docente (pp. 51-84). México: INNOVEC.
- Macedo, B. (2016). Educación Científica. Montevideo, Uruguay: UNESCO.
- Martín del Pozo, R., Porlán, R. y Rivero, A. (2005). Secuencias formativas para facilitar el aprendizaje profesional. *Revista Electrónica Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 8(4), pp. 1- 4.
- Martín, M. J. (2002). Enseñanza de las ciencias ¿Para qué? *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 1, 57-63.
- Martin-Hansen, L. (2002). Defining Inquiry. *The Science Teacher*, 69(2), 34-37.
- Mellado, V. (2003). Cambio didáctico del profesorado de ciencias experimentales y filosofía de la ciencia». *Enseñanza de las ciencias*, 21(3), 343-358.
- Ministerio de Educación de Chile, Mineduc (2018) *Bases Curriculares Primero a Sexto Básico*. Decreto Unidad de Currículum y Evaluación Ministerio de Educación, República de Chile.
- National Research Council (1996), *National science education standards*, National Academy Press: Washington, D.C., p.23.
- National Research Council (2001). *Classroom assessment and the National Science Education Standards*. National Academy.
- Norman, D.A. (1985) *El aprendizaje y la Memoria*. Madrid: Ed. Alianza
- NRC, National Research Council (1996). *National Science Educational Standards*. Washington: National Academy Press.
- OCDE (2017). Marco de Evaluación y de Análisis de PISA para el Desarrollo: Lectura, matemáticas y ciencias, Versión preliminar, París: OECD Publishing.
- Piaget, J. (1985). *La toma de conciencia*. Ediciones Morata.
- Porlán, R. y Martín del Pozo, R. (2006) ¿Cómo progresa el profesorado al investigar problemas prácticos relacionados con la enseñanza de la ciencia? *Alambique*, 48, 92-99.
- Porlán, R., Martín del Pozo, R., Rivero, A., Harres, J., Azcárate, P. & Pizzato, M. (2011). Science Teacher Change II: Itineraries of Progression and Obstacles in Prospective Primary Teachers. *Enseñanza de las ciencias*, 29(3).
- Rumelhart, D.E. (1975) Notes on a schema for stories. En D.G. Bobrow and A. Collins. (Eds.) *Representing and understanding Studies in Cognitive Science*. Nueva York: Academy Press
- Rumelhart, D.E. (1977). Understanding and summarizing brief stories. En D. Laberge y S.J Samuels (Eds.) *Basic Processes in reading: Perception and Comprehension*. Hillsdale. Nueva Yersey: Erlbaum.
- Schizas, D., Psillos, D., y Stamou, G. (2016). Nature of science or nature of the sciences? *Science Education*, 100, 706-733.
- Schwab, J. J., y Brandwein, P. F. (1962) *The teaching of science: The teaching of science as enquiry* (Vol. 253). Harvard University Press.
- Schwab, J (1966) *The teaching of science*. Cambridge: Harvard University Press.
- Schwartz, R., Lederman, N., y Crawford, B. (2004). Developing views of nature of science in an authentic context: An explicit approach to bridging the gap between nature of science and scientific inquiry, *Science Education*, 88, 610-645.
- Solbes, J. y Vilches, A. (1997). STS Interactions and the Teaching of Physics and Chemistry. *Science Education*, 81, 377-386.
- UNESCO (1999). Conferencia Mundial sobre la Ciencia: Declaración de Budapest. Budapest.
- Verjovsky, J. y Waldegg, G. (2005). Analyzing beliefs and practices of a mexican high school biology teacher. *Journal of Research in Science Teaching*, 42(4), 465-491.
- Windschitl, M. (2003). Inquiry projects in science teacher education: What can investigative experiences reveal about teacher thinking and eventual classroom practice? *Science Education*, 87, 112-143.