

Concepciones Epistemológicas en la Formación de Docentes de Ciencias Naturales
Epistemological Conceptions in Teacher Training in Natural Sciences

¹Julieta Laudadio

²Claudia Mazzitelli

Resumen

Resumen

El presente estudio buscó identificar las concepciones epistemológicas de los estudiantes de profesorado en el área de las Ciencias Naturales, analizando la relación entre la concepción identificada y la concepción declarada en diferentes momentos de la carrera. La muestra estuvo conformada por 49 estudiantes de los Profesorados de Física y de Química. Se identificaron las concepciones, como así también, las discrepancias en relación a las concepciones identificadas y declaradas lo cual puso de manifiesto falencias en la comprensión de la naturaleza de la ciencia. También se evidenció el impacto que la formación inicial tiene en la modificación de dichas concepciones. Entre las conclusiones se señala la necesidad de trabajar estos aspectos de manera más explícita para que los futuros docentes puedan fundamentar adecuadamente sus posturas

Palabras Clave: Naturaleza de la Ciencia, Formación Inicial, Docente, Enseñanza de la Ciencia, Reflexión.

Fecha recepción: 19-01-2021

Fecha aceptación: 26-01-2021

¹ Instituto de Investigaciones en Educación en las Ciencias Experimentales, Facultad de Filosofía, Humanidades y Artes, Universidad Nacional de San Juan. E-mail: jlaudadio@ffha.unsj.edu.ar

² Instituto de Investigaciones en Educación en las Ciencias Experimentales, Facultad de Filosofía, Humanidades y Artes, Universidad Nacional de San Juan. Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET). E-mail: mazzitel@ffha.unsj.edu.ar in Natural Sciences

Abstract

—

The present study sought to identify the epistemological conceptions of students looking to become professors in the area of Natural Sciences, analyzing the relationship between the identified conception and the declared conception at different moments during the course of their Major. The sample consisted of 49 students looking to specialize in the teaching of Physics and Chemistry. The conceptions were identified as well as the discrepancies about the identified and declared conceptions, which revealed shortcomings in the understanding of the nature of science. The impact that initial training has on modifying these conceptions was also evidenced. Among the conclusions is the need to work on these aspects in a more explicit manner, so that future teachers can better defend their positions.

Keywords: nature of science; initial teacher training; science teaching; reflection.

INTRODUCCIÓN

Comprender la ciencia no requiere sólo conocimientos propios de cada ciencia, sino también una comprensión de qué es la ciencia, para lo cual es esencial una perspectiva filosófica. Sólo incorporando esta mirada podremos entender lo que cuenta como ciencia, qué hace que la ciencia sea ciencia y cuál debería ser, por tanto, el contenido de la enseñanza de ésta (Adúriz-Bravo, 2007; Erduran y Dagher, 2014). Atendiendo a esto, quienes se dedican a la enseñanza de la ciencia se enfrentan a dos preguntas fundamentales sobre ella ¿Cuál es la naturaleza de la ciencia? y (b) ¿Qué ideas sobre la naturaleza de la ciencia deberían ser enseñados?

Nuestras nociones de ciencia serán limitadas si se basan únicamente en lo que hemos aprendido a través de la ciencia escolar, debido, por un lado, a que la ciencia escolar es una versión particular de la ciencia que ya ha sido transformada para los fines de la enseñanza y el aprendizaje. Por otro lado, esta limitación se acentúa especialmente si hemos tenido una exposición formal restringida a la cultura de los científicos de un determinado contexto histórico. Es por ello que el esfuerzo por comprender cada vez mejor qué es ciencia es una tarea permanente de los profesores y estudiantes para ampliar el enfoque que se proyecta en la ciencia escolar.

Erduran (2014) afirma que la re conceptualización de la naturaleza de la ciencia en la educación científica se basa en la coordinación de aspectos epistémico, cognitivo y social. Dichos aspectos de la ciencia promueven una descripción más inclusiva de ciencia en la enseñanza y el aprendizaje. No se trata de sumar una cantidad excesiva de contenido en el currículo. Por el contrario, la idea es utilizar los contenidos del currículum de manera más holística y creativa para presentar una descripción más completa y equilibrada de la ciencia a los alumnos. Esta manera de conceptualizar la naturaleza de la ciencia es sustancialmente inclusiva al abarcar una gran variedad de aspectos de la ciencia favoreciendo una motivación más amplia entre los estudiantes (Pujalte, 2014; Sumranwanich y Yuenyong, 2014). Por ejemplo, algunos estudiantes pueden sentirse más atraídos por las prácticas epistémicas de la ciencia, mientras que otros pueden estar más interesados en las dimensiones sociopolíticas de la actividad científica. Ampliar la caracterización de la naturaleza de la ciencia no sólo permite presentar una visión más adecuada de la ciencia sino también facilitar que la comprensión de la ciencia que tienen

los estudiantes se nutre de distintas perspectivas promoviendo en última instancia su participación y su compromiso en la ciencia (Erduran, 2014).

Actualmente hay consenso respecto a la necesidad de que todos los estudiantes tengan una introducción a la naturaleza de la ciencia como base para el estudio de las ciencias y como un elemento de alfabetización científica que todos los ciudadanos deberían poseer (Adúriz-Bravo, 2005; Clough, 2003; Herman et al., 2017; Mihladiz y Doğan, 2014). De allí la importancia de establecer cuál es la naturaleza de la ciencia y cuál es su alcance desde una perspectiva de contenido (McComas y Clough, 2020).

Puede ser de mucho provecho considerar la noción de conocimiento que generalmente ha definido el currículo de ciencias durante gran parte de su historia. El conocimiento **¿se presenta en una gran variedad de formas con tantos matices como académicos que lo desarrollan?**, sin embargo, podemos distinguir un conocimiento declarativo, conocimiento procedimental y conocimiento epistémico (Pritchard, 2018). El conocimiento declarativo, a veces llamado conceptual, se dirige al conocimiento en general. El conocimiento procedimental, o imperativo, se relaciona con la capacidad de realizar una tarea propia del campo disciplinar. Por supuesto, es posible aplicar un determinado conocimiento procedimental sin entender realmente por qué uno sigue esos pasos, por lo que debemos tener en cuenta que este tipo de conocimientos puede quedarse en un nivel superficial o bien llegar a niveles más profundos. McComas (2020) afirma que desafortunadamente el currículo de ciencias se enfoca principalmente en el conocimiento declarativo y, de manera más superficial, en el conocimiento procedimental. A modo de ejemplo se podría considerar: ¿Con qué frecuencia preguntamos por qué es importante conocer los nombres de los planetas en orden? ¿Con qué frecuencia evaluamos el

conocimiento procedimental de manera que revele su profundidad? A pesar de las recomendaciones sobre cómo podríamos compartir el conocimiento declarativo y procedimental de manera más efectiva y atractiva, el trabajo docente parece centrarse sólo en presentar este tipo de conocimientos a los estudiantes de ciencias.

El conocimiento epistémico pertenece completamente a otro dominio. Alcanzamos este tipo de conocimiento al plantearnos cuestiones como: ¿Qué existe? (Una pregunta ontológica) ¿Cómo suceden las cosas? ¿Cómo lo sabemos? Teniendo en cuenta que estas preguntas son específicas dentro de cada disciplina. Al respecto McComas (2020) señala la necesidad de definir el dominio del conocimiento epistémico ya que es un aspecto clave que también debe informar el currículo de ciencias. Este dominio, la epistemología de la ciencia, a menudo es conocido como naturaleza de la ciencia. Para comprender cómo funciona la ciencia es necesario dialogar con expertos en historia, filosofía y sociología de la ciencia, entre otros para incorporar este dominio de manera adecuada al plan de estudios de ciencias. De allí la importancia de promover espacios de diálogo y reflexión para abordar los siguientes interrogantes: ¿Por qué enseñar la naturaleza de la ciencia? ¿Qué naturaleza de la ciencia enseñar? Como así también: ¿Dónde y cómo enseñamos la naturaleza de la ciencia?

Luego de más de 20 años de investigación abordando las primeras interrogantes, McComas (2020) destaca la importancia de focalizar los esfuerzos en enseñar la naturaleza de la ciencia en todos los niveles de educación científica, siendo un lugar prioritario la formación docente inicial. En la comunidad de investigadores hay un acuerdo unánime sobre el papel fundamental de incorporar la naturaleza de la ciencia en la enseñanza de las

ciencias de manera que proporcione una comprensión más amplia de la misma (Ariza et al., 2016; Izquierdo Aymerich et al., 2016; Mejia y Monterola, 2015).

Atendiendo a la problemática presentada nos propusimos desarrollar una investigación que contribuya a enriquecer la formación docente inicial. Para esto consideramos necesario comenzar por identificar cuáles son las concepciones epistemológicas de futuros docentes.

¿Qué naturaleza de la ciencia se refleja en la enseñanza de las ciencias?

La ciencia es ahora una parte aceptada, y de hecho fundamental, del currículo escolar en todo el mundo. Sin embargo, no importa cuánto tiempo se dedique a la enseñanza de las ciencias, siempre debe haber una selección rigurosa de los contenidos (conocimiento declarativo, procedimental y epistémico), ya que es muy amplio el material científico potencial que podría ser incluido. Al seleccionar dichos contenidos es clave tener muy en cuenta el propósito que motiva la enseñanza de las ciencias.

Taber (2017) sugiere algunas buenas razones que convendría considerar, en primer lugar, que las sociedades necesitan un suministro de personas adecuadamente calificadas para trabajar como científicos, médicos, ingenieros, etc., y eso requiere suficientes alumnos que estén calificados y motivados para ingresar a la ciencia y áreas relacionadas en la educación superior. En este sentido las escuelas deberían brindar a los alumnos oportunidades adecuadas de modo que puedan desarrollar capacidades que les permitan proyectar su desarrollo en carreras científicas.

En segundo lugar, la escuela debe presentar a los jóvenes todos los elementos importantes de su cultura, para que estén en condiciones de comprometerse con esa cultura a lo largo de sus vidas. Esto sería incluir áreas como la música y las bellas artes, pero también incluirían áreas como la política y la ciencia. Una educación integral permite a una persona sentir que puede participar en los diferentes aspectos de la cultura de una sociedad, lo cual incluiría aspectos relacionados con la ciencia y la tecnología. Taber (2017) sostiene que estos diferentes propósitos no son necesariamente contrarios entre sí, aunque traen diferentes énfasis. Una buena educación científica satisface todas estas necesidades al proporcionar un currículo que permita a los estudiantes calificar para estudios de nivel superior y tener un conocimiento suficiente sobre la ciencia básica para enfrentar los problemas basados en la ciencia.

Un aspecto clave del currículo es que permita a los estudiantes desarrollar un sentido de la naturaleza de la ciencia. Es decir, un buen programa de formación en ciencias no solo debe enseñar algo de ciencia, sino también enseñar sobre ciencia. Debe haber un equilibrio entre la enseñanza de algunos de los productos o resultados de la ciencia y la enseñanza sobre los procesos de la ciencia: cómo la ciencia produce nuevos conocimientos (Taber, 2017). La mayoría de los "productos" de la ciencia en el currículo escolar tienden a ser afirmaciones de conocimiento bastante seguras que ya no son objeto de un desacuerdo activo. Y en este sentido la educación científica no puede presentarse como una simple acumulación de sucesivos modelos, teorías y leyes, sino que debería dar una idea acerca de las implicancias de la actividad científica y el lugar de la argumentación en el proceso de producción del conocimiento científico. En síntesis, Taber (2017) afirma que la enseñanza sobre la naturaleza de la ciencia es esencial para una educación científica que desee

preparar a futuros científicos, miembros cultos de la sociedad y ciudadanos informados. En consecuencia, se necesita equilibrar la enseñanza sobre la ciencia en sí misma -como un elemento cultural y actividad intelectual- y sobre algunos de los conocimientos científicos importantes y de gran aplicación que ha producido esta actividad cultural que llamamos ciencia.

Temas como la teoría de la selección natural, la naturaleza de los enlaces químicos en los metales o la formación de los elementos más pesados en la nucleosíntesis estelar, para ofrecer solo algunos ejemplos, no son adecuados para la enseñanza en la escuela al nivel del conocimiento científico actual, pero se pueden enseñar a través de simplificaciones apropiadas que son accesibles para los estudiantes al tiempo que ofrecen una base auténtica para una progresión posterior en la comprensión (Taber, 2017). Encontrar el nivel óptimo de simplificación para la presentación de tales temas es una tarea clave para la educación científica, y esto es cierto para representar aspectos de la naturaleza de la ciencia, así como aspectos del conocimiento del contenido científico (Taber, 2008). Al desarrollar un programa de formación en ciencias, las ideas científicas complejas y abstractas se representan en modelos curriculares que ofrecen a los alumnos la esencia de esas ideas en un nivel adecuado de complejidad para permitirles comprenderlas como significativas.

Si bien hay buenas razones que justifican la enseñanza sobre la naturaleza de la ciencia como parte clave de la educación científica en la escuela, Clough (2017) afirma que es importante reconocer algunos problemas potenciales. Estos problemas pueden explicar por qué, a pesar de que no hay dudas sobre la importancia de enseñar la naturaleza de la ciencia (Clough y Olson, 2008), todavía no se refleja bien en la formación docente y, por lo

tanto, en la educación escolar. Algunas de estas cuestiones hacen referencia a que no siempre existe un consenso sólido sobre cómo comprender mejor, y así representar en la enseñanza, la naturaleza de la ciencia. Por lo cual se evidencia una falta de recursos y materiales que contribuyan a la enseñanza y comprensión de la naturaleza de la ciencia.

A la hora de definir cuáles serían los aspectos clave de la naturaleza de la ciencia se pueden mencionar la caracterización de: el conocimiento científico, el método científico, los límites de la ciencia, el arraigo cultural de la ciencia, la lógica y creatividad en la ciencia, el aspecto humano de la ciencia, el aspecto institucional de la ciencia, la retórica de la ciencia, entre otros (Taber, 2017). Como docente, es importante recordar que al enseñar sobre estas áreas el objetivo es presentar perspectivas a los estudiantes, en lugar de tratar de enseñar modelos y teorías de los estudios científicos como si fueran hechos. En efecto, lo importante es ayudar a los estudiantes a comprender las diferentes perspectivas, en lugar de aceptarlas como relatos "verdaderos".

En muchos países, la educación científica tiende a centrarse en áreas de ciencias bien establecidas, donde el conocimiento científico parece firme y no está actualmente en debate. Dicho conocimiento sigue siendo provisional en lugar de absoluto (ya que se pueden descubrir y presentar nuevas pruebas en cualquier momento), pero puede presentarse con demasiada facilidad como fácticas (en lugar de teóricas). Esto puede evitarse mediante una presentación y una redacción cuidadosas, y la inclusión de parte del debate y la incertidumbre que llevaron a su amplia aceptación como conocimiento científico sólido (Taber, 2017).

Una auténtica enseñanza de la ciencia debe brindar a los estudiantes una sensación auténtica de los procesos científicos, ya sea mediante la contextualización histórica de la ciencia establecida; a través de una auténtica actividad de indagación en el aula; o la inclusión en el currículo de ejemplos de controversias científicas actuales donde no existe, sin embargo, cualquier consenso amplio, por lo que las afirmaciones de conocimientos invitan a una consideración genuinamente abierta (Taber, 2017).

Las concepciones de naturaleza de la ciencia recomendadas para su inclusión en la educación científica se extienden a lo largo de un continuo que va desde las características generales de las prácticas y los valores científicos en un extremo hasta las descripciones más estrechas de la “ciencia en proceso” de la construcción del conocimiento en el otro extremo. A lo largo de las décadas del siglo XX, los académicos han adoptado diversas posturas para representar cómo se establece y cambia el conocimiento científico y cuál es la mejor manera de comunicar sobre la ciencia como una forma de conocer. Durante el último siglo ha habido desarrollos complejos con respecto a las caracterizaciones filosóficas e históricas sobre la naturaleza de la ciencia y los marcos pedagógicos para promover su enseñanza (McComas y Clough, 2020).

Los avances en la ciencia a lo largo de los siglos han generado múltiples perspectivas filosóficas para explicar el pensamiento y el crecimiento del conocimiento en ellos y pueden identificarse actualmente tres períodos principales en la filosofía de la ciencia:

1. La visión de prueba de hipótesis basada en experimentos que nos dio el positivismo lógico, el empirismo lógico y explicaciones nomológicas deductivas para explicar la justificación de las afirmaciones de conocimiento científico.

2. La visión basada en la historia del desarrollo de la teoría y el cambio conceptual que nos dio paradigmas, programas de investigación, principios heurísticos, temas científicos y tradiciones de investigación para dar cuenta del crecimiento racional del conocimiento científico.

3. La visión basada en modelos de la dinámica cognitiva y social entre comunidades de académicos que nos dio la epistemología social y la filosofía naturalizada de la ciencia para dar cuenta de la profundización y ampliación de las explicaciones científicas.

Dicho esto, se evidencia con más claridad el impacto de la enseñanza de la historia y de la naturaleza de ciencia en los estudiantes ya que promueve una comprensión más precisa de la ciencia que se mantienen en el tiempo (Herman y Clough, 2016). Al igual que con todos los objetivos de enseñanza, en el caso de la historia y naturaleza de la ciencia, se debe evaluar la comprensión de los estudiantes de una manera que requiera una justificación para las posiciones adoptadas en lugar de un mero enunciado de las ideas o principios. Clough (2017), sostiene que cuando se enseña la historia y naturaleza de la ciencia de manera eficaz, los estudiantes aprenden cómo se hace la ciencia junto con la evidencia y el razonamiento que apoya dichas ideas científicas, desarrollando así una comprensión más profunda del contenido científico.

Formación epistemológica del docente en ciencias naturales

La historia y la naturaleza de la ciencia es una expresión utilizada en la educación científica que abarca cuestiones como qué es la ciencia, cómo funciona la ciencia, características de los científicos y cómo se desarrolla el conocimiento científico y llega a ser aceptado por la comunidad científica. Las respuestas a algunas de estas preguntas a menudo parecen bastante claras para la mayoría de las personas, en particular los profesores y estudiantes de ciencias. Pero una gran cantidad de estudios informan que el público en general, los profesores de ciencias y sus estudiantes tienen conceptos erróneos importantes sobre la historia y la naturaleza de la ciencia (Clough, 2017).

Comprender con precisión las características más relevantes de la historia y la naturaleza de la ciencia es un aspecto importante de la alfabetización científica ya que su valor se extiende más allá de la comprensión de las características de la ciencia, los científicos y el conocimiento científico. Clough (2017) señala que el conocimiento profundo de la naturaleza de la ciencia ayuda a los profesores a: advertir las dificultades de los estudiantes para aprender ideas científicas y la tenacidad de los conceptos erróneos; entender los numerosos ejemplos históricos que ilustran el avance científico; comprender por qué decir y mostrar no obliga a los estudiantes a cambiar su forma de pensar; proporcionar explicaciones con evidencia, aunque tener en cuenta estos aspectos a menudo es insuficiente para lograr un cambio en el pensamiento.

Encontramos en la enseñanza de las ciencias muchos conceptos erróneos sobre la naturaleza de la ciencia que están muy extendidos, los cuales no debería llamar la atención dada la forma en que la ciencia y los científicos son dados a conocer en el ámbito social (Clough, 2017). Dicha falencia se manifiesta también en los libros de texto de ciencias que suelen ignorar la información sobre el trabajo de los científicos, cómo surgen preguntas e

ideas con respecto al mundo natural, los desacuerdos sobre el significado de los datos y cómo la comunidad científica llegó a rechazar y aceptar ideas particulares (Leite, 2002).

Clough (2017) señala algunos de los conceptos erróneos más comunes sobre la historia y la naturaleza de la ciencia como: a) Los desacuerdos con respecto a las explicaciones científicas sobre los fenómenos naturales se resuelven con el consenso de los científicos sobre la explicación más adecuada; b) La ciencia y quienes desarrollan la ciencia deben estar libres de emociones y prejuicios; c) Las ideas científicas surgen directamente de los datos; d) El conocimiento científico que no ha demostrado ser "verdadero" no es confiable; e) Muchas ideas científicas surgen a partir de la creatividad y la inventiva de los científicos; f) Los modelos científicos son copias exactas de la realidad; g) Toda la investigación científica esté dirigida de alguna manera a resolver problemas sociales; h) La investigación científica sigue un método científico paso a paso y la adhesión cuidadosa a este método sistemático explica el éxito de la ciencia; i) Se malinterpretan las relaciones entre las leyes y teorías científicas.

Varios de estos conceptos errados se fusionan, formando una concepción general de la ciencia y los científicos que, aunque incorrecta, tiene sentido y, por lo tanto, requiere un esfuerzo considerable para ser clarificados. Así, encontramos en los libros de texto esfuerzos por transmitir características de la ciencia y los científicos de manera superficial acerca del desarrollo de la ciencia y el papel de los científicos, reforzando muchos de los conceptos erróneos mencionados. Lo mismo se refleja en los informes de laboratorio, aunque escritos con el propósito de comunicar los resultados de las investigaciones y la justificación de las conclusiones alcanzadas, describen erróneamente cómo se hace

realmente la ciencia y promueven muchos de los mismos conceptos erróneos, incluida la descripción errónea de la investigación científica (Clough, 2017).

Atendiendo a lo antes expresado la transformación de la práctica docente no puede lograrse si no se modifican las concepciones de ciencia de los profesores y no se incorporan en el aula tales conceptualizaciones. Para ello se requieren procesos de formación docente, cuyo objetivo sea, precisamente, la identificación y transformación de sus concepciones epistemológicas (Pujalte et al., 2016; Sumranwanich y Yuenyong, 2014). Sin embargo, la primera dificultad se encuentra a la hora de contar con instrumentos adecuados para caracterizar la comprensión de la naturaleza de la ciencia, tanto en los estudiantes como en los futuros profesores de ciencias.

En la literatura encontramos distintos instrumentos diseñados para identificar los conocimientos y opiniones sobre la ciencia, que están fuertemente alineados con algunas de las perspectivas de los estudios científicos o que adoptan los puntos de vista de la ciencia sostenidos por los estudiosos de la naturaleza de la ciencia, por ejemplo, el empirismo, el positivismo lógico, realista, instrumentalista, semántico, etc. (McComas et al., 1998). Se presentan algunos de los instrumentos más utilizados que ponen de manifiesto en primer lugar la diversidad de aspectos que consideran:

1. Cuestionario INPECIP (Porlán et al., 1997): Inventario de Creencias Pedagógicas y Científicas de los Profesores, el cual permite analizar las concepciones epistemológicas y pedagógicas a través de las siguientes dimensiones: naturaleza de las ciencias, aprendizaje científico, modelo didáctico y metodología del profesor. Consta de 56 ítems, que se corresponden en cada categoría con 2 modelos contrapuestos, el primero más tradicional y

el segundo más en sintonía con las actuales concepciones didácticas y epistemológicas, que se denomina modelo constructivista.

2. Cuestionario ECS-EPA (Quintanilla et al., 2006): Cuestionario tipo Likert que considera 7 dimensiones: naturaleza de la ciencia; enseñanza de las ciencias, aprendizaje de las ciencias, evaluación de los aprendizajes científicos, rol de los educadores de ciencias naturales, resolución de problemas científicos y competencias de pensamiento científico con 10 enunciados cada aspecto a evaluar.

3. *Views on Science and Education Questionnaire* (VOSE) (Chen, 2006): Evalúa las concepciones de naturaleza de ciencia de los sujetos y sus las actitudes hacia la enseñanza de la ciencia. El cuestionario consta de 15 ítems tipo Likert, escala de cinco puntos, cada pregunta es seguida por varios elementos que representan diferentes posiciones filosóficas. La dimensión concepción de la naturaleza de ciencia incluye 10 ítems y la dimensión actitudes abarca 5 ítems.

4. Cuestionario de Opiniones acerca de la Ciencia y su Enseñanza (Pujalte, 2014): El COCE contempla no sólo las concepciones sobre la naturaleza de la ciencia que tienen los docentes, sino también su posicionamiento respecto de la enseñanza de estos aspectos. Este instrumento a su vez está basado en el *Views on Science and Education Questionnaire* (VOSE, Chen, 2006). Para cada una de esas afirmaciones se debe expresar el grado de acuerdo o desacuerdo en función de una escala tipo Likert de cinco niveles. Consta de 64 afirmaciones asociadas nueve aspectos centrales de la naturaleza de la ciencia: 1) Provisionalidad del conocimiento científico, 2) Naturaleza de la observación, 3) Correspondencia entre realidad y predicación, 4) Representación, 5) Métodos científicos, 6)

Naturaleza de las teorías, 7) Imaginación, 8) Validación del conocimiento científico, 9) Objetividad y subjetividad en ciencia.

A la diversidad de aspectos que abarcan estos instrumentos se suma, en segundo lugar, la falta de marcos conceptuales de referencia, teniendo en cuenta las corrientes epistemológicas, que permitan contextualizar las dimensiones de la naturaleza de ciencia sin caer en equívocos. La tarea se presenta aún más compleja si consideramos que muchos de los docentes o futuros docentes dan por supuesto que pueden dar respuestas adecuadas a cuestiones como: ¿Qué es la ciencia? ¿O cómo se desarrolla el conocimiento científico? Cuando sabemos que hay muchas falencias en dichas concepciones epistemológicas. Es por ello que es clave contar con instrumentos que permitan tomar conciencia de la necesidad de profundizar en la perspectiva filosófica que implica la ciencia, como así también faciliten la explicitación de sus propias concepciones. En este sentido, es conveniente complementar la implementación de instrumentos de tipo cuantitativos este tipo de instrumentos cualitativos con estrategias cualitativas que contribuyan a caracterizar no sólo dichas concepciones sino también sus posturas y prácticas de enseñanza. De esta manera se podrán acortar las distancias entre lo que los docentes piensan, lo que dicen que piensan y lo que hacen, favoreciendo así a una toma de postura más adecuada y unitaria frente a la naturaleza de la ciencia.

Si bien la promoción de la comprensión de la naturaleza e historia de la ciencia ha sido un objetivo persistente de la educación científica, como ya se mencionó en el apartado anterior, aún no han sido derribadas algunas de sus principales dificultades como son: las ideas erróneas sobre la naturaleza de la ciencia que tienen los mismos docentes, que al

mismo tiempo afecta el cómo enseñar eficazmente este aspecto de la ciencia y la escasez de materiales curriculares para apoyar la enseñanza, entre otros (Clough, 2017).

Aunque Cofre (2019) afirma que existe acuerdo respecto a los aspectos que definen los objetivos de enseñanza de la naturaleza de ciencia. Las temáticas que pretenden abordar no dejan de ser complejas y contextuales. Es por ello que podemos decir que la ciencia es más que una colección de hechos, lo mismo podemos afirmar que una posición filosófica sobre la naturaleza de la ciencia es más que una enunciación de principios. En este sentido Clough (2017) sostiene que, en lugar de enumerar las ideas que integran la naturaleza de ciencia pueden interpretarse incorrectamente como hechos que deben enseñarse y aprenderse literalmente, las cuestiones deben abordarse como preguntas o interrogantes, en lugar de principios, que interpelen tanto a los profesores como a los estudiantes. De esta manera, se alienta a pensar y abordar estos problemas considerando los diferentes contextos que nos permitan obtener respuestas más ricas y **abarcativas**.

A manera de ejemplo se presentan algunas de estas grandes preguntas planteadas por Clough (2011):

1. ¿En qué sentido es tentativo el conocimiento científico? ¿En qué sentido es duradero?
2. ¿En qué medida el conocimiento científico se basa en las observaciones del mundo natural?
3. ¿Hasta qué punto los científicos y el conocimiento científico son subjetivos?
4. ¿En qué sentido se inventa el conocimiento científico? ¿En qué sentido se descubre?

5. ¿En qué sentido las leyes y teorías científicas son diferentes tipos de conocimiento?
¿Cómo se relacionan entre sí?
6. ¿En qué se diferencian las observaciones y las inferencias? ¿En qué sentido una observación es una inferencia?

La promoción efectiva de una comprensión profunda y sólida de la historia y naturaleza de la ciencia exige, en primer lugar, que los profesores de ciencias se planteen esas preguntas y que identifiquen sus posturas epistemológicas dentro de cada disciplina científica, valorando genuinamente el aporte del conocimiento epistemológico en su formación como futuros docentes. En segundo lugar, los profesores de ciencias deberán planificar intencionalmente cómo enseñar las ideas comprendidas en la naturaleza de la ciencia y cómo promover la comprensión de los objetivos del contenido científico (Herman et al., 2017). En este sentido los profesores de ciencias deberán orientar la enseñanza a desafiar los conceptos erróneos sobre la naturaleza de la ciencia y su historia procurando hacer más explícitas las cuestiones epistemológicas y planteando preguntas que ayuden a los estudiantes a desarrollar concepciones de la ciencia más adecuadas. En definitiva, se trata de que los docentes estén en condiciones de plantear actividades que les obliguen a pensar profundamente en los aspectos relacionados con la historia y la naturaleza de la ciencia para dar luz a los conceptos erróneos que pueden condicionar la comprensión de la ciencia de los estudiantes (Clough, 2017).

Como se ha señalado antes, es necesario que los docentes de ciencias identifiquen sus propias posturas epistemológicas dentro de cada disciplina, de esta manera, y a fin de

contribuir a esto desde la formación docente inicial, se propusieron para este estudio los siguientes objetivos: 1) Identificar las concepciones epistemológicas de los estudiantes de profesorado en el área de las Ciencias Naturales; 2) Comparar las concepciones epistemológicas de los estudiantes según el año de cursado del profesorado y finalmente 3) Analizar la coincidencia entre la concepción identificada y la concepción declarada en estudiantes de los profesorados.

METODO

En este apartado se dará cuenta de los instrumentos utilizados, la muestra del estudio la aplicación y sus resultados. La Investigación se adscribe al enfoque de tipo cuantitativo.

Instrumentos

Se aplicó el Inventario de Creencias Pedagógicas y Científicas de los Profesores (INPECIP) (Porlán et al., 1997). Si bien existen instrumentos más recientes para el estudio sobre la naturaleza de la ciencia, se optó por este instrumento ya que se corresponde con el desarrollo de la epistemología en el siglo XX -contenidos trabajados en el ámbito de la formación inicial- facilitando la identificación de las concepciones epistemológicas como punto de la reflexión de los futuros docentes. Como ya se adelantó, este instrumento permite analizar las concepciones epistemológicas y pedagógicas a través de las siguientes dimensiones: naturaleza de las ciencias, aprendizaje científico, modelo didáctico y metodología del profesor. El inventario está formado por 56 ítems en escala Likert de 5 puntos, donde “1” corresponde a totalmente en desacuerdo y “5” a totalmente de acuerdo. En este trabajo se analizan los 14 ítems que corresponden a la naturaleza de la ciencia, los cuales permiten identificar 2 modelos contrapuestos, el primero corresponde a una

concepción tradicional de ciencia. Ejemplo: “El observador no debe actuar bajo la influencia de teorías previas sobre el programa investigado” y el segundo, denominado constructivista, está más en sintonía con las actuales concepciones didácticas y epistemológicas. Ejemplo: “El conocimiento humano es fruto de la interacción entre el pensamiento y la realidad”. Dichas concepciones están conformadas por ideas y formas de actuar de los profesores en relación al conocimiento y su proceso de construcción que al mismo tiempo reflejan una visión epistemológica que juega un papel estructurador del conocimiento y se la futura práctica docente.

Una vez implementado, se realizó el estudio de fiabilidad del instrumento a través del Alfa de Cronbach. A partir de dicho análisis se identificaron 2 ítems que no aportaban a la confiabilidad de los resultados por lo cual fueron eliminados (ítems 3 e ítems 14). Se obtuvo así para este estudio un Alfa de Cronbach = .69 para la escala total (12 ítems), para la dimensión concepción tradicional (6 ítems) un Alfa de Cronbach = .72 y para la dimensión concepción constructivista (6 ítems) un Alfa de Cronbach = .64.

Además, se incluyó una pregunta de respuesta abierta a fin de que pudieran expresar su opinión respecto a cuál es la postura epistemológica con la que más se identifican los estudiantes, para lo cual se les preguntó: *¿Con qué corriente epistemológica te identificas? ¿Por qué?* A esta postura se la denominó concepción declarada a fin de diferenciarla de la concepción identificada a través del instrumento INPECIP. Las respuestas fueron analizadas teniendo en cuenta la respuesta y la justificación de los participantes y fue contrastada con la concepción identificada.

Muestra

La muestra estuvo conformada por 49 estudiantes de los Profesorados de Física y de Química de la Universidad Nacional de San Juan. En cuanto a la conformación de la muestra, el 75% corresponde al sexo femenino y el 25% al sexo masculino; así mismo el 51% cursa el 2do año y el 49% el 4to año de los Profesorados. Se seleccionaron estos cursos para indagar en las concepciones de estudiantes al inicio y en la finalización de la carrera. Cabe señalar que en el caso de los estudiantes de 2do año la muestra representa 60% de la población de estudiantes de ese curso; y en el caso de 4to año corresponde al 100%.

En la Tabla 1 se presenta la distribución por sexo y año del total de la muestra.

Tabla 1: Distribución por sexo y año

Sexo		
Femenino	Masculino	Total
16	9	25
43,2%	75,0%	51,0%
21	3	24
56,8%	25,0%	49,0%
37	12	49
100,0%	100,0%	100,0%

Fuente: elaboración propia

Resultados

El primer objetivo de este estudio busca identificar las concepciones epistemológicas de los estudiantes de formación docente en Ciencias Naturales. A partir de los resultados obtenidos del INPECIP se observó que el 26,5% de los estudiantes adhieren a

una concepción tradicional, el 69,4% una concepción constructivista y en el 4,1% de los estudiantes no se observa una clara orientación hacia una u otra concepción epistemológica. Mientras que al analizar las concepciones declaradas por los mismos estudiantes el 26,5% se identifica con una concepción tradicional, el 53,1% con una concepción constructivista y el 20,4% no se identifica necesariamente con alguna en particular.

Se realizó la comparación de las concepciones epistemológicas de los estudiantes de 2do y 4to año a fin de poder identificar diferencias significativas. En la tabla 2 se presenta la distribución de las concepciones epistemológicas obtenidas en el cuestionario en relación al año de cursado de los estudiantes.

Tabla 2: Frecuencia y porcentaje de la Concepción Epistemológica en relación al año de cursado.

		Año		
		2	4	Total
Concepción Identificada	Tradicional	11 45,8%	2 8,7%	13 27,7%
	Constructivista	13 54,2%	21 91,3%	34 72,3%
Total		24 100,0%	23 100,0%	47 100,0%

Fuente: elaboración propia

Para analizar las diferencias por curso, y atendiendo a la variable de estudio y al tamaño de la muestra, se utilizó la prueba no paramétrica Chi Cuadrado, obteniendo un $X^2=8,096$ $p=,004$, es decir, que hay diferencias significativas en las concepciones adoptadas por los alumnos de 2do y 4to año respecto a la concepción tradicional (45,8% vs. 8,3%) y la concepción constructivista (54,2% vs. 91,3 %).

Finalmente, teniendo en cuenta estos resultados y atendiendo al tercer objetivo del trabajo, que busca analizar la coincidencia entre la concepción identificada y la concepción declarada por los estudiantes, en la tabla 3 se presenta el porcentaje de coincidencias y discrepancias respecto a las dos técnicas aplicadas: el inventario y la pregunta abierta con su justificación.

Tabla 3: Frecuencia y porcentaje de coincidencias y discrepancias entre la Concepción Identificada y la Concepción Declarada por los estudiantes.

		Concepción Identificada			Total
		Tradicional	Constructivista	Otras	
Concepción Declarada	Tradicional	2 4,1%	11 22,4%	0 0,0%	13 26,5%
	Constructivista	6 12,2%	20 40,9%	0 0,0%	26 53,1%
	Otras	5 10,2%	3 6,1%	2 4,1%	10 20,4%
Total		13 26,5%	34 69,4%	2 4,1%	49 100,0%

Fuente: elaboración propia

En cuanto al análisis de concordancia se observa que el 49,1% coincide en la evaluación de las concepciones: 4,1% tradicional, 40,8% constructivista y 4,1% otras. Si bien es un porcentaje alto, llama la atención el porcentaje total de discrepancias (34,6%). Entre las diferencias se detecta que el 12,2% declara que estos estudiantes se identifican con una concepción constructivista, mientras que los resultados del inventario señalan que corresponden a una concepción tradicional. Al justificar algunas de sus respuestas los estudiantes afirman que: “por la forma en que avanza la ciencia y el consenso de la

comunidad científica”, o bien, “porque el conocimiento es resultado también de una construcción social, cultural e histórica”. Algo similar se observa del 22,4% que declara identificarse con una concepción tradicional, cuando los resultados del cuestionario indican que corresponde a una concepción constructivista. Entre los motivos de su elección los estudiantes señalan: “considero que la ciencia nunca llega a la verdad si no a un grado de probabilidad, además la ciencia progresa debido a la falsación de teorías” y “esta corriente da importancia al razonamiento y tiene en cuenta su alcance”.

Otro aspecto a destacar es el 16,3% que declara que no se identifica específicamente con ninguna de las concepciones epistemológicas, mientras que los resultados del inventario señalarían que predomina una u otra orientación (tradicional/constructivista). Entre las razones mencionadas por los estudiantes encontramos que algunos se refieren a la necesidad de profundizar más en el estudio de las corrientes, por ejemplo: “Quiero estudiar en profundidad y reforzar lo ya aprendido antes de tomar postura”. Mientras que otros realizan un análisis rescatando los aspectos más significativos de cada concepción: “Cada corriente tiene algo interesante pero no coincide plenamente con ninguna. El empirismo tiene como positivo la seguridad que otorga comprobar con la experiencia una teoría (...). El racionalismo otorga esa manera alternativa para validar las teorías (...) El construccionismo analiza la influencia socio histórica en el quehacer científico (...), pero pienso que el avance de la ciencia no puede encasillarse en ninguna de ellas”.

REFLEXIONES FINALES

A la hora de indagar sobre las concepciones epistemológicas de los estudiantes de formación docente en Ciencias Naturales se observó que el 26% se identifica y declara

adherirse a una concepción tradicional de la ciencia. Mientras que el 69% se identifica con una concepción constructivista, aunque el porcentaje disminuye al analizar la concepción declarada por los mismos estudiantes (53%). Las diferencias son mayores al considerar los estudiantes que no han adoptado una clara postura, ya que se señaló que el 4% no adhiere a una concepción epistemológica, mientras que el 20% manifiesta no identificarse con alguna corriente en particular. Evidenciándose un alto porcentaje de discrepancias respecto a lo que piensan los futuros docentes y lo que dicen que piensan, lo cual es señal de que aún no han comprendido los aspectos relacionados con la naturaleza de la ciencia que les permita tomar una postura más fundada y coherente. En línea con lo que señalan otras investigaciones (Clough, 2017), los resultados de este estudio también han puesto de manifiesto la persistencia de ideas erróneas sobre la naturaleza de la ciencia en los futuros docentes, que al mismo tiempo afectarán la enseñanza eficazmente de este aspecto de la ciencia y la posibilidad de un conocimiento más amplio del contenido científico.

En este sentido se dimensiona el impacto que la formación epistemológica tiene, tanto para los docentes como para los estudiantes, en la comprensión más profunda de la ciencia, como en las estrategias didácticas para su enseñanza. Ya que como se mencionó, una comprensión adecuada de la naturaleza de la ciencia contribuye a: advertir las dificultades de los estudiantes para aprender ideas científicas y la tenacidad de los conceptos erróneos; presentar ejemplos históricos que ilustren el avance científico; a evaluar la comprensión de los estudiantes de una manera que requiera una justificación para las posiciones adoptadas en lugar de un mero enunciado de las ideas o principios; etc. Mientras que los conceptos erróneos de la naturaleza de la ciencia se pondrán de manifiesto

en la selección de los recursos y estrategias de enseñanza como, por ejemplo, los libros de textos o las prácticas de laboratorio.

Ya se ha señalado que la posibilidad de brindar una mirada epistemológica a las Ciencias Naturales no es suficiente para que sean integradas de manera adecuada a las prácticas de la enseñanza (Cofré et al., 2019; Mıhladıız y Dođan, 2014).

El objetivo del presente trabajo planteó la necesidad de identificar las concepciones epistemológicas de los futuros docentes en Ciencias Naturales como punto de partida de un proceso de reflexión que oriente a una toma de posición frente al conocimiento científico y la naturaleza de la ciencia. Ha sido de gran utilidad para este estudio complementar técnicas cuantitativas y cualitativas, que permitan enriquecer el conocimiento de las concepciones epistemológicas de los futuros docentes. Al mismo tiempo que dichas caracterizaciones serán el punto de partida para que los futuros docentes puedan reflexionar sobre estos aspectos y la relación con las prácticas de enseñanza. El análisis de las diferencias entre las concepciones epistemológicas de los estudiantes de 2do y 4to año, ponen de manifiesto el impacto que la formación inicial tiene en la modificación de dichas concepciones, como así también la necesidad de trabajar estos aspectos de manera más explícita para que los estudiantes puedan fundamentar adecuadamente sus posturas frente a la naturaleza de la ciencia. A partir de los resultados obtenidos se ve la importancia de continuar explicitando estos aspectos en la formación docente inicial involucrando en primer lugar a los docentes formadores.

El análisis de la formación epistemológica de los futuros docentes y los docentes formadores, permitirá identificar las concepciones vinculadas con la naturaleza de la

ciencia que fundamentan sus prácticas de enseñanza. De allí la importancia de promover espacios de diálogo y reflexión para abordar los interrogantes planteados a lo largo del trabajo. En definitiva, se trata de profundizar y reflexionar acerca de los fundamentos epistemológicos de la enseñanza de las Ciencias Naturales. Los aportes en esta línea de investigación permitirán brindar directrices para la formación epistemológica de los futuros profesores de Ciencias Naturales.

REFERENCIAS

- Adúriz-Bravo, A. (2005). *Una introducción a la naturaleza de la ciencia. La epistemología en la formación del profesorado*. Fondo de Cultura Económica.
- Adúriz-Bravo, A. (2007). A proposal to teach the nature of science (NOS) to science teachers: The ‘structuring theoretical fields’ of NOS. *Review of Science, Mathematics and ICT Education*, 1(2), 41–56. Recuperado de: <https://journals.indexcopernicus.com/search/article?articleId=772676>.
- Ariza, Y., Lorenzano, P., & Adúriz-Bravo, A. (2016). Meta-Theoretical Contributions to the Constitution of a Model-Based Didactics of Science. *Science and Education*, 25(7–8), 747–773. Recuperado de: <https://doi.org/10.1007/s11191-016-9845-3>.
- Chen, S. (2006). Development of an instrument to assess views on nature of science and attitudes toward teaching science. *Science Education*, 90(5), 803–819.
- Clough, M. (2003). Explicit but insufficient: Additional considerations for successful NOS instruction. *Seventh International History, Philosophy and Science Teaching*.
- Clough, M. (2011). Teaching and Assessing the Nature of Science: How to Effectively Incorporate the Nature of Science in Your Classroom. *The Science Teacher*, 78(6), 56.

Artículo. Estudio de las concepciones epistemológicas en la concepción docente de Ciencias Naturales. Julieta Laudadio, Claudia Mazzitelli.

Recuperado de: <https://www.questia.com/read/1G1-267811174/teaching-and-assessing-the-nature-of-science-how>.

Clough, M. (2017). History and Nature of Science in Science Education. In *Science Education* (pp. 39–51). SensePublishers. Recuperado de: https://doi.org/10.1007/978-94-6300-749-8_3.

Clough, M., & Olson, J. K. (2008). Teaching and assessing the nature of science: An introduction. *Science and Education*, 17(2–3), 143–145. Recuperado de: <https://doi.org/10.1007/s11191-007-9083-9>.

Cofré, H., Núñez, P., Santibáñez, D., Pavez, J. M., Valencia, M., & Vergara, C. (2019). A Critical Review of Students' and Teachers' Understandings of Nature of Science. In *Science and Education: Vol. 28, Issues 3–5*, pp. 205–248. Recuperado de: <https://doi.org/10.1007/s11191-019-00051-3>.

Erduran, S., & Dagher, Z. R. (2014). *Reconceptualizing Nature of Science for Science Education*. Springer, Dordrecht. Disponible en: https://doi.org/10.1007/978-94-017-9057-4_1.

Herman, B. C., & Clough, M. (2016). Teachers' Longitudinal NOS Understanding After Having Completed a Science Teacher Education Program. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 14, 207–227. Recuperado de: <https://doi.org/10.1007/s10763-014-9594-1>.

Herman, B. C., Clough, M., & Olson, J. K. (2017). Pedagogical Reflections by Secondary Science Teachers at Different NOS Implementation Levels. *Research in Science Education*, 47(1), 161–184. Recuperado de: <https://doi.org/10.1007/s11165-015-9494-6>.

Izquierdo Aymerich, M., García Martínez, Á., Quintanilla Gatica, M., & Adúriz-Bravo, A.

(2016). *Historia, filosofía y didáctica de las ciencias: aportes para la formación del profesorado de ciencias*. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Disponible em: <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/106292>.

Leite, L. (2002). History of science in science education: Development and validation of a checklist for analysing the historical content of science textbooks. In *Science and Education: Vol. 11, Issue 4, pp. 333–359*. Recuperado de: <https://doi.org/10.1023/A:1016063432662>.

McComas, W. F., & Clough, M. (2020). *Nature of Science in Science Instruction: Meaning, Advocacy, Rationales, and Recommendations*: pp. 3–22. Disponible en: https://doi.org/10.1007/978-3-030-57239-6_1.

McComas, W. F., Clough, M., & Almazroa, H. (1998). The Role and Character of the Nature of Science in Science Education. In M. W (Ed.), *The Nature of Science in Science Education* (pp. 3–39). Springer. Disponible em: https://doi.org/10.1007/0-306-47215-5_1.

Mejia, I. P., & Monterola, S. L. C. (2015). Developing Pre-service Teachers' Constructivist-Oriented Scientific Epistemological View through Metacognitive Group Discourse. *Procedia - Social and Behavioral Sciences, 191*, 700–708. Recuperado de: <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.04.321>.

Mihladiž, G., & Doğan, A. (2014). Science Teachers' Views about NOS and the Place of NOS in Science Teaching. *Procedia - Social and Behavioral Sciences, 116*, 3476–3483. Recuperado de: <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.01.787>.

Porlán, R., Rivero, A., & Martín, R. (1997). Conocimiento profesional y epistemología de los profesores-I: teoría, métodos e instrumentos. *Enseñanza de Las Ciencias, 15(2)*,

Artículo. Estudio de las concepciones epistemológicas en la concepción docente de Ciencias Naturales. Julieta Laudadio, Claudia Mazzitelli.

155–171.

Pritchard, D. (2018). *What is this thing called knowledge?* (4th ed.). Routledge.

Pujalte, A. (2014). *Las imágenes de ciencia del profesorado: de la imagen discursiva a la enactiva* [Universidad Nacional de Quilmes.]. Disponible en: https://ridaa.unq.edu.ar/bitstream/handle/20.500.11807/986/TD_2014_pujalte_012.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

Pujalte, A., Colotta, J. P., Bazán, M., & Rodríguez, M. (2016). La historia y la filosofía de la ciencia en la formación del profesorado: una experiencia de formación continua virtual. In *Indagatio Didactica*: Vol. 8, Issue 1. Recuperado de: <https://doi.org/10.34624/ID.V8I1.3193>.

Quintanilla, M., Labarrere, A., Santos, M., Cádiz, J., Cuellar, L., Saffer, G., & Camacho, J. (2006). Elaboración, validación y aplicación preliminar de un cuestionario sobre ideas acerca de la imagen de ciencia y educación científica de profesores en servicio. *Boletín de Investigación Educativa*, 21(2), 103–132.

Sumranwanich, W., & Yuenyong, C. (2014). Graduate Students' Concepts of Nature of Science (NOS) and Attitudes toward Teaching NOS. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 116, 2443–2452. Recuperado de: <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.01.589>.

Taber, K. (2008). Of models, mermaids and methods: The role of analytical pluralism in understanding student learning in science. In I. V. Eriksson (Ed.), *Science education in the 21st Century* (pp. 69–106). Nova Science Publishers.

Taber, K. (2017). Reflecting the Nature of Science in Science Education. In *Science Education* (pp. 23–37). SensePublishers. Recuperado de: https://doi.org/10.1007/978-94-6300-749-8_2.