



Maestría en Enseñanza Universitaria

Comisión Sectorial de Enseñanza
Área Social y Artística
Consejo de Formación en Educación

TESIS



Las concepciones epistemológicas en el profesorado de química de los centros de formación docente de Uruguay

Pedro Torres

Diciembre, 2019

ISSN: 2393-7378



UNIVERSIDAD
DE LA REPÚBLICA
URUGUAY



comisión sectorial
de enseñanza



Facultad
de Humanidades
y Ciencias de la Educación



Consejo de
Formación en
Educación

Pedro Torres

Las concepciones epistemológicas en el profesorado de química de los centros de
formación docente de Uruguay

Universidad de la República
Área Social

Comisión Sectorial de Enseñanza de la Universidad de la República

Tesis presentada con el objetivo de obtener el título de Magister en Enseñanza
Universitaria en el marco del Programa de Especialización y Maestría en Enseñanza
Universitaria del Área Social y de la Comisión Sectorial de Enseñanza de la
Universidad de la República

Tutor/es: Luis Behares

Montevideo, 18 de diciembre de 2019

Foto de portada: www.freepik.com



Maestría en Enseñanza Universitaria

Comisión Sectorial de Enseñanza
Área Social y Artística
Consejo de Formación en Educación



UNIVERSIDAD
DE LA REPÚBLICA
URUGUAY



comisión sectorial
de enseñanza



Facultad
de Humanidades
y Ciencias de la Educación



Consejo de
Formación en
Educación

A los filósofos les gusta debatir la naturaleza de la verdad, mientras que a los científicos les encanta encontrarla.

A. Zimmerman

Agradecimientos

Al Prof. Behares, por su valiosa orientación académica, por compartir esta aventura y aceptar con enorme paciencia la incursión de un profesional de las ciencias "duras" en el arduo y complejo terreno de las "otras ciencias".

A los docentes de la MEU, por sus diversos aportes a mi formación.

A mis compañeros de cohorte, por compartir estos años y por las muy diversas posibilidades de integración y cooperación que se han presentado.

Al personal administrativo de la MEU en CSE y FHCE, porque a pesar de mis abundantes consultas, solicitudes y quejas, la gestión de las mismas siempre alcanzó buen puerto.

A Eloísa Bordoli, Mercedes Collazo, Gabriel Errandonea, Pablo Martinis y Marta Panaia, por la lectura de las primeras ideas que impulsaban este trabajo y por brindar sus opiniones y/o sugerencias iniciales sobre el mismo.

A todos los integrantes de la comunidad educativa que brindaron sus respuestas en las distintas etapas de la investigación.

A los colegas que han leído los borradores de esta Tesis y aportado su punto de vista. En especial a Emilia Seguí, quien también colaboró en el diseño de la portada, por su apoyo de siempre e incansable optimismo.

A mis padres Elsa y Pedro, por confiar en la educación como legado, por inculcarme la libertad de pensamiento y por el afecto incondicional de toda la vida.

A mi familia nuclear toda, por la fe, el trayecto compartido y por impulsarme en esta última y desgarrada apuesta intelectual.



Resumen

La formación profesional inicial cambia a nivel global. La calidad de este proceso en Uruguay, en especial en formación docente, es directa o indirectamente afectada por la debilidad de las reflexiones y los posicionamientos epistemológicos expresados por los actores, problema que se ha agudizado en los últimos tiempos. En efecto, la significación y el impacto de la ciencia en la actualidad son reconocidos en todos los ámbitos y por ello se vuelve cada vez más importante el conocer su naturaleza, sus procedimientos, su alcance y sus limitaciones.

Este estudio se enfoca en la descripción y el análisis de las concepciones epistemológicas presentes en estudiantes de la formación docente en química en Uruguay e intenta abarcar de modo preliminar la identificación y descripción de las mismas, avanzando además sobre algunos aspectos relacionados con posibles interpretaciones del fenómeno. Con este objetivo se combinaron el análisis de documentos y las entrevistas con elementos teóricos y metodológicos que condujeron al diseño de un cuestionario semi-estructurado y a la construcción de su correspondiente grilla de interpretación en base a los datos colectados.

El trabajo con los estudiantes se basa en el estudio de una cohorte al ingreso en la institución y posteriormente a la finalización del primer año de formación docente. Para ello se desarrolla y aplica una herramienta de investigación para identificar, describir e interpretar de manera preliminar la conceptualización de ciencia y la concepción de práctica de los futuros docentes de química. Por su parte, el estudio de los documentos de Marco Curricular y Programas de los Planes 2005, 2008 y el proyectado 2020, así como las respuestas de los docentes formadores y estudiantes avanzados, en función de categorías de análisis similares proporcionan elementos adicionales para enmarcar la indagación y definir posibles influencias. Ante la emergencia de modelos epistemológicos “regionales”, relacionados con áreas específicas del conocimiento, muchas veces planteados desde ellas, surge también la interrogante de si el uso de modelos generales es suficiente para explicar la creciente complejidad teórica en un campo determinado, por ejemplo el de la química.

A partir de los resultados de este estudio emerge la conclusión de que persiste una visión empirista y positivista de la ciencia en múltiples aspectos tanto en programas, opiniones docentes como de estudiantes ingresantes y avanzados y que la formación no parece resolver estas aparentes problemáticas. En suma, los elementos analizados indican que existe una visión en mosaico, fragmentada, y que la mayor parte de las concepciones personales sobre las ciencias (tanto en el discurso puro como en el discurso en torno a la práctica) pueden considerarse como híbridas.

Palabras clave: Concepción epistemológica; Formación docente; Química.



Maestría en Enseñanza Universitaria
Comisión Sectorial de Enseñanza
Área Social y Artística
Consejo de Formación en Educación



UNIVERSIDAD
DE LA REPÚBLICA
URUGUAY



comisión sectorial
de enseñanza



Facultad
de Humanidades
y Ciencias de la Educación



Consejo de
Formación en
Educación

Abstract

Initial professional training changes globally. A major problem of this process in Uruguay, especially in teacher training, is the weakness of the reflections and the epistemological positions expressed by the actors, a problem that has become more acute in recent times. In fact, the significance and impact of science today is great in all areas and therefore it becomes increasingly important to know its nature, its procedures, its scope and its limitations.

This study focuses on the description and analysis of the epistemological concepts present in students of teacher training in chemistry in Uruguay and tries to cover in a preliminary way the identification and description of them, also advancing on some aspects related to possible interpretations of the phenomenon. With this objective, we combined the analysis of documents and interviews with theoretical and methodological elements that led to the design of a semi-structured questionnaire and interpretation grid based on the collected data.

The work pivoted on the analysis of a student's cohort upon admission to the institution and after the completion of the first year of teacher training. A research tool is developed and applied to identify, describe and interpret in a preliminary way the conceptualization of science and the conception of practice of future chemistry teachers. On the other hand, the study of the Curriculum Framework and Programs of the 2005, 2008 and projected 2020 documents, as well as the responses of the training teachers and advanced students, based on similar analysis categories, provide additional elements to frame the inquiry and define possible influences. Given the emergence of "regional" epistemological models, related to specific areas of knowledge, and often raised from them, there is also the question of whether the use of general models is sufficient to explain the increasing theoretical complexity in a given field, for example that of chemistry.

From the results of this study emerges the conclusion that an empiricist and positivist view of science persists in multiple aspects, both in programs, teacher and students opinions and teacher training does not seem to solve these apparent problems. Indeed, the elements analysed indicate that there is a mosaic, fragmented vision, and that most personal conceptions of science (both in pure discourse and in discourse around practice) were hybrids.

Keywords: Epistemological conception; Teacher training; Chemistry.



Índice de Tablas y Figuras

Tabla 1. Distribución de edades de los alumnos de primer año entrevistados.	30
Tabla 2. Formación terciaria previa de los alumnos de primer año.	30
Tabla 3. Formación de los padres de los alumnos de primer año.	31
Tabla 4. Total de respuestas obtenidas de alumnos de primer año.	31
Tabla 5. Distribución de edades de los alumnos de cuarto año entrevistados.	31
Tabla 6. Formación terciaria previa de los alumnos de cuarto año.	31
Tabla 7. Total de respuestas obtenidas de alumnos de cuarto año.	32
Tabla 8. Sinopsis de trayectorias formativas (Docentes).	32
Tabla 9. Documentos analizados y planes a los cuales se asocian.	33
Tabla 10. Concepciones sobre el papel de la negociación social y las comunidades científicas.	76
Tabla 11. Posicionamiento sobre la objetividad de la ciencia y los científicos.	80
Tabla 12. Posicionamiento sobre las razones para el abandono de la neutralidad u objetividad.	80
Tabla 13. Posicionamiento sobre la unidad de representación.	82
Tabla 14. Concepciones sobre la naturaleza de un modelo.	83
Tabla 15. Concepciones sobre las cualidades de un modelo.	84
Tabla 16. Concepciones sobre la naturaleza de las teorías.	87
Tabla 17. Posicionamiento sobre la naturaleza de las teorías.	87
Tabla 18. Posicionamiento sobre la naturaleza de la observación.	88
Tabla 19. Posicionamiento sobre importancia del uso de la imaginación en la actividad científica.	90
Tabla 20. Concepción de la verdad y el error en la labor científica.	95
Tabla 21. Posicionamiento sobre la validación del conocimiento científico.	96
Tabla 22. Posicionamiento sobre la materialidad de la ciencia.	98
Tabla 23. Concepción de la posibilidad de cambio teórico.	103
Tabla 24. Concepción sobre la selección de entidades teóricas.	104
Tabla 25. Posicionamiento sobre la provisionalidad del conocimiento científico.	106
Tabla 26. Concepción sobre métodos científicos.	108
Tabla 27. Posicionamiento original de las poblaciones en estudio sobre método científico.	110
Tabla 28. Concepciones respecto al descubrimiento de una teoría.	110
Tabla 29. Concepción sobre naturaleza de la ciencia y la tecnología.	119
Tabla 30. Importancia relativa adjudicada a distintas áreas en la formación docente.	120
Tabla 31. Concepción sobre las necesidades formativas en diversas áreas.	121
Tabla 32. Importancia adjudicada a la transmisión y producción de conocimiento.	123
Tabla 33. La enseñanza de temas científicos socialmente controvertidos.	126
Tabla 34. Elementos comunes identificados con la educación y la enseñanza de la química.	127
Tabla 35. Peculiaridades de la enseñanza de la química en contextos desfavorables.	133
Tabla 36. Concepciones sobre la enseñanza de la química en orientaciones no científicas.	134
Tabla 37. Concepciones sobre la enseñanza de las características del conocimiento científico.	137
Tabla 38. Posicionamiento sobre la enseñanza de la naturaleza de la ciencia.	139
Figura 1. Perspectivas de debate y preguntas en torno a la Epistemología por parte de los docentes de la asignatura.	61
Figura 2. Diferencias y semejanzas entre enseñanza y educación, de acuerdo a la concepción de los estudiantes.	128
Figura 3. Función de la experimentación, de acuerdo a la concepción de los estudiantes de primer año.	129

Índice general

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN: EL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN, SUS ANTECEDENTES Y SOPORTE TEÓRICO

Preludio: la filosofía de la química 11

1. Introducción 11

1.1. Modos de aproximación al conocimiento científico 13

1.2. La naturaleza de las concepciones epistemológicas 19

1.3. Escenario nacional 22

1.4. Delimitación del tema de investigación 22

CAPÍTULO 2: CARACTERÍSTICAS DE LA INVESTIGACIÓN

1. Consideración preliminar de los materiales usados en la investigación 24

1.1. Los documentos curriculares 24

1.2. Las declaraciones docentes 26

1.3. Las concepciones estudiantiles 26

2. Diseño metodológico y procedimientos utilizados 27

2.1. Descripción de la estrategia general 27

2.2. Población y muestra 28

2.3. Aspectos generales de la muestra 30

2.4. Metodología básica 32

2.5. Cuestionario complementario para formadores 40

2.6. Análisis de datos efectuado 40

CAPÍTULO 3: ANÁLISIS DESCRIPTIVO DE LOS CONTENIDOS DE LOS DOCUMENTOS CURRICULARES

Presentación 42

1. Aspectos y declaraciones generales 42

2. Papel de la negociación social 45

3. Creatividad de los científicos e invención 48

4. Observación, exploración y sus vínculos con las teorías 49

5. Método científico 49

6. Impactos y tradiciones culturales y sociales 50

7. Conocimiento científico 51

8. Leyes, teorías, modelos, hechos y consecuencias, hipótesis, inferencias 53

9. Ciencias, unicidad y reduccionismo 55

10. Ciencia y ciencia escolar 56

11. Procesos, productos, producción, reproducción y determinismo 59

12. Contextos de descubrimiento y justificación 61

13. Intersubjetividad, evolución, progreso, acumulación y procesos implicados 62

14. Enseñanza, aprendizaje, actores, contenido, contexto, *currículum* y práctica 64

15. Relaciones ciencia-tecnología-sociedad-ambiente 66

16. Ciencia pura, aplicada, tecnología y tecnociencia 68

Descripción general de hallazgos 69

CAPÍTULO 4: ANÁLISIS DE LAS CONCEPCIONES SOBRE LA NATURALEZA DE LA CIENCIA EN ESTUDIANTES Y DOCENTES FORMADORES

Presentación 75

1. Negociación social, acuerdos y controversias en la comunidad científica 75

2. Entidades de la ciencia 81

2.1. Modelos 82

2.2. Teorías 86

2.3. Entidades teóricas particulares 91

3. Causa, efecto, mecanismo 93

4. La verdad y el error 95

5. Realismo, fenomenalismo, instrumentalismo: materialidad de la ciencia	97
6. Método científico, evolución, progreso	101
6.1. Progreso	101
6.2. Cambio del conocimiento científico y cambio teórico	102
6.3. Método	108
7. Contextos de descubrimiento y justificación, creatividad e invención	110
8. Ciencias, unicidad, reduccionismo, impactos y tradiciones socioculturales	113
9. Conocimiento científico, producción, reproducción y determinismo	114
10. Ciencia pura, ciencia aplicada y tecnología	118
 CAPÍTULO 5: CONCEPCIÓN DE CIENCIA Y PRÁCTICA DOCENTE	
Presentación	120
1. Concepción sobre las necesidades formativas	120
2. Procesos de transmisión y producción	122
3. Negociación social, acuerdos y controversias en la comunidad científica	125
4. Enseñanza de la química	126
4.1. Modelos	126
4.2. Enseñanza de la química	127
5. Método científico, evolución, progreso y sus relaciones con la enseñanza	131
5.1. Cambio del conocimiento científico y cambio teórico	131
5.2. Enseñanza de la química	131
5.3. Método	136
6. Conocimiento científico, producción, reproducción y determinismo	137
7. Ciencia escolar	139
 CAPÍTULO 6: DISCUSIÓN GENERAL DE RESULTADOS E INTERPRETACIONES	
1. Aspectos generales	142
2. Conceptualización y comprensión de la naturaleza de las ciencias y la química	143
3. Métodos científicos	144
3.1. Explicar o comprender	145
3.2. Causa y efecto	146
3.3. Naturaleza de la observación	146
3.4. Materialidad de la ciencia, correspondencia	147
3.5. Hipótesis auxiliares	151
3.6. Experimentos cruciales	152
4. Entidades teóricas de la ciencia	154
4.1. Representación y lenguajes	154
4.2. El problema de la significación	155
4.3. Objetividad y subjetividad de la ciencia y los científicos	155
4.4. Teorías y cambio	156
4.5. Modelos	158
4.6. Negociación social y comunidades científicas	159
4.7. Provisionalidad y validación	160
5. Contextos	161
6. Concepción de la práctica, enseñanza de la química y epistemología	163
7. Los docentes	167
8. Influencias de la formación previa, la edad y la experiencia docente	169
9. Influencia del grado de inmersión en la formación docente	170
10. Consideraciones finales	171
 CAPÍTULO 7: CONCLUSIONES	175

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN: EL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN, SUS ANTECEDENTES Y SOPORTE TEÓRICO

Preludio: la filosofía de la química

Díaz et al. (2016) enfatizan el posible rol de la filosofía de la química, una disciplina madura, con una comunidad creciente y publicaciones especializadas, como referencia epistemológica en la construcción de una imagen de la química y los investigadores en esta área – incluso como referencia a tomar en cuenta en otros campos – que llene los requisitos que se le exigen contemporáneamente y también en clave histórica. Una de las ventajas de tomar a la química como referencia es, para los autores, su proximidad teórica y articulación natural con la concepción semántica de las teorías científicas, lo cual vuelve sencillo introducir elementos de análisis metateóricos en base a reflexiones filosóficas y epistemológicas en torno a asuntos que competen a la química (Ariza y Adúriz, 2012).

En lo que refiere a la enseñanza de la química, se sugiere que la epistemología tiene fuerte impacto asimismo en el análisis de problemas químicos altamente complejos y especializados (Díaz et al., 2016; Johnson, 2007). Resulta por ello de especial interés el estudio de la evolución de concepciones en estudiantes de esta rama particular.

1. Introducción

Las disciplinas filosóficas y meta-científicas (como la epistemología, la historia y sociología de la ciencia) han realizado importantes contribuciones al ámbito pedagógico en distintos niveles, fundamentalmente en base a la elucidación de las ideas que sustentan los docentes y estudiantes en torno a las ciencias, las que muchas veces impactan enormemente sobre las prácticas y aprendizajes que tienen lugar en el ámbito escolar (Loureiro, 2011).

En efecto, durante el desarrollo del trabajo en el aula – y también fuera de ella – el docente transita caminos epistemológicos, didácticos y opciones psicológicas (Loureiro, 2011). Es así que toda teoría sobre el aprendizaje parece apoyada en una concepción epistemológica sobre el origen y desarrollo del conocimiento y guarda diversas relaciones con las concepciones prácticas sobre la enseñanza.

Puede afirmarse que las concepciones que los profesores tienen sobre las ciencias influyen en sus prácticas de aula y a pesar de que los contenidos escolares responden a conocimientos científicos, la ciencia y el conocimiento científico escolar parecen regirse por lógicas diferentes, incluso desde sus referentes epistemológicos (Gil Pérez, 2000; Meroni,

2016; Macedo et al., 2005). La ciencia escolar, sin desconocer la ciencia en sí, se orienta a la formación básica de las personas en tanto que tales y presenta enfoques que toman en cuenta dimensiones diferentes a las tradicionales o las académicamente influyentes. Con estos objetivos integra elementos teóricos, experimentales y lingüísticos, aunque resulta arduo compatibilizarlos en una visión coherente. A modo de ejemplo, de acuerdo a Izquierdo (2006), Izquierdo y Adúriz (2003) e Izquierdo et al. (2002), se debería tender a una enseñanza de la química para que los individuos sean capaces de comprender y explicarse procesos en sus entornos sobre bases químicas. En tanto que para Amador y Adúriz (2013ab; 2014; 2015b), “contextualizar” de manera meta-teórica y meta-científica por medio del campo de la naturaleza de las ciencias (con contribuciones epistemológicas, históricas y sociológicas) es resaltar las relaciones de la química con la vida cotidiana real y la sociedad y permitirá generar una alfabetización científica y tecnológica disponible para todos en función de dar respuesta a las necesidades e intereses de los estudiantes (Fensham, 1985; Fourez, 1997).

En suma, la formación pedagógica y didáctico-disciplinar provee herramientas para el estudio del campo de acción del profesional de la educación (Perrenoud, 2010). Articuladas con una visión particular – tácita o explícita – sobre la naturaleza y características de las ciencias, brindan la base epistemológica, teórica y metodológica para su labor. Normalmente se considera que la aplicación de diferentes estrategias tiene su base en una concepción epistemológica que tiende a producir prácticas docentes coherentes con la misma. A pesar de que podría resultar difícil asimilar prácticas a concepción efectiva, por el hecho de que estas categorías reciben influencias múltiples, y en base a la creencia, fundada o no, en relación a que las prácticas se sustentan en lógicas “necesariamente” distintas de las que se manifiestan y aprenden en las aulas de formación docente. Además, de hecho, muy a menudo el discurso de los estudiantes o egresados se muestra más innovador que sus prácticas (Meróni, 2016). Asimismo, aunque se reconoce el impacto de la epistemología en la enseñanza como proceso de “transmisión de conocimiento teórico y habilidades en un campo específico” – y *viceversa*, esto es, la contribución de la enseñanza a la consolidación de una determinada visión epistémica, ya por acción u omisión –, existe una influencia cultural y política mucho más perenne referida al ámbito de la educación, científica o no, de los individuos. En efecto, los compromisos didáctico-pedagógicos muchas veces dependen, de manera tácita o explícita, de valores, contexto socioeconómico e ideología (Meróni, 2016; Tejada, 2008).

Complica el panorama la inclusión de las propias expectativas, pulsiones, deseos, motivaciones y las implicaciones sociales con mayor o menor impacto en el fenómeno (Acevedo, 2007a-b; Acevedo et al., 2007a-b; Vázquez y Manassero, 2012). Muchas de estas nociones primarias derivan de la historia personal y la evolución histórica de las sociedades



en las cuales se desarrollan (Liu y Lederman, 2002; 2007; Liu y Tsai, 2008; Haidar, 2000; Liu y Lederman, 2007; Lederman y O'Malley, 1990). Asimismo, la naturaleza y las dinámicas propias de la producción o reproducción de un conocimiento en especial, implican un modo de relacionarse con el mismo y la consolidación de determinadas creencias. Desde esta perspectiva resulta indudable la relevancia de indagar el posible impacto de la formación docente en relación al arraigo de dichas concepciones primarias sobre la naturaleza de las ciencias, las que suelen ser muy resistentes al cambio (Haidar, 1999).

1.1. Modos de aproximación al conocimiento científico

Existen diversos modos de acercarse al conocimiento, no sólo a nivel de los intereses de individuos y/o comunidades específicas, sino en función de objetivos, patrones de interacción y necesidades formativas. De esta realidad multifacética se sigue que las dinámicas, tanto en cuanto a la enseñanza como a la educación de estos colectivos, serán diferentes, cada una adaptada al grupo y contexto.

Por otro lado, la comprensión de la ciencia incluye el conocimiento del contenido de la ciencia, pero este no es el único elemento (Aparicio y Rodríguez Moneo, 2000; Rodríguez Moneo y Huertas, 2000). De hecho, ciertos autores afirman que los cambios en los conceptos y principios involucran desarrollo cognitivo en el nivel de contenido científico vinculado a determinado marco epistémico (Aparicio y Rodríguez Moneo, 2000; Vázquez y Manassero, 2012). Estas presunciones en torno a la naturaleza de la ciencia¹ se encuentran muy arraigadas y determinan en muchos casos el fracaso de cualesquiera estrategias de cambio.² En su estudio particular sobre aspectos de la enseñanza de la química orgánica, Mudarra (2001) afirma que el conocimiento científico se incorpora a la enseñanza como información sistematizada y aporta toda su carga epistemológica, con lo cual determina el modo de transformación que se efectúa a nivel institucional o personal.

Leach (2006) emplea el término conocimiento epistemológico respecto de las creencias epistemológicas utilizadas por los individuos en situaciones particulares, pero el autor advierte que el uso de esta palabra no tiene garantías formales. Refiere con ello al conocimiento personal que los individuos parecen usar en situaciones dadas, a menudo de modo tácito y que ciertamente no ha sido expuesto a ningún proceso diseñado para garantizar que sea fiable. Se sugiere que hay una relación entre los pensamientos epistemológicos, la comprensión del contenido, el aprendizaje, los puntos de vista sobre el aprendizaje y los logros de grupos de estudiantes individuales, pero la naturaleza de esta relación es poco clara (Leach, 2006; Leach y Scott, 2008). Si bien algunos reportes muestran

¹ Mientras que naturaleza de la ciencia se ha convertido en un término teórico común en la literatura especializada para definir un tipo de metaconocimiento interdisciplinario sobre la propia ciencia (García-Carmona et al., 2011), otros estudios prefieren la denominación conocimiento sobre ciencia, ideas sobre la ciencia o funcionamiento de la ciencia, etc. (Hipkins et al., 2005).

² Véase también el Anexo F.

influencia de factores de carácter personal (p. ej. el género o edad) y otros derivados de la etapa de escolarización (Lin et al., 2016; ver también Leach, 2006). Los estudiantes asimilados a expertos visualizan al conocimiento científico como un cuerpo coherente de conocimiento que es refutable (en una perspectiva cercana a Popper) en lugar de una colección de hechos individuales percibidos de manera directa (Leach, 2006).

Carnap (1936) y Hempel (1989; 1996), pensadores tradicionalmente identificados con el neopositivismo, sostienen que los cambios en la estructura conceptual de una ciencia presentan carácter acumulativo, de modo que modificaciones en los conceptos y/o en las estructuras conceptuales se entienden como extensiones lógicas de estructuras previamente existentes, con el método como fuerte elemento de demarcación que privilegia un enfoque lógico-lingüístico de la investigación (Giere, 1992). Estas posiciones dominaron la filosofía de la ciencia durante la primera mitad del siglo XX y su influencia ha sido tan extraordinaria que sus concepciones perduran explícita o implícitamente, en la concepción de la ciencia de muchos científicos, particularmente del mundo anglosajón (Echeverría, 1998; Eliade, 1983; Glavich et al., 1998; Estany, 1993). Así, el empirismo lógico emprendería la enorme tarea de “construcción racional de la ciencia”, seguido por otras escuelas empiristas afines (Martín, 2007). Más tarde, el mencionado Popper (1934/1995; Giraldo-Paredes, 2013), también con una cierta base en el escepticismo de Hume (1748/2004; Junqueira, 2011)³, pretendió modificar los fundamentos del neopositivismo, mediante el rechazo del principio de inducción y la mayor valoración de las teorías frente a la observación, estableciendo el método de la falsación a través de sucesivas conjeturas y refutaciones.

La existencia de crisis, sin embargo, obligó a una reconsideración de los fundamentos mismos de toda ciencia, lo cual condujo indudablemente a un análisis en profundidad de problemas epistemológicos desde el denominado “externalismo”. La principal reacción se produjo a partir de los años 1960, cuando epistemólogos como Kuhn (1962/1971) o Feyerabend (1975/1981) propugnaron la existencia de cambios más radicales en función de circunstancias de los contextos socioculturales. De un modo u otro la noción de inconmensurabilidad, que implica diferencias irresolubles en los conceptos, creencias y explicaciones de teorías, acaba tomándose como índice de la existencia de un cambio conceptual (Aparicio y Rodríguez Moneo, 2000; Baser, 2006; Martín, 2000; Nersessian, 2008; Posner et al., 1982; Strike y Posner, 1985; 1992), partiendo, no obstante, fundamentalmente de argumentos teóricos que no siempre se han contrastado con investigaciones. La imposibilidad de hallar una medida común para los distintos lenguajes de las comunidades científicas se vuelve un poder simbólico ya que atiende más al dominio comunicativo (vocabularios especializados, lenguaje gestual), derivado de la educación científica, que al

³ Véase también el Anexo E.

dominio de los contenidos y se establecen de este modo espacios letrados peculiares y herméticos (Martos y Martos, 2012).

Todos los individuos participan a la vez de varias comunidades de lenguaje, no todas ellas necesariamente científicas, pero los enfoques y conductas propias son diferentes. En cierta medida estos niveles de aproximación pueden asimilarse a las categorías experto, medio y popular (*expert*, *mixed* y *folk*) establecidas por Leach (2006).⁴ Con la diferencia de que en este caso se habla de comunidades científicas y de la aproximación que tienen los individuos a su lenguaje particular. Con esta salvedad, para la enseñanza y preparación de los científicos, se puede establecer un paralelismo con las categorías que describen Brown et al. (1989) respecto a la aproximación a las nociones, significados y prácticas de legos, aprendices y expertos, para distinguir así tres niveles de aproximación al conocimiento de la disciplina: la simple o popular, la de los estudiantes y la de los investigadores (que denominamos expertos por comodidad). La primera y tercera de estas comunidades tienen un acercamiento más intuitivo con la disciplina. En efecto, el tipo popular se aproxima desde un razonamiento basado en historias casuales, actúa centrado en la situación para resolver problemas y dilemas emergentes, en tanto que los expertos utilizan modelos casuales y actúan sobre situaciones conceptuales para resolver problemas no del todo definidos (De Andrea y Gómez, 2003). Pero ambos tipos llegan a producir significados que reconocen como provisionales y la comprensión depende en gran medida de construcciones sociales en cada comunidad de referencia.

No obstante, el razonamiento de los estudiantes se da en función de leyes y actúan sobre símbolos, para resolver problemas bien definidos, de manera que obtienen en la mayoría de los casos una conceptualización inmutable que se integra en redes de significados fijos. Durante su formación el estudiante usualmente no selecciona los problemas a resolver por sí mismo (como sí lo hacen mayormente los investigadores) y sabe que el profesor identifica de inmediato el empleo de una perspectiva o procedimiento erróneo (Caravita y Halldén, 1994). Esta visión de las interacciones de los estudiantes entre sí y con los profesores se deriva de las generalizaciones sobre los mecanismos de aprendizaje y las condiciones que promueven la comprensión (Bransford et al., 2000). Los científicos, en contraposición, cuentan con un marco amplio de conocimientos, entre los que se incluyen otras investigaciones y datos de sus propios experimentos, pudiendo adaptar o generar procedimientos e instrumentos idóneos (o usar los existentes de manera novedosa). El alumno no conoce estas herramientas y en consecuencia no puede escogerlas, sino que se le imponen sin posibilidad de modificación. De este modo, las relaciones entre pares en las comunidades científica o escolar son diferentes, pues para muchos las jerarquías formales en

⁴ Para Leach (2006) las concepciones cercanas al experto toman al conocimiento científico como un cuerpo coherente e integrado y las visiones populares lo piensan en términos acumulativos, en tanto que las concepciones intermedias presentan aspectos tanto estáticos como dinámicos.

las instituciones de enseñanza apenas distinguen alumnos de profesores, en tanto que la ciencia como institución presenta una gran estratificación. Lo mismo puede afirmarse respecto a la organización jerárquica del conocimiento científico y de aquel que se enseña en las aulas (Chi et al., 1994; Chi, 2008). Los expertos trabajan a partir de unas pocas ideas y principios jerárquicos y subordinan las primeras a los segundos en todos los casos (Pozo, 2009; Pozo et al., 1992). Muestran además autoconocimiento y una gran reflexión teórica más que objetiva para perfeccionar sus conocimientos (conocen, valoran y apelan a la necesaria existencia de múltiples modelos como herramientas de pensamiento que satisfacen necesidades científicas y epistemológicas) y, en segundo lugar, para predecir. Este orden no se mantiene, e incluso se oblitera, en el caso de los novatos (Chi, 2008). Asimismo los expertos parecen disponer de más conexiones entre conceptos y cada concepto aislado es capaz de evocar otros muchos (Pozo et al., 1992). En suma, las ideas científicas de los alumnos, implícitas, parecen ser de distinta naturaleza conceptual que las de los profesores y estas que aquellas de los expertos (Pozo, 2009; Pozo et al., 1992), pues las descripciones, explicaciones y uso de modelos por parte de los estudiantes y los docentes o expertos son diversos (Duit y Treagust, 2003; Duit et al., 2008).

Esta situación se agudiza cuando se trata de estudiantes secundarios, quienes suelen considerar los modelos como entidades reales cuyo propósito es la comunicación más que la exploración (o bien creen que los modelos son pequeñas copias incompletas de objetos reales) y no como representaciones ideales (Duit y Treagust, 2003; Chi, 2008; Hermelin, 2011). Constituye una limitación el comparar el conocimiento académico con el del aprendiz, pues este último siempre aparecerá como segmentado y confuso frente a lo que se entiende académicamente como solidez conceptual, que es eventualmente compartida a su vez por el investigador, que pertenece a una comunidad académica definida (Pozo, 1996; 1999; Marín, 1999; Marín y Soto, 2012; Soto et al., 2005). Aun así, la magnitud de estas diferencias entre estudiantes, docentes y expertos informan sobre el estado conceptual de los sujetos y los cambios en las habilidades de modelización, evidencia útil para fomentar el cambio conceptual (Duit y Treagust, 2003; Pérez et al., 2013). Siguiendo a Vosniadou y Brewer (1992) y Vosniadou et al. (2008) y Vosniadou (2008), si bien las teorías específicas o teorías marco no son verdaderas teorías científicas, presentan una estructura y coherencia (Hobbs, 1985) y eventualmente pueden sucederse unas a otras, o debilitarse paulatinamente (Vosniadou, 2008; Caravita y Halldén, 1994; Bello, 2004).

Considerando que los estudiantes son reclutados de la comunidad (y de partida poseen el tipo de conocimiento popular al que refiere Leach), la aparente rigidez de su estilo cognitivo no resulta compatible con el modo de resolución y la calidad de los problemas que se plantean a los expertos (y que éstos resuelven de manera flexible, una vez se han internalizado determinadas competencias). Por ello, el tránsito hacia la adquisición y uso



eficiente de un lenguaje, una concepción y unas prácticas definidas tampoco resulta, en ningún caso, sencillo (Castelló et al., 2011; Massone y González, 2008). En suma, ciertas teorías y lenguajes suelen ser característicos de novatos – y diferentes de aquellos sustentados por expertos así en su contenido factual, como en su organización y naturaleza (Pozo et al., 1992). De esta forma, en la perspectiva de Kuhn, el aprendizaje científico o profesional y el desarrollo cognitivo no serían otra cosa que un cambio más o menos dramático desde teorías personales implícitas a otras explícitas y científicas (Carey, 1988; Carey, 2000; Pozo, 1996), como se verá a continuación. Cambia radicalmente la forma de conceptualizar y entender el mundo, incluso en mayor medida de lo que se modifican los conceptos (Pozo et al., 1992). Esto puede implicar o no mecanismos meta-cognitivos. Por ejemplo, Ben-Zvi y Gai (1994), Taber (2001), Gilbert y Treagust (2009), Johnstone (2000;2010) y Galagovtsky et al. (2014) diferencian epistemológicamente la capacidad de expertos y novatos para hablar en términos químicos de la comprensión de la química, apelando a sus respectivos modelos mentales y sus relaciones con la información explícita que constituye el discurso de enseñanza. Otros estudios similares se han enfocado en diferenciar las concepciones epistemológicas de novatos y expertos, fundamentalmente en el área de matemática (Beswick, 2012).

En efecto, Kuhn introduce la perspectiva sociohistórica de la ciencia a través del concepto de paradigma, el valor del contexto, el rol que juega la comunidad y la noción de una ciencia no acumulativa, contraria a la tradición positivista. Abre la puerta a la noción de que los aspectos propiamente epistémicos y distintivos de la “naturaleza” del conocimiento producido provienen de una construcción que es colectiva (intersubjetiva) y social.

Su visión en cierto modo niega el progreso y lo reemplaza por la idea de cambio, lo cual implica que existen momentos de revolución donde un paradigma se sustituye por otro, alternados con períodos de ciencia normal. Esto es, la historia permite interpretar la dinámica de la ciencia. No obstante, otros autores sostienen mayor rigidez o bien una relativa gradualidad de los cambios (Piaget 1929/1973, 1970; Popper, 1934/1968/1995; Lakatos, 1970/1971, 1976, 1978/1983; entre otros). De cualquier manera puede afirmarse que los pensadores posteriores al auge positivista niegan en mayor o menor medida los postulados asociados al positivismo lógico.

Una de las pocas contribuciones de Kuhn (1989; 1996; 2002) que no han sido demasiado controvertidas por los pensadores que le sucedieron es su concepción del progreso de la ciencia como proceso no siempre acumulativo.⁵ En el primer modo de

⁵ La visión particular de la ciencia proporcionada por Kuhn tiene todavía muchos partidarios en el área de la educación científica, pero esta epistemología presenta nociones polémicas, de las que inconmensurabilidad y paradigma son incluso ejemplos menores.

producción⁶, la ciencia es acumulativa con respecto a lo que se conocía antes, se completan las teorías, se van solucionando enigmas, se establecen relaciones aditivas entre los conceptos existentes e incluso van quedando anomalías, problemas sin resolver (Chin y Brewer, 1993). En el segundo modo, se producen cambios profundos en la estructura de las teorías y, aunque se mantengan, los términos científicos no tienen el mismo significado, se produce una revolución científica. En la ciencia como institución coexisten los dos modos, así como dentro del modo de ciencia normal coexisten diferentes teorías. Si bien con matices y en grados diversos, numerosos pensadores han adscrito al concepto de fondo presentado por Kuhn (entre ellos destacan Lakatos y Laudan). Las diferencias sociales, así como las diferencias epistemológicas y las diversas metodologías utilizadas en diferentes áreas deben ser asimismo objeto de atención.

Mientras que Kuhn establece que la ciencia se ha desarrollado a través de fases de "ciencia normal" y "revolución", Lakatos (1978/1989) considera que las teorías son resistentes al cambio y Laudan (en su crítica tanto a Popper como a Kuhn) defiende un modelo de posibilidades no limitado metodológicamente a la aceptación del inductivismo neopositivista o el deductivismo racionalista, donde las ciencias están orientadas a responder problemas (Diéguez-Lucena, 2006; Pesa y Osterman, 2002). La argumentación neorrealista, por otro lado, niega la inconmensurabilidad. En efecto, para Nola (2012), Nola y Sankey (2012; 2014) y Sankey (2016), el problema semántico de la inconmensurabilidad puede estudiarse de mejor manera con una perspectiva realista, empleando una teoría causal de referencia modificada. Entre los evolucionistas, Toulmin (1958) propone su propia versión del concepto de "ecología conceptual" (Pinochet, 2015; Merino-Rubilar et al., 2014; Henao et al., 2011; Estany e Izquierdo, 1990), que resulta controvertido por los neoesencialistas (Putnam, 2013) así como por diversas vertientes de la teoría de sistemas complejos (Prigogine, 2004; Prigogine y Stengers, 1983; Garro, 2010; Bastidas, 2011). De este modo pensadores como Kuhn (1996), Hanson (1977) y Toulmin (1958), entre otros, mostraron la evolución histórica de las teorías científicas dando respuesta a la imagen de ciencia emergente de las posiciones empiristas (Cakmakci et al., 2011).

Existen otras muchas perspectivas epistemológicas de importancia que por razones de espacio no se tratan en esta introducción, si bien resultan resaltables como ejemplo dos entre ellas, correspondientes a diferentes épocas, por diferenciarse netamente de las anteriores. En primer lugar, para el estructuralismo de Chevallard (1998) la primera condición de la ciencia es el materialismo mínimo. Debe asumirse que se tiene un objeto real con existencia independiente de la perspectiva que luego lo transformará en objeto de conocimiento. Habrá, pues, un determinismo propio del objeto y la necesidad de que la

⁶Se toma esta nomenclatura de los tipos de desarrollo científico basada en la clasificación de los modos de producción de conocimiento que hacen Gibbons (1999), Gibbons et al. (1997), Nowotny et al. (2003) y Jiménez-Buedo y Ramos (2009).

ciencia lo “descubra”, lo que no es visualizado como obvio en el caso de los sistemas educativos. Es así que surge el concepto original de transposición didáctica, de acuerdo a Chevallard (1998), construcción teórica que señala la transición – más que transformación – desde el saber sabio al saber que se designa para ser enseñado. En segundo lugar, más contemporáneamente, las epistemologías denominadas semánticas se concentran en el significado y uso de las teorías, dejando de lado un estudio estricto de su forma o estructura, de modo que los fenómenos que constituyen la realidad y lo que se afirma sobre ellos en términos de representación (concepción semántica) están mediados por modelos, representaciones abstractas del mundo.

1.2. La naturaleza de las concepciones epistemológicas⁷

Las investigaciones señalan la presencia en la población general, en particular entre alumnos en formación, de concepciones de la naturaleza de la ciencia ligadas al positivismo, reflejadas bien en una visión demasiado rígida respecto a las características del conocimiento y la creación científica o bien en un creciente eclecticismo que incorpora nuevos elementos, pero sigue conservando sus raíces incambiadas, en particular en lo referente al método científico (Cardozo et al., 2006; Palmquist y Finley, 1997; Erduran, 2014), aspectos con fuerte anclaje cultural (Xenofontos, 2014; 2018).⁸ La presencia de términos técnicos y no técnicos de ardua comprensión en el vocabulario químico y la lectoescritura del particular lenguaje de formulación en el área que se suma a las dificultades del propio enunciado de problemas científicos escolares, por ejemplo, se ha planteado como obstáculo epistemológico a superar, pues se trata de efectuar transiciones entre distintos niveles representacionales (Quílez y Quílez, 2016; Kaya y Erduran, 2013; Quílez, 1997; Martínez y De Longhi, 2013; Fernández-González, 2013; Galagovtsky et al., 2003; Galagovtsky y Giudice, 2015). Taber (2009) señala que entender química demanda comprender los símbolos usados en esta disciplina, lo cual Galagovtsky y Bekerman (2009) y Galagovtsky et al. (2014) relacionan en mayor medida con un obstáculo epistemológico que con la presencia de ideas previas resistentes al cambio conceptual. Asimismo se constituyen visiones que soslayan el papel normalizador de la comunidad científica (Apostolou y Koulaidis, 2010; Ma, 2009), donde la historia interna es dominante pero no articula con otros elementos, por definición externos.

Para el positivismo **la ciencia** es un cuerpo único coherente que se guía por un *ethos* determinado por la consecución del bienestar social y se caracteriza por la objetividad. El

⁷Véase también el Anexo D.

⁸ Para Xenofontos (2018) las creencias epistemológicas de los docentes están poco investigadas desde un criterio explícitamente sociocultural o geográfico y por ello insiste particularmente en esta dimensión (Xenofontos, 2018; Andrews y Hatch, 1999; 2000; Felbrich et al., 2012; Correa et al., 2008). No obstante, cuando se estudia, esto arroja diferencias significativas dependiendo del marco donde las creencias son formuladas, desarrolladas y puestas en práctica, (Felbrich et al., 2012), lo cual puede definir el tipo de alumno formado (Andrews y Hatch, 2000).

conocimiento científico es absoluto y verdadero, pues resulta de la aplicación de **un método** que garantiza por sí mismo la validez y la reproductibilidad de datos y conclusiones (Ascanio et al., 2004). A la concepción positivista de la ciencia se oponen el relativismo y evolucionismo, entre otros, constituyendo lo que se denomina una visión constructivista. Esta última considera a **las diversas ciencias** (el plural reconoce diferencias esenciales entre distintas disciplinas), fundamentalmente, como actividades humanas y otorga un papel predominante al científico. Para las nuevas corrientes el conocimiento y **los métodos** aplicados o las teorías que se utilizan, son siempre relativos, influidos por características personales, subjetivas, así como por factores sociales, históricos, culturales y económicos, entre otros (Ascanio et al., 2004). La idea de un "estilo de pensamiento" (Fleck, 1979), designa la configuración colectiva de normas, conceptos, teorías y valores compartidos por un científico o comunidad en un momento dado en su desarrollo (un "pensamiento colectivo"), pero no va más allá de esto.

Ciertas ideas sobre las ciencias⁹ consiguen actualmente un amplio consenso de parte de los expertos, como el planteamiento de hipótesis, establecimiento de predicciones, la existencia de diversidad de métodos, enfoques y medios de comprobación crítica, mediante análisis e interpretación de datos, el mantenimiento de un compromiso entre continuidad y cambio, así como el desarrollo del conocimiento científico, sus dimensiones morales, éticas, colaborativas, en el marco de una obra a su vez colectiva y competitiva, internacional, pautada por comunidades científicas (Osborne et al., 2003; Osborne y Dillon, 2008).

Sobre el terreno, la realidad es diferente. El trabajo de Loureiro (2011) revela por ejemplo, que entre estudiantes y docentes universitarios del área científico-tecnológica en Uruguay, sólo un porcentaje muy reducido (menos del 10%) de los entrevistados, menciona al trabajo en equipo como componente importante para arribar al conocimiento en ciencias.

Son múltiples las investigaciones que se orientan al estudio de las concepciones y sistemas de creencias entre estudiantes y docentes, y en la totalidad de los casos se advierte el predominio de visiones empiristas, inductivistas y positivistas (Furió, 1994; Ascanio et al., 2004; Garritz, 2014; Marzábal et al., 2015; Apostolou y Koulaidis, 2010; Ma, 2009; Leal y Velásquez, 2013; Bennássar et al., 2010; Vázquez y Manassero, 2013). Ciertos autores afirman que existe una correlación entre las concepciones sobre naturaleza de las ciencias y la cosmovisión de los individuos en términos más amplios (Cobern, 2000; Tsai, 2001). Algunos autores también estudiaron la contribución de las "visiones epistemológicas contemporáneas" en la transformación de las concepciones de profesores ya actuantes (Leal y Velásquez, 2013), puesto que sostienen que la formación en epistemología es un presupuesto importante que incide en las prácticas de enseñanza y en la visión sobre la

⁹Para Klimovsky (1994) la ciencia no se limita a una tarea de colección y ordenamiento de datos, sino que pretende trazar leyes sobre la realidad, con base en regularidades, correlaciones y vínculos presentes en el mundo natural o humano.

autoeficacia (Chrysostomou y Philippou, 2010; Ertekin et al., 2010; Rastegar et al., 2010). Otros, desde una perspectiva más compleja, intentan relacionar las concepciones sobre ciencia con el aprendizaje de las mismas, la planificación y las creencias propias de los alumnos formados con determinadas ideas epistémicas de sus docentes formadores (Tsai, 2007; Acevedo, 2008), aunque no siempre se encuentra correlación (Koenen et al., 2015). Es remarcable que en algunas ocasiones el docente formador con frecuencia piensa y eventualmente trabaja de un modo distinto comparado con los reportes de otros profesores y estudiantes de la misma institución educativa (Koenen et al., 2015). Estas creencias y actitudes, se han vinculado además con la calificación académica (Lee y Choi, 2003; Beswick, 2012; García y Vilanova, 2010) y la formación (Gwinbi y Monk, 2003; Beswick, 2012; García y Vilanova, 2010). Por otro lado, en el componente científico de la competencia docente la percepción de necesidades formativas es escasa y hace referencia a procesos científicos básicos y, en menor medida, a los contenidos científicos (Leal y Velásquez, 2013; Bennáassar et al., 2010; Vázquez y Manassero, 2013). En otra investigación sobre la misma temática, Borges et al. (2017) presentan algunas intervenciones que se han realizado, con la finalidad de modificar la calificación de los docentes en formación, por ejemplo, introducir cambios en los planes de estudio. Con estos se busca que los docentes adquieran una visión del conocimiento científico ligada al contexto de producción. Las alternativas consisten, en general, en introducir en el plan de estudios nuevos componentes, como la asignatura Historia de la Ciencia.

A pesar de los avances metodológicos operados en la última década, el estudio de las concepciones de ciencia en sus diversas vertientes (actitudes, creencias, visiones, imágenes, representaciones u opiniones) presenta dos dificultades mayores. Son estas la necesidad de aumentar el número de investigaciones y ampliar la capacidad de interpretación de resultados en función de estudios que sean, por un lado, de más largo aliento y que consigan ir más allá de la identificación de tendencias binarias. Aunque el ánimo de este trabajo es contribuir fundamentalmente con la primera de las necesidades planteadas, se intenta además un cierto grado de innovación metodológica en el sentido de incrementar la posible complejidad y tomar en cuenta las peculiaridades de la población a estudiar en su medio particular (Desaulniers et al., 2010; Doll, 2008, Cheng et al., 2009), fuente de posibles inconsistencias derivadas de características sociales, económicas y culturales diferenciadas, que muchas veces hacen fracasar o reducen el poder explicativo de los cuestionarios estándar. En efecto, los individuos presentan una enorme cantidad de formas híbridas en sus ideas sobre la naturaleza de las ciencias y no todas ellas responden a las mismas estrategias de intervención, por mucho que se puedan englobar en una misma tendencia (positivista, constructivista, relativista, evolucionista, etc.).

1.3. Escenario nacional

A nivel nacional, existen dos estudios que ofrecen una buena aproximación a la relación entre concepción/imagen de ciencia, visión sobre los científicos y procesos educativos (Loureiro, 2011), por un lado, y características de la formación docente en química, por otro (Meróni, 2016). Dichos estudios pioneros en Uruguay se orientan a las poblaciones de estudiantes y docentes universitarios del área científico-tecnológica, o a la enseñanza media en particular, con sólo algunas referencias a la formación docente en cada uno de los casos. Sin perjuicio de esto también se han realizado algunos estudios en la región, en coincidencia con olas de reforma a nivel de la enseñanza secundaria y universitaria en América Latina (Guerra-Ramos, 2013; López, 2013; Trinidad, 2012; Defago e Ithuralde, 2018; Birgin y Charovsky, 2013). Resalta particularmente el de Pujalte (2014) en Argentina, aplicado en una población de profesores de Biología, quienes a su vez eran estudiantes de la Licenciatura en Enseñanza de la Biología, y los trabajos de Chamizo et al. (2012), Pujol (2000), Flores et al. (2013) y Guntzel et al. (2015) con foco, respectivamente, en estudiantes mexicanos (de una diversidad de carreras profesionales en química), venezolanos y brasileños (de orientación pedagógica en química), este último centrado exclusivamente en concepción de aprendizaje. Asimismo existe otro estudio realizado en Venezuela que refiere exclusivamente a la conceptualización de modelo científico (Pérez et al., 2013).

En Uruguay, la formación de docentes para enseñanza media, dependiente del Consejo de Formación en Educación (CFE), se realiza fuera del ámbito universitario. Actualmente la formación docente ha sido unificada a partir de la puesta en funcionamiento del “Plan Nacional Integrado de Formación Docente” vigente desde 2008 (véase fundamentalmente ANEP-CFE, 2007a), el cual actualmente se encuentra en revisión con vistas a su modificación (CFE, 2017a). Por su parte, en la enseñanza media, los contenidos químicos se distribuyen a lo largo de los dos ciclos y la asignatura está presente en el tercer y cuarto año de formación común, así como en los bachilleratos de índole científica.

La carrera docente en química comprende cuatro años (cursos anuales) y pueden hallarse contenidos epistemológicos explícitos ya en el primero (como parte de la asignatura Introducción a la Didáctica) y segundo (curso de Epistemología básica). No obstante, se carece de estudios sobre el impacto de estos componentes en la carrera.

1.4. Delimitación del tema de investigación

Este trabajo se enfoca en el análisis del modo en que el modelo epistemológico de la formación impacta en la consideración sobre ciencia, en la visión sobre el aprendizaje y en las prácticas de los futuros docentes de química.



En términos generales, el objetivo de este estudio exploratorio será describir, caracterizar y analizar las concepciones epistemológicas y las imágenes de ciencia de los estudiantes de profesorado de química a lo largo del primer año de su carrera.

Al respecto, se plantean las siguientes preguntas iniciales:

- 1- ¿Cuáles son las características de la propuesta de formación que se ofrece a los estudiantes? En particular, se busca establecer qué concepción o concepciones epistemológicas se explicitan o subyacen en los planes y programas vigentes, así como en documentos estrechamente relacionados.
- 2- ¿Qué concepción tienen los alumnos de formación docente sobre la ciencia y aspectos epistemológicos relacionados? ¿Qué argumentos permiten explicar estos hechos? Se busca establecer la visión sobre la naturaleza de la ciencia y sus entidades (NOS), la relación entre ciencia, tecnología y sociedad (CTS), así como las actitudes hacia la ciencia y la educación científica, orientando la indagación especialmente al terreno de la formación docente en química.
- 3- ¿Cómo se relaciona la concepción de ciencia del futuro docente con sus prácticas? Los indicios que permiten analizar estos aspectos provienen de algunas de las respuestas brindadas y de la actividad docente en sí, tanto en clases de práctica como aquellas insertas en el mundo del trabajo, al que muchos de los estudiantes acceden previo al egreso.
- 4- ¿Existe coherencia entre ambos aspectos? La indagación en relación a este punto se presenta como importante debido a la variedad de respuestas brindadas en la literatura, que en algunos casos ponen de manifiesto que la concepción pedagógica, las prácticas y la concepción epistemológica se alinean, y en otros casos que se contraponen entre ellas. Para elucidar esta cuestión se tomaron en cuenta, además, factores institucionales que puedan forzar determinadas prácticas y privilegiarlas frente a otras.
- 5- ¿Hay formas de establecer una coherencia entre el pensamiento y la acción en este campo? En particular, se pretende estudiar el efecto del dispositivo didáctico desplegado durante los primeros dos años de la formación docente y su impacto o contribución posible en el cambio o la consolidación de la concepción epistémica de los sujetos, sus prácticas y actitudes frente a la ciencia.

A pesar de tratarse de un estudio de carácter exploratorio, podría hipotetizarse que coexistirían en algunos profesores de ciencias al menos dos imágenes de ciencia contrapuestas: una de carácter “discursivo” y otra de carácter “práctico”. Esta imagen práctica no responde en el caso de esta investigación a un modelo “enactivo”, ya que para abordar el estudio de esta última se requeriría disponer de observaciones de clase, las cuales por diversas razones (en particular la falta de disposición de los docentes formadores), no se realizaron.



CAPÍTULO 2

CARACTERÍSTICAS DE LA INVESTIGACIÓN

1. Consideración preliminar de los materiales usados en la investigación

1.1. Los documentos curriculares

El papel que adoptan los documentos curriculares en el entramado y la definición de las líneas de acción de la enseñanza de la química es el tema enfocado desde esta primera estrategia de análisis.

Los documentos curriculares de cada país son importantes declaraciones que reflejan sus valores sociales y aspiraciones (OIE, 2016; Casanova, 2012). Por lo tanto, se trata de documentos donde diversos grupos, y no sólo los expertos en educación, tienen interés y derecho a la participación en lo que refiere a su desarrollo.¹⁰ Parece existir consenso en que los procesos curriculares abiertos y participativos sirven para mejorar la sociedad y la cultura, de modo de arribar a un producto que sea inclusivo, práctico y que satisfaga las necesidades de los estudiantes. Debe considerarse a la participación de los directores y los docentes como elementos particularmente importantes, dado que son quienes mantendrán o no su compromiso con la realización de los *curricula* en los centros y aulas. Por otro lado, las comunidades docentes tampoco pueden desconocer a los expertos y elaborar por sí mismos estos documentos. Históricamente, el Uruguay ha basculado entre los dos extremos que se mencionan y, en lo que concierne a este análisis, los Planes 2005 y 2008 de la Formación Docente en Química podrían constituirse en ejemplos de una y otra tendencia.

Se reconoce que es fundamental que exista un alto grado de alineación entre los diversos componentes curriculares y objetivos claros. Idealmente, la armonía debería ser evidente en varios niveles, desde la coherencia de la filosofía e hipótesis fundantes, así como en la concepción sobre la forma en que los sujetos aprenden o el formato y la presentación de los diversos documentos curriculares y materiales educativos (Beane, 1995). Esto permite presentar el *curriculum* como un conjunto integrado, sin disparidad ni contradicciones.

Los componentes y documentos curriculares comunes incluyen en general documentos de Marco Curricular y documentos Programáticos, además de otros textos, guías

¹⁰ En relación al papel de los expertos de las diversas áreas en los cambios curriculares de la educación superior, Barnett et al. (2001) afirman que para la mayoría de los académicos, la lealtad institucional es secundaria a una lealtad disciplinaria y una relación de trabajo dentro de la institución está enmarcada a través de las estructuras epistemológicas subyacentes y profundas del campo de conocimiento. En consecuencia, los currículos se formarán en grados significativos por los valores, epistemologías y prácticas cambiantes de los diferentes campos, en un marco de creciente performatividad. Por su parte, Chamizo y Garritz (2013) afirman que el *curriculum* de química actual, que sin variantes se aplica en todo el mundo, tiene una base teórica en principios de fisicoquímica y cuántica, con influencias neopositivistas, desplazando a la química descriptiva. Lo que conduce a una educación química aislada del sentido común, de lo cotidiano, lo sociohistórico y epistémico, de la tecnología, la ciencia escolar y la investigación (van Berkel et al., 2000). En consecuencia,

y materiales de apoyo relacionados. Un marco curricular es un documento curricular general, que usualmente refleja algún consenso sociopolítico en torno a la visión de la educación que tiene la sociedad y sobre los valores subyacentes, las concepciones del aprendizaje, los principales objetivos, los propósitos, las tareas de la educación, sobre la evolución de la cultura, etc.. En general en este documento básico se describe una serie de requisitos, reglamentos y recomendaciones que deben atenderse por parte de los actores del sistema educativo, orientando la labor de los establecimientos y los docentes, y también enmarcando a otros documentos curriculares, como los libros de texto y las guías docentes. No obstante, en el Sistema de Formación Docente nacional, casi sin excepciones, prácticamente los únicos documentos curriculares tangibles y visibles son los programas y los marcos curriculares se han construido fundamentalmente en base a la presentación y compilación de los mismos.

Los documentos curriculares tienen, en su formulación, condiciones de producción y recepción contextualmente definidas, intencionalidades educativas, racionalidades e intencionalidades ideológicas (concepciones subyacentes, visiones sobre la docencia, el docente y su función en la sociedad, concepciones sobre ciencia y aprendizaje, etc.). Su puesta en ejecución también actúa como un dispositivo cultural integral con un sentido pasible de ser interpretado (Mora, 2015).

Un *curriculum* particular presenta dimensiones de definición y aplicación. La “aplicación” en este contexto se refiere a la manera en que se presenta el *curriculum* escrito a los estudiantes y cómo ocurren la enseñanza, el aprendizaje y la evaluación. Los sistemas educativos, sus establecimientos y los docentes toman muchas decisiones, ya que “traducen” los requisitos y consejos de los documentos curriculares en actividades de aprendizaje eficaz en el aula. La aplicación, por lo tanto, incluye todas las decisiones tomadas al convertir los documentos curriculares en prácticas para mejorar efectivamente los resultados de aprendizaje. En otras palabras, y en el sentido holístico del *curriculum*, los docentes no lo “aplican”: tienen que entenderlo y cumplirlo en sus propios contextos, con sus propios estudiantes. Esto significa que si bien estos documentos pueden servir de referencia para que el profesor planifique sus clases o la evaluación del proceso de aprendizaje de sus estudiantes, las oportunidades de aprendizaje que tengan los mismos dependen, entre otras cosas, de la formulación de los ejemplos y de las guías que se proporcionen para su uso. No obstante, atendiendo a los elementos propios de la dimensión de definición antes mencionada, los aspectos epistemológicos del *curriculum* (Majad, 2015)¹¹, como se ha destacado, reflejan la manera de entender el conocimiento científico y su enseñanza, la cual se sustenta, justificadamente o no, en una concepción teórica sobre este objeto.

¹¹ Díaz-Barriga sitúa las dimensiones que abarcan sentidos y significados epistemológicos y lógicos, referidos a las teorías y paradigmas explicativos predominantes, como parte de la estructura y organización de un plan curricular, variable evaluable internamente desde su perspectiva.

1.2. Las declaraciones docentes

Del mismo modo que los estudiantes poseen preconcepciones, ideas y comportamientos intuitivos que estarían obstaculizando la incorporación de los conocimientos científicos, también los docentes poseen concepciones acerca de la ciencia que se alejan de la forma como se construyen los conocimientos científicos y de una visión más alineada a las actuales corrientes epistemológicas. Cotidianamente se afirma que no existe un modelo único de enseñanza, que sea perfecto, que resuelva todos los problemas educativos, es decir, no existe ningún método que resulte con todos los alumnos, con todos los temas, en cualquier contexto y que satisfaga todos los objetivos. Por ello no puede dejarse de lado el aprendizaje que se desarrolla en el aula con motivo de la implementación del *currículum* por parte del profesor. El proceso de comprensión de los documentos curriculares implica también la forma en que cada profesor los interpreta e interactúa con ellos, está impregnado de sus teorías y concepciones epistemológicas previas.

En otras palabras, el profesor usa los documentos curriculares con base en la interpretación que hace de estos y esta interpretación depende de qué tanto comprende su contenido, pero también del marco teórico personal que maneja informalmente o al que adhiere de modo más consciente. Una reflexión adicional se fundamenta en la constatación de la diversidad que existe en el cuerpo de profesores en formación docente. Representa un aspecto de esa diversidad el conocimiento y la preparación del profesor en química y en educación, las que resultan en acciones e implicaciones en la capacidad de los profesores para comprender, interpretar y usar distintas herramientas – entre ellas los programas oficiales – durante su acción pedagógica. Esta interpretación se expresa en sus prácticas curriculares, tanto en la institución educativa como en el aula. Por otro lado, se puede conjeturar que, para llevar a la práctica lo que se pretende respecto a aprendizajes básicos, los profesores requieren de conocimiento y dominio disciplinar para interpretar el enunciado, las evidencias que lo sostienen y los ejemplos, lo cual no siempre es necesariamente así.

Respecto a los procesos de la formación y capacitación de docentes, en particular, los profesores formadores tienen, en principio, una implicación muy fuerte y participan activamente de la mayor parte de sus dinámicas (Ryder, 2015), pudiendo manifestarse cierta influencia en las concepciones estudiantiles. Es por ello que se constituirían en un eslabón importante para el análisis en este caso.

1.3. Las concepciones estudiantiles

En tercer lugar, en el foco de este estudio, se sitúan las declaraciones de los estudiantes. Poner de manifiesto las concepciones de ciencia y científico, así como la concepción sobre aprendizaje y práctica que manifiestan los estudiantes del profesorado de química es relevante por muchas razones (Guntzel et al., 2015). En particular, desde el punto



de vista práctico, profundizar en el estudio de las ideas de los docentes y estudiantes permitirá posteriormente reflexionar acerca de ellas, buscando contribuir al desarrollo y a la mejora del aprendizaje de la química en todos los niveles. Y desde el punto de vista teórico, resulta de interés definir la situación de estas concepciones a nivel de la formación docente nacional, ya que los resultados a nivel internacional son diversos y en muchos casos, contradictorios.

Tal como lo muestran numerosos trabajos de investigación, las concepciones de los estudiantes acerca de cómo se construye y valida el conocimiento científico están muy alejadas de los consensos establecidos a nivel de los expertos. Aunque el establecimiento de una concepción es un proceso multifactorial, Fernández et al. (2002) señalan que la enseñanza científica –incluida la terciaria y la universitaria – se ha reducido básicamente a la presentación de conocimientos ya elaborados, sin dar ocasión a los estudiantes de asomarse a las características de la actividad científica, lo cual no favorece el cuestionamiento de ideas que en principio pudieran ser ingenuas. Ello hace que las concepciones de los estudiantes – incluidos los futuros docentes- no lleguen a diferir de lo que suele denominarse una imagen “folk” o “popular” de la ciencia, socialmente aceptada. No obstante, no parece existir la misma base para afirmar que la concepción de la práctica se alinea con la concepción epistemológica y a este respecto predomina la heterogeneidad, tanto teórica como metodológica, en las publicaciones académicas que estudian este fenómeno.

2. Diseño metodológico y procedimientos utilizados

La presente investigación se enmarca en la modalidad de investigación de campo, de tipo exploratorio, ya que los datos son recogidos directamente de la realidad con el propósito de describir e interpretar su naturaleza. El enfoque utilizado es de tipo cualitativo interpretativo tomando en cuenta que se efectuó un análisis de contenido (Schwandt, 2003; Hernández et al., 2006; Bliss et al., 1979; Martínez, 2013; Mora, 2015), técnica que permite el análisis sistemático de documentos escritos como son los curriculares (Mora, 2015) y las reflexiones textuales que realizaron los estudiantes y docentes formadores, al igual que la transcripción de sus discursos durante las entrevistas. El método de comparación continua permitió la construcción de las categorías que describieron el fenómeno estudiado (Howitt, 2010; Strauss y Corbin, 1990; Richardson, 1999; Bliss et al., 1983).

2.1. Descripción de la estrategia general

Para el estudio e interpretación de las concepciones epistemológicas y sus efectos se utiliza una combinación de abordajes cualitativos (especialmente basados en datos de entrevistas y cuestionarios semi-estructurados aplicados a estudiantes – instrumento mixto – y cuestionarios auto-administrados a docentes).



La metodología particular aplicada en este trabajo se basa en el estudio de concepciones epistemológicas en una cohorte de estudiantes al ingreso en la institución y posteriormente a la finalización del primer año de formación docente (considerados como pre-test al ingreso y post-test al finalizar el año lectivo, respectivamente) en tres localizaciones geográficas distintas y tomando en consideración los siguientes aspectos: sexo, edad, generación, entorno familiar, formación terciaria previa o simultánea, forma de ingreso, experiencia docente (asociada o no a la práctica pre-profesional) y biografía académica, así como indicadores del nivel académico y el rendimiento escolar. Todos estos aspectos se relevaron en el cuestionario y las entrevistas. La adjudicación de las unidades de análisis a cada categoría se realiza mediante el análisis de tendencias de las respuestas a los cuestionarios y entrevistas. Los límites entre categorías quedaron establecidos mediante elementos sustantivos que se identifiquen probadamente en el discurso, tanto en la entrevista como en el cuestionario. Asimismo, se incluye un estudio de los alumnos de cuarto año¹², al egreso, buscando distinguir los efectos del dispositivo pedagógico establecido y la inmersión en el ambiente y las formas de funcionamiento y culturas institucionales.

Con este objetivo se diseña y aplica un cuestionario semi-estructurado, identificando las dimensiones presentes en el discurso, para finalmente arribar a potenciales explicaciones basadas en los datos recabados en cada una de las distintas categorías de análisis. El cuestionario incluye *ítem* de respuesta cerrada y abierta y se complementó y validó mediante la realización de un número consistente de entrevistas, además de entrevistas a los docentes formadores.

Los cuestionarios aplicados se dividen en bloques temáticos, los cuales se relacionan con las preguntas formuladas durante la entrevista. Los bloques no están identificados con títulos ni divididos, de manera que no existe indicación del aspecto sobre el que versan, y las preguntas aparecen organizadas siguiendo un orden numérico (Anexo A). Las preguntas tienen un planteamiento diferencial en el caso de las entrevistas, pero refieren a los mismos tópicos (Anexo B).

2.2. Población y muestra

El estudio se centra en las cohortes de estudiantes de primer y cuarto año de formación docente en química, en tres centros seleccionados (Instituto de Profesores Artigas, IPA, en Montevideo, Centro Regional de Profesores del Este, CERP Este, en Maldonado y

¹²Aunque esta es una población distinta y se reconozca como no homogénea respecto a la cohorte 2018, el dispositivo pedagógico al que están sometidos es el mismo a grandes rasgos (ambos grupos no son, de hecho, completamente distintos y en definitiva comparten al menos un tratamiento similar). Por ello, tomando las precauciones del caso en el análisis de resultados, determinar el efecto de la inmersión en los ambientes institucionales de trabajo puede resultar de utilidad para diferenciar qué elementos se relacionan más íntimamente a la influencia de la formación académica y cuáles a la influencia de la formación en servicio. No se trata de un control en términos estrictos, pues la palabra control se encuentra por lo general asociada a las expresiones "homogéneo con la muestra" y "tratado de forma comparable con la muestra", lo cual no aplica o aplica con reparos para este caso.

Centro Regional de Profesores del Sur, CERP Sur, en Atlántida) y una muestra de docentes de dichas instituciones. Se trata de instituciones públicas fundamentalmente dedicadas a la formación de profesores para educación media en diversas áreas. En los últimos años, el CERP del Este también alberga la carrera de Educador Social. IPA y CERPs se fundaron en diferentes momentos históricos y presentan culturas y tradiciones igualmente distintas. El primero responde a la efectiva segregación de la formación docente de la órbita universitaria, en tanto que en el caso de los Centros Regionales su fundación ocurre como un intento de descentralización justificado en la escasa titulación de los docentes en el interior del país. Aunque los planes actuales son únicos para todo el país, en los primeros años posteriores a la instalación de los CERPs, coexistieron dos tipos de *currículum*. En el caso del IPA el mismo recibe principalmente alumnos de Montevideo, Canelones y San José, es decir, de la región metropolitana, aunque también es notoria la participación de minorías de otros departamentos como los del Litoral, e incluso de la zona este o de Florida. El CERP Sur recibe estudiantes de todo Canelones y, en ocasiones, Maldonado. Mientras que en aulas del CERP del Este se pueden encontrar estudiantes de Maldonado, Rocha, Lavalleja, Treinta y Tres, Cerro Largo y ocasionalmente, Canelones, si bien en los últimos años predominan ampliamente los originarios de Rocha y Maldonado. De los tres centros, el IPA responde por aproximadamente el 80% de los estudiantes de la región (algo más del 60% en la escala nacional), mientras que de los CERPs es el situado en Maldonado el que cuenta con mayor población, ocupando el de Atlántida una posición marginal a este respecto.

Participaron 48 estudiantes de primer año cursantes de la asignatura Química General I (sobre un total de 80, distribuidos en 5 grupos, tres de ellos en el IPA, de los cuales 4 son diurnos y 1 nocturno), 24 de cuarto año (sobre un total de 35) y docentes formadores. Del total de estudiantes relevados en primer año 29 pertenecen al IPA, 15 al CERP del Este y 4 al CERP del Sur. En cuarto, 14 son del IPA (siendo el turno nocturno el más poblado), 4 del CERP Sur y 6 del CERP Este. A cada individuo (ingresante, estudiante avanzado o docente) se le adjudica un código alfanumérico compuesto de una referencia numérica al grado (1 o 4 para primero o cuarto años), seguida de una referencia alfabética al centro (A para IPA, B para CERP Sur y C para CERP Este) y finalmente un ordinal.

Este estudio se realiza en dos fases. La primera se extiende entre el 12 de marzo y el 12 de mayo de 2018, y comprende la aplicación de cuestionarios y realización de entrevistas, en tanto que la segunda – en el período setiembre a octubre del mismo año – consiste en una segunda entrevista. En relación a los estudiantes de primer año se consideran dentro de la población aquellos estudiantes que efectivamente concurrían a clase de Química General I (la materia con mayor número de estudiantes) en el período. De los 48 participantes, 32 son mujeres y 16 varones (67% y 33% respectivamente), respetando las proporciones usuales para la carrera.



2.3. Aspectos generales de la muestra

2.3.1. Primer Año

En los hechos, las respuestas efectivas a las entrevistas y los cuestionarios se ubican en el 90% de estudiantes en Maldonado y el 40% en Atlántida, mientras que el turno nocturno y el turno intermedio del IPA llegan al 82% y 80% en la primera etapa; el matutino del IPA es el de menor participación, en el entorno del 35%, siendo el grupo más heterogéneo y numeroso. Los dos grupos de menor participación son aquellos de mayor heterogeneidad (Atlántida e IPA matutino) donde además se produjeron variaciones importantes en número de estudiantes, con tendencias primero al aumento y luego a la disminución (IPA) o reducción continuada a lo largo del período de relevamiento (Atlántida). Las edades de los entrevistados se encuentran en el rango de 18-51 años, de acuerdo al detalle planteado en la Tabla 1.

Tabla 1. Distribución de edades de los alumnos de primer año entrevistados.

Edad (años)	Entrevistados (%)
18-21	25
22-30	44
31-32	6
33-36	6
37-41	2
42-51	17

Como puede apreciarse, un 75% de los entrevistados tiene más de 22 años, lo cual sugiere la posibilidad de que la formación docente no fuera su primera opción de estudios. Esta afirmación se ve corroborada por los datos recabados acerca de su trayectoria (Tabla 2) y coincide con las estadísticas oficiales locales (Censo de Estudiantes del CFE, 2015a) y de la región (Birgin, 2015).

Tabla 2. Formación terciaria previa de los alumnos de primer año.

Otra formación terciaria	Entrevistados (%)
Sin otra formación	50
Completa	17
Incompleta	21
En curso	12
Re-cursantes	14

El 42% declara ser montevideano, un 14% fernandino y un 6% canario, en tanto que un 38% tiene otros orígenes. En base a lo informado por los estudiantes, se puede afirmar que buena parte de ellos tiene otro tipo de formación terciaria previa (17% completa y 21% incompleta) o en curso (12%), en tanto que aproximadamente el 50% no cuenta con otra formación (Tabla 2). Por otra parte, el 35% de los consultados tiene experiencia docente y el 37% está empleado en tareas no relacionadas.

En cuanto a los padres, predomina la formación secundaria, a pesar de que es también importante el número de padres con formación primaria, siendo los universitarios una

minoría (Tabla 3). En padres con formación terciaria o técnica se aprecia una mayoría de docentes.

Tabla 3. Formación de los padres de los alumnos de primer año.

Nivel de formación	Padre (%)	Madre (%)
Primario	23	20
Secundario	34	45
Terciario/Técnico	21	15
Universitario	12	11
Otros	10	9

La Tabla 4 muestra el detalle de la cantidad de respuestas recabadas en primer año. En el Anexo C puede encontrarse información más detallada acerca de los estudiantes que fueron relevados.

Tabla 4. Total de respuestas obtenidas de alumnos de primer año.

Etap	Instrumento	Nº de individuos
Marzo-Abril	Cuestionario	48
	Entrevista	45
Setiembre-Octubre	Entrevista	35

2.3.2. Cuarto Año

Las respuestas efectivas a las entrevistas y los cuestionarios se ubican cerca del 100% de estudiantes en Maldonado, el 75% en Atlántida y casi un 70% en Montevideo.

Las edades de los entrevistados se encuentran en el rango de 22-45 años, de acuerdo al detalle planteado en la Tabla 5.

Tabla 5. Distribución de edades de los alumnos de cuarto año entrevistados.

Edad (años)	Entrevistados (%)
22-30	21
31-36	62
37-45	17

La amplia mayoría de los estudiantes de cuarto año (67%) tienen otras formaciones previas (Tabla 6), porcentaje que aumenta mucho en el caso del IPA y CERP del Sur, en tanto que sólo en el CERP del Este se muestra la tendencia inversa.

Tabla 6. Formación terciaria previa de los alumnos de cuarto año.

Otra formación terciaria	Entrevistados (%)
Sin otra formación	21
Completa	21
Incompleta	50
En curso	8

La Tabla 7 muestra el detalle de la cantidad de respuestas recabadas en cuarto año. En el Anexo C puede encontrarse información más detallada acerca de los estudiantes que fueron relevados.

Tabla 7. Total de respuestas obtenidas de alumnos de cuarto año.

Etapas	Instrumento	Nº de individuos
Setiembre-Octubre	Cuestionario	24
	Entrevista	20

2.3.3. Docentes formadores

En el caso de los formadores, se seleccionó una muestra de docentes con varios años de trayectoria y formaciones diversas, fundamentalmente de aquellos que efectivamente dictan cursos para primer y cuarto año, entre los que existen varios con presencia e influencia además en cursos intermedios de la carrera. En la Tabla 8 y el Anexo C se recogen algunos datos de los profesores, en especial centrados en su formación y trayectoria.

Tabla 8. Sinopsis de trayectorias formativas (Docentes).

Docente	Formación
1	Docente de Química Posgrado en Educación
2	Docente de Química
3	Docente de Química
4	Docente de Química Posgrado en Educación
5	Docente de Química
6	Docente de Química Posgrado en Educación
7	Docente de Química
8	Docente de Química
9	Docente de Química
10	Docente de Química Posgrado en Educación
11	Docente de Química Posgrado en Educación
12	Sin especificar

2.4. Metodología básica

2.4.1. Análisis de documentos

En una primera etapa del estudio se realiza una búsqueda de documentos con el fin de analizar los sustentos epistemológicos explícitos o tácitos de:

- a- Una selección de los programas asociados a la actual formación docente, agrupándolos en tres categorías, correspondientes a las formaciones en Didáctica, Epistemología y Química (véanse en la Tabla 9 los principales documentos tomados como referencia dentro de estas categorías).

b- Materiales conexos, entendiendo por tales otros documentos que acompañan a los planes y programas de estudio, listados de recomendaciones y similares.

Tabla 9. Documentos analizados y planes a los cuales se asocian.

Plan	Didáctica	Epistemología	Química
2005	Programas *Didáctica I *Investigación educativa I *Seminario propedéutico *Introducción al campo profesional Marco curricular *Diseño curricular 2005	Programas *Epistemología Marco curricular *Diseño curricular 2005	Programas *Naturaleza de la materia *Química Experimental II *Taller de laboratorio II *Química de la Vida Marco curricular *Diseño curricular 2005
2008	Programas *Introducción a la Didáctica *Didáctica I *Metodología de la Investigación *Didáctica III Marco curricular *Proyección de contenidos *Sistema Único Nacional de Formación Docente	Programas *Teoría del conocimiento y epistemología Marco curricular *Sistema Único Nacional de Formación Docente	Programas *Química General I *Química Orgánica I *Taller de diseño experimental *Bioquímica Marco curricular *Sistema Único Nacional de Formación Docente
2020	Marco curricular *Fundamentos y orientaciones *Perfil del educador en química	Marco curricular *Fundamentos y orientaciones *Perfil del educador en química	Marco curricular *Fundamentos y orientaciones *Perfil del educador en química

2.4.1.1. Selección de documentos

El Estado dentro de sus funciones debe producir unos documentos que sirvan de lineamientos para las prácticas curriculares de la institución y de los profesores, que en Uruguay se denominan planes. La estructura del Plan incluye, además de un conjunto de enunciados, planteo de evidencias y ejemplos, una perspectiva filosófica y epistemológica, ya sea explícita o tácitamente. La situación que se presenta en los planes de formación docente es muy compleja, con gran cantidad de componentes y relaciones entre estos. Se pueden analizar los textos curriculares con esta aproximación de la noción de complejidad, aunque la intención fundamental en este trabajo es definir sustentos epistemológicos.

En el presente estudio se analizaron los *curricula* de las asignaturas de formación docente en química, una sección particular del *curriculum* de ciencias, diseñados, de acuerdo a las declaraciones de estos documentos, para brindar una educación científica contextualizada, adecuada a los intereses y a las necesidades de los alumnos como formadores de ciudadanos.¹³

Se aborda así el análisis de los contenidos de una selección de documentos curriculares de los Planes 2005, 2008 y 2020, que constituyen los objetos de estudio, y la coherencia en dos aspectos: la de estos documentos con otros documentos curriculares y

¹³ En clave de la formación ciudadana en valores a través de la ciencia, ya Macedo et al. (2005) se plantean: “cómo los alumnos aprenden determinados contenidos, sino de los modelos epistemológicos de formación docente que condicionan nuestro discurso y con ello el desarrollo de valores específicos en el aula y fuera de ella, esto requiere favorecer un sentido de coherencia y consistencia no sólo con el conocimiento específico, sino que además con la naturaleza del aprendizaje científico en particular, mediado por el concepto de ciudadanía y valores”.

lineamientos de los programas y su coherencia interna, desde el punto de vista de la relación entre sus diferentes elementos en el terreno epistemológico. Se presenta también un análisis de la complejidad epistemológica de dichos documentos. Se intenta abordar la complejidad en términos de la variedad y cantidad de elementos que los componen, de las relaciones entre ellos, sus implicaciones en las demandas cognitivas que conllevan para el estudiante y las demandas de conocimiento para el profesor. Finalmente, se identifican algunas relaciones entre los componentes de los documentos curriculares de los Planes 2005 y 2008. Para los planes estudiados, se identifican sus componentes y las relaciones entre los contenidos y las capacidades epistemológicas implicadas.

Los Documentos Oficiales Curriculares analizados fueron identificados como Metas Curriculares y Organización Curricular y Programas. Dado que conceptualmente aborda la totalidad de un pensamiento para una carrera, resulta natural que el documento madre de cada plan incluya capacidades y contenidos escolares que no se mencionan en el enunciado de los programas analizados por separado. Es por ello que algunos de los documentos principales para este análisis serán aquellos de carácter más general, a saber: el Diseño Curricular 2005 (ANEP, 2004a) y el Documento final del Sistema Único Nacional de Formación Docente [SUNFD] (ANEP-CFE, 2007a).

Desde hace más de diez años, los agentes del sistema de formación docente han tenido en cuenta las indicaciones de estos lineamientos curriculares. La necesidad de cambio de los *curricula* de ciencias, haciéndolos más adaptados para los alumnos y, por eso, más atractivos, sobre lo cual muchos autores vienen llamando la atención, se debe a los avances científico-tecnológicos que caracterizan la sociedad actual y para los que los ciudadanos deben estar preparados. En consecuencia, junto con los documentos de los Planes mencionados, se ubican en el esquema de análisis los nuevos documentos curriculares en preparación, los que formarán parte del nuevo Plan 2020. En relación con el tercer Plan en cuestión, se estudia en paralelo con los documentos anteriores, para identificar las relaciones entre los elementos que componen la estructura y las expectativas epistemológicas y de aprendizaje.

El nuevo Plan se encuentra retrasado en su diseño, pues se presentó como propuesta ya a finales de 2016, pero se dispone de versiones preliminares de dos documentos curriculares en relación a química: un documento base denominado “Perfil del Educador en Química” (CFE, 2017b) y la primera versión de las mallas curriculares, incluida en el documento denominado “Secciones del Departamento de Química (CFE, 2017c). Se espera que estos documentos complementen a aquellos generales referidos a la construcción de un *curriculum* por competencias que los profesores e instituciones educativas han venido implementando desde hace un par de años, a pesar de que no están aún a disposición de

otros agentes y no es posible establecer el papel que podrían desempeñar en las prácticas curriculares de la institución y de los profesores.

La aproximación para describir los hallazgos no es sencilla: no bastará con “explicar” el contenido de los documentos por medio de elementos explícitos, dado que los documentos curriculares rara vez refieren específicamente a cuestiones relacionadas con la epistemología. Algo similar ocurre con respecto a otros elementos en los documentos de los diseños curriculares de los Planes 2005 y 2008, a saber: la relación entre los enunciados, los elementos de las mallas curriculares y los objetivos de aprendizaje no se explican por lo regular. El conjunto de estos enunciados se analiza desde dos perspectivas: las capacidades epistemológicas que están implicadas y los contenidos a los que se refieren. El propósito es poner de manifiesto la complejidad que está implicada en los enunciados y su relación con los otros elementos de un documento: las evidencias, el soporte teórico y los ejemplos presentados (coherencia interna del documento) en términos de sus definiciones epistemológicas.

Se partirá de un instrumento guía, el cual fue elaborado tomando en consideración las mismas categorías para todos los casos analizados.

2.4.1.2. Instrumento de análisis

El estudio documental desarrollado es descriptivo, de naturaleza esencialmente cualitativa. Para la recolección de datos se construye un instrumento de análisis, basado en categorías presentes en la literatura, pero adaptado a las características de la investigación a desarrollar.

El cuestionario VOSTS es el instrumento que, posiblemente, mejor caracteriza las concepciones sobre ciencia, tecnología, sociedad y sus interrelaciones (Fernandes et al., 2014). Para garantizar su validez y fidelidad, sus autores recurrieron a un panel de jueces, especialistas en Didáctica de las Ciencias y el instrumento fue presentado en un congreso internacional de esa área de estudio, sujetándolo al análisis público. Dadas las enormes potencialidades de los cuestionarios VOSTS y COCTS, ambos fueron consultados de forma detallada. Con base en los mismos se construyó y aplicó un instrumento de análisis para percibir si las orientaciones curriculares de la formación docente se adecuan a alguna perspectiva de enseñanza de la naturaleza de la ciencia y aspectos estrechamente relacionados (Clough, 2007). Este instrumento está compuesto por cuestiones que involucran dimensiones conceptuales, como definiciones de ciencia y tecnología, interacciones entre ciencia, tecnología y sociedad, sociología externa de la ciencia – relaciones entre Ciencia, Tecnología, Sociedad y Ambiente (CTSA) – sociología interna de la ciencia y naturaleza del conocimiento científico (Bryce y Gray, 2004; Membiola, 2001; Gómez y Velasco, 2017, Jiménez-Tenorio y Oliva, 2016). Se trata, pues, de un instrumento desarrollado para



investigar los documentos, englobando dimensiones como definiciones de ciencia y tecnología, sociología interna de la ciencia, sociología externa de la ciencia y epistemología de la ciencia. Sus categorías clave se presentan a continuación, con ítems que abordan y exploran contenidos CTSA, de naturaleza de la ciencia, visión de aprendizaje y visión de la práctica.

En síntesis, la gran finalidad del estudio de documentos fue percibir la adecuación de los Documentos Oficiales Curriculares en lo que se refiere a la perspectiva epistemológica de enseñanza, en aspectos tales como: las finalidades de la enseñanza de las ciencias (desarrollo de capacidades, actitudes y educación para la ciudadanía); los conocimientos de las ciencias (en los que están presentes interacciones, como asimismo, por ejemplo, temas polémicos acerca de la ciencia y la tecnología, referencias a las presiones o limitaciones inherentes al trabajo de los científicos y características individuales de los mismos, como la motivación, responsabilidad, cooperación o capacidad de trabajo, etc.); y los procedimientos metodológicos (estrategias y actividades, incluidas las actividades de enseñanza utilizadas para concretar los aprendizajes, tales como actividades de argumentación, investigaciones y debates sobre cuestiones en que se manifiesten las interacciones CTSA). Otros aspectos no se relacionan directamente con la perspectiva CTSA, presentándose con un carácter genérico con el objetivo de percibir si los documentos en análisis asumen la preocupación de desarrollar las competencias necesarias y que están en la base de la comprensión de las relaciones y de las interacciones entre la ciencia, la tecnología, la sociedad y el ambiente (enfaticadas tanto en el Diseño Curricular de 2005 como en el SUNFD de 2008).

A continuación se presentan en toda su extensión las referencias de los documentos a considerar para el análisis, con indicación del Plan al que pertenecen:

PLAN 2005

Documentos de marco curricular

- Ajuste Diseño Curricular. Documento con Propuestas de Salas Docentes de los CeRPs. (ANEP, 2003a) ¹⁴
 Actas de la Reunión con la Sala de Directores de los Centros. Centro de Capacitación y Perfeccionamiento Docente. (ANEP, 2003b)
 Acta No. 71, Res. No. 53. Diseño curricular 2005. Centros Regionales de Profesores – Documento Final. (ANEP, 2004a)
 Acta No. 71, Res. No. 53. Planes Proceso 1er. Año. (ANEP, 2004b)
 Informe Investigación Impacto de los CeRPs. (ANEP/CIFRA, 2003)
 Estudio del impacto de la formación de los egresados de los Centros Regionales de Profesores (CERP) en la primera etapa de su ciclo profesional. (ANEP/CIFRA, 2004)
 Artigalás, I., Esquivel, M., Maciel, C. (2004) El impacto de la formación en la práctica. Informe del estudio exploratorio sobre la formación docente inicial y la práctica del profesor novel en el egresado del CERP del Este.
 Silva, E. (2003) Evaluación de Gestión del CERP del Litoral a seis años de su instalación.

Programas

- El sistema periódico. Propuesta programática para el nuevo diseño. (ANEP, 2004c)
 Didáctica. Propuesta programática para el nuevo diseño. (ANEP, 2004d)
 La naturaleza de la materia y sus transformaciones. Propuesta programática para el nuevo diseño. (ANEP, 2004e)

¹⁴Los literales corresponden al ordenamiento de estos documentos en el apartado final de Referencias incluido en esta Tesis. En dicha sección se incluye la cita completa con sus datos bibliográficos para cada caso.

Taller de Laboratorio. Propuesta programática para el nuevo diseño. (ANEP, 2004f)
 Química Experimental. Propuesta programática para el nuevo diseño. (ANEP, 2004g)
 La química de la vida; los compuestos del carbono y los procesos metabólicos. Propuesta programática para el nuevo diseño. (ANEP, 2004h)
 Taller de Sistematización del Campo Profesional. (ANEP, 2004i)
 Didáctica I. (ANEP, 2004j)
 Epistemología. (ANEP, 2004k)

PLAN 2008

Documentos de marco curricular

Acta No. 63, Res. No. 67. Sistema Único Nacional de Formación Docente (SUNFD) 2008 – Documento Final. (ANEP-CFE, 2007a)
 Proyección de contenidos. SUNFD. (ANEP-CFE, 2007b)

Programas

Programa de teoría del conocimiento y epistemología. (ANEP-CFE, 2007c)
 Programa de Introducción a la Didáctica (Química). (ANEP-CFE, 2007d)
 Programa de Bioquímica (Química). (ANEP-CFE, 2007e)
 Programa de Didáctica II (Química). (ANEP-CFE, 2007f)
 Programa de Taller de Diseño de Actividades Experimentales (Química). (ANEP-CFE, 2007g)
 Programa de Didáctica I (Química). (ANEP-CFE, 2007h)
 Proyección de contenidos de Didáctica (Química). (ANEP-CFE, 2007i)
 Programa de Química General I (Química). (ANEP-CFE, 2007j)
 Programa de Didáctica III (Química). (ANEP-CFE, 2007k)
 Programa de Metodología de la Investigación (Química). (ANEP-CFE, 2007l)
 Programa de Química Orgánica I (Química). (ANEP-CFE, 2007m)
 Programa de Química Orgánica II (Química). (ANEP-CFE, 2007n)
 Programa de Fisicoquímica I (Química). (ANEP-CFE, 2007ñ)
 Programa de Fisicoquímica II (Química). (ANEP-CFE, 2007o)
 Programa de Química Ambiental y Toxicológica (Química). (ANEP-CFE, 2007p)
 Programa de Química General II (Química). (ANEP-CFE, 2007q)

PLAN 2020¹⁵

Elementos a tener en cuenta en una reflexión sobre *currículum*. Comisión permanente de estructura curricular, Setiembre de 2015. (CFE, 2015b)
 Acta No. 46, Res. No. 17. Fundamentos y Orientaciones de la Propuesta 2017. (CFE, 2016a)
 Perfil del Educador en Química. Documento de trabajo. (CFE, 2017b)
 Secciones del Departamento Académico de Química. Documento de trabajo. (CFE, 2017c)
 Eje I. La identidad de los profesionales de la educación y perfiles de egreso. Documento de trabajo. (CFE, 2017d)
 Eje II. Organización curricular. Documento de trabajo. (CFE, 2017e)
 Eje III. Ingreso, evaluación y requisitos para la obtención del título. Documento de trabajo. (CFE, 2017f)
 XXIV Asamblea Nacional Extraordinaria de Docentes del Consejo de Formación en Educación. 13-15 de setiembre de 2017 (CFE, 2017g).
 Propuesta de Malla Curricular Creditizada (Química). 27 de Febrero de 2018. (CFE, 2018a)
 Acta de la Sala Nacional de Delegados del Departamento de Química. 27 de Febrero de 2018. (CFE, 2018b)
 Propuesta de Malla Curricular Creditizada (Química). 24 de Abril de 2018. (CFE, 2018c)
 Acta de la Sala Nacional de Delegados del Departamento de Química. 24 de Abril de 2018. (CFE, 2018d)
 Acta de la Sala Nacional de Delegados del Departamento de Química. 2 de Julio de 2018. (CFE, 2018e)
 Acta de la Sala Docente de la Sección de contenidos Inter-Transdisciplinar. 23 de Julio de 2018. (CFE, 2018f)
 Taller de Enseñanza de la Epistemología. Área Sociológica. Documento de Trabajo. 27 de Julio de 2018. (CFE, 2018g)
 Declaración pública. Sala de Filosofía. 19 de Setiembre de 2018. (CFE, 2018h)

2.4.2. Cuestionarios semi-estructurados

Se desarrolló una herramienta de investigación por medio de una adaptación parcial de los *ítems* de instrumentos de relevamiento de concepciones epistemológicas – teóricos y total o parcialmente empíricos – ya existentes y la generación de nuevos *ítem* en función de la especificidad de la pregunta que guía la investigación.

¹⁵ Sólo se dispone de documentos de Marco Curricular para este Plan.

Los cuestionarios de diseño básicos considerados en este desarrollo abarcan tanto aquellos enfocados a describir concepciones de ciencia (p. ej. V-NOS, VOSTS), como a analizar dimensiones de las creencias epistemológicas (Lee, 2001; Tsai y Liu, 2005), medir el progreso de los estudiantes en el conocimiento de la naturaleza de las ciencias (Vázquez y Manassero, 2013), o una combinación de creencias y actitudes ante la ciencia y la educación científica (VOSE). Estos instrumentos van desde los más simples con respuestas verdadero/falso/no comprende (Lee, 2001; Lee y Choe, 2003, Lee y Choi, 2003), hasta los más sofisticados que emplean categorías tipo Likert (Vázquez y Manassero, 2013; Tsai y Liu, 2005; Vázquez et al., 2006a-c; Vázquez et al., 2007a-b) o respuestas de final abierto de diversa complejidad a las que se adjudica a su vez mayor o menor peso (Abd-el-Kalhik et al., 1998; Vázquez et al., 2006b; Bell et al., 2001).

Las características principales de estos instrumentos básicos se describen a continuación:

Puntos de referencia sobre alfabetización científica en términos prácticos (BSL): Pautas y desarrollo de la American Association for Advancement of Science (AAAS) en 1993, al que se refieren buena parte de los autores posteriores que utilizan instrumentos teóricos.

Visiones sobre la naturaleza de la ciencia (V-NOS): Instrumento teórico desarrollado por Lederman y colaboradores en 2002, que comprende una breve serie de preguntas de respuesta abierta. Su uso está extendido si bien su interpretación es controversial por basarse en buena medida en el componente declarativo exclusivamente (Rudge y Howe, 2013).

Visiones sobre la ciencia, la tecnología y la sociedad (VOSTS): Instrumento empírico de opción múltiple desarrollado por Aikenhead y colaboradores en el período 1989-1992, y cuyas versiones en castellano (con sucesivas modificaciones), denominadas COCS y COCTS, se presentan y discuten en diversos trabajos de Acevedo, Vázquez y Manassero (2006-2012). El cuestionario VOSTS es el instrumento que, posiblemente, mejor caracteriza las concepciones sobre ciencia, tecnología, sociedad y sus interrelaciones. En cuanto al cuestionario COCTS, Acevedo et al. (2007) y Obispo et al. (2013) consideran que es una adaptación al contexto español del cuestionario VOSTS y del cuestionario "Creencias de los Profesores sobre Ciencia-Tecnología-Sociedad - TBA-STs - (Rubba y Harkness, 1993; Rubba et al., 1996). Se trata de un cuestionario de selección múltiple desarrollado para investigar las creencias de los profesores sobre los temas CTS, hoy discutidos (Chamizo y Garritz, 2013) englobando, también, dimensiones como definiciones de ciencia y tecnología, sociología interna de la ciencia, sociología externa de la ciencia y epistemología de la ciencia. Releva aspectos nominativos, sociológicos (externos e internos) y epistemológicos. Para ello, incluye preguntas sobre ciencia y tecnología, influencias recíprocas de la sociedad sobre las mismas en forma diádica y triádica, influencia de la ciencia escolar sobre la sociedad, características de los científicos, construcción social del conocimiento científico y la tecnología, y naturaleza del conocimiento científico.

Visiones sobre la ciencia y la educación (VOSE): Instrumento empírico desarrollado por Sufen Chen en 2006, que emplea categorías de Likert de aceptación/acuerdo. Constituye una aproximación para relevar NOS conjuntamente con actitudes frente a la enseñanza de NOS y ha sido empleado tanto en

poblaciones de estudiantes como de docentes. El VOSE es planteado por el autor como superador de algunas inconsistencias y ambigüedades que tenía el instrumento sobre el cuál éste se construye, el VOSTS y COCTS. Como el instrumento que le precede y otros de estilo similar, el VOSE está diseñado para abordar grandes poblaciones.

Visiones científicas y epistemológicas (SEV): Instrumento multidimensional desarrollado por Tsai y Liu en 2014. Las áreas relevadas comprenden el rol de la negociación social, la naturaleza inventada y creativa de las ciencias, la carga teórica durante el proceso de exploración, los impactos culturales y las características cambiantes y tentativas del conocimiento científico.

Comprensión de la ciencia y la investigación científica por parte de los estudiantes (SUSSI): Instrumento desarrollado por Liang y colaboradores en 2007-2009. Comprende un componente Likert y a su vez preguntas abiertas. Se enfoca en los siguientes aspectos: observaciones e inferencias, cambio teórico, leyes y teorías, influencia social y cultural, imaginación, creatividad y metodología en la investigación.¹⁶

Cuestionario de naturaleza de la ciencia (QNOSP): Instrumento tipo Likert desarrollado por Nott y Wellington en el 2000, con énfasis en las ideas de Bachelard. Permite caracterizar perfiles a partir de las respuestas sobre dualidades como relativismo-positivismo; inductivismo-deductivismo; contextualismo-descontextualismo; proceso-contenido; instrumentalismo-realismo.

Naturaleza de la Química (NQ): Construido específicamente para la química por Chamizo y colaboradores, toma en consideración el diseño del QNOSP, VNOS y SUSSI, con ítems de respuesta abierta y otros de tipo Likert.

Concepciones sobre la ciencia y la enseñanza (COCE): Desarrollado y utilizado por Pujalte (2014) junto a Porro y Adúriz partiendo del VOSTS, COCTS y VOSE, actualizándolo en el sentido de incorporar ítems basados en modelos o modélico-teóricas.

No obstante la abundancia de instrumentos, para el cumplimiento de los objetivos planteados en este trabajo, se recurre a una combinación y flexibilización de las preguntas del cuestionario diseñado, aumentando el nivel de aportes personales y los *ítems* que admiten respuesta abierta. En este sentido se incorporó una última opción de respuesta personal abierta (final abierto) en todos los *ítem* (Vázquez et al., 2006; Dogan y Abd-el-Kalikh, 2008), eliminando la indeterminación de opciones estereotipadas como “no entiendo”, “no tengo suficiente información” o “ninguna de las anteriores”; estableciendo la posibilidad de ajustarse al contexto. Si el estudiante no está en total acuerdo con alguna de las opciones presentadas, podrá diseñar su propia respuesta y es animado a ello por el instrumento. En el caso de las preguntas que tienden a definir concepciones sobre el aprendizaje y la evaluación, se tomaron y adaptaron de manera flexible principalmente aspectos de las perspectivas

¹⁶Existen muchos otros instrumentos de opción múltiple o tipo Likert, como el SAQ (Cuestionario de Actitudes frente a la Ciencia), TUS (Test de Comprensión de la Ciencia), SPI (en relación al Proceso de Invención Científica), NST (Test de Naturaleza de la Ciencia), NSKS (escala usada para la determinación de la comprensión de la naturaleza del conocimiento científico), o el CSTT (Test de concepciones sobre las teorías científicas). Las referencias más relevantes para cada uno de ellos son, por orden de aparición respectivo, las siguientes: Klopfer y Cooley, 1961; Welch y Pella, 1967; Billeh y Hassan, 1975; Rubba y Andersen, 1978; y Cotham y Smith, 1981). También Richardson y Simmons (1994), Simmons et al. (1999), Marzábal et al. (2015) y Luft y Roerig (2007) han desarrollado sus propios instrumentos y metodologías, en este caso para acceder a las creencias de profesores en servicio o noveles.

descritas por Guntzel et al. (2015), García y Vilanova (2008), Vilanova et al. (2011), Daza y Arrieta (2006), Pontes et al. (2016) Trinidad (2012) y Vergara (2011; 2012).

A pesar de que un test cuyas preguntas varíen en formato puede representar dificultades de interpretación de los resultados, en general algunos temas a estudiarse se prestan mejor para ser preguntados bajo determinados formatos y no otros, y esa ha sido la elección en este caso. El cuestionario semi-estructurado básico de esta investigación se adapta al tema pero también a los diferentes grupos de entrevistados y sus características, así como las características académicas de los cursos de primer año. Además, buena parte de las respuestas que integran estos cuestionarios son todas aceptables y plausibles en función de los marcos teóricos considerados.

2.4.3. Entrevistas

Tomando como base las preguntas del cuestionario se realizaron entrevistas a una cohorte de estudiantes de profesorado de química, al ingreso y luego de la finalización del primer año. Asegurando la reserva de identidad de los entrevistados y contando con una guía general, se pretende reducir la posibilidad de respuestas adaptadas al conocimiento escolar que no representen las ideas del individuo, de manera que se minimice su impacto en los resultados finales, buscando una buena transferibilidad más que generalización (Sánchez, 2015), pero sin descuidar la validez general de los resultados, pues desde esta perspectiva de aplicación conjunta también parece posible obtener algún criterio de generalización.

Si las representaciones sobre ciencia cambiasen al momento de la segunda entrevista (post-test), es crítico conocer el proceso de desconstrucción/construcción, los motivos que se reconocen para ello y el planteo de interpretaciones alternativas. De este modo el dato se toma como resultado simbólico de comprensión y sentido verbalmente transmisibles. El dato siempre es un construido real, pero transmitido simbólicamente en un proceso de reducción, síntesis y atribución de sentido (Panaia, 2004ab). A su vez, la naturaleza de los temas planteados, exige del entrevistador un manejo paciente de los tiempos, criterio y versatilidad ante la necesidad de efectuar preguntas adicionales aclaratorias o brindar un mínimo de orientaciones pertinentes, generando confianza para vencer inhibiciones del entrevistado.

2.5. Cuestionario complementario para formadores

En el caso de los docentes formadores participantes en este estudio, los mismos fueron consultados sobre su adhesión epistémica y el modo en que la misma se manifiesta eventualmente en sus prácticas.

2.6. Análisis de datos efectuado

El estudio pretende estimar la constitución estructural de las concepciones epistémicas en categorías jerárquicas descriptivas principales, desarrollando para ello un



instrumento aplicable tanto oralmente como de forma escrita, a pesar de que se resaltan las ventajas del primer modo de uso.

En esta investigación se recurrirá a un análisis con un foco estructural inspirado por los datos (y su eventual análisis textual) para que las categorías jerárquicas de descripción emerjan, si bien se establecerán categorías de base más amplias, estrategia cuya utilización, bajo formatos diversos, viene creciendo exponencialmente en investigaciones educativas (Gutiérrez-Braojos, 2017). Las características del ciclo formativo de cuatro años que es objeto de nuestro estudio forman el esqueleto de acuerdo con el que se establecen y diferencian las categorías descriptivas. Un primer análisis se conducirá para determinar la interpretación de los individuos que responden en relación a estas características. Lo que surge de estas etapas es denominado por Pujalte (2014) como *imagen de ciencia discursiva* del profesorado. Luego de este primer análisis, se generarán las categorías jerárquicas de descripción para cada grupo en relación con visión epistémica y biografía personal. La categoría que mejor encaje con las características indicadas por los individuos seleccionados, dará origen a una figura general de la organización en cada categoría. El riesgo de perder datos interesantes se pretende minimizar como consecuencia de la aplicación de este procedimiento.



Maestría en Enseñanza Universitaria

Comisión Sectorial de Enseñanza
Área Social y Artística
Consejo de Formación en Educación



UNIVERSIDAD
DE LA REPÚBLICA
URUGUAY



comisión sectorial
de enseñanza



Facultad
de Humanidades
y Ciencias de la Educación



Consejo de
Formación en
Educación

CAPÍTULO 3

ANÁLISIS DESCRIPTIVO DE LOS CONTENIDOS DE LOS DOCUMENTOS CURRICULARES

Presentación

El análisis buscó establecer en qué medida los documentos curriculares y relacionados referían a aspectos básicos de epistemología, aprendizaje y práctica y con cuáles términos y lineamientos. Para abordar el modo en que los documentos parecen entender estas temáticas, se seleccionan los enunciados sobre componentes básicos, los ejemplos programáticos y otras evidencias. Cuando los supuestos asumidos en los indicadores de análisis están presentes, de forma clara y precisa, en los episodios identificados en los documentos, se consideraron estos episodios explícitos. Cuando los supuestos asumidos en los indicadores no están claramente expresados en los episodios identificados, pero hay una frase, una expresión o una imagen que pueden servir de base para su desarrollo, se consideraron episodios implícitos.

Se advierte que los documentos presentan un nivel importante de complejidad y ciertas incoherencias. Por esta razón, no es posible afirmar que todos los profesores e instituciones puedan comprender su contenido, interpretarlo adecuadamente y llevarlo a la práctica con el propósito de contribuir al aprendizaje de los estudiantes en función de una visión epistemológica privilegiada. Los profesores formadores de química por otra parte tienen formaciones diversas en la disciplina y en su didáctica, lo cual será discutido en el Capítulo 5, representando un elemento de abundante variabilidad respecto a las prácticas y la interpretación de estos documentos por parte de cada profesional.

La formación en el Plan 2005 transcurre por áreas en tanto que en el Plan 2008 lo hace por especialidades. El Plan de áreas junto con el Plan por disciplinas se configura en conjunto con el proyecto educativo institucional de la época. No obstante esta diferencia, el sistema de formación y el significado de las operaciones descritas en situaciones concretas, lleva a reconocer uno de los modelos más usuales y su práctica operativa asociada, orientado a la comprensión de los efectos y propiedades en el mundo natural, entre otros aspectos.

1. Aspectos y declaraciones generales

Los fundamentos epistemológicos del Plan 2005 no son explícitos ni aparecen jerarquizados como categoría diferenciada en su construcción. Se afirma que “los procesos formativos se orientan al desarrollo de las distintas dimensiones que componen la



competencia profesional de manera que permitan formar un docente capaz” (ANEP, 2004a, p. 51), reseñando luego un listado de estas “capacidades” que incluye reflexión contextualizada, elaboración conceptual, así como dominios comunicativos, técnicos, personales, interpersonales, éticos y profesionales. Aquí no se habla estrictamente de competencias y capacidades en el sentido teórico de los términos, aunque el desarrollo posterior incluya algunos de estos aspectos, sobre todo competencias definidas como generales o básicas, a saber:

Conocimiento y metaconocimiento de los procesos lógicos de elaboración conceptual, idoneidad en la jerarquización de conceptos y en el manejo de lenguaje informativo y argumentativo. Competencia en el manejo del código oral (espontáneo y técnico) y del código escrito” para “asumir el análisis y la producción de textos a partir de su propia experiencia, a fin de que los conocimientos adquiridos puedan ser transferidos luego a su hacer docente (ANEP, 2004a, p. 51).

En relación al trayecto formativo se afirma que:

El tratamiento del saber se va complejizando en distintos niveles en cada área de conocimiento. En el primer año se apunta a la formación básica de los futuros profesores (introducción al contenido disciplinario y el enfoque de las Ciencias de la Educación). En el segundo año se profundiza en los aspectos teóricos de cada área, así como en los *metodológicos y epistemológicos* de los contenidos disciplinarios, *adecuando los mismos a la enseñanza de nivel secundario*¹⁷. [Los trayectos] incorporan también la investigación *educativa* como componente clave para resolver problemas de enseñanza y de aprendizaje [...] El eje de *Antropología y Filosofía de la Educación*, se inicia con un abordaje de las Culturas Adolescentes a través de un seminario en segundo año, para construir la visión epistemológica de las disciplinas en un curso semestral de tercero que se acompaña de uno semestral en cuarto de Filosofía de la Educación. Paralelamente se hace énfasis en la profundización en la Ética y deontología profesional a través de un seminario en 4° año. Esto acompaña directamente la experiencia de la práctica, así como el cierre de la construcción del rol profesional, que se instala a partir del Taller de Sistematización del campo profesional (ANEP, 2004a, p. 17).

A diferencia de su predecesor, el Plan 2008 establece una sección titulada como “fundamentos epistemológicos” (ANEP-CFE, 2007a, p. 5-7). Se afirma en la misma que el diseño curricular del Plan se realiza con una visión sistémica, actualizada e integrada de acuerdo a los requerimientos de la “profesión docente”. Esta visión profesionalizante es el eje de los sustentos epistémicos manejados, como evidencia el siguiente bloque:

Este proyecto de creación colectiva, se basa, como queda explícito en el diseño de las materias del Núcleo Profesional Común (ex Tronco Común), en la firme convicción de que la Docencia es una Profesión que en sí misma tiene un alto grado de especificidad. Integra una complejidad de campos en su ejercicio: saber qué enseñar (el conocimiento específico); saber cómo enseñar (conocimientos teórico-prácticos de pedagogía y didáctica); saber a quiénes se enseña, una dimensión que se hace progresivamente relevante la realidad de los estudiantes en el nivel en que se encuentren, en el marco del instituto educativo y de su comunidad y, finalmente, saber para qué se enseña, es decir saber cuál es el proyecto de hombre y

¹⁷La idea de tomar como referencia el nivel secundario (nivel de aplicación y desempeño profesional) parece contraponerse a la formación académica de nivel superior. No obstante, es coherente con el eje de diseño del Plan que se vuelca a la consideración de la profesionalización como pilar epistemológico.

ciudadano que la sociedad espera y que la educación debe ayudar a desarrollar, y con ello preservar el objetivo supremo de la autonomía del sujeto. Este nuevo currículo de Formación Docente en el Núcleo Formación Profesional Común y también en las materias dentro de las disciplinas y la Didáctica, busca integrar estas dimensiones a las que incorpora decididamente la investigación. Esta última se brinda, en primer lugar a través de materias de conocimiento epistemológico y metodológico, en segundo lugar con la posibilidad de pasantías en los Departamentos para cimentar los conocimientos de la investigación con tutorías de docentes y, finalmente, en la llamada investigación vinculada a la Didáctica, que es la que permite al futuro docente comprender cómo la investigación en esta profesión es un mecanismo de interacción con la realidad a efectos de cambiarla. Este nuevo plan tiene esta doble vertiente, actualiza los conocimientos pensando en el mañana a través de programas nuevos, enfatiza en el saber disciplinar y permite trayectorias de intercambio con otros campos del saber en salvaguarda de las especificidades epistemológicas y profesionales inherentes a las carreras de Maestro, Profesor y Maestro Técnico en el Uruguay del siglo XXI. Pero la complejidad de la tarea docente no termina en la búsqueda del conocimiento disciplinar con las características mencionadas, solo empieza ahí [y] el futuro docente, debe formarse de tal manera que todos los conocimientos que adquiera puedan ser transpuestos a estudiantes específicos, de un aula específica en un instituto y comunidad específicos. Como es obvio que no pueden conocerse a priori todas las situaciones con las que se encontrará a lo largo de su vida profesional, debe tener muy integrada la actitud que el enseñar debe comenzar desde el aprender, para ello hay que conocer en cada situación qué necesitan aprender sus estudiantes, que desean aprender y cómo pueden aprender. La formación del docente a lo largo de toda su vida se realiza dentro de este marco epistemológico profesional. La docencia es un campo complejo integrado por áreas formativas, como las que tradicionalmente se denominan Ciencias de la Educación (campos pedagógico, sociológico y psicológico), unidad Didáctica Práctica Docente e Investigación Educativa, entre otras. Todas ellas se integran con el saber disciplinar para cumplir con una sola función: poder enseñar (ANEP-CFE, 2007a, p. 5-6).

Esta perspectiva parece suponer la posible introducción de otras coordinadas epistemológicas y políticas que discutan la universalización excluyente del conocimiento, que potencien la construcción de problemas y respuestas a partir de tradiciones alternativas, aunque la conexión entre la declaración del Marco Curricular y el contenido de los Documentos Programáticos no resulta clara ni está definida de manera explícita. De hecho, las especificidades del área química no están contempladas en el documento madre, como sí lo están otras especialidades, y la redacción de los documentos programáticos finales es claramente posterior a la publicación del Marco Curricular).

En el plano académico se afirma nuevamente que:

El docente debe concebirse como un profesional, con formación sólida en las Ciencias de la Educación, la que deberá articularse con la formación disciplinaria y la formación en Didáctica Práctica Docente de acuerdo con la especificidad propia de la enseñanza media, técnica – tecnológica y primaria. [...] El manejo solvente de los conceptos y el vocabulario de las ciencias de la educación deberá acompañarse de la comprensión del proceso de construcción del conocimiento y de las características, los problemas y el estatus epistemológico de las disciplinas (ANEP-CFE, 2007a, p. 17).

De este modo, ser un docente profesional supone estar “consciente de la multiplicidad de corrientes de pensamiento, de la complejidad epistemológica del conocimiento, del hecho educativo y conocedor de los campos del saber que se relacionan con su praxis” (ANEP-CFE, 2007a, p. 18).



En los documentos que fundamentan el Plan 2020, por su parte, se describe el marco epistemológico como uno “que sitúa los saberes como objetos de conocimiento a ser enseñados” y define el perfil del educador¹⁸ y su identidad profesional (CFE, 2017d, p. 5).

Los documentos de estos Planes proponen la discusión de temas científicos en función de su utilidad social, perspectiva post-positivista que por momentos recuerda el abordaje crítico (Di Bello, 2015), pero sólo los Programas sugieren un abordaje contextualizado de temas actuales relacionados con los conocimientos previos de los alumnos y con su día a día.

2. Papel de la negociación social

En tanto la tarea científica no está libre de controversias, vale decir, instancias donde los científicos parecen usar los mismos datos arribando a diferentes explicaciones, es importante definir los factores que afectan el trabajo científico desde la perspectiva de los documentos curriculares. A raíz de esto puede evidenciarse el papel que se le adjudica a la negociación social, la revisión por pares y la comunidad científica en la definición de la aceptabilidad del nuevo conocimiento, la importancia otorgada a elementos tales como el registro y la replicabilidad, y el reporte del nuevo conocimiento en forma abierta y clara. Se resumen a continuación los principales resultados que se han encontrado en torno a estas temáticas.

El Plan 2005 parece reconocer y dar gran importancia a estos aspectos. En relación a la construcción de espacios socializantes se afirma que los mismos serían espacios de aprendizaje, conjugando “requerimientos, consolidación o modificación de trayectorias personales y colectivas, estilos de participación, *negociación de significados*, acuerdos institucionales y curriculares, consensos en torno a un proyecto social y ético común” (ANEP, 2004a, p. 6-7). Parece ver a la ciencia y la práctica en general como una actividad colectiva que conduce a “producciones colectivas” y afirma que la implementación de prácticas docentes en “parejas pedagógicas” promueve “la reflexión colectiva de la práctica y sus relaciones con la teoría”¹⁹ (ANEP, 2004d, p. 9).

En el Plan 2008 se le adjudica importancia a la negociación social en la construcción del conocimiento científico y la definición de los temas a investigar. En efecto, desde un punto de vista epistemológico, actualmente se considera que los métodos adecuados y los procesos de la ciencia son cruciales para entender las diferencias entre conocimientos

¹⁸Los profesores de Epistemología y la Sala de Filosofía establecen que existe una fuerte tensión entre la denominación clásica de docente y la de educador, en tanto que esta última no presenta un anclaje en términos de la disciplina a enseñar. Se dice por ejemplo, profesor o docente de una asignatura, en tanto que el término educador desdibujaría esta identidad (Declaración de la Sala de Filosofía, 19 de Setiembre de 2018, CFE, 2018h).

¹⁹En el Plan 2008 esta estrategia de trabajo colectivo se mantuvo solamente para magisterio, en tanto que es incierta su inclusión en el Plan 2020. Al respecto cabe mencionar, por ejemplo, que los docentes de Epistemología para Magisterio de Montevideo (cerca al Departamento de Filosofía) defienden esta modalidad de práctica docente, en tanto que muchos de sus colegas del Interior (formados especialmente en Ciencias de la Educación o profesores de Filosofía posgraduados) parecen disentir.

científicos y otros tipos de conocimiento. Sin embargo las evidencias mencionan y enuncian sólo algunos elementos relacionados de maneras que no son claras. En cuanto a la naturaleza del conocimiento científico-tecnológico, los documentos de los dos planes omiten los aspectos éticos y morales relacionados con el trabajo de los científicos y las presiones que pueden sufrir. Educación, ciudadanía, sostenibilidad y medio ambiente son algunos temas mencionados en los documentos de estos planes, que no parecen explotados en este sentido.

Se ve a la ciencia como tarea colectiva por momentos. Sus objetos proporcionan concreción histórica a algunos conceptos, pero tras ello aparecen contenidos nuevos que no se incluyen en el manejo conceptual anterior y deben ser debidamente incorporados al cuerpo teórico, en tanto que no se aclara si de forma acumulativa o integrada. Por estos años el enfoque ciencia-tecnología-sociedad-ambiente (CTSA) se venía imponiendo como una de las recomendaciones para la enseñanza de las ciencias más fundamentadas por la investigación en Didáctica, haciéndose natural que estuviera presente en las orientaciones de los Documentos Oficiales Curriculares. Además, el Plan 2008 considera, también, la necesidad de que el *currículum* cree la posibilidad de discutir los aspectos filosóficos de la ciencia y los aspectos relacionados con la sostenibilidad del planeta y la calidad de vida. Los documentos de este Plan defienden que sólo ciudadanos críticos, autónomos y portadores de competencias, como espíritu crítico, raciocinio y capacidad de resolución de problemas en contexto real, en suma, con “*literacy*” científica, serán capaces de integrarse plenamente en la sociedad en que viven, es decir, capaces de tomar decisiones conscientes e informadas acerca del mundo en que están insertos y percibir cuáles son las consecuencias de sus actos, elecciones y opciones (DeBoer, 2000).

Se considera que este episodio es explícito en cuanto al desarrollo de actitudes y valores, ya que, al llamar la atención sobre la necesidad de concientizar de la responsabilidad individual como bien común de todos los ciudadanos (relación ciencia-sociedad), el alumno desarrolla normas de conducta individuales y colectivas necesarias para su formación como individuo y ciudadano consciente. Esta referencia es importante, dado que, durante los últimos años, las pruebas y exámenes no han conseguido adaptarse a las expectativas de aprendizaje propuestas en los documentos del Plan 2008.

Los documentos realzan los cambios en las condiciones de vida de las personas (hábitos, estilo de vida, creación de nuevos recursos, etc.) relacionadas con los avances tecnológicos a lo largo de los tiempos. Se propone la participación activa del alumno en actividades de debate, resolución de problemas, discusiones, investigaciones sobre cuestiones en que se manifiesten las interacciones CTSA.

Los programas de este Plan presentan datos relacionados con la naturaleza y la historia de la ciencia y / o diferentes visiones del conocimiento científico a lo largo de los



tiempos. Este propósito parece mostrar la voluntad de presentar la contextualización de los aspectos científicos, tecnológicos y sociales al mismo tiempo.

Más allá de las prácticas pedagógicas o didácticas que cada profesor defienda, parece afirmarse que, en cualquier circunstancia, se desarrollará un conjunto de estrategias diversificadas, entre las cuales el debate, el diálogo y la argumentación en el aula sobre cuestiones en que se manifiesten las interacciones ciencia-tecnología-sociedad-ambiente, fundamentadas en una perspectiva socioconstructivista, estarán presentes. Se menciona que aunque la conceptualización de estas ideas es difícil y requiere una atención especial, por ser particularmente complejas, su adaptación al nivel de la educación básica es necesaria y apremiante para una adecuada educación científica, contextualizada y promotora de una ciudadanía activa e informada. Se informa sobre el trabajo y la función del científico, así como de posibles presiones sociales, políticas, religiosas o económicas que puede sufrir sin abundar demasiado en estas cuestiones. Se afirma, no obstante, que la competencia de saber explicar las consecuencias posibilitará el desarrollo del alumno como ciudadano informado, responsable e involucrado en la solución de problemas que afectan a la calidad de vida. Sin embargo, sólo los documentos programáticos son claros en cuanto a la necesidad de promover el desarrollo personal de los alumnos (desarrollo de procesos científicos, capacidad de solución de problemas, de pensamiento crítico, promoción de actitudes, valores e ideas informados). Finalmente, también se propone la discusión de temas científicos en función de su utilidad social. La información presentada es explícita en cuanto a lo que se pretende, es decir, que los contenidos científicos sean abordados con eje en la protección de la naturaleza (relación ciencia-sociedad-ambiente), lo que presupone la implicación de los alumnos en cuestiones problemáticas y a su vez permite la educación para la ciudadanía, la sostenibilidad y la protección del medio ambiente.

Contrastando con estos elementos, en los documentos de los Planes 2005 y 2008, también se encuentran episodios con referencias implícitas a los procesos generales de la actividad científica en la producción de nuevo conocimiento de acuerdo a la visión neopositivista. Es así que también se advierte un relativo optimismo como actitud frente a la ciencia (Demirbas, 2009) y la tecnología (Séris, 2013)²⁰, a pesar del marco teórico adoptado, que se había alejado de las ideas neopositivistas. La dimensión epistemológica de negociación social se reduce así a menudo a cuestiones económicas y viene a sustituir el debate de política educativa por supuestos técnicos en lugar de tomar una mirada compleja en una sociedad cada vez más exclusiva y más competitiva.

Por otro lado, a partir de la lectura de los documentos se puede anotar que en las consideraciones didácticas se abordan algunas expectativas de aprendizaje conceptual

²⁰ Séris (2013) señala que la identificación de ciencia con tecnología conduce a que para los individuos sólo caben dos posturas: confianza ciega en su eficacia o sentimiento de falta de control.

(aunque no todas) y aparecen pocos elementos epistemológicos, los que en general no se identifican ni refieren al contenido químico particular y las capacidades asociadas.

El Programa de Teoría del Conocimiento y Epistemología, por su parte, plantea como eje de problematización el discurso científico entendido como producción social validada socialmente en función de la influencia de determinados “poderes”, una perspectiva que puede identificarse con Kuhn, pero también con otros autores adscritos a una diversidad de corrientes, si bien éstos no se mencionan de forma explícita al discutir esta cuestión (ANEP-CFE, 2007c, p. 1).

El nuevo Plan 2020 afirma que compartir experiencias y vivencias en un ambiente interdisciplinario fomentado por cursos comunes con otros profesados permitiría un acercamiento “epistemológico, teórico, reflexivo, crítico y constructivo” a su *corpus* conceptual y práctico.²¹ En particular visualiza este proceso interdisciplinario como imprescindible para la definición, consolidación, desarrollo y crecimiento del conocimiento pedagógico que comprende los procesos de enseñanza y de aprendizaje tanto como los ambientes y climas, las didácticas, las instituciones educativas, entre otros actores, como emerge de la incorporación de conocimientos desde un nuevo campo con fuerte presencia en el discurso programático: los estudios de la neurociencia sobre los mecanismos de aprendizaje (CFE, 2017e).

3. Creatividad de los científicos e invención

El análisis de la forma en que se presenta el rol de la creatividad y la imaginación en la ciencia y las fases en las cuales estos elementos se desenvuelven resulta importante en el sentido de establecer si los documentos visualizan a los científicos como creativos y en qué momento (diseño de experimentos, análisis de datos, creación o establecimiento de patrones por oposición a descubrimiento de regularidades).

No hay menciones explícitas a estos aspectos y las lecturas implícitas suelen aparecer como contradictorias en todos los documentos, aunque parece presente la idea de que los científicos tienen creatividad personal en algún sentido, en especial en los documentos del Plan 2008. Las evidencias indican que se supone que ciertas regularidades están presentes en la naturaleza, apuntando más a la tarea científica como descubrimiento de las mismas y no en el sentido de que los científicos establezcan dichas relaciones de un modo más o menos arbitrario mediante la combinación de elementos particulares. Sin embargo, el lugar asignado a las evidencias científicas incluye capacidades y contenidos que no se enuncian claramente.

²¹Los docentes de Epistemología plantean también el debate sobre la posibilidad de construcción y consolidación de este marco epistémico común, en todo caso colocándolo como paso previo al trabajo interdisciplinario (perspectiva que recuerda a García, 1994), en el sentido de establecer una lógica programática distinta y más específica.

4. Observación, exploración y sus vínculos con las teorías

El Plan 2005 establece un enunciado principal sobre la observación que incluye seis capacidades diferentes: *interpretar, resolver, reconocer, establecer, utilizar y argumentar*. En sus documentos frecuentemente se recurre a la descripción de artefactos (Pujalte et al., 2015) como observables (p. ej. espectros). Esto es especialmente notorio en los documentos y programas del Plan 2005 frente a aquellos que pertenecen al Plan 2008.

En el Plan 2008, especialmente en los documentos de contenido didáctico, la observación se ve como una herramienta para el análisis y la resolución de problemas. La misma se plantea como proceso cognitivo, y se traduce en las preguntas sobre para qué observar, cómo y cuándo hacerlo, y en el análisis de los que denomina “instrumentos de observación”.

En los documentos de ambos planes, la observación se visualiza como medio de abordar la complejidad, fundamentalmente en estudios institucionales. Se advierten las relaciones de las teorías con la estructura social, en clave histórica. El Plan 2005 contiene, no obstante, menciones cercanas al interpretacionismo o naturalismo en tanto corrientes cuando se hace referencia al estudio de los “fenómenos” o “hechos educativos”. A pesar de ello, aquí no parece mostrarse la complejidad de los términos enunciados en su variedad de elementos y relaciones ya que su mero uso es acorde a estándares exclusivamente coloquiales.

Se espera que el estudiante sea capaz de poner en juego una multitud de capacidades de observación sobre una diversidad de aspectos, entre los cuales se incluyen, sin justificarse especialmente, contenidos científicos, tendiendo al desarrollo de capacidades, actitudes y valores. Las actividades sugeridas pueden apuntar (aunque de forma implícita) a la relación entre la ciencia y la tecnología. Se postula que la observación permitirá al alumno comparar y distinguir los hechos, esto es, la observación como medio de “conocer” (en una aparente reminiscencia de la visión heredada de la ciencia).

5. Método científico

Resulta de interés definir el peso relativo del método como criterio de demarcación, si este se considera único y prototípico o si se admite la variabilidad metodológica. A su vez si a este método se le asocia un tipo o estilo de pensamiento particular.

De la lectura de los documentos asociados al Plan 2005 surge que no hay menciones explícitas sobre el método de la ciencia, de manera que los documentos no se pronuncian sobre estos aspectos. Por su parte, para los documentos del Plan 2008, el conocimiento se construye y evoluciona a través de una serie de aproximaciones (ANEP-CFE, 2007j).

Para relacionar la dimensión procedimientos metodológicos con las prácticas de enseñanza, se consideraron las referencias a la naturaleza y diversidad de actividades y



estrategias de enseñanza sugeridas. Los resultados pueden distinguirse e interpretarse en función de tres dimensiones, a saber, el método tomado como preceptivo (demarcación fuerte), el método valorado como una sistematización que opera de modo más o menos flexible, o el método como un elemento del contexto de justificación que no necesariamente se utiliza rigurosamente como tal durante el trabajo científico. En función de la representatividad y del grado de explicitación de los episodios identificados, se advierte que, en ambos Planes – de manera mayoritariamente implícita en el 2005 o explícita en el 2008 – el método científico continúa teniendo una fuerte presencia argumental como criterio de definición de lo científico, en particular aquellos elementos relacionados con los procesos de observación y experimentación.

En cuanto a cómo enseñar ciencias, en el Plan 2008, los aspectos relacionados con la eficacia de las estrategias y métodos de enseñanza en el aula se asocian a las técnicas en didáctica de las ciencias con enfoque CTSA (Manassero, 2013). Sin embargo, lo mismo no ocurre a nivel de los Programas con la influencia de los impactos de la sociedad en los avances científico-tecnológicos. Sólo se presenta información clara y evidente en lo que concierne a la educación para la ciudadanía, sostenibilidad y ambiente, pues se pretende que los alumnos entiendan las relaciones que se establecen entre la sociedad y el ambiente en la medida en que se considera que son capaces de explicar, argumentar y tomar decisiones conscientes frente a las consecuencias de la acción humana (relación ciencia-sociedad-ambiente). Por su parte, las Metas Curriculares consideran que el alumno debe ser capaz de “explicar” consecuencias, un giro próximo a las corrientes naturalistas más clásicas.

En el terreno estrictamente epistemológico, el Programa de Teoría del Conocimiento plantea la necesidad de que el método científico no sea visto por parte de los estudiantes como único y validante de la actividad científica (ANEP-CFE, 2007c, p. 2).

6. Impactos y tradiciones culturales y sociales

¿Qué relaciones pueden establecerse entre la ciencia y otras manifestaciones culturales? La forma de entender los impactos culturales de la actividad científica es un indicio importante, pues refleja la posible inserción o bien el aislamiento relativo de las prácticas científicas. Además, este aspecto deriva en la cuestión de si todas las culturas contribuyen efectivamente a las ciencias como construcciones intelectuales. Y finalmente, determina si las ciencias se consideran parte integral de las tradiciones socioculturales y su *status* en relación a otros campos, por ejemplo el arte.

En los planes analizados se apunta la contribución y la complejidad cultural y social de los fenómenos y el relativismo cultural del conocimiento científico. Para el Plan 2005, específicamente, el contexto es importante, así como el mundo cotidiano, lo histórico y epistémico, la sociedad y la tecnología. Se afirma:



Actualmente, en los inicios del siglo XXI, se hace imprescindible que el futuro docente asuma una actitud *favorable* al desarrollo científico-tecnológico, planificando actividades de aprendizaje que faciliten la construcción de nuevos conocimientos e incentiven la reflexión, así como que comprenda el impacto económico, social y cultural del cambio tecnológico (ANEP, 2004c, p. 1).

En efecto, se puede advertir aquí una acusada reminiscencia del *ethos* científico neopositivista. En este documento también encontramos gran complejidad y una ligera incoherencia entre algunos de sus elementos (redes conceptuales, consideraciones didácticas, momentos y objetos, ideas fundamentales y situaciones). En general se distinguen las potencialidades culturales de los contenidos más utilitarios, mediante formulaciones que insisten, bajo distintas redacciones, en una especie de aporte dual: acrecentando el conocimiento y permitiendo mejorar la calidad de vida facilitando el sustento de aplicaciones diversas. Por otro lado, los ejemplos tampoco son demasiado coherentes con el enunciado de esta dualidad y las evidencias, aunque, en general, cubren los enunciados relacionados a esta temática en mayor medida, continúan distinguiendo entre contenidos básicos y aquellos de potencial más aplicado. También es poco habitual hallar en la formación contenidos que problematicen el reconocimiento del carácter multicultural y plurilingüístico de la ciencia e incorporen una preocupación por democratizar los vínculos entre los sujetos que portan estas diferencias culturales, más allá de las declaraciones de fundamentación.

Luego, en el mismo documento, se cita el libro “Las desventuras del conocimiento científico” de Klimovsky (1997):

La tarea de comprender qué es la ciencia importa porque a la vez es comprender nuestra época, nuestro destino y en cierto modo, comprendernos a nosotros mismos (ANEP, 2004c, p. 1).

Se trata que los alumnos del profesorado de ciencias asuman una postura crítica frente a los temas sociales y tecnológicos de carácter científico, que actúen en consecuencia argumentando su posición y de esta forma puedan participar activamente en la toma de decisiones socialmente relevantes en relación con el desarrollo de la ciencia y la tecnología.

7. Conocimiento científico

El análisis de la comprensión del rol necesario o secundario de la evidencia empírica en la generación del conocimiento científico puede resultar revelador. El peso adjudicado a la observación, la evidencia experimental, la argumentación racional y el escepticismo se relaciona con un tipo de visión sobre la naturaleza del conocimiento científico. Debates frecuentes entre estas visiones se han planteado a lo largo de la historia, en especial durante el siglo XX y diferentes autores les dieron respuestas diversas, algunas más cercanas al racionalismo y otras típicamente empiristas.



Las menciones explícitas a estos aspectos están de acuerdo con la nueva filosofía de la ciencia (Brown, 1984), en especial en el Plan 2005. De manera implícita se asume que el conocimiento científico es cambiante, pero asimismo se da por sentado que la ciencia intenta explicar los fenómenos naturales. La observación y la evidencia experimental tienen gran peso, así como la argumentación racional.

En este sentido es clara la importancia adjudicada en los documentos al componente estrictamente experimental en la formación inicial y la práctica docente en el área (Gallegos y Bonilla, 2009). En particular, resaltan las actividades de laboratorio como recursos didácticos fundamentales, motivadores, como facilitadores de aprendizajes y nexos que permiten comprender la naturaleza del conocimiento y métodos científicos. El objetivo de su utilización es despertar y mantener el interés por la ciencia y favorecer actitudes positivas orientadas al aprendizaje de sus contenidos. Este es uno de los aspectos donde, con independencia de las definiciones teóricas explícitas que se presentan en los documentos y su desarrollo posterior, se advierte de manera uniforme un tono abiertamente positivista, con elementos como experimentación, método y con reminiscencia a una visión particular sobre el *ethos* científico.

Los documentos del Plan 2005 reconocen y establecen diferentes relaciones de orden y equivalencia entre hipótesis, leyes y teorías (en general basados en la mayor solidez de las leyes en base a la acumulación de evidencias) y utilizan la argumentación de que la decisión final sobre las teorías que predominarán se basa en procedimientos experimentales de modo casi exclusivo. Estas capacidades cruciales de ciertos experimentos se relacionan a la definición de la veracidad de una diversidad de contenidos, usualmente verificados (Círculo de Viena) o, en menor medida, resistentes a la refutación (Popper).

Incluso en los programas que se han agrupado bajo el supuesto de presentar contenidos mayormente epistemológicos, se advierte en buena medida la justificación por vía exclusivamente experimental. Al respecto, en el Plan 2008 se afirma:

La inclusión de este curso en el segundo año de la carrera, acompañando el inicio de la práctica de aula, tiene como propósito proporcionar herramientas conceptuales que permitan posicionarse ante el conocimiento como objeto de enseñanza y como objeto de aprendizaje (ANEP-CFE, 2007c, p. 1²²).

No se encontró ningún tipo de explicación ulterior sobre esta relación. Por otro lado, los documentos tampoco hacen referencia a los lineamientos de la misma. Esta opacidad en la relación es preocupante dada la importancia que estudiantes, instituciones y padres de familia asignan al éxito de los alumnos. El programa mencionado aborda todos estos

²²Un dato curioso es que el dictado de Teoría del Conocimiento y Epistemología (asignatura adscrita al área Ciencias de la Educación) se exige en la especialidad Filosofía, donde tradicionalmente se la ha denominado Historia y Filosofía de la Ciencia (adscrita al área Filosofía).

elementos desde la perspectiva de la evidencia empírica, con excepción de la capacidad de argumentar y el contenido que se constituye en axiomático.

El Programa de Teoría del Conocimiento y Epistemología parece abordar más capacidades y contenidos que las evidencias experimentales, pero se concentra en el método. Y por el contrario, se ponen a prueba las declaraciones que circulan en el contexto académico, social y político de que "el conocimiento surge de la experiencia". En este sentido, el documento curricular principal y los programas de la organización curricular del Plan 2008 sugieren que uno debe "desarrollar una metodología experimental para abordar los problemas que facilita la comprensión del mundo natural y tecnológico en el que vivimos" (ANEP-CFE, 2007a, p. 2). Esta finalidad apunta de forma explícita a la importancia de una metodología experimental como forma de abordar los problemas y comprender el mundo natural y tecnológico. El cambio se instituye como un proceso controlable: si los objetivos parecen estar considerados adecuadamente y si las tecnologías son relevantes y el sujeto tiene control sobre lo necesario, los resultados deberían ser los esperados (reproducción). En contraposición se afirma que:

Pensar en una Didáctica de las Ciencias Experimentales implica considerar la relación dialéctica entre teoría y práctica, por lo cual no es posible una sin la otra. Toda teoría tiene una práctica y toda práctica tiene sus fundamentos en una teoría. En tal sentido la Didáctica de las Ciencias debe ocuparse de problemas tales como estudios sobre el pensamiento de los docentes; trabajos con las teorías implícitas de los alumnos; estrategias de enseñanza y el papel de la evaluación como instrumento esencial de mejora en el proceso de enseñanza y de aprendizaje, entre otros (ANEP-CFE, 2007a, p. 9).

Se resalta asimismo la conexión permanente entre teoría y "praxis" de la asignatura, en el caso de la Didáctica.

8. Leyes, teorías, modelos, hechos y consecuencias, hipótesis, inferencias

La comprensión de los factores que podrían guiar la preferencia personal, las convicciones teóricas, o los factores sociales y culturales implicados en la elección entre teorías resulta altamente relevante desde el punto de vista de este análisis de documentos. En ese sentido se vuelve importante determinar cómo se entiende el rol de la inferencia y la creatividad humanas en la ciencia y el papel que desempeñan los modelos. ¿Existe la noción de que los modelos científicos no son copias de la realidad? ¿Se distinguen leyes y teorías y se diferencian sus roles? ¿Se consideran estos elementos como filtros entre los hechos empíricos y las consecuencias observables? ¿Qué papel tienen los axiomas, las hipótesis y las inferencias? ¿Cómo se entienden las relaciones entre medios y métodos, fines y objetivos, instrumentos y modelos? ¿Y la relación entre sistemas, referencias, pruebas, modelos, hipótesis y teorías? ¿Los hechos científicos son contruidos o reconstruidos? ¿Las representaciones son mayormente instrumentales, fenoménicas o activas?



En los documentos curriculares del Plan 2005, no existen suficientes elementos de juicio para definir una respuesta clara a estas preguntas. En el caso del Plan 2008, por su parte, se presentan algunos argumentos.

El programa de Introducción a la Didáctica señala que “el punto de partida serán las ideas previas que posee el futuro profesor sobre cómo enseñar”. Remarca que la dimensión de los conceptos se aborda en el marco de la resolución de problemas “con el fin de reforzar y profundizar en la teoría, comprender mejor la aplicación concreta de las leyes científicas y/o construir conceptos nuevos”. La transposición didáctica es vista como diseño para la facilitación del conocimiento científico a los alumnos, mediante la transformación del mismo, y analizada en función de la formación de profesores. La producción de conocimiento se plantea sobre la base de la metodología de trabajo en talleres, que se enfoca en investigar la propia realidad en que los estudiantes se hallan inmersos, donde diversas consideraciones derivadas del contexto resultan relevantes. Afirma:

[...] como estrategia metodológica se incluirá el taller, entendiéndolo como un sistema de trabajo que pone énfasis en la realización de actividades en pequeños grupos, brindando la posibilidad de discusiones abiertas entre los integrantes de los mismos, y de confrontar las experiencias personales reinterpretándolas en función de un marco teórico, tratando de influir de este modo en la acción cotidiana del aula. Este tipo de trabajo permite detectar no sólo presencia o ausencia de conocimientos previos sobre el tema en cuestión, sino además, concepciones erróneas (ANEP-CFE, 2007d, s/p).

Cabe destacar que los términos teóricos “conocimiento previo” y “concepción errónea” se emplean aquí de manera extraña a sus raíces teóricas originales, las cuales no se alinean con las definiciones generales de los documentos curriculares analizados. También se identifica a la ciencia natural con la ciencia experimental, como ya se ha descrito. Afirmación que no está en línea con el resto de la perspectiva teórica que parece sostenerse.

Se pretende de parte de los estudiantes una “toma de consciencia y retroalimentación sobre sus aprendizajes, y para los docentes formadores una interpretación de las implicancias de sus prácticas de enseñanza. Desde una enseñanza que fomenta la reflexión y el pensamiento crítico, la evaluación representa una manera de analizar las posibles maneras de *comprender*, constituyéndose en un proceso de reconocimiento que se integra a la situación de enseñanza. Desde esta perspectiva, proponemos actividades que cambien el lugar de la evaluación como reproducción de conocimientos por la evaluación como producción [una postura cercana a Litwin, 1998], a lo largo del proceso educativo y no como etapa final. Por lo tanto, ya sea la identificación como la búsqueda de problemas [una posición tal vez cercana a Laudan], o la resolución de interrogantes genuinos [donde el término “genuino” parece utilizarse en el mismo sentido que lo emplea Gardner, 2000], constituyen los mejores desafíos para comprender los constructos, tanto didácticos como disciplinares”.



En suma, se afirma que la enseñanza deberá ser problematizada, cuestionando las alternativas y el valor de las soluciones proporcionadas por la ciencia, siendo relevante que, a medida que el ambiente sociocultural se altera y las técnicas de investigación mejoran, hipótesis y teorías bien establecidas pueden ser desafiadas, modificadas e incluso sustituidas. En los Programas del Plan 2008 en general se identificaron referencias en cuanto a estrategias y actividades de enseñanza en las que se manifiestan las interacciones CTSA (por ejemplo, actividades de argumentación y debates), pero insuficientes para suscitar procedimientos metodológicos de índole CTSA a los profesores menos receptivos (menos conocedores) de este enfoque. En particular se afirma:

Es fundamental reflexionar sobre el rol que juega la asignatura que cada futuro docente va a enseñar en el proceso formativo del alumno, dada su clara intención educativa. Es necesario que además reflexione sobre los contenidos, y sus fundamentos epistemológicos, así como su origen histórico, su quehacer y sobre como aprenden los alumnos [...] Estos pilares deben aparecer en un curso de didáctica, por ello es importante abordar aspectos teóricos que hacen a su campo disciplinar y que configuran sus bases estructurantes: situación didáctica, transposición didáctica, contrato didáctico y estrategias de enseñanza. Con este curso se pretende aportar a los alumnos las herramientas necesarias para adquirir una formación adecuada que facilite su futura labor como profesores de ciencias. Asimismo mostrar las proyecciones didácticas y adaptaciones curriculares específicas necesarias para el aula, sus implicancias y las reflexiones propias de la enseñanza-aprendizaje de las ciencias (ANEP-CFE, 2007d, s/p).

La fusión de enseñanza-aprendizaje en lugar de la más moderna separación entre procesos de enseñanza y de aprendizaje, podría ser aquí otro indicio de hibridación de corrientes en este texto. Por su parte el programa de Didáctica III expresa:

En cuanto a los contenidos de enseñanza, se retomará lo ya trabajado en el curso de Introducción a la Didáctica. Esto implica una concepción de Ciencia (desarrollada dentro del marco de la nueva Filosofía de la Ciencia), según la cual el conocimiento científico se concibe bajo tres dimensiones: como cuerpo de conocimientos conceptuales, producto objetivado de la actividad humana, producción social e histórica de conocimientos; como proceso o modo particular de producir el conocimiento, ciencia como estrategia empleada en la producción de conocimientos; y finalmente ciencia como actitud del sujeto que conoce, tanto frente al conocimiento que produce como al modo en que lo produce. Así deberán presentarse los contenidos de enseñanza, contemplados desde esta triple perspectiva, -esto no debe implicar una clasificación de todos los contenidos en tres categorías diferentes y aisladas-, conceptual, procedimental y actitudinal (ANEP-CFE, 2007k, s/p).

Para finalizar, el Programa de Teoría del Conocimiento y Epistemología plantea la asunción necesaria de que el discurso científico es una forma de interpretar la realidad [el término no se define] que en la modernidad se encuentra identificado con el “conocimiento” del mundo (ANEP-CFE, 2007c, p. 1).

9. Ciencias, unicidad y reduccionismo

¿La ciencia o las ciencias? ¿Unas ciencias se reducen a otras?



No hay registro del abordaje en profundidad de este aspecto específico en los documentos analizados. Los documentos hablan fundamentalmente en términos de las ciencias, si bien parece ser por momentos un término plural vacío que sustituye al tradicional de la ciencia. Esta discrepancia ocurre en los dos Planes y para los dos tipos de documentos estudiados (Marcos Curriculares y Programas), con números diferentes, pero en ambos la dimensión plural de las ciencias no parece justificar una finalidad, ni una forma de conocer o un procedimiento metodológico abierto.

10. Ciencia y ciencia escolar

En el Plan 2005 no se menciona la “ciencia escolar”, salvo en el caso del Programa de Epistemología (ANEP, 2004k) pero se advierte la influencia de Izquierdo (2006) y sus colaboradores como elemento implícito. En cuanto a cómo enseñar ciencia (dimensión procedimientos metodológicos), se evidenciaron menos episodios y todos ellos se hallaron en los programas.

En el documento de Metas Curriculares del Plan 2008 se encontraron pocos episodios relativos a esta cuestión, mientras que en los Programas se identificaron más episodios. En el caso de Introducción a la Didáctica (Plan 2008), el módulo 1 del programa refiere a la ciencia escolar y la “nueva” filosofía de la ciencia bajo el título de “¿qué ciencia enseñamos?” (nótese la perspectiva en el uso del plural, la cual refiere a una pluralidad de sujetos pero a una ciencia única). Se establece que la concepción de ciencia es la actual, aunque no se abunda en detalles, por lo cual al menos puede afirmarse que se trataría de alguna versión post-positivista sin especificar (con cierto énfasis en la relación CTS), puede suponerse que a partir del quiebre del paradigma positivista o neopositivista. Enfoca también aspectos como la alfabetización científica de la población, el cambio en ciencia, el “pensamiento científico” (sea lo que esto signifique, manifiesta en todo caso un aspecto prescriptivo que se opone tal vez a lo mencionado anteriormente) y el logro de una “mejoría en la imagen que el alumnado tiene de las ciencias” (quizá una nueva referencia al *ethos* de la visión heredada).

Se habla del empirismo y el positivismo, en efecto, como “modelos superados” pero se reconoce su influencia (también en la enseñanza de las ciencias), aunque desde esta perspectiva no es deseable su persistencia. Se tiende a privilegiar las ideas aceptadas por las nuevas corrientes y a reforzar su presencia en las prácticas educativas.

Este documento diferencia a la ciencia escolar como campo específico, que incluye componentes conceptuales (cuerpo teórico de las ciencias), procedimentales (metodología de la investigación científica, un nuevo aspecto a considerarse tal vez como prescriptivo en un marco de pluralidad) y por fin actitudinales (referidos a las formas de pensar y actuar derivadas de la producción del conocimiento y sus implicaciones sociales). La perspectiva principal parece estar asociada al relativismo clásico (Kuhn), el cual data de los años 1950 en



realidad. Finalmente, en aparente contraposición, considera las “visiones erróneas” que se transmiten al enseñar ciencia. Esto puede resultar tan paradójico como la referencia a la ciencia (en singular), considerado el modelo al que se encauza el programa. No obstante, se reafirma que ambas expresiones parecen tomarse aquí con un sentido más coloquial que teórico. Asimismo se establece un punto que refiere a “los contenidos científicos a enseñar”, que recuerda a la noción de “conocimiento científico autorizado”.

El programa de esta asignatura del primer año, establece también una metodología orientada al trabajo en modalidad de taller, lo cual parece implicar una cierta orientación epistemológica, centrada en la aplicación, con una fuerte declaración a favor de la conexión “teoría-praxis” si bien estos términos no se explicitan y resultan por demás oscuros en su sentido.

Se privilegia la producción por sobre la transmisión²³, la teoría como marco de referencia y, si bien se reconoce su importancia es solamente desde un punto de vista instrumental, por momentos inconsistente con los logros de aprendizaje que se mencionan, por ejemplo con la posibilidad de “discutir y reflexionar en forma colectiva sobre las situaciones planteadas y elaborar estrategias apropiadas para el desarrollo de los *contenidos* a tratar en sus cursos”, “formular planes precisos y con la flexibilidad necesaria para cumplir eficazmente los objetivos propuestos”, y sobre todo con “enfrentar y resolver en forma *autónoma* la multiplicidad de situaciones que se plantean en su tarea de clase” (ANEP-CFE, 2007d, s/p). En líneas generales se rechazan los dogmas y se habla de orientar el proceso individual, se combate fuertemente la idea de reproducción y se coloca como aspiración fundamental “formar docentes con espíritu crítico” (el cual no se define), “capacidad de análisis y reflexión” y de resolución original de problemas. Se apunta a un proceso creador, a la elaboración y reelaboración constante. Se hace referencia al “rigor científico” en la aplicación de métodos y teorías, pero este se orienta únicamente por objetivos, a pesar de que se habla de “iniciar un *proceso formativo* mediante un *desarrollo integral* por medio de una vía personal construyendo [los docentes] por sí mismos su función como *profesionales de la educación*”.

Para resolver esta aparente contradicción, se recurre a la profesión una vez más, cuyo desempeño práctico implica el trazado de objetivos como la consolidación de competencias. Se afirma:

Otra de las tensiones emergentes del plan vigente tiene que ver con la definición de un plan que se orienta a marcar perfiles de egreso de los estudiantes, sobre la base de objetivos o la posibilidad de organizar el currículo sobre la base de competencias profesionales esperadas al finalizar el tránsito por la formación inicial. Esta tensión, muchas veces instituida sobre una rígida interpretación epistemológica, no constituye un eje de fragmentación en la presente propuesta. Las finalidades formativas de este Plan se orientan a que, durante los cuatro años

²³Las diadas transmisión-producción y producción-reproducción frecuentemente se confunden e intercambian significados a lo largo de los documentos, como es el caso.

de preparación para el ejercicio de la profesión, se formen profesores capaces de aprender con la experiencia, de reflexionar sobre lo que desean hacer, sobre lo que hacen, para qué lo hacen y qué resultados obtienen. Por ello, se asume la conjugación de objetivos generales con algunas dimensiones de la competencia profesional. Ambas constituyen un elemento sustancial de abordaje curricular, de cara a la flexibilidad y criticidad como criterios rectores del presente diseño (ANEP, 2004a, p. 50).

Estas últimas menciones a los profesionales de la educación también reflejan un sustrato epistemológico definido, pues trasladan la cuestión desde la vocación y el trabajo docente al área profesional, aunque no está muy claro de qué forma se cristaliza esta aspiración en base al programa. De la lectura del listado de contenidos, surge, en efecto, un predominio de lo prescriptivo (planes, programas, niveles de planificación) y nociones básicas sobre los componentes del proceso didáctico, enmarcadas en la literatura didáctica española de uso predominante en Uruguay, en especial durante los años 1990-2000.

La bibliografía fundante de los Planes 2005 y 2008 muestra autores de esta corriente de manera exclusiva, en especial en el área Didáctica, sólo matizados con un texto de Ausubel et al. (1999). La perspectiva kuhniana aparece resaltada en la inclusión de un texto de esta corriente, la única obra propia y explícitamente epistemológica que se registra en este apartado de referencias. En una posición subordinada y sub-representada, hay también una autora más identificada con Lakatos, aunque no se menciona a este autor en lo central del programa de referencia.

En relación específicamente a los apartados “Naturaleza de la Didáctica como ciencia” – basado fundamentalmente en Camilloni (1996), Carretero (1999) e Izquierdo (1996) – y “Naturaleza de la Ciencia y los contenidos” se plantea trabajar sobre finalidades de la enseñanza de las ciencias, *currículum* en ciencia (objetivos, contenidos y contenidos transversales) y los métodos para la enseñanza de las ciencias. En este apartado se abordan las relaciones entre modelos de ciencia y modelos de enseñanza y se propone su discusión y análisis al final del programa, junto a la consideración de la relación práctica docente/modelo didáctico, donde sobreviven términos tales como “optimización del aprendizaje”, con énfasis en la planificación (metas, contenidos, metodología y recursos), en el marco de una enseñanza activa y participativa. Se encuentran en la bibliografía textos que remiten a Sanmartí y colaboradores (Adúriz, 2001; 2008; Adúriz et al., 2006; Sanmartí, 1999; Izquierdo, 1999), en particular en la relación concepción de la práctica/práctica y qué ideas tienen los profesores sobre las ciencias aparece en el texto como una pregunta explícita.

En este escenario, el Sistema integrado de Formación Docente 2008 da cabida a nuevas corrientes en el pensamiento filosófico contemporáneo y en las Ciencias Sociales que han generado distintas perspectivas y enfoques con sus correspondientes traducciones en el campo educativo. Reflexionar sobre estos aportes teóricos, sobre sus supuestos básicos y sobre sus implicancias sociales, pedagógicas, didácticas, curriculares y organizativas se constituye en un punto axial de la formación profesional del docente (ANEP-CFE, 2007a, p. 6).

Se advierte sobre la presencia de una interface conflictiva entre lenguaje (básicamente visto como comunicación) y ciencia (que recuerda la perspectiva de Kuhn) pero sin referencias concretas. No se considera la concepción semántica, sólo la nueva filosofía de la ciencia de carácter historicista, que parece adoptarse en sustitución de las ideas neopositivistas.

Parte de la clave para resolver los problemas de la educación, se afirma en los documentos que sirven de guía del Plan 2020, está en los procesos de producción pedagógica. Por ejemplo se abordan tres capacidades que se incluyen en el enunciado y a las que no se vuelve a referir (*reconoce, establece y utiliza*). La situación es de gran complejidad en términos de los contenidos abordados y las capacidades que se espera que los estudiantes activen y, por consiguiente, no está claro el modo en que darán sentido y funcionarán como medio para proporcionar oportunidades de aprendizaje.

11. Procesos, productos, producción, reproducción y determinismo

La literatura distingue Proceso/Producto, Producción/Reproducción, Ciencia Acumulativa/No acumulativa y Determinismo/Incertidumbre. En este sentido el Plan 2005 a través de los documentos analizados se centra fundamentalmente en procesos (diagnóstico, identificación, planificación, estrategia, ejecución, implementación, elaboración, innovación, construcción institucional), estrechamente ligados al diseño curricular.

Se visualiza a la práctica profesional como proceso que produce un rol específico, en relación con la construcción teórica de la práctica y la identidad profesional. Se apunta, en conjunto, a la construcción de “conocimientos instrumentales básicos”, por “asimilación”.

Se busca promover, en los futuros docentes, una actitud reflexiva acerca del conocimiento y sus procesos de producción, tanto social como personal, planteándose particularmente la problemática de la producción y de la validez del conocimiento escolar (ANEP-CFE, 2004c, p. 1).

En los documentos del Plan 2005 se puede leer que “la estructura acompaña los procesos progresivos de inserción en la práctica docente que realiza el estudiante durante el presente itinerario de cursos” (ANEP, 2004a, p. 64), con eje en procesos de planificación y gestión. Por momentos refiere a procesos de formación abiertos o semi-abiertos en la línea de la capacitación y otras veces a procesos que se cierran, pero sin referencia explícita a la formación inicial. Menciona la tríada docencia, investigación y extensión, pero no brinda detalles ni despliega la forma en que aplican estos conceptos en el plan, esencialmente basado en la enseñanza de forma exclusiva.

El Plan 2008 es menos explícito, aunque conserva este perfil en los programas de corte epistemológico. Afirma que la Epistemología se dirige en este caso a cooperar en la formación de un docente productor y problematizador.



En resumen, los planes analizados están centrados en procesos, plantean el análisis, la reflexión crítica, el fomento de la autocrítica y la proactividad.

Las Asambleas Técnico Docentes (ATD) de los institutos de formación docente señalan desacuerdos con la propuesta del nuevo plan y han rechazado reiteradamente su implementación (CFE, 2017g, entre otros). Los aspectos epistemológicos se mencionan sensiblemente poco en los documentos emanados de las ATD desde el año 2015 a la fecha y se insiste en indicar que el proyectado plan presenta incoherencia y contradicciones en su marco teórico filosófico, pedagógico y epistemológico [de las cuales no están exentos, por su parte, los documentos de las ATD]; la pérdida de identidad (ya advertida en CFE, 2015b), especificidad y profesionalidad de la formación en educación y la escasa relevancia que la malla curricular adjudica a las ciencias de la educación como eje.

En este sentido, cabe destacar aquí que las discusiones respecto a la elaboración del Plan 2020 giran en torno a críticas enfocadas particularmente en estos aspectos, tanto de parte de la Sala de Docentes de Epistemología como del Departamento de Filosofía (CFE, 2018h), en tanto se discute la identidad de todos los actores involucrados y las características del campo o disciplina (ver **Figura 1**). De los debates establecidos, se puede apreciar la ausencia de cuestionamientos sobre la naturaleza misma de la actividad científica, y un peso mayor de discusiones en torno a elementos generales, más relacionados con la estructura que con las funciones, donde la pauta parece ser la teoría del conocimiento y el lenguaje. Se resalta un quiebre entre las formaciones en base a la disociación, diferencias de visión y casi nula articulación entre materias específicas (propias de la disciplina a enseñar) y generales (del área de ciencias de la educación/didáctica), lo cual impide el trabajo en conjunto y facilita diversos tipos de distanciamiento en los hechos. Se afirma que esto transforma los *curricula* en espacios donde se establece (con más énfasis que el habitual) una lucha de poder tanto territorial como simbólico, con el consiguiente estrechamiento del campo profesional y las deficiencias en la pretendida formación integral de los estudiantes. Desde el punto de vista de la identidad, simbólicamente, no es lo mismo ser un profesor que un educador, pues ambos términos teóricos pertenecen a tradiciones diferentes. Es así que el discurso en torno a las ciencias que nominan el campo de experticia o referencia, podría desligarse de la sujeción a las respectivas tradiciones disciplinares, generando que la educación se transforme en una especie de entelequia o quimera (CFE, 2018h), guiada por una Didáctica de corte instrumental y directiva, que a su vez es más hegemónica en un panorama de gran fragmentación. Desde esta perspectiva de pragmatismo no se considera el (todavía ampliamente discutido) *status* epistemológico de la Didáctica y se apunta cada vez más a la fusión de la didáctica y la pedagogía en función de una pretendida científicidad del nuevo campo. En este sentido resulta sensible la tensión entre las vertientes que consideran más adecuada la enseñanza con perfil disciplinar y las que proponen diferentes énfasis a enseñar.



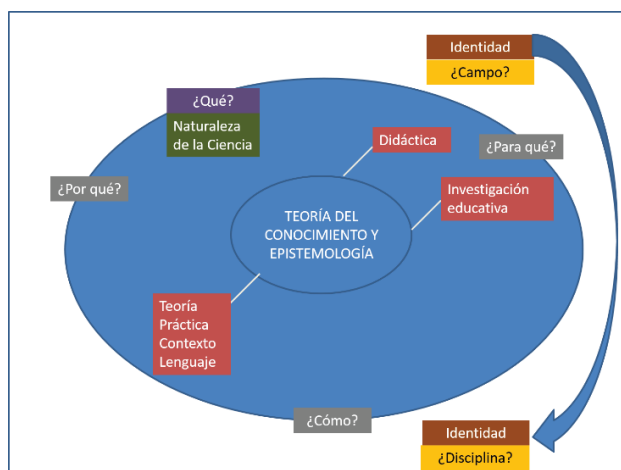


Figura 1. Perspectivas de debate y preguntas presentes y ausentes en el discurso en torno a la identidad de la Epistemología por parte de los docentes de la asignatura. Las preguntas presentes se señalan en gris, en tanto que aquella no mencionada ni reconocida, se presenta en púrpura. Fuente: elaboración propia.

12. Contextos de descubrimiento y justificación

En todos los casos, aunque a menudo hay mención explícita a autores que distinguen los contextos de descubrimiento y justificación, estos conceptos no aparecen diferenciados, salvo cuando se abordan como contenidos específicos (cursos de Epistemología). En la mayor parte de los documentos no existen registros de esta diferenciación y el término “descubrimiento científico” se asimila a “nuevo conocimiento producido”, suponiendo un método particular y en alguna medida que dicho conocimiento es conocimiento de la naturaleza y no depende del contexto, está listo para usarse con fines explicativos y no sufre reelaboración.

El Plan 2008 es el que contiene elementos más claros de esta tendencia, propia de la modalidad narrativa. Los supuestos epistemológicos y las precisiones metodológicas sobre la perspectiva de la investigación narrativa, a fin de dar cuenta del proceso de construcción del conocimiento que se implementó en el estudio en el origen de estos programas parecen provenir del trabajo de Bruner (*apud* Guilar, 2009). Se menciona que dicho autor ha contribuido particularmente a llevar un estado epistemológico al modo de conocimiento narrativo. La investigación narrativa supone que existe un modo de conocimiento narrativo que es diferente del modo de conocimiento paradigmático y establecido en el campo de la producción de conocimiento.²⁴ La defensa del estilo narrativo tiene también una fuerte

²⁴ La construcción de una narración como producto de un proceso de investigación permite dar cuenta del hecho de que el conocimiento se alimenta de la vida para volver a ella en otra forma. La narración incluye la comprensión de la realidad de los sujetos de la experiencia (McEwan y Egan, 1995; Quevedo, 2008) y reconoce que hay conocimiento de los sujetos. Esta modalidad produce narrativas elaboradas y se interesa en las intenciones, las vicisitudes pasadas y las consecuencias de la actividad científica (Bolívar, 2002; Bolívar y Domingo, 2006). El hecho de que los alumnos construyan basados en su conocimiento previo pone de manifiesto una debilidad de los métodos con énfasis en componentes narrativos (Finkel, 2008; Ruiz-Huerta Carbonell, 2009; Bransford et al., 2000).

presencia en los documentos de las áreas Química y Didáctica del nuevo Plan 2020, si bien en asociación con el concepto de competencia.

13. Intersubjetividad, evolución, progreso, acumulación y procesos implicados

¿Cómo se visualiza la evolución del conocimiento científico? ¿En qué medida los documentos describen al conocimiento científico y la ciencia como definitivos, o como cambiantes y tentativos? ¿El conocimiento científico se visualiza como verdadero o verosímil, o como convencional o consenso? ¿La ciencia explica, comprende o intenta explicar o comprender los fenómenos naturales?

En la literatura suelen adoptarse las distinciones Objetividad/Subjetividad/Intersubjetividad, Evolución/Revolución, e Inducción/Deducción como demarcaciones que permiten diferenciar visiones sobre la ciencia. Estas definiciones se relacionan a su vez con aspectos tales como el cambio en el conocimiento científico, el momento y la forma en que se produce progreso en la ciencia, las razones por las cuales avanza la ciencia y el papel de los errores en el progreso científico. En este sentido, aunque con fisuras, los documentos de los Planes 2005 y 2008 se alinean con las ideas de Kuhn y la Nueva Filosofía de la Ciencia. El mayor énfasis en este aspecto se encuentra en el Plan 2008. Y en el sentido de que, en la medida de lo posible, se trata de un proceso de transformación de la ciencia y de la sociedad.

En el programa de Naturaleza de la Materia se afirma que:

La cuestión que guía este desarrollo curricular, es el enfoque de la ciencia como actividad, integrando los procesos cognitivos, epistémicos, discursivos, materiales y sociales. El carácter provisional del conocimiento, orienta la comprensión de la química desde una dimensión práctica, donde la intencionalidad se visualiza en principios coherentes, fundamentados y articulados de intervención educativa. El accionar pedagógico debe dar respuesta a los cuestionamientos del docente en formación, poniendo énfasis en lo epistemológico, estudiando la estructura de los diferentes tópicos, su evolución histórica y los obstáculos en esa evolución. Es importante consolidar un auténtico marco teórico de referencia, aumentando el grado de confluencia de los aspectos epistemológicos, psicológicos (en el sentido de profundizar en la resignificación de constructos en los futuros docentes), didácticos y, por último, de carácter sociopolítico las relaciones química-tecnología-sociedad. La ciencia entendida como actividad humana, es un hecho colectivo, la comunidad científica debe aceptar el cambio de paradigma, y la explicación estaría en el complejo entramado sociológico en que sucede (ANEP, 2004e, p. 1-2).

Este extracto es claro cuando establece que la educación debe ser cuestionada y que las soluciones aportadas por la ciencia con el tiempo deben ser interrogadas, de lo que se deduce que el conocimiento científico es de carácter provisional y, por lo tanto, el texto presenta el conocimiento de una forma no dogmática.

Además, el texto indica este carácter provisional del conocimiento científico y alerta del impacto que el cambio de la sociedad y del ambiente tiene en los “avances” del conocimiento científico-tecnológico (relación ciencia-tecnología-sociedad-ambiente). Los



documentos de Organización Curricular y Programas sugieren, de forma explícita, aunque, una vez más, puntualmente, que el conocimiento científico es una construcción humana y que tiene carácter provisional y evolutivo.

La complejidad se incrementa a partir de la siguiente reflexión:

La Didáctica es una disciplina que encuentra su razón de ser en la intervención de la enseñanza y en su compromiso con la práctica educativa. Comparte con la Pedagogía la responsabilidad de educar a las futuras generaciones de hombres libres, autónomos, solidarios, defensores de la democracia, la justicia y la igualdad social. Con la Psicología intentan recorrer el camino de los aprendizajes significativos, que se sustentan en reflexiones inter-subjetivas sobre el saber, empleando una racionalidad crítica para lograr la necesaria *comprensión* del conocimiento que le aseguren aprendizajes verdaderos (ANEP, 2004j, p. 2).

A lo largo de este segmento en realidad no se define lo que implica verdad o el hecho de que un aprendizaje sea verdadero. Las declaraciones generales del Plan 2008 comparten asimismo una cierta perspectiva asociada a la complejidad y el relativismo al afirmar:

Con respecto a los contenidos estos planes parten de la convicción teórica y la experiencia práctica recogida a nivel nacional e internacional de que el saber debe buscar una integración de los conocimientos disciplinares para aproximarse lo máximo posible, de acuerdo con el nivel que corresponda, a la complejidad del mundo. En este sentido los docentes deben ser conocedores profundos del saber disciplinar para llegar a entender sus vínculos con las demás áreas del conocimiento y poder enseñar las disciplinas desde esa perspectiva de integración. Cuando el docente conoce la estructura epistemológica profunda de lo que debe enseñar así como los procesos puestos en juego en los aprendizajes de los estudiantes, será capaz de desarrollar una mirada crítica sobre sus propios saberes y por tanto abrirlo en todas las direcciones necesarias para mejorar su comprensión del mundo. La complejidad como conocimiento no se logra sólo desde la mirada intuitiva que pretende desentrañar por sí toda la intrincada y oscura complejidad de la vida pues la propia finitud humana lo impide. La complejidad se construye progresivamente desde este conocimiento profundo, con una actitud de vigilancia epistemológica continua y con una mente abierta que desea la verdad (que por supuesto no es alcanzable en forma absoluta). Esta es una de las tareas sustanciales en la formación de grado de los futuros docentes (ANEP-CFE, 2007a, p. 5).

La objetividad de la evaluación se expresa con argumentos similares:

A partir de la tensión entre el cuestionamiento epistemológico actual de la posibilidad de objetividad, y las consecuencias concretas de la evaluación en la vida de las personas se hace necesario buscar mecanismos que permitan por lo menos un acercamiento a la validez, confiabilidad y objetividad en los procesos evaluatorios. La evaluación en clave fenomenológica y crítica propone en este sentido la triangulación entre las miradas que provienen de la heteroevaluación del docente, la autoevaluación del estudiante y la coevaluación subgrupal/grupal (ANEP-CFE, 2007a, p. 87).

Desde una perspectiva ontológica, la "realidad" parece entendida como una construcción y se considera que son los sujetos sociales los que elaboran y dan sentido a los hechos que tienen lugar en la vida social. De acuerdo con el punto de vista epistemológico, el investigador y sus sujetos de investigación se relacionan en un contexto de interacción en el que se produce el conocimiento. Estas dos modalidades (aunque complementarias) son irreductibles. Pero solo una de las modalidades es paradigmática, se trata de la lógica



científica, que emplea categorizaciones, conceptualizaciones y generalizaciones. Al igual que en el contexto de la hermenéutica, la subjetividad se considera como la condición necesaria del conocimiento social.

14. Enseñanza, aprendizaje, actores, contenido, contexto, *curriculum* y práctica

¿Se considera la finalidad de la enseñanza científica en términos de desarrollo de capacidades, de educación, de formación de ciudadanía, o del desarrollo sostenible y cuidado del medio ambiente? ¿Se sugieren abordajes contextualizados o en función de la utilidad social? ¿Se sugiere la discusión de temas polémicos o socialmente controvertidos? ¿Se sugiere utilizar y manipular recursos dentro y fuera del aula? ¿Cómo se concibe la alfabetización científica?

Las relaciones entre Enseñanza/Educación, Teoría/Práctica, Enseñanza/Aprendizaje y Profesor/Estudiante, así como la influencia adjudicada al contenido, el contexto y las interacciones en el marco del *curriculum* y la práctica son otros elementos relevantes desde el punto de vista epistemológico. En lo que refiere a la enseñanza científica los documentos en general consideran tres dimensiones que representan las preocupaciones centrales de la educación en ciencias: finalidades (por qué enseñar ciencia); conocimientos (qué ciencia enseñar); y procedimientos metodológicos (cómo enseñar ciencia). El análisis muestra que es el Plan 2005 el que contiene más elementos explícitos en referencia a estas cuestiones.

Estos elementos están planteados mayormente, en general, en coincidencia con la bibliografía didáctica española de la época, autodefinida como constructivista, a diferencia del Plan 2008 que presenta mayor variación en algunos programas, en particular del Área Química. Este último plan distingue de mejor modo teoría y práctica, enseñanza y aprendizaje en función del historicismo de Kuhn. Los demás elementos se visualizan como entrelazados y de participación necesaria. Se manifiestan diversas preocupaciones por algunos puntos centrales de la educación en ciencias.

En cuanto a la naturaleza y diversidad de las actividades y estrategias de enseñanza sugeridas se propone fundamentalmente la utilización y manipulación de diferentes recursos dentro y fuera del aula, que no se relaciona directamente con la perspectiva teórica de los fundamentos, como ya se dijo anteriormente. En lo que se refiere a la dimensión procedimientos metodológicos (cómo enseñar ciencia), las referencias reconocidas, aun siendo todas explícitas, fueron pocas y sólo identificadas en los programas. Las sugerencias metodológicas proponen tanto la realización de actividades prácticas sin tecnología como con tecnología. Se plantea que el estudiante estará en libertad de establecer diferentes estrategias para responder a las situaciones planteadas. Por ejemplo, en el documento del marco curricular 2008 se indica que el alumno debe ser capaz de "asociar algunos métodos e instrumentos usados al avance científico y tecnológico". Se propone el desarrollo de



procedimientos científicos, la resolución de problemas y la mejora del pensamiento crítico, a pesar de que no se logra entender completamente la relación entre cada uno de estos niveles de expectativas de aprendizaje.

Desde lo estrictamente epistemológico, el programa de Teoría del Conocimiento postula a las teorías de la complejidad como el modo más útil de evidenciar las falacias en torno a la neutralidad y objetividad del conocimiento y hacer científicos, así como para permitir la toma de conciencia respecto de los supuestos epistemológicos implicados en el pensamiento y las prácticas docentes (ANEP-CFE, 2007c, p. 1). En este sentido afirma:

Si bien la reflexión sobre la práctica docente –cualquiera sea el nivel y la especialidad- será constante a lo largo del curso, se abre al final del mismo la posibilidad de reflexionar sobre los diferentes paradigmas educativos pensados en forma explícita, así como las problemáticas que se plantean desde los mismos a la hora de enseñar las diferentes disciplinas y pensar la educación (ANEP-CFE, 2007c, p. 2).

Se puede mencionar aquí también uno de los objetivos planteados en documentos del Plan 2020, que tiende a estimular a través de un *currículum* innovador una renovación del cuerpo de conocimientos de los formadores, superadora de los modelos tradicionales y que incorpore la capacidad de investigación (CFE, 2016a). Se sugiere que la formación debe brindar al profesor un primer acercamiento a los conceptos, capacidades, competencias y abordajes que los estudiantes deben desarrollar.

Para promover la alfabetización científica de los alumnos a través de una educación científica contextualizada y socialmente relevante, Eurydice (2011), por ejemplo, considera esencial que el *currículum* enfatice conexiones con las experiencias personales de los estudiantes y contemple las relaciones entre ciencia y tecnología, como cuestiones de la sociedad contemporánea. En la misma dirección apuntan, entre otros, los informes del Programa para la evaluación de la pobreza (PISA) y la Comisión Europea (European Commission, 2016; De Miguel et al., 2006; Mayorga y Madrid, 2010; Diestro y Valle, 2015), que advierten de la escasa alfabetización científica de los alumnos y de los ciudadanos en general. En la región y en el ámbito particular de la formación inicial en química existen de igual manera alertas en el sentido de la contextualización en materia de enseñanza (Pereira y Kiill, 2015). De acuerdo con las preocupaciones de la comunidad educativa acerca de la educación científica, muchos países, incluyendo Uruguay, han tratado de diseñar y poner en práctica reformas curriculares a fin de promover la formación científica de los estudiantes / ciudadanos, en cuanto a aumentar las capacidades de usar el conocimiento científico adquirido en la escuela en contextos de la vida cotidiana, preparándolos para el ejercicio de la ciudadanía activa y consciente.

En vista de los supuestos anteriores, es necesario también analizar si las directrices curriculares expresadas en los Documentos Oficiales reflejan y traducen las



recomendaciones nacionales e internacionales y si de ellas emanan líneas de orientación que suministren a los profesores indicaciones explícitas que les permitan, en el aula, implementar prácticas pedagógicas promotoras del desarrollo de la alfabetización científica de los alumnos (Ens y Stiegler, 2015). En este contexto, la perspectiva CTSA se venía imponiendo, como ya se mencionó, como una metodología de enseñanza capaz de promover la deseada alfabetización científica en los alumnos. La teoría y las necesidades de la práctica tendrán que buscar un necesario y difícil equilibrio, afirma el Diseño Curricular de 2005. Y en el Plan 2008 se propone el abordaje de diversidad de contenidos CTSA y relativos a la naturaleza del conocimiento científico-tecnológico, de acuerdo a la perspectiva de Izquierdo (1996).

15. Relaciones ciencia-tecnología-sociedad-ambiente

En relación al análisis de documentos resulta trascendente definir si se abordan las relaciones **ciencia-sociedad** y **ciencia-tecnología** y de qué forma. ¿Se manifiesta la influencia recíproca entre los avances científico-tecnológicos y los cambios socioambientales? ¿Se privilegia la exploración de los contenidos de otros campos del saber donde se exige la comprensión de las interacciones CTSA? ¿Se sugiere explorar dichas relaciones?

El paradigma didáctico de la enseñanza de las ciencias, que enfatiza la educación CTSA, se ha enfrentado con un problema adicional, no sólo de enseñar ciencia, sino también de enseñar acerca de la naturaleza de la ciencia (historia, filosofía, sociología, etc.) y de las relaciones que se establecen entre ésta y la tecnología, la sociedad y el ambiente. En este sentido, varias investigaciones en el ámbito de la educación CTSA (Fernandes y Píres, 2013; Prieto et al., 2012) se han preocupado por cuestiones como: ¿Por qué enseñar ciencia? ¿Qué ciencia enseñar? ¿Cómo enseñar ciencia?, que, a entender de estos autores, deben orientar la construcción del *currículum* en estas materias.

En ambos Planes se identificaron informaciones explícitas, aunque puntuales, relativas a las relaciones recíprocas que se establecen entre la ciencia y la tecnología y sus influencias en la sociedad. En el Plan 2005 el contexto es definido como importante, así como el mundo cotidiano, lo histórico y epistémico, la sociedad y la tecnología, con énfasis socioambiental. También se apuntan la importancia de la relación ciencia-tecnología-sociedad y la relación con el medio en el documento principal del Plan 2005.

La perspectiva CTSA está contemplada tanto en las metas, como en los programas, aunque no aparezca con igual representatividad en lo que se refiere a las tres dimensiones consideradas (finalidades, conocimientos y procedimientos metodológicos) y no siempre esté presente con el mismo grado de explicitación. Los documentos contemplan algunos aspectos relacionados con la perspectiva CTSA, sobre todo, en lo que se refiere a la necesidad de discutir los temas científicos en función de su utilidad social y la necesidad de evidenciar las



relaciones recíprocas entre la ciencia y la tecnología, así como la importancia de contextualizar la enseñanza de las ciencias, realzando las ventajas del conocimiento científico-tecnológico (otra alusión al *ethos* científico de la visión heredada de la ciencia). En el Programa de Didáctica I se afirma al respecto:

Las influencias socioculturales y económicas de todos los actores de la educación, junto a la acelerada evolución del conocimiento requieren de reflexiones colectivas y cooperativas. El docente ya no puede enfrentar las prácticas educativas cotidianas desde una visión individual con la seguridad de otros tiempos. Hoy se requiere pensar juntos, analizando las situaciones de aula con profundidad y rigor científico que permitan encontrar las alternativas esperadas. Estas permitirán a los estudiantes de hoy (hombres y mujeres del mañana) ser conscientes de su naturaleza humana, del lugar que ocupan en la sociedad, ser sensibles, solidarios y reflexivos para impedir cualquier forma de dominación sobre ellos, firmes en la búsqueda de una vida digna en una sociedad más justa (ANEP, 2004j, p. 1).

El Plan 2008 “enfatisa el uso de la perspectiva CTS en lo actitudinal con el fin de fomentar la detección de cuestiones problemáticas, la creatividad personal, la toma de decisiones entre otros” (ANEP-CFE, 2007a, p. 6). Sin embargo, todavía son poco explorados y evidentes los aspectos relacionados con la naturaleza de la ciencia, en particular las relaciones recíprocas ciencia-sociedad-ambiente, o con el carácter transitorio del conocimiento científico y los condicionamientos inherentes a su construcción (aspectos relacionados con el trabajo de los científicos, que tienen que ver con sus características y sus valores éticos y morales, con las cuestiones éticas y morales que el trabajo científico involucra o, incluso, con las presiones que pueden sufrir o con el compartir datos, etc.). En relación a la discusión de temas polémicos relacionados con los avances científico-tecnológicos sólo se sugiere el planteo de situaciones en que diferentes realidades sociales estén en el origen de nuevos “descubrimientos” científicos e innovaciones tecnológicas; o el abordaje de las ventajas y los límites del conocimiento científico-tecnológico, así como sus impactos en la sociedad y el ambiente. La referencia a la importancia de los aspectos éticos ocupa un espacio escaso, aunque está presente con cierta centralidad en la fundamentación del Programa de Teoría del Conocimiento y Epistemología (ANEP-CFE, 2007c, p. 1).

El programa referido de Didáctica I, por ejemplo, propone llevar a cabo, en el laboratorio, actividades, excursiones, etc., prácticas experimentales para evidenciar el funcionamiento de las relaciones CTSA (ANEP-CFE, 2007a). Se afirma que es necesario dar prioridad al aprendizaje de conceptos que sean importantes y relevantes para las necesidades de los alumnos, para el progreso social y para el bien común, centrando la enseñanza en temas científicos socioambientales relevantes y controvertidos; en el sentido de que el conocimiento científico de los conceptos se brinde a partir de ejemplos del día a día, vinculando el conocimiento científico al conocimiento de la vida cotidiana, para comprender el mundo en su entorno de globalidad y complejidad; y valorar los aspectos epistemológicos y sociológicos de la construcción de la ciencia, llevando a los alumnos a



confrontar las explicaciones científicas con el sentido común. En cuanto a la dimensión finalidades (el por qué enseñar ciencia), ambos Planes tienen bastantes referencias que fomentan el desarrollo personal (capacidades, actitudes y valores) y social (educación para la ciudadanía, sostenibilidad y ambiente) de los alumnos, de forma bastante clara y predecible. Se indica que se busca el desarrollo de decisiones conscientes, informadas y argumentadas ante las consecuencias de la acción humana en el ambiente.

El texto es explícito en cuanto a la intención de evidenciar las relaciones recíprocas entre la ciencia y la tecnología, pues pretende que se den indicaciones claras de que la aparición de nuevos métodos e instrumentos de trabajo depende del avance científico y tecnológico (relación ciencia-tecnología). En lo que concierne al por qué enseñar ciencia, se señala la gran meta educativa del enfoque ciencia-tecnología-sociedad-ambiente. No obstante lo mencionado, los documentos proporcionan poca información u orientación metodológica sobre cómo enseñar ciencias en la perspectiva CTSA, no ayudando a los profesores a poner en práctica estrategias y actividades de enseñanza que fomenten la concreción de estas metas.

En suma, se reconoce la influencia recíproca entre los avances científico-tecnológicos y los cambios socioambientales. En lo referente a la dimensión finalidades ambos Planes son claros en cuanto al desarrollo social de los alumnos, alertando sobre las consecuencias de la acción humana en el ambiente y la necesidad de su protección, promoviendo el desarrollo de conciencia ecológica, así como la educación para la ciudadanía y la sostenibilidad, aunque se restrinjan a escala local.

16. Ciencia pura, aplicada, tecnología y tecnociencia

¿La ciencia y la tecnología tienen interacciones y generan impactos recíprocos? ¿Las ideas científicas son afectadas por el contexto social e histórico? Para determinar de qué forma responden los documentos analizados a preguntas tales como estas, se debe indagar sobre el papel que se adjudica a las ciencias y las tecnologías.

Como se ha visto, tanto el Plan 2005 como el Plan 2008 parecen moverse en el mismo nivel en su comprensión de las interacciones entre ciencias, tecnologías y sociedad. Si bien las ideas sobre estas cuestiones se presentan ligeramente desorganizadas, aparecen diferenciadas a distintos niveles y se encuentran mezcladas con elementos estrictamente técnicos en la mayor parte de los casos (en especial para los programas del Área Química del Plan 2005). Ambos Planes definen a la docencia como una función social diferenciada, una actividad que requiere formación profesional específica. En consecuencia se postula que la modificación en las prácticas de enseñanza (aunque en general los documentos refieren a estas como prácticas educativas) tendrá como finalidad la transformación social, por

contraposición directa al mantenimiento y reproducción. Por ejemplo, en el Programa de Didáctica I del Plan 2005 se afirma:

A través del análisis crítico, asumen riesgos y responsabilidades para asegurar cambios con ritmos pautados por la reflexión y la acción, conscientes de sus prácticas, de la comprensión de las mismas y de los valores que intervienen en el proceso de su hacer pedagógico (ANEP, 2004j, p. 1).

Este proceso tiene como metas establecer una formación para la ciudadanía, la igualdad de oportunidades y el acceso a la cultura (en este caso científica). Estos elementos están en línea con la necesidad de mejorar la alfabetización científica.

El programa de Naturaleza de la Materia, propone:

Pensar la enseñanza de la química desde nuevas orientaciones, dejando atrás el enfoque tradicional centrado en la disciplina, implica un desafío para los docentes. Las nuevas orientaciones, dedican especial atención en los aspectos contextuales de la química, su vinculación con el mundo cotidiano, las relaciones con la sociedad y la tecnología, así como también a los aspectos epistemológicos e históricos (ANEP, 2004e, p. 2).

Por su parte, resulta un aspecto de interés que las TIC son vistas como meramente instrumentales, teniendo la función de ser “herramientas”. Aunque poco frecuentes, como ya se dijo, en la totalidad de los episodios identificados en los documentos oficiales analizados, los programas recomiendan el uso de diferentes recursos y fuentes de información.

Descripción general de hallazgos

En cuanto a los principios epistemológicos, estos no aparecen explícitamente en la mayoría de documentos curriculares analizados, más allá de algunas menciones aisladas en distintos apartados de la fundamentación, cuando esta existe. Este tipo de ausencias, para Mora (2015), podría reducir la enseñanza al simple adiestramiento en prácticas específicas que estarían desprovistas de fuertes anclajes teóricos, epistemológicos y hasta culturales.

Plan 2005: Argumentación post-positivista en general, con elementos que se afirman como típicamente constructivistas, tanto kuhnianos como toulminianos y ocasionales referencias a Prigogine y otros autores de lo que se ha llamado epistemología de la complejidad. No obstante, subsisten elementos que pueden identificarse con la visión heredada de la ciencia. Los documentos realzan los cambios en las condiciones de vida de las personas (hábitos, estilo de vida, creación de nuevos recursos, etc.) relacionadas con los avances tecnológicos a lo largo de los tiempos y el papel del docente como profesional. La estructura de los programas se define básicamente en base a objetivos a cumplirse en los programas del área Didáctica y en base a temas en los del área Química.

Principales elementos explícitos:

Los principales elementos explícitos presentes en los documentos y anexos del Plan 2005 son la interdisciplina como nueva significación del conocimiento, las relaciones teoría-práctica lingüística (campo de la lingüística definido como instrumental), el abordaje integral del conocimiento (área vs. disciplina, en espiral). Al mismo tiempo se habla de formar “especialistas en la disciplina” y de la “construcción epistemológica de la disciplina”. Sin embargo se constituyen áreas de conocimiento en Ciencias Sociales y Naturales, y se apuesta a una construcción reflexiva del campo de conocimiento, con la complementación entre teoría y práctica de cara al abordaje de una malla curricular, que se supone flexible. Se trata de un modelo fundamentalmente centrado en la gestión descentralizada y la regionalización, donde Epistemología aparece como materia en el tercer año.

En el documento madre de Marco Curricular y los programas de este Plan se citan profusamente como fundamentos los siguientes autores: Abbagnano, Apel, Ausubel, Ávalos, Bobbio, Bolívar, *Bruner*, Coll, Cullen, Díaz-Barriga, Fenstermacher, *Gardner*, Gimeno-Sacristán, Giroux, Hidalgo, Izquierdo, Litwin, Osborne, Perrenoud, Pozo, Rivas, Sanmartí, *Skinner*, *Vigotsky*, Tenti-Fanfani, Vaz-Ferreira, Watson, sin referencia a textos específicos. Además se mencionan las siguientes obras: “Corrientes didácticas contemporáneas” de Alicia Camilloni (Camilloni, 1997), “Construir y enseñar ciencias experimentales” de Mario Carretero (1996), “¿Qué es esa cosa llamada ciencia?” de Chalmers (Chalmers, 1994), “La transposición didáctica” de Yves Chevallard (Chevallard, 1994) y “Las desventuras del conocimiento científico” de Klimovsky (Klimovsky, 1994), si bien el documento no incluye bibliografía. Otros autores (ej. Rivas) aparecen simplemente nombrados de forma confusa.

Principales elementos implícitos:

Si se consideran los documentos por separado, se observa que, en lo que se refiere al por qué enseñar ciencia, en los documentos de marcos curriculares se evidencian sólo algunos episodios que refieren a esta cuestión, aunque todos explícitos, que corresponde a un porcentaje reducido del total de episodios identificados, mientras que en los programas se encuentran más episodios, de los cuales la mayor parte son explícitos y muy pocos están implícitos. Se apunta al desarrollo de capacidades, aunque persiste una estructura orientada temáticamente, fundamentalmente en los programas del área Química. La orientación del área Didáctica se construye de modo preferente en base a problemas.

Plan 2008: Argumentación post-positivista en general, con elementos típicamente constructivistas, tanto kuhnianos como toulminianos y ocasionales referencias a Prigogine y otros autores de lo que se ha llamado epistemología de la complejidad. La relación entre los elementos de los documentos de marco curricular y los elementos de las Mallas de Aprendizaje no se aborda ni explica en forma detallada.



Principales elementos explícitos:

El documento de Marco Curricular del Plan plantea una fuerte relación entre epistemología, profesión docente y enseñanza. En el programa de Epistemología del Plan 2008 se postulan como objetivos: conocer (este verbo refiere en general al positivismo) los conceptos básicos de la epistemología contemporánea, promover la reflexión acerca del lugar que se le otorga a la ciencia como forma validada de producción de conocimiento en nuestra sociedad, problematizar sobre el conocimiento pedagógico y su naturaleza epistemológica. Es importante destacar que este documento ha sido la referencia epistemológica durante los últimos diez años y que las instituciones y los profesores han hecho esfuerzos para incluirlo en sus prácticas curriculares.

Con todo, en relación a estos aspectos, el programa de dicha asignatura del tercer año de la formación docente, es el más explícito, como resulta evidente de su temática, y muestra un predominio del discurso más clásico sobre la complejidad, con menciones expresas a Morin (1999) e intentos de justificación de esta orientación en contraposición con los autores clásicos (Popper, Kuhn, Lakatos, sin indicación de obras ni fechas en el texto del documento), lo cual también es un punto de interés entre los docentes a cargo de la asignatura, pero el debate está lejos de resolverse (CFE, 2018h, entre otros). Se trata de una introducción a los modos y la naturaleza de la producción de conocimiento, que está enmarcada filosóficamente y si bien no pretende ser un abordaje desde las ciencias de la educación ofrece herramientas para la problematización de discursos, prácticas y dispositivos. Este es un debate que permanece vivo entre los docentes que actualmente dictan la asignatura, donde una minoría provienen de las Ciencias de la Educación y el resto son profesores de Filosofía.²⁵ A modo de ejemplo, una posición gnoseológica explícita:

Es necesario entonces problematizar la noción de “razón” en tanto capacidad humana que ha posibilitado la comprensión y la interpretación y –siguiendo a Morin– su posible patología, la “racionalización”, es decir la obsesión de querer comprender y explicar el “Todo” desde un único sistema que se ve a sí mismo como “racional” y entiende a otras formas de comprender como “irracionales” y por tanto no válidos. Por ello la incorporación de “racionalidades”: reflexionar sobre una razón que puede aceptar el plural y que se posibilita en el pensar desde dentro de estas racionalidades (ANEP-CFE, 2007c, p. 2-3).

También se menciona el concepto de pos-ciencia y se integran múltiples dimensiones relacionadas.

En cuanto al problema del conocimiento científico se toman varias perspectivas para el análisis, partiendo de la fenomenológica (Hartmann), con una realidad fundamentalmente simbólica y un conocimiento que es comprensión e interpretación, con predominio del

²⁵Esta controversia deriva en los debates (no sólo políticos sino también técnicos) en torno a la adscripción de la Epistemología como materia de la formación docente, que actualmente depende exclusivamente del Área Sociológica del Departamento de Ciencias de la Educación y no del Departamento de Filosofía, el cual la reivindica para sí, no aceptando la concesión de un régimen de dependencia compartida. Este debate se relaciona con otro bastante candente entre holismo y especificidad en este colectivo de docentes (ver Declaración de la Sala de Filosofía del 19 de setiembre de 2018, CFE, 2018h).

concepto de “giro lingüístico”, que establece nuevos sujetos a través de la intersubjetividad y las comunidades de comunicación. De cualquier forma se menciona que es sólo un punto de partida, se insta a considerar autores más contemporáneos y se propone trabajar sobre el eje de la relación pensamiento-lenguaje-realidad-verdad, no existiendo acuerdo entre los propios docentes sobre privilegiar aspectos ontológicos o metodológicos, existiendo diferencias en torno a qué aspecto priorizar (CFE, 2018h, entre otros). Aunque estos profesores formadores expresan que la alineación es importante, relativizan su valor como buena o mala práctica.

En cuanto a modelos epistemológicos, se propone trabajar fundamentalmente Kuhn y en menor medida Popper. La evaluación propuesta pretende una “*elaboración crítica y reflexiva*” aunque a partir de tareas tradicionales, que muestren “*evidencia de aprendizaje*”. En la bibliografía se presentan predominantemente perspectivas marxianas o kuhnianas, si bien se recogen también por su importancia autores clásicos como Bachelard, Piaget, Hempel, Carnap, Bunge, Russell, Popper, Lakatos, Nietzsche, Foucault, Feyerabend, Gadamer, Habermas y contemporáneos como Morin, Prigogine (centrado en los sistemas complejos) y Varela (una visión enactiva). Constituyendo una buena muestra en clave histórica donde se notan solo las ausencias de Laudan y Toulmin, así como la de autores neorrealistas y neoesencialistas. Finalmente, los autores semanticistas no parecen contemplados por la bibliografía, y aunque se menciona el papel del “giro lingüístico” y la relación “pensamiento-lenguaje-realidad” en la definición, ya clara o difusa, del concepto de “verdad”, la matriz del resto del texto es típicamente kuhniana y no semántica (ANEP-CFE, 2007c, p. 1).

Los programas del área Didáctica, por su parte, determinan las operaciones suficientes y necesarias para solucionar diferentes tipos de problemas prácticos, pero no definen sus bases epistémicas con claridad. En el caso de la Didáctica del último año se afirma que se abordan los siguientes tópicos epistemológicos, lo que ha sido escasamente modificado si se comparan los Planes 2005 y 2008:

Concepción de Ciencia y Tecnología, Origen de algunos conceptos utilizados en Química, Historia disciplinar en un abordaje epistemológico, Fenómeno – Modelo, Enfoque Ciencia Tecnología y Sociedad. Estudio de casos, Análisis de Textos de la asignatura, Educación en la diversidad, El currículo oculto y la evaluación.

Sin embargo este listado constituye la única mención a estos contenidos en el desarrollo del programa y no se fundamenta su inclusión en ninguna parte. En el programa de Didáctica II no hay mención a contenidos epistemológicos y no parece traducirse de su contenido ningún énfasis particular en estos aspectos.

En el caso de la mayoría de las materias del Área Química, cuya inclusión en este análisis responde a la necesidad de contraste con las anteriores, los documentos no



Maestría en Enseñanza Universitaria

Comisión Sectorial de Enseñanza
Área Social y Artística
Consejo de Formación en Educación



UNIVERSIDAD
DE LA REPÚBLICA
URUGUAY



comisión sectorial
de enseñanza



Facultad
de Humanidades
y Ciencias de la Educación



Consejo de
Formación en
Educación

presentan una perspectiva epistemológica explícita ni aun fácilmente identificable. El programa de Bioquímica, por ejemplo, no presenta fundamentación aunque se advierte durante su lectura que pretende seguir un orden lógico en términos de nivel de complejidad creciente en las temáticas, si bien existen discontinuidades, una de las mayores entre las unidades IX y X. Se trata de una colección de segmentos articulados con temas aislados de otra índole. La situación se reitera en la mayor parte de estos documentos programáticos. Su armado refleja una visión tradicional y sólo se describen contenidos. Estos documentos todavía valorizan poco los aspectos relacionados con la naturaleza de la ciencia, sobre todo las relaciones recíprocas ciencia-tecnología-sociedad-ambiente.

El Documento madre de Marco Curricular de este Plan no presenta bibliografía. En los programas de este Plan se citan profusamente como fundamentos los siguientes autores: Abbagnano, Apel, Ávalos, Bobbio, Bolívar, Chalmers, Cullen, Fenstermacher, Giroux, Hidalgo, Izquierdo, Perrenoud, Sanmartí, Tenti-Fanfani, Vaz-Ferreira y las obras: “Adquisición y retención del conocimiento” de Ausubel (Ausubel, 2001), “Corrientes didácticas contemporáneas” de Alicia Camilloni (Camilloni, 1996), “Constructivismo y educación” de Mario Carretero (Carretero, 1993), “La transposición didáctica” de Yves Chevallard (Chevallard, 1991), “El constructivismo en el aula” de César Coll (Coll, 1996), “Didáctica, aportes para una polémica” de Díaz-Barriga (Díaz-Barriga, 1995), Gimeno-Sacristán (Gimeno-Sacristán y Pérez, 1993), “Las desventuras del conocimiento científico” de Klimovsky (Klimovsky, 1994), “Las configuraciones didácticas” de Edith Litwin (Litwin, 1997), “El aprendizaje de las ciencias” de Osborne (Osborne, 1991) y “Nuevas formas de pensar la enseñanza y el aprendizaje” de Ignacio Pozo (Pozo, 2005).

Principales elementos implícitos:

Se aspira a una enseñanza de carácter psicologista-sociologista, con fuertes elementos de gestión del aprendizaje y la evaluación, aunque en el Plan 2008 comienzan a vislumbrarse también influencias de escuelas francesas (competencias) y catalanas, las que predominarán en los documentos del Plan 2020. Estas competencias se vinculan y están al servicio fundamentalmente de la didáctica y la evaluación, para potenciar las capacidades de los estudiantes surgidas en los procesos de aprendizaje (ANEP-CFE, 2007a).

Plan 2020: Se abren múltiples interrogantes: ¿En qué ámbitos se produce saber pedagógico? ¿Cómo adquiere estatuto de saber la experiencia? ¿Qué reglas epistémicas convierten los conocimientos de la práctica en teoría pública? ¿Quién tiene legitimidad para producir saber pedagógico? ¿Qué lugar le cabe a las universidades pedagógicas?

Tanto los Marcos Curriculares como los Programas hacen recomendaciones limitadas, es decir, proporcionan poca información acerca de los conocimientos/contenidos considerados esenciales para los alumnos. Es posible establecer relaciones claras con el SUNFD 2008 y el Diseño Curricular 2005. Todos los documentos de diseño curricular valoran predominantemente la dimensión final (por qué enseñar ciencia), seguida de las dimensiones



conocimientos (qué ciencia enseñar) y procedimientos metodológicos (cómo enseñar ciencia), siendo esta última dimensión apenas valorada en los Programas. En relación a la estructura de los documentos generales del Plan 2020, la misma se presenta orientada en forma holística, estableciendo categorías amplias para enmarcar los contenidos (CFE, 2016a). En los documentos de trabajo del área química se advierte una alteración de esta orientación en algunos casos, para pasar a una definición meramente temática o por temas-problema (CFE, 2018f), que conserva la línea de los planes anteriores. En este contexto la nueva propuesta pretende aumentar las horas de Didáctica y establecer nuevas instancias de conexión con la práctica pre-profesional donde se espera que se creen y movilicen saberes, pero con lógica de aplicación no estructurada.

En el área Epistemología también se conservan los contenidos²⁶ (con reducción del tiempo disponible de un año, en segundo, a sólo un semestre, en tercero), pero se modifica el nombre por “Construcción de los saberes y su incidencia en la enseñanza”, lo cual es un punto discutido tanto por el Área Sociológica como por el Departamento de Filosofía, pues se afirma que este nombre no refiere a lo que abarca en realidad el programa y desdibuja la identidad de la disciplina, ya tensionada por la lucha entre docentes con distinta formación, como se ha visto. Asimismo se debate si los docentes de esta materia deberían depender del Departamento de Ciencias de la Educación o directamente del Instituto a crearse. En lo estrictamente conceptual, este colectivo ha discutido la pertinencia de la enorme complejidad de la malla curricular prevista, en tanto constituye un mosaico fragmentado y no una estructura integrada (CFE, 2018h, entre otros).

Autores y obras citadas: “Compétences et socioconstructivisme” de Philippe Jonnaert (Jonnaert, 2002), “Diez nuevas competencias para enseñar” de Philippe Perrenoud (Perrenoud, 2007), “Pedagogía de la Integración” de Xavier Roegiers (2008), “Desarrollo de un programa por competencias” de Tardif (Tardif, 2008) y “Los siete saberes necesarios para la educación” de Edgar Morin (Morin, 1999). Autores como Perrenoud y Morin predominan en los documentos generales (a través del concepto de competencia vertido y las teorías de la complejidad) en tanto que en el área química se advierte un predominio de autores menos clásicos, identificados con la corriente constructivista francesa, si bien periféricos, como Roegiers (Bélgica) y Jonnaert (Quebec).

²⁶Se debate mucho entre los docentes de esta asignatura, no en relación a los contenidos sino al enfoque de los mismos, dado que algunos piensan que se debe priorizar la epistemología de las ciencias de la educación además de los tópicos básicos, y sus colegas opinan que esto conspiraría contra el papel de la materia como metaconocimiento o metateoría y recortaría la posibilidad de inducir un cierto distanciamiento que permita reflexiones complejas de los estudiantes.

CAPÍTULO 4

ANÁLISIS DE LAS CONCEPCIONES SOBRE LA NATURALEZA DE LA CIENCIA EN ESTUDIANTES Y DOCENTES FORMADORES

Presentación

Con el propósito de obtener información acerca de las diversas concepciones de los estudiantes con respecto a la ciencia, en una primera fase del relevamiento, al inicio del año lectivo (marzo-abril), se les solicita respuestas escritas y en entrevista sobre los tópicos investigados en este nivel de análisis. En esta primera etapa se consulta a los alumnos sobre temas generales y luego se abordan las temáticas de naturaleza, origen y evolución de las ciencias y de sus entidades teóricas, conocimiento científico, negociación social, relación ciencia-tecnología-sociedad-ambiente (CTSA), acuerdos y controversias en la comunidad científica, relaciones causa-efecto y verdad-error, materialidad, método científico, contextos de descubrimiento y justificación, creatividad e invención, e impactos y tradiciones culturales y sociales de la labor científica.

Durante la segunda etapa, al término del año lectivo (setiembre-octubre), en base al análisis de las respuestas brindadas inicialmente, se formulan preguntas que abordan aquellos aspectos de mayor interés, a saber: método y entidades teóricas. En este momento también se consulta a los docentes formadores sobre su adhesión epistemológica (Anexo B, 2.3).

1. Negociación social, acuerdos y controversias en la comunidad científica

Durante la primera etapa de indagación, se presenta a los estudiantes una serie de aserciones sobre el papel de la comunidad científica y sus acuerdos, basados en categorías empíricas y orientadas fundamentalmente a definir algunos aspectos de la concepción sobre dicha comunidad (Anexo A, Bloque 6). Los resultados se muestran en la Tabla 10 donde se visualizan como posturas mayoritarias la comprensión de que existe una cierta capacidad de interacción y el reconocimiento de que “se puede trabajar en equipos multidisciplinarios” (Estudiante 4A1), o al menos que los saberes de diferentes áreas pueden vincularse o complementarse, con la noción de que la comunidad científica es un ámbito de permanente debate donde se produce el desarrollo y crecimiento del conocimiento: “cada una [de las ciencias] explica sus cosas desde su punto de vista, la física puede explicar interacciones pero no los compuestos y asimismo la química y física no pueden explicar cosas y relaciones como la biología” (Estudiante 28A1).



Tabla 10. Concepciones sobre el papel de la negociación social y las comunidades científicas.

Afirmación seleccionada	Estudiantes (%)
Los químicos trabajan de una manera lógica, para que sea más fácil escribir su informe o publicación de una manera lógica.	6
Los artículos NO se escriben necesariamente de una manera lógica. Se escriben de la misma manera en que se hizo el trabajo. Esto puede ser complicado o sencillo.	4
El nuevo conocimiento científico adquiere su credibilidad a través del reconocimiento por muchos científicos el campo.	27
A través de la discusión y debates entre químicos, las teorías científicas mejoran.	33
El conocimiento científico válido requiere el reconocimiento de los científicos en diversos campos.	87
La discusión, los debates y el intercambio de resultados en la comunidad científica es uno de los principales factores que facilita el crecimiento del conocimiento científico.	85
El proceso de exploración en la química es individual y depende mayormente de esfuerzos personales.	10
Los científicos acuerdan sobre un conjunto de estándares aceptables con los que evalúan los hallazgos científicos y examinan los hallazgos de otros.	42
Los científicos comparten algunas perspectivas acordadas y formas de realizar investigaciones.	31
Cuando los científicos clasifican algo (por ejemplo, una planta de acuerdo con sus especies o una estrella según su tamaño), están clasificando la naturaleza tal como realmente es; cualquier otra manera sería simplemente errónea.	10
Podrían existir diversas formas correctas de clasificar la naturaleza, porque la ciencia es susceptible de cambiar y los nuevos descubrimientos pueden llevar a nuevas clasificaciones.	67
Nadie sabe cómo es realmente la naturaleza. Los científicos clasifican de acuerdo con sus percepciones o teorías. La ciencia no es exacta, y la naturaleza es muy diversa. Por tanto, los científicos podrían usar más de un esquema de clasificación.	29
Las clasificaciones se ajustan a cómo es realmente la naturaleza, ya que los científicos las han probado a lo largo de muchos años de trabajo.	8
Las clasificaciones se ajustan a como es realmente la naturaleza, ya que los científicos usan las características observables cuando clasifican.	29
<i>Existe un conjunto de estándares para evaluar y examinar los hallazgos. Comparten perspectivas acordadas y formas de investigar.</i>	2
<i>A través de la discusión y debates, las teorías científicas mejoran. Existen diversas formas de clasificar, porque la ciencia cambia con los nuevos descubrimientos.</i>	2
<i>Existen diversas formas correctas de clasificar, porque la ciencia cambia.</i>	2
<i>Los datos y resultados se procesan durante y al final del trabajo para obtener un informe o artículo adecuado. Existen otras formas correctas de clasificar.</i>	2
<i>No estoy segura si sea tan así que se comparten algunas perspectivas acordadas y formas de realizar investigaciones. Pienso que para algunos casos es válida la afirmación de que podrían existir diversas formas correctas de clasificar la naturaleza, en algunos casos la ciencia cambia o se descubren nuevas cosas que llevan a nuevas clasificaciones.</i>	2
<i>La evolución social es un conjunto de cambios y transformaciones que sufren los colectivos (entre ellos las comunidades científicas) a lo largo del tiempo, y ocurre en la medida que los sujetos puedan adaptarse a su entorno en todos los sentidos.</i>	2
<i>Es cuando los seres se colocan y logran una actitud crítica para mejorar, por ejemplo, las relaciones entre ellos, que la comunidad científica funciona. Ocurre también entre las personas comunes cuando se accede a una mejor educación en buenas condiciones de vida (vivienda, alimentación y recreación). El desarrollo permite obtención de productos con menor tiempo y costo, mejor relación entre habitantes, formación de comercio, lo que permitió que el estado lograra mejorar en educación, comunicación, medios de transporte, etc.</i>	2
<i>La exploración en ciencia depende de esfuerzos individuales. Lleva mucho trabajo y dedicación, la mayoría de los científicos renuncia a otras actividades de su vida, para conseguir un objetivo.</i>	2
No responden	4

Sobre un total de 48 estudiantes de primer año. Aquellas afirmaciones que representan la opinión de un solo individuo aparecen en cursiva.

En las entrevistas iniciales, se plantearon a los alumnos dos controversias científicas, donde frente a los resultados de iguales experimentos y teniendo a disposición los mismos datos, se arriba a conclusiones diferentes por parte de distintos (grupos) científicos (Anexo B, 2.1). En las respuestas de los estudiantes más jóvenes, sin experiencia docente, tanto de aquellos con formación universitaria incompleta o sin otra formación, pueden hallarse elementos que remiten efectivamente a problemas de interpretaciones, teorías y creencias diversas. Las siguientes respuestas, que se consideran representativas de las brindadas en este segmento, ilustran este punto:

Y, ahí también entra en lo que es la interpretación que cada uno le da, porque vos podés experimentar y obtener, no sé, otros resultados pero también importa mucho cómo vos interpretás esos resultados (Estudiante 11A1).

Las diferentes conclusiones son posibles debido a que los datos están siempre sujetos a interpretación y especulaciones, la metodología científica contribuye a una interpretación de la realidad más objetiva, pero eso no quiere decir que esté exenta de interpretaciones (Estudiante 2B1).

Y, la ciencia en sí no es exacta, entonces unos pueden obtener un resultado y otros, otro. Pero desde mi opinión personal yo creo que el universo puede seguir en expansión todavía. O sea no soy científico pero apoyo por decirlo así, la expansión. Nadie sabe cómo es realmente. Puede influir varios... interpretación, sí, porque algunos lo pueden interpretar de una manera y otros de otra, pero también las creencias creo yo que debe ser de lo que más influye. Porque algunos pueden creer que sí, que se contrae, aun viendo los mismos datos pueden creer y otros pueden negarse, aunque todos muestren entusiasmo con sus planes de una mejora por medio de ver cuál teoría tiene más base (Estudiante 7C1).

Se pueden basar en diferentes teorías luego de analizar resultados (Estudiante 11C1).

Consultados sobre la influencia que podrían tener otros científicos o eventualmente personas ajenas a la comunidad sobre el trabajo profesional de un investigador o el contenido de los descubrimientos, los estudiantes manifiestan dos posturas básicas. La primera (ampliamente mayoritaria) es que no se reciben influencias, salvo en el caso de colegas científicos con fundamentos racionales, opiniones autorizadas que se ofrecen por parte de otros miembros de la comunidad familiarizados con el tema, en particular al analizar sus producciones. La segunda apunta a una influencia de la sociedad en base (fundamentalmente) a los medios de financiamiento de la investigación o en perspectiva CTSA.

En la segunda etapa de entrevistas (Anexo B, 2.2) no se pregunta explícitamente sobre estas cuestiones, pero de la lectura y el análisis de las respuestas brindadas por los estudiantes de primer año sobre otros tópicos, no se advierte que exista un cambio de posicionamiento. Ejemplo de esto son las razones esgrimidas para justificar la selección de unas teorías frente a otras y la dificultad de aceptar que dos teorías sean utilizadas por los científicos de manera simultánea (Sección 2). Entre los alumnos de cuarto año, por su parte, predomina la visión de que la comunidad contribuye al avance, crecimiento y mejora en las teorías (79%, 19 individuos), más que determinar su validez de modo estrictamente convencional (42%, 10 individuos). Un 29% (7 individuos) resalta además el papel de la comunidad disciplinar en el reconocimiento (por medios racionales) del conocimiento científico.

En relación a los docentes formadores, puede advertirse una visión optimista respecto de la comunidad científica, en línea con un compromiso social del científico con el avance y la mejora de las condiciones de vida de las personas, cuyo testimonio más representativo es quizás la afirmación de que el científico “**no sólo** está para investigar cosas raras, sino para servir a la comunidad” (Docente 2), dando a entender una concepción de pertinencia social respecto a la investigación. Finalmente, en el discurso de estos docentes justificando en

términos rotundos su decisión de tomar partido por esta concepción, es la ciencia la que asume esta cooperación como éxito suyo, en sentido heroico, sin dudas, lo que fortalece su *ethos* de cierta forma.

Durante la primera etapa, se presenta también a los estudiantes una situación hipotética pero realista donde se ponen en juego una serie de creencias y valores, los que resultan movilizados frente a un tema socialmente controvertido (Anexo A, Bloque 9). La mayor parte de las respuestas (79%, 38 individuos) apuntan a identificarse con el científico A (religioso y crítico de la investigación que se lleva a cabo) frente al B (quien cree que la investigación no debe detenerse por causas ideológicas) en lo que refiere a la consideración de los valores sociales en la tarea científica y el respeto a la diversidad de creencias, o la consciencia a la hora de investigar, afirmando que los científicos toman en cuenta los efectos de sus “descubrimientos”. Por ejemplo, en sus comentarios señalan:

Me identifico con A por considerar tanto la investigación como los valores, y le agrego que considera también la accesibilidad a todas las clases sociales (Estudiante 10A1).

No obstante, también mencionan a la “verdad científica” como un objetivo de mayor envergadura y valor. Por otro lado, una de las preguntas de la segunda etapa refiere más que ninguna otra a la posibilidad de que los medios de comunicación influyeran al científico ya en sus opiniones o en su trabajo (Anexo B, 2.2). En relación a esta cuestión, sin la perspectiva de la distancia, los resultados son interesantes, pues la mayor parte de los estudiantes (incluida la generación de egreso) considera difícil, cuando no imposible, que este tipo de engaño acontezca, lo cual implica, entre otras cosas, una visión consolidada sobre la capacidad de ser imparcial y ser objetivo por parte de quienes se dedican a la ciencia (Gallego, 2007; Guerra, 2004). Así lo afirman incluso aquellos que se manifiestan más progresistas en otros aspectos. Por ejemplo, expresan:

No creo que se pueda engañar a un científico así. Yo creería que no, por la tele, por la farándula, cosas así, yo creo que no. A ver, que lo pueda engañar un NatGeo no te digo nada, pero que lo engañe un... un programa de ciencia tal vez lo haga dudar, pero no creo. Él está muy apoyado todos los días con la ciencia y los libros, no creo que se deje engañar, no sé, pienso yo (Estudiante 9A1).

Pero, ¿son engañados los científicos? Yo creo que no porque ellos se basan en sus conocimientos, así que me parece que no, y si no es así, no deberían ser engañados (Estudiante 10A1).

Por otra parte, los estudiantes en general (incluidos quienes se encuentran más desligados del positivismo, en apariencia) manifiestan sus dudas bajo la forma de protesta en torno a lo que podría denominarse los “pecados de la subjetividad”, ya que establecen un vínculo entre la objetividad del científico (que va más allá de la objetividad en su tarea como científico) y la posibilidad de ser influenciado. Así por ejemplo, un par de alumnos afirma:



Los valores éticos y morales son fundamentales para un verdadero científico, pero también la objetividad es importante (Estudiante 7A1).

La influencia que tienen los medios. Sí, considero que hay que ser objetivo en ese momento. Si bien es posible, pero si yo me dejo influenciar por algo, ya ahí estoy siendo subjetiva a lo que estoy estudiando y no me parece que... o sea puedo tomarlo pero siempre si tengo una buena justificación y algo, o sea, la investigación sigue siendo objetiva. Si ya hay un punto de vista mío u opinión ya no considero que sea muy objetiva (Estudiante 8A1).

Resulta marginal la posición de aquellos que reconocen al científico, muy transitoriamente, fuera de su rol (11%, 4 individuos), pero incluso en estos casos, es éste quien se deja engañar, bien porque el tema no está en su esfera de interés, porque relega su virtual posición de poder en virtud de alguna causa, o se vuelve parcial y momentáneamente subjetivo, a menudo por falta de información. Este conjunto de estudiantes afirma:

Primero que uno no siempre está en el rol y porque el rol de científico generalmente implica un rol de poder y a veces humanamente necesitamos salir de ese rol de poder y en ese afloje hasta disfrutamos ser convencidos de algo que no es cierto cuando consideramos que no es tan relevante el tema, o cuando no es nuestro asunto, nuestro lugar, estamos como dispuestos porque si no produciría como un agotamiento el estar siempre con la mentalidad de cuestionar todo o de hacerlo pasar por determinado tamiz (Estudiante 2A1).

Los científicos sí pueden ser engañados tanto como las otras personas por los medios de comunicación, son humanos, no son dioses (Estudiante 16A1).

Creo que va un poco por la subjetividad, creo que se dejan influenciar un poco por todo el entorno (Estudiante 8C1).

En este sentido, el 83% de los estudiantes de cuarto (20 individuos) considera como un dato que podría tener cierta relevancia el hecho de que los científicos sean seres humanos, influenciables como todos, excepto cuando el tema es de su especialidad y sólo un 17% (4 individuos) afirma que los científicos presentan una mente flexible que acepta las nuevas ideas con mayor facilidad que otros colectivos. Aun así, estas ideas que pueden catalogarse como secundarias, no surgen significativamente hasta el momento en que se les consulta de manera directa al respecto. Estos últimos testimonios parecen abonar más la faceta de realismo internalista²⁷, pero se trata en verdad de fenómenos de hibridación, dado que los mismos estudiantes responden desde la perspectiva del realismo metafísico o la del realismo de la entidad frente a otras afirmaciones, según se vio en el análisis anterior.

La Tabla 11 resume los resultados obtenidos con relación a la objetividad de la ciencia y los científicos. El apoyo a la objetividad de la ciencia es absoluto, con pocas fisuras, por parte de los estudiantes de primer año, en tanto que el mismo se modera para el caso de cuarto. Si bien en este aspecto tampoco los estudiantes de la generación de egreso reflejan univocidad absoluta (hay a lo largo del cuestionario indicios de rescate de una cierta noción

²⁷ Adúriz et al. (2011) distinguen entre dos grandes vertientes del realismo al tratar sobre las representaciones de los sujetos. El realismo metafísico afirma la existencia de las entidades que se mencionan en el discurso científico, que es al mismo tiempo una descripción verdadera y completa del mundo. El realismo internalista, por su parte, afirma que las entidades de la ciencia sólo existen en función de la aplicación de esquemas conceptuales que nos permiten conocer, lo cual implica que podría no existir una descripción única del mundo. El realismo metafísico no es coherente con la modelización, en tanto que el internalista es condición necesaria para comprender un modelo como una representación posible pero no única.

de objetividad deseable), ni están netamente orientados hacia la consideración de la influencia de las cuestiones personales, los valores y los aspectos socioculturales en los modos de producción del conocimiento científico. Entre los docentes formadores la visión de la ciencia como objetiva es bastante acentuada si se consideran sus declaraciones en torno a cuestiones relacionadas, a pesar de que si se pregunta directamente son capaces de reconocer que la objetividad absoluta no es posible. En suma, la mayor parte de las posiciones en torno a este tema son sencillamente empírico-positivistas y no contextualistas.

Tabla 11. Posicionamiento sobre la objetividad de la ciencia y los científicos.
POSICIONAMIENTO Y ACUERDOS DE LOS ESTUDIANTES Y DOCENTES FORMADORES

Aspecto	Posición	Primer año (%)	Cuarto año (%)	Docentes formadores (%)
Objetividad	<i>Sin influencias sociales</i>	23	12	8
	<i>Sin un papel importante de la imaginación</i>	2	4	42
	<i>Se basa en hechos experimentales</i>	39	37	8
	<i>No influyen las creencias personales</i>	2	8	8
	<i>Existe un método científico</i>	17	12	8
	<i>Se busca la objetividad por sobre todo</i>	17	12	17

Sobre un total de 48 estudiantes de primer año, 24 estudiantes de cuarto y 12 docentes.

Aunque los estudiantes consideran que la ciencia idealmente debe ser neutral, al consultarles las razones por las que eventualmente un científico podría no ser objetivo o la ciencia no ser neutral (Tabla 12), como ya se ha visto, les resulta difícil imaginarlo, pero manifiestan que, en caso de producirse esa suerte de desviación subjetiva, las razones se vincularían a factores personales en primer lugar, seguidos de influencias socioculturales, errores fruto de la imaginación de las personas, o circunstancias derivadas de la metodología (ya en su avance o en su selección). Se evidencia que los estudiantes atribuyen estos alejamientos de la objetividad y neutralidad en gran parte a factores del propio individuo, los cuales representan casi el doble de menciones que las categorías propias del método o la influencia de la sociedad. En cambio los docentes formadores suelen reconocerle a la sociedad un papel de mayor relevancia.

Tabla 12. Posicionamiento sobre las razones para el abandono de la neutralidad u objetividad.
POSICIONAMIENTO Y ACUERDOS DE LOS ESTUDIANTES Y DOCENTES FORMADORES

Aspecto	Posición	Primer año (%)	Cuarto año (%)	Docentes formadores (%)
Subjetividad	<i>Factores personales</i>	31	29	17
	<i>Influencias socioculturales</i>	15	17	33
	<i>Imaginación</i>	31	29	17
	<i>Método</i>	23	25	17

Sobre un total de 48 estudiantes de primer año, 24 estudiantes de cuarto y 12 docentes.

2. Entidades de la ciencia

En la primera etapa, el instrumento de indagación incluye cuestiones referidas a los elementos que componen el andamiaje teórico y metodológico de las ciencias (Anexo A, Bloque 2).

Las opciones seleccionadas mayoritariamente en este caso en primer año (87%, 42 individuos) muestran la concepción de que una hipótesis se comprueba empíricamente²⁸ (estos son pasos ordenados y consecutivos en el método científico clásico). Con este sustrato experimental, consideran además que las hipótesis (com)-probadas como correctas de modo lógico devienen en teorías a lo largo del desarrollo de las ideas científicas, culminando en el estadio de ley por la acumulación de evidencias favorables. Por tanto, las teorías no se consideran tan definidas (o publicables) como las leyes, en estrictos términos deterministas, en especial por parte de los estudiantes jóvenes del CERP del Este con carreras técnicas/docentes incompletas. De acuerdo con otros estudiantes una ley, en caso de reconocerse como válido este término, es simplemente una teoría que se maneja y acepta durante mucho tiempo, la cual ha probado su valor de verdad, sin que ello esté directamente relacionado con el mayor soporte en términos de evidencias. De este modo, no se reconoce la diferencia de base entre las entidades mencionadas (hipótesis, teorías y leyes) y se las considera como parte de un mismo proceso de carácter más bien acumulativo, mediado y sancionado por una interface experimental en todos los casos, para establecer su “veracidad”. La noción de resistir la refutación y las pruebas que desafían a una teoría también se ven como elementos relacionados con el acceso al *status* de ley, en particular en el CERP del Sur y entre estudiantes de mediana edad con experiencia docente y sin otra formación. En suma, estas concepciones responden al mito de que la evidencia acumulada cuidadosamente producirá conocimiento cierto. Escasas opiniones se alejan de esta visión (12%, 6 individuos), al desechar la existencia de las leyes, considerar que leyes y teorías corresponden a escalas y niveles de comprensión diferentes o efectuar la afirmación “en positivo” (Vázquez y Manassero, 2012) de que estas entidades teóricas son intrínsecamente distintas. Entre ellas las que se consideran más representativas son:

No existen las leyes, pero sí que podemos ver regularidades (Estudiante 16A1).

Las leyes explican la realidad desde lo macroscópico, las teorías son más abarcadoras (Estudiante 1C1).

Hipótesis, leyes y teorías hacen referencia a casos diferentes. No creo que una hipótesis por ser comprobada se convierta en ley o teoría. Las teorías se pueden comprobar pero no necesariamente convertir en ley (Estudiante 11C1).

²⁸Si bien la mayor parte de las ciencias exigen y se basan en evidencia empírica, esta no es la única que interviene en los diversos procesos de decisión, validación y selección, involucrados y determinantes de un modo u otro en la actividad de los científicos. Incluso se reconoce actualmente que los experimentos no son la única vía para el conocimiento científico (McComas, 2005).

En relación a la unidad o entidad teórica más representativa de la ciencia (Tabla 13), las opiniones se dividen equilibradamente entre la mención de modelos (46%, 22 individuos) y teorías (50%, 24 individuos). Sólo un par de estudiantes (el restante 4%) considera que ambas son idóneas para las descripciones teóricas y se utilizan por igual. Las posturas de los docentes formadores son ampliamente contextualistas al considerar al modelo como la unidad teórica más idónea para representar en el ámbito de la ciencia. Para ellos el modelo da cuenta satisfactoriamente de los datos inferidos. Entre los estudiantes de primer año existe paridad de respuestas favorables a la teoría (empirismo-positivismo) o al modelo (contextualismo). Los alumnos de cuarto expresan una preferencia por el modelo en detrimento de la teoría, pero pueden interpretarse sus respuestas desde la perspectiva de una visión híbrida, con indicios de contradicción interna. En suma, los estudiantes reconocen tanto a teorías como a modelos la función de representar, de manera indistinta.

Tabla 13. Posicionamiento sobre la unidad de representación.

POSICIONAMIENTO Y ACUERDOS DE LOS ESTUDIANTES Y DOCENTES FORMADORES				
Aspecto	Posición	Primer año (%)	Cuarto año (%)	Docentes formadores (%)
Representación	Teorías	52	40	17
	Modelos	48	60	83

Sobre un total de 48 estudiantes de primer año, 24 estudiantes de cuarto y 12 docentes. En el caso de primer año, la postura de dos estudiantes consideró a modelos y teorías como igualmente idóneos en términos de representación. A efectos de simplificar la lectura de la tabla, el correspondiente 4% se distribuyó de manera uniforme entre las dos categorías mayoritarias.

2.1. Modelos

En cuanto a los modelos, los estudiantes del IPA los visualizan como consecuentes con la materialidad, al estar basados en observaciones e investigación, aspectos cruciales que permiten el avance de la disciplina. Una postura alternativa, pero minoritaria, en este grupo, compartida con los alumnos más jóvenes del CERP del Este sin experiencia docente pero con formación terciaria/docente incompleta, es incluso más naturalista y supone que los modelos muestran la materialidad.

Sólo nos podemos basar en los últimos artículos para hablar de átomos, pero no podemos asegurar su forma, se sigue estudiando y creo que los científicos siguen trabajando porque han encontrado datos nuevos (Estudiante 11C1).

Son minoría quienes afirman que un modelo es una construcción más bien convencional (12%, 6 individuos), e incluso menos quienes, entre ellos, no afirman que el modelo debe igualmente responder por determinadas propiedades y aspectos de la materialidad (4%, 2 individuos). Estas posturas son sostenidas por algunos estudiantes jóvenes del IPA sin experiencia docente pero con carreras universitarias incompletas. Así por ejemplo, un alumno manifiesta:

Hasta lo que yo sé, el átomo termina siendo simplemente una ecuación matemática. Para mí que nadie sabe cómo es un átomo realmente, o sea, un átomo digamos, materialmente. Es más un modelo que algo ajustado a la realidad, porque nadie sabe cómo es realmente la naturaleza. Por esto los científicos podrían tener ideas diferentes y usar diferentes modelos. Sí, me parece que el átomo, más que un modelo que responde frente a determinados aspectos, responde por determinadas propiedades, es un modelo convencional, es el consenso que surge entre los científicos (Estudiante 11A1).

Las respuestas de la segunda etapa de entrevistas (Setiembre-Octubre) en torno a cómo se concibe efectivamente la naturaleza de un modelo se dividen en las categorías mostradas en la Tabla 14. En este caso, previamente a la entrevista en sí, se indicó a los estudiantes que seleccionaran y justificaran su respuesta dentro de un menú de opciones (Anexo B, 2.2). En base a esto se profundiza luego con preguntas en la entrevista propiamente dicha.

Tabla 14. Concepciones sobre la naturaleza de un modelo.

Clasificación	Porcentaje	Ejemplo de respuesta
Prototipo	34	"Un modelo científico es un diseño único que se hace con la finalidad de explicar algo que es teórico y que no se puede visualizar. Entonces, puede tener sus limitaciones, pero dentro de un marco puede funcionar para explicar algo" (2A1).
Manual	17	"Un modelo científico es como algo donde podés ir y utilizarlo como para volver a encauzarte en un método que estés haciendo o lo que sea. Un modelo" (9A1).
Entidad que busca responder preguntas	68	"Un modelo científico... es como el soporte que tiene la teoría para poder explicarse y enseñarse a otros en la transposición didáctica, o mismo para difundirlo y sobre todo para responder preguntas que el investigador se plantea" (10A1).
Representación	34	"Para mí un modelo científico es una representación de... una representación" (8A1). "Un modelo, una representación, o sea, no es la realidad, es una representación que en algunos puntos se puede corroborar en la realidad y en otros puede tener fallas, no tiene que ser perfecto" (16A1).
Explicación	48	"Un modelo científico es de lo que se parte el propio científico como para explicar determinadas inquietudes respecto a un tema en particular, o sea, es algo en lo que se basa, no tiene que ser ni cierto, no es algo 100% certero porque a medida que se va avanzando ese modelo va modificándose, pero es algo que se toma como referencia" (14A1).
Recopilación de evidencias	34	"Un modelo científico... es una propuesta para realizar una investigación o un estudio de determinada situación en base a la evidencia acumulada" (3C1).
Construcción imaginada (no necesariamente racional)	17	"Un modelo científico yo creo que podría ser tipo una serie de pasos de pautas a seguir cuando se va a realizar algún tipo de estudio científico, y ahí va mucho lo que es la imaginación" (Estudiante 8C1).
Construcción creada (racionalmente)	34	"Un modelo científico es algo cercano a la epistemología, no me sale la palabra o cómo explicarlo bien, quiero decir. Un modelo científico es cuando... para que exista un modelo científico tiene que haber una serie de pasos, que son la hipótesis que es la fundamental y tiene que ser comprobado, puede serlo mediante llevarlo a la práctica, y debe ser comprobado mediante los mismos hechos" (7C1).

Sobre un total de 35 estudiantes de primer año.

Como puede apreciarse a partir de testimonios representativos en referencia a la utilidad, esto es, al uso que tiene el modelo en la actividad científica, el total de los

estudiantes consultados menciona su poder explicativo. Otras opciones de respuesta de tipo secundario lo califican mencionando que describe condiciones (17%, 6 individuos), o sirve de guía (17%). Expresan:

Y la utilidad que tiene es poder explicar las cosas que no se pueden ver, o sea con un modelo yo explico lo que no puedo hacer, o sea no lo puedo demostrar observablemente. No sé cómo explicarme pero claro, represento algo que en sí no se puede representar exactamente. Un modelo de algo que yo pienso que puede ser (Estudiante 8A1).
La utilidad es para poder visualizar o comprender los fenómenos, las cosas (Estudiante 16A1). Necesito encontrar un sinónimo de modelo. No te puedo dar una definición. Claro, me manejo mejor tratando de hablar de la utilidad que dando una definición. Sirve para explicar hechos, fenómenos o conceptos, y reproducir esos hechos, fenómenos, etc. (Estudiante 3B1).
Y sobre la utilidad es muy útil, porque cada vez que se plantea o se quiere llevar a cabo una investigación científica se tienen que llevar a cabo los pasos que tiene un modelo científico (Estudiante 7C1).
La utilidad que tiene es ser una serie de pasos o una guía (Estudiante 8C1).

En cuanto a las características o cualidades que permiten reconocer un modelo los alumnos afirman predominantemente que se trata de una entidad cambiante (Tabla 15).

Tabla 15. Concepciones sobre las cualidades de un modelo.

Clasificación	Porcentaje	Ejemplo de respuesta
Invención	17	"Entre sus cualidades está que es una invención que permite acercar a un grupo que desconoce algo a una idea cada vez más cercana a lo que el docente o quien esté explicando intenta hacer llegar un conocimiento que tal vez es lejano y permite acercarlo" (2A1). "Las características que compartiría el modelo con la realidad, con el hecho que intenta reproducir, es que el modelo tiene que estar armado o estructurado respetando las mismas condiciones en las que se da el fenómeno o hecho real" (1B3). "Tiene que tener una concordancia con la realidad, con los hechos empíricos, porque si no tiene ninguna concordancia no sirve de modelo" (16A1).
Simulación	34	"Las cualidades de un modelo son que es una herramienta y también una interpretación. Pero más que nada herramienta de simulación" (9A1). "Todos los modelos son simulaciones y tienen que tener un objetivo determinado" (3C1).
Producto creado	17	"Las cualidades son, me parece a mí, que se utiliza o crea un modelo porque es como una manera de hacer tangible o registrable o manejable una teoría, por ejemplo el modelo de las moléculas, con la representación de esferas que es para tener esas concepciones de los enlaces, de las rupturas, de la formación de nuevos compuestos. Básicamente sería eso, como una herramienta" (10A1). "Como cualidades puedo referirte los pasos, por ejemplo, en el caso de la fiebre puerperal, que hay muchos, se plantean muchas hipótesis hasta que una es la adecuada, y yo creo que en todos los modelos científicos se deben plantear hipótesis. Las erróneas se descartan y la verdadera se sigue a través de ella estudiando" (7C1).
Entidad cambiante	83	"Y en cuanto a las características, bueno, tiene que poder cambiar y tener una estructura en cuanto a una base tanto empírica, como también explicar el por qué, prácticamente, por qué sería de esta manera, el modelo parte en que explica determinada cuestión, inquietud que tiene la ciencia de alguna manera" (14A1). "Sus cualidades son que tiene que ser muy descriptiva, muy exacta también, tiene que ser entendible, fácil de aplicar en diferentes aspectos o áreas de la ciencia y con posibilidad de cambiar" (8C1).

Sobre un total de 35 estudiantes de primer año.

De este modo, la categoría características, relacionada con el concepto de modelo científico indica que su poder explicativo, su capacidad de dar respuestas (también prácticas) y su naturaleza cambiante son las cualidades que permiten reconocer a un modelo; en este

sentido, es extraño que ninguno de los alumnos exprese que los modelos son productos organizados como formas de mostrar distintas informaciones de una manera coherente, por lo que parece predominar la finalidad sobre la estructura a la hora de conceptualizar estas entidades. En general, durante las entrevistas, las reflexiones iniciales de los estudiantes acerca del concepto de modelo científico giran en torno a constructos que hacen énfasis en su existencia concreta, en su capacidad de explicar fenómenos del mundo material, en su naturaleza cambiante y dejan de lado o no mencionan explícitamente que aparezcan como producto de la creación de la mente del individuo.

Consultados sobre el origen de los modelos en sí, es decir de dónde y cómo surgen, los alumnos manifiestan que es de un consenso o acuerdo (17%, 6 individuos), de la indagación (34%, 12 individuos), de la búsqueda (34%), de la observación (17%), de procesos de investigación (48%, 17 individuos), del uso de herramientas (17%) y de modificaciones de lo simple a lo complejo que conducen a mejoras, incluyendo errores y cambios (83%, 29 individuos).

Me parece en este momento que un modelo surge de la necesidad de transmitir algo y ante la imposibilidad de mostrar lo que no es posible ver se utiliza como mediador algo que facilita la comunicación (Estudiante 2A1).

Y surge a partir de las investigaciones. Yo investigo y busco lo que más se aproxima y luego sigo investigando y puedo mejorar ese modelo o seguir manteniendo el actual, mientras sigo descubriendo me aproximo más a lo que quiero llegar (Estudiante 8A1).

Surge de varias reiteraciones de una misma cosa que su fin resulta siempre el mismo, su resultado, o sea viendo que cada vez se superpone el mismo resultado ya lo ves como que eso ya, no sé si exacto, pero ahí ya es un modelo a seguir (Estudiante 9A1).

Y, por lo que tengo entendido, surgen a partir de las teorías. Y que siempre tienen algo comprobado y un aval para poder realizarse, sino no tienen sentido (Estudiante 10A1).

Y el modelo surge, depende del científico, porque el modelo científico puede surgir de hechos y errores, haciendo un experimento a veces descubrís algo, a veces no, a veces te sirve para decir este no es el camino. También pueden ser inquietudes propias de la comunidad científica como de la persona que está indagando y siempre es el saber determinada, resolver determinadas cuestiones que en la sociedad todavía no se pudo resolver (Estudiante 14A1).

Son ideas, y no sé, te podés inspirar en algo, pero... es como para tener una base como una suposición, yo trabajo en base a esto, y si otro trabaja con otro modelo va a trabajar con otras suposiciones, es como una guía (Estudiante 16A1).

Tiene que ser producto de la investigación y ahí importan los métodos que se utilizaron para investigar. Una falla en el método puede llevar a una idea equivocada y la construcción de un modelo que después no sea una imitación muy fiable o muy fiel. Tiene que ser lo más fiel posible al hecho (Estudiante 3B1).

Respecto a cómo surge, es una pregunta difícil. Porque puede surgir de diferentes situaciones, de un objeto extraño, de una sustancia que no se conoce, de una enfermedad que no se conoce. O sea, de diferentes situaciones. Frente a determinadas situaciones problemáticas surge la necesidad de crear un modelo para poder investigar la situación (Estudiante 3C1).

Surge de un científico, o alguien que lo planteó, o una red de científicos que dijo que un modelo científico tiene que llevar esa serie de pasos (Estudiante 7C1).

Creo que surge del estudio, primero creo que de una hipótesis, que se plantea algo, y en base a eso va estudiando y va como haciendo una guía de todos los pasos que él hizo hasta llegar a su resultado (Estudiante 8C1).

Por fin, respecto al alcance o valor explicativo de fenómenos que tiene el modelo se suele hablar acerca de intuición (17%, 6 individuos), reflexión (17%), identificación (34%, 12



individuos) y, fundamentalmente, de solución de problemas (83%, 29 individuos). Así por ejemplo, los estudiantes afirman:

Y por lo que veo yo el valor que tiene para la enseñanza por ejemplo es fundamental, porque está como ese nivel de la parte teórica y científica en las esferas de la comunidad científica, y después ese conocimiento se necesita hacerle la transposición didáctica para poder enseñarlo y tiene que ser de una manera relativamente sencilla (Estudiante 10A1).
Sobre el valor va muy relacionado con la utilidad, va muy de la mano, porque justamente cada vez que se va a llevar una investigación a cabo si se logra llegar a ella, el modelo científico cumple un rol fundamental (Estudiante 7C1).

En las respuestas de los estudiantes de cuarto predomina la visión, ajustada a los estándares contemporáneos, de que un modelo es básicamente una representación (83%, 24 individuos), lo cual probablemente se deriva de sus años de formación. En relación a la correspondencia de postulados y modelos con la realidad, las afirmaciones se encuadran en el denominado realismo internalista en tanto se adscriben al carácter representacional y modélico de las entidades teóricas. Sin embargo, no toman en cuenta la presentación del proceso de inferencia en sus afirmaciones, con una mirada más centrada en las teorías que en los modelos, salvo unos pocos, por ejemplo:

...los postulados deben dar cuenta satisfactoriamente de los datos que se infieren (Estudiante 5A4).
Lo que pasa es que es solo un modelo, es un modelo que representa algo. Seguramente de hecho sea así, hay mucha evidencia a favor pero es un modelo, es una representación de la realidad que sirve en este momento. Tampoco vamos a dudar de todo porque entonces no podríamos avanzar. Usamos los mejores modelos que encajan en este momento (Estudiante 2C4).

En torno a la naturaleza y utilidad de los modelos científicos los resultados concuerdan con Treagust et al. (2007), ya que aunque en este caso unos pocos estudiantes no suelen pensar que constituyan una réplica a escala del mundo material, igualmente todos los consideran como instrumentos explicativos y en especial mencionan que ayudan a entender una idea, sirviendo para representar el macro y microuniverso, así como los conceptos abstractos de forma tal que conecta lo observado con la explicación científica; generando un modelo mental pertinente y útil.

2.2. Teorías

Sobre la naturaleza de las teorías los estudiantes de primer año suelen visualizarla como una construcción de carácter más especulativo, no estando muy clara su relación con los modelos. Se advierte, no obstante, una cierta variedad, limitada, de opiniones complejas, que ya consolidan o bien se apartan respecto de este carácter especulativo. Las Tablas 16 y 17 resumen algunas opiniones representativas de sus posturas al respecto.



Tabla 16. Concepciones sobre la naturaleza de las teorías.

Respuesta	Perfil del estudiante
"...una teoría puede incluir un modelo; una teoría es un conjunto de ideas para explicar, también un fenómeno, pero generalizando, es una generalización" (1B3). "Una teoría también sería como una idea o conjunto de ideas, tiene una hipótesis o varias hipótesis que sirven para explicar algunas cosas" (16A1).	Prof. de Biología incompleto Experiencia docente 46 años
"...la teoría viene más de lo que es el resultado de un modelo" (8C1).	Sin formación previa Experiencia docente 20 años
"Sí, una teoría puede ser un conjunto de conocimientos relacionados que permite explicar algo pero que no explica un solo hecho sino quizá abarca más a un conjunto. Pueden haber distintos niveles de teorías pero como que es más universal, más general" (2A1).	Química Farmacéutica incompleta Experiencia docente 45 años
"La teoría sería la forma de explicarlo de manera no fenomenológica sino de manera científica, digamos puede ser desde la teoría cinético molecular como puede ser, no sé... pero pienso que sí, es como explicarlo basándose en la ciencia pero no en lo empírico" (9A1).	Sin formación previa Sin experiencia docente 25 años
"Una teoría es similar a un modelo, pienso, es como... una teoría también es explicar algo pero más, más teórico, como lo dice la palabra. Un modelo creo yo que representa algo más empírico y una teoría algo que puedo explicar más desde la teoría" (8A1).	Sin otra formación Sin experiencia docente 34 años

Paradójicamente, también se halla consolidada entre los estudiantes de ambos niveles la idea de que una teoría se descubre. En efecto, en primer año predomina esta visión, mientras que la tendencia se modera en cuarto, donde la postura de considerar cada caso es casi inexistente, en tanto para la mayoría de los docentes formadores las teorías son entidades inventadas.

Tabla 17. Posicionamiento sobre la naturaleza de las teorías.

POSICIONAMIENTO Y ACUERDOS DE LOS ESTUDIANTES Y DOCENTES FORMADORES				
Aspecto	Actitud	Primer año (%)	Cuarto año (%)	Docentes formadores (%)
Naturaleza de las teorías	Descubiertas	83	75	17
	Inventadas	6	21	58
	Depende del caso	11	4	25

Sobre un total de 35 estudiantes de primer año, 24 estudiantes de cuarto y 12 docentes.

Respecto a la solidez de una teoría y sus relaciones con la materialidad, no obstante, la opinión generalizada (94%, 33 individuos) es que para ser considerada, toda teoría necesita un cierto anclaje, ya a la realidad o a los fenómenos que pretende explicar, describir o sobre los que traza predicciones, siempre con una base empírica.

Unos pocos estudiantes jóvenes, sin experiencia docente y con otras formaciones en curso (20%, 7 individuos), expresan asimismo que la certeza de una teoría (o incluso de la propia ciencia) no está garantizada y dependiendo en buena medida del contexto y factores personales del científico, podrá sufrir modificaciones (supuestas siempre de escasa entidad):

Bueno, la teoría es algo que se toma como algo cierto, depende también del contexto histórico en el que se basa, por ejemplo, pongamos Darwin, la teoría de Darwin, no deja de ser una teoría, se toma como algo casi en su totalidad como cierto pero no deja de ser eso, una teoría. Puede venir otro autor y decir, esta teoría, la teoría de la evolución es falsa, por esto y por esto, y queda abajo, o sea no está todo consumado, en realidad... el científico de cierta manera quiere que lo suyo sea tomado como cierto, y en realidad en la ciencia no hay nada cierto, todo

va modificándose. Uno a veces como determinado científico toma determinada teoría, y después se va actualizando esa teoría al contexto, como decíamos, entonces sigue siendo la misma teoría, pero empiezan a haber ciertas modificaciones de acuerdo al contexto que estamos transitando (Estudiante 14A1).

En la generación de egreso, la teoría se visualiza en términos similares:

Y una teoría, a diferencia que un modelo, quizás sea lo que no se comprobó, que se cree que es de una manera por ciertas razones o por ciertos factores pero que no se ha logrado comprobar (Estudiante 1A4).

La Tabla 18 resume la opinión de las poblaciones en estudio respecto a la influencia de la teoría en la observación. En este tema, entre los estudiantes predominan las posturas contextualistas sobre las empírico-positivistas, aunque estas últimas recuperan bastante terreno entre los estudiantes de cuarto año, donde se mencionan con una frecuencia porcentual incluso dos veces superior. Gran parte de estas respuestas reconocen la subjetividad de los científicos a la hora de observar, pero afirman que existen métodos para corregirla y garantizar que las observaciones sean las mismas. Entre quienes no responden a esta tendencia se menciona que los científicos están formados para observar de manera objetiva, o reconocen que las interpretaciones pueden variar en tanto las observaciones de hechos no lo hacen (“si los hechos son los hechos, las observaciones son las mismas”, de acuerdo al estudiante 8C1). Llama la atención la paridad hallada en relación a las respuestas de los docentes formadores. En suma, respecto a la naturaleza de la observación, como postura mayoritaria, los estudiantes la consideran dependiente de la carga teórica previa del observador. Además, muchos la asocian con procesos de jerarquización más o menos arbitraria de determinados datos, e inter-juegos reconstructivos de los hechos empíricos al interior de una teoría o paradigma particular que los torna visibles y logra ponerlos en relación con otros (Hesse, 1980).²⁹ Entre los docentes todavía subsiste una fuerte impronta que puede asociarse a las ideas de Popper y el racionalismo crítico, en especial en lo referente a la refutabilidad como garantía (si bien es cierto que asociada a la observación como punto de partida, proceso al cual Popper no le adjudicaba gran importancia).

Tabla 18. Posicionamiento sobre la naturaleza de la observación.

POSICIONAMIENTO Y ACUERDOS DE LOS ESTUDIANTES Y DOCENTES FORMADORES				
Aspecto	Posición	Primer año (%)	Cuarto año (%)	Docentes formadores (%)
Naturaleza de la observación	Dependiente de teoría	81	62	58
	Independiente de teoría	19	38	42

Sobre un total de 48 estudiantes de primer año, 24 estudiantes de cuarto y 12 docentes.

En relación a las teorías previas que influyen la observación e interpretación de resultados, los estudiantes del interior suelen reconocer esta carga teórica en mayor medida

²⁹ Para Hesse (1980) que el mundo cobre sentido depende de la teoría y de esta forma la coherencia teórica es más relevante que la correspondencia factual.

que sus pares de la capital y se registra una variedad de respuestas “en positivo” o adecuadas (Vázquez y Manassero, 2012), tanto entre los jóvenes que poseen formaciones terciarias/docentes/universitarias incompletas pero no experiencia docente, o los sujetos de edad media con experiencia docente sin otra formación. Este reconocimiento atiende a una dualidad de aspectos. Por un lado, los experimentos diseñados serán guiados por la carga teórica, y en consecuencia, diferentes entre científicos; y en segundo lugar, las observaciones, explicaciones y/o interpretaciones serán diferentes en relación con dicha carga teórica. Quienes afirman este tipo de relación entre observación y carga teórica, la consideran un rasgo distintivo y singular de la ciencia en todos sus procesos, en particular el de investigación. Dan por sentado que incluso para científicos competentes, los mismos creerán eventualmente en distintas teorías y esto afectará sus interpretaciones, pero en algunos casos suelen tomarlas como preconceptos, ideas previas o prejuicios que es posible vencer para permitir una cierta neutralidad y el avance de la disciplina, en particular a partir de la uniformización de ideas, métodos y criterios que deriva de la formación científica. Pujalte (2014) considera esta última tendencia como contextualista, pero es de resaltar que en el caso del presente estudio, en las respuestas de los estudiantes en general se hibrida con elementos que remiten al hecho de que los científicos están entrenados para actuar con neutralidad valorativa y objetividad:

Siempre hay preconceptos e ideas previas, paradigmas que son base de sus observaciones, pueden o no llegar a lo mismo (Estudiante 10A1).

Los químicos verán las mismas cosas pero las interpretarán de manera diferente (Estudiante 11A1).

Las observaciones son los hechos que se observan pero explicados en base a las teorías y prejuicios que cada uno maneje (Estudiante 12A1).

Si bien se trata de ser riguroso, los prejuicios a menudo están presentes (Estudiante 1C1).

...las observaciones siempre depende de la percepción de cada científico (Estudiante 10C1).

Sí, para observar o explorar debemos hacerlo en base a algo. Creo que la expectativa es siempre lograr resultados, sin importar cuáles sean (Estudiante 11C1).

Muy pocos estudiantes se apartan de esta tendencia:

...los científicos creen en distintas, esperan cosas distintas, y esto puede hacer que vean de maneras distintas (Estudiante 1A1).

La subjetividad existe, pero hay métodos para verificar lo que uno observa y los resultados, sin llegar a la objetividad total se puede decir que estamos viendo lo mismo, nos ponemos de acuerdo en eso (Estudiante 6A1).

Pueden ver las mismas cosas, porque están formados para pensar de una determinada manera (Estudiante 4C1).

La Tabla 19 resume los posicionamientos de estudiantes y docentes sobre el papel de la imaginación en la actividad científica o para el desarrollo de una teoría (para una presentación más detallada del uso de la imaginación y otros elementos subjetivos a través de las distintas etapas de la investigación véanse también la Secciones 6.2 y 7). Puede apreciarse que en tanto los docentes consideran muy importante o crucial el uso de la imaginación, la situación casi se invierte completamente entre los estudiantes. Respecto de

este tópico, las respuestas son todas híbridos contextualistas en tanto se le otorga un papel relevante a la imaginación en los procesos de producción de conocimiento científico, pero a la vez no se reconoce que sea lo principal del mismo.

Tabla 19. Posicionamiento sobre importancia del uso de la imaginación en la actividad científica.

POSICIONAMIENTO Y ACUERDOS DE LOS ESTUDIANTES Y DOCENTES FORMADORES				
Aspecto	Actitud	Primer año (%)	Cuarto año (%)	Docentes formadores (%)
Uso de la imaginación	Es importante	20	21	83
	No es importante	80	79	17

Sobre un total de 35 estudiantes de primer año, 24 estudiantes de cuarto y 12 docentes.

Es así que en la primera etapa de entrevistas (Anexo B, 2.1), los estudiantes de primero y cuarto año suelen afirmar que las creencias tienen un papel (limitado pero importante), sobre todo en la orientación, pero también en el trayecto que sigue una investigación.

Sí, me parece que sí, la creatividad, la imaginación, los sueños, e incluso las corazonadas son importantes, se aplican en todos los momentos y son fuente de innovación, sobre todo la imaginación. Sí, hay muchos ejemplos. Y yo creo que va todo en lo que vos considerás que es tu hipótesis, ¿no? Vos podés creer que puede pasar tal cosa y como que vas haciendo tus experimentos en base a lo que vas creyendo que puede pasar (Estudiante 11A1).
El uso de la imaginación es relativo, pero importante a veces. Sólo cuando hay coherencia lógica, claro, tampoco vas a imaginar cualquier cosa (Estudiante 14A1).
La imaginación es fundamental en todo momento (Estudiante 13A4).
La imaginación puede ser importante, pero también puede ser una dificultad para entenderse, porque alguien puede aferrarse demasiado a lo que imagina que es cierto (Estudiante 8C1).

Los alumnos de los tres centros admiten que las suposiciones podrían no ser necesariamente verdaderas al momento de plantearse, sin que ello interfiera con el “progreso” de la química, pues existen métodos para probar su valor de verdad, de modo que determinadas teorías son refutadas, lo cual también permite establecer nuevos “descubrimientos” a partir de la falsedad de ciertos postulados. En este marco, los errores son frecuentes e inevitables.

Tanto los resultados esperados y los no esperados generan conocimiento (Estudiante 16A1).

En cuanto a las características de una buena teoría, la mayor parte de los estudiantes del IPA y CERP del Este piensa que son complejas, aunque se traducen en aplicaciones para las cuales se utilizan versiones más sencillas. En el CERP del Sur, por su parte, las opiniones se dividen entre aseverar que las buenas teorías pueden ser tanto simples como complejas o afirmar que en realidad el nivel de complejidad está en relación con la teoría. Esta última tendencia se manifiesta, además de la distinción geográfica, en estudiantes de edad media con experiencia docente pero sin otra formación terciaria. En tanto que, con respecto al IPA y

CERP del Este, las ideas mencionadas antes se refuerzan en el grupo más joven con carreras terciarias/docentes incompletas.

En el caso de algunos de los alumnos más jóvenes con formación universitaria en curso y experiencia docente e incluso en aquellos alumnos de edad media con experiencia docente pero sin otra formación, existe la opinión de que los modelos son auxiliares de la enseñanza (Capítulo 5) que colaboran con la explicación y se reconocen sus limitaciones, sus cambios a lo largo del tiempo. Esta opinión aparece con fuerza en el caso de estudiantes del interior. En contraste, también se afirma en general por parte de estos individuos que los cambios fundamentales se deben a modificaciones en el “estado de conocimiento”. La misma argumentación se emplea a la hora de justificar el cambio de las teorías a lo largo del tiempo. En este mismo segmento, se asume que los modelos complejos pretenden describir la materialidad con exactitud y en profundidad, se menciona que los errores son posibles pero deben ser corregidos, en tanto que el nivel de complejidad de una “buena teoría” se interpreta como variable. En ambos casos, se reconoce la función explicativa de las teorías. Asimismo aparecen posturas cercanas a lo que McComas (1998) y Vázquez y Manassero (2012) tildan de “mitología del realismo ingenuo”, por contraposición a las visiones instrumentalistas, concepciones ingenuas tales como que las teorías científicas representan la naturaleza tal como es y los modelos y clasificaciones son la materialidad o la representan esencialmente, en sí misma, de acuerdo a las opciones que se seleccionan en los cuestionarios.

2.3. Entidades teóricas particulares

En la segunda entrevista (setiembre-octubre) se consultó a los alumnos sobre entidades químicas peculiares y relevantes – átomo, elemento, sustancia, enlace químico, valencia, estructura atómica, molécula y estructura molecular – para conocer cómo concebían su naturaleza y su relación con la realidad material del mundo. La mayor parte de las respuestas, conforman, con pocos matices, visiones que apuntan a su materialidad (83%, 29 individuos), donde el principal argumento es la existencia (en realidad indirecta) de observaciones y comprobación experimental:

Bueno, en la naturaleza una está formada por otra y se van uniendo para generar lo que vemos. Y se relacionan, tienen relación totalmente (Estudiante 8A1).

Y sí, porque en realidad se llegó a esa teoría porque primero se hicieron experiencias, la tecnología ha ayudado también con los distintos, lo que se ha podido, los espectrofotómetros y todos esos aparatos que han ayudado (Estudiante 10A1).

Bueno, tenemos que salir de lo concreto, de lo tangible, de lo que percibimos con los cinco sentidos y viajar al ultramundo, o al micromundo, más pequeño que el micromundo, ahí considero que están los principios básicos de todo lo que existe, de todo lo que vemos a nivel macro, comprender la dinámica de los enlaces químicos, las estructuras moleculares, las dinámicas de un átomo, nos acercaría mucho más a comprender los principios básicos de todo lo que vemos a nivel macro (Estudiante 3B1).

Se relacionan en todo, absolutamente en todo lo que existe. Son la descripción del mundo, o sea porque se relacionan con todo, lo busques por donde lo busques, en todo (Estudiante 3C1).



Yo creo que, tal vez me voy un poco por las ramas, pero que sin ellos no habría... como que son la base, digamos así, de todo el mundo tangible, si bien no los vemos, pero es lo que lo constituye (Estudiante 8C1).

¿Cómo, **viendo lo que veo**, podría siquiera imaginar que no existan? (Estudiante 10C1).

Posiciones intermedias mencionan la existencia de algunas entidades teóricas (probablemente en relación con el volumen de evidencias que sustenta el considerarlas materiales) en tanto que admiten que otras son meras construcciones simbólicas con fines explicativos:

Con la estructura material, en lo abstracto, sí se relacionan, en todo, yo creo que el átomo es la unidad mínima de materia que forma todo lo que existe, todo parte desde ese átomo (Estudiante 9A1).

Yo soy de los que creen que química está en todo, que me parece que, como dicen, que la física es la madre de las ciencias, eso se tendría que rever. Yo soy, por algo estoy acá... pero yo realmente lo relaciono con todo, desde que estoy comiendo, o yo que soy de hacer deportes, aunque ahora lo dejé, cuando estoy ingiriendo algo... ¿Cómo si existen? Hay algunos átomos que sí existen, por ejemplo, y son propios de la naturaleza, pero también hay algunos que no, que son construcciones explicativas (Estudiante 7C1).

En este sentido, muy pocas respuestas (14%, 5 individuos), fundamentalmente en el segmento de alumnos con otra formación previa y una amplia experiencia docente, se apartan de esta tendencia y establecen que las entidades teóricas son producto de un proceso de modelización que no necesariamente implica su materialidad.

Es un modelizado para poder entender y para poder aprender que a veces nos hace caer en la trampa, por ejemplo, al transmitirlo, de que alguien pueda imaginarse de que si infinitamente puede aumentar su visión como microscópica va a llegar a ver H y O cuando está mirando agua, por ejemplo. Y que quizá a veces lo hacemos con tanta pasión y lo transmitimos así que hasta nosotros lo estamos pensando. A veces le gana a la realidad el modelizado que hacemos mediante una abstracción, entonces decimos esto es agua, esto lo representa. Siempre la elección de un modelo pasa por nuestra subjetividad porque nosotros no podemos transmitir lo que nosotros no imaginamos y es como nosotros lo imaginamos. Y a veces los modelos que permanecen es porque permiten a otros verlos parecido a nosotros y a otros entenderlo de esa manera y todos nos ponemos de acuerdo en que estamos felices con ese modelo y lo dialogamos y forma parte de nuestra dialéctica, de nuestra forma de hablar, ya está como incorporado. Tiene que ver con una intersubjetividad aunque es difícil discernir entre un fenómeno intersubjetivo y una convención. Y más quizá se percibe cuando las personas que reciben la información a través de o la formación a través del modelo básicamente lo aprenden casi que de memoria y esto se maneja tan fluido que la gente aunque no le guste la ciencia lo maneja, lo adopta (Estudiante 2A1).

Con todo, los estudiantes de edad intermedia con formación docente y más experiencia o formación terciaria previa sin experiencia docente se ubican en el grupo de respuestas que apuntan a considerar la materialidad de las entidades. Por ello, el tener presente lo modélico como importante pero en el sentido meramente simbólico y no material parece estar influido por una conjunción de ambas características y no depender sólo de la ocurrencia de una de ellas. La edad podría ser asimismo un aspecto a considerar, pues por encima de los 40 años las respuestas, incluso en el segmento de docentes con más

experiencia y otras formaciones, se alinean con la defensa de la materialidad de al menos algunas entidades teóricas (átomo, molécula). No obstante, muchos de los estudiantes de cuarto año de edades intermedias, manifiestan esta posición al ser consultados.

En virtud de su interés para este estudio, cabe mencionar que un único estudiante manifiesta claramente que existe una diferencia básica entre el modo de entender la naturaleza de las entidades teóricas entre personas con diferentes niveles de conocimiento o formación, en este caso el docente y el alumno (equivalentes al aprendiz y el experto en otras ramas).

Bueno, depende de cómo la persona lo perciba. Porque a ver, un estudiante lo toma ese modelo como que es real, y realmente es una representación abstracta de lo que es, o sea, es una manera de visualizar cómo sería, pero nunca es eso exactamente. Entonces también tiene que ver con el conocimiento que tenga esa persona, cuanto más conocimiento, más llegada. O sea cuantos más conocimientos adquiera la persona, más se va a abrir en cuanto a la disciplina que está estudiando. Al tener el conocimiento un poco más limitado, dependiendo también de la edad y esos factores obviamente va a ser más ingenua a determinadas cosas. Si uno entra a un salón de clases de un ciclo básico, los chiquilines generalmente piensan que el modelo atómico es así, y realmente no es así, hay que explicar que ese modelo, que ahora se está como dejando de lado, es una representación abstracta, de lo que uno piensa que podría llegar a ser, pero no lo es, está hecho para ubicarnos. En parte los modelos responden por determinadas propiedades del objeto en cuestión, porque es como que de alguna manera la persona necesita, de alguna manera, agarrarse o aferrarse a algo que sea materializado, si no como que estamos trabajando en la nada, o sea como que necesitamos eso para basarnos, después va a ir modificándose, pero en teoría sí (Estudiante 14A1).

Los docentes consultados no enfatizan en ningún caso la distinción del modelo con la materialidad, aunque la manejen en sus clases, a menudo de modo explícito. De esta forma es posible que la naturalidad con la cual se instalan estas entidades teóricas, donde sólo en casos muy concretos se insiste en que su existencia no es necesariamente material, contribuya a consolidar una visión de materialidad de las mismas en los alumnos. La invisibilidad de este problema epistemológico para los docentes formadores resulta en la construcción de discursos cargados de obstáculos epistemológicos para los estudiantes.

3. Causa, efecto, mecanismo

Intencionadamente o no (esto resulta difícil saberlo), al analizar las opiniones de los estudiantes el finalismo se hace bastante presente por momentos, aunque la mayor parte de las respuestas se basan en consideraciones mecánicas, las cuales, por otro lado, son muy frecuentes en química y sobre las que se admite poca discusión. Así por ejemplo:

Es una pregunta interesante. Yo por ejemplo, en lo particular estoy alineado con la expansión. Eso no significa que se vaya a desgarrar porque uno cuando se imagina que se expande indefinidamente y piensa que en algún momento se va a terminar desgarrando y bueno el espacio-tiempo se va... es interesante, nunca me lo había planteado. Pero, vos hablabas de la expansión o de la contracción... Son teorías, son suposiciones que se hacen a futuro. Porque una de las formas, o una de las pocas maneras que tenemos de saber o de suponer que el universo está en expansión es el corrimiento hacia el rojo por efecto Doppler de las líneas espectrales. Pero nadie está viendo cómo las galaxias se separan, o... nadie lo está viendo,

uno lo está suponiendo, y a partir de esas suposiciones, en base a las observaciones que se están realizando es que se puede suponer que en algún momento o va a volver al estado inicial, una singularidad como en el principio, o como se supone que estaba en el principio, o se va a seguir expandiendo indefinidamente o se va a equilibrar de algún modo... o sea, hay explicaciones cosmológicas complejas. Pero por ejemplo la existencia de los agujeros negros surgió de un desarrollo matemático. Einstein hizo un desarrollo matemático y vio que podía darse una singularidad y le quitó importancia. Luego otros científicos hicieron aportes en el sentido de que puede que existan sí. Efectivamente, puede que existan sí. Pero tampoco nadie los vio nunca (Estudiante 1C1).

Sí, sí, evidentemente. Por ejemplo en el campo de la neurociencia. Explicar cómo funciona el cerebro en base a cómo interactúan compuestos químicos en la sinapsis, o cómo es la actividad eléctrica del cerebro, pero eso tiene mucho que ver con iones, con corrientes eléctricas que se generan entre las redes neuronales. La neurociencia ha estado muy abocada a trabajar en ese campo, y quizá incluso beneficiar a la gente en el sentido de generar tratamientos para enfermedades que actualmente no tienen tratamiento, que es lo más complejo de tratar: enfermedades mentales. Y la química aporta mucho en ese sentido. Eventualmente, o no, necesariamente requiere de un manejo interdisciplinario para llegar a generar avances concretos en esos campos. Entonces tiene que necesariamente, extraer elementos de química, y de otras áreas del conocimiento. Además los científicos no pueden separar completamente la investigación científica de los valores socioculturales y aunque tengan espíritu científico, estarán influenciados por valores personales. Por ejemplo, la mayor parte de los científicos se preocupan actualmente por los efectos útiles o nocivos derivados de sus descubrimientos (Estudiante 15C1).

En apariencia, en la segunda etapa de entrevistas, esta situación permanece sin cambios en una amplia mayoría de las respuestas:

Y yo creo que más que elegante, la naturaleza es sabia. Todo lo que sucede es por algo. Yo creo que todo lo que se descubrió es porque la naturaleza es sabia, yo creo que elegante, depende del sentido en que se lo tome, porque... más que elegante para mí es más sabia, más que elegante. Porque en la naturaleza si algo es así es por algo (Estudiante 8A1).

Para mí hay una inteligencia divina que como que tiene no tanto en la química sino en la parte celular, cómo una célula tiene... lo podés pensar como que son meras reacciones, pero creo que hay una inteligencia que oficia allí atrás, y no llamarle Dios, pero hay una energía que moviliza y que hace que unas partículas se originen y otras no, hace que la densidad del agua en el estado sólido sea menor y tenga esa importancia biológica fundamental, entonces, algo hay, algo creó eso, no me parece que fuera mera casualidad (Estudiante 10A1).

Elegante nunca se me hubiera ocurrido asociar ese término con la ciencia, pero ahora que me lo planteas así, lo encuentro, lo asocio más a la ciencia que a las religiones, donde hay mucho caos y maldad, no hay elegancia en las religiones, no la hay. Un mejor sinónimo o cualidad para definir a la naturaleza es armoniosa, organizada, equilibrada pero no estática (Estudiante 3B1).

Como elegante, me parece que es correcta (Estudiante 8C1).

Así también se constata una cierta homogeneidad con las opiniones de cuarto, y como en los aspectos abordados anteriormente, no emerge una postura pura, sino que hay elementos que remiten a una mirada más rígida, como por ejemplo, la negación de la parsimonia en función de criterios alternativos de diversa racionalidad.

Creo que podría ser elegante, pero el criterio no puede ser siempre lo simple o lo intuitivo para decir y justificar que por ejemplo tal teoría o tal decisión científica están de acuerdo con lo que pasa en la naturaleza. Si no seríamos imbéciles (Estudiante 10A4).

Elegante. Tal vez que con elegante se puede referir a lo simple, a simplificar las cosas, porque está como ese dicho de que siempre la respuesta es lo más simple. Como que nosotros buscamos mucha complejidad en nuestra mente y en realidad la respuesta era más sencilla (Estudiante 7A4).

Los docentes no tienen declaraciones explícitas sobre esta cuestión, aunque el término “incierto” para referirse al mundo y a la naturaleza aparece frecuentemente en sus discursos.

No es raro que las responsabilidades y las preocupaciones hagan mella en los científicos, es inevitable que ocurra, todos necesitamos ayuda en este mundo incierto (Docente 1).
Es tan evidente el desequilibrio e incertidumbre de la naturaleza que este esfuerzo de la ciencia se hace cada vez más difícil (Docente 9).

4. La verdad y el error

¿Cuál es la atribución del conocimiento, más que la verdadera creencia, o la intención finalista, presentadas en mayor o menor extensión? ¿Cuál es el modo de considerar el error?

En los apartados anteriores se han abordado las cuestiones de la verdad y el error en función de sus relaciones con otros aspectos epistemológicos. No obstante, si se analizan con independencia de estas asociaciones (Tabla 20), puede obtenerse incluso más información. Entre los nuevos datos destaca que sólo un 21% de los consultados (10 individuos) consideran frecuentes los errores en la disciplina, a pesar de que es una opinión consolidada que las suposiciones falsas y los errores pueden derivar en nuevos descubrimientos. Naturalmente, esto sólo es posible cuando la suposición falsa es parte de un programa de indagación en sí misma o bien cuando los supuestos errores se corrigen de forma racional.

Tabla 20. Concepción de la verdad y el error en la labor científica.

Afirmación seleccionada	Porcentaje de estudiantes
Se necesitan suposiciones correctas para tener teorías y leyes correctas. En caso contrario se perdería mucho tiempo y esfuerzo empleando teorías y leyes erróneas.	8
Si las suposiciones no fueran correctas la sociedad tendría serios problemas, como una inadecuada tecnología y productos químicos peligrosos.	2
Depende. A veces la química necesita suposiciones verdaderas para progresar. Pero a veces la historia ha demostrado que se han hecho grandes descubrimientos refutando una teoría y aprendiendo de sus suposiciones falsas.	73
Los químicos NO <u>deberían</u> cometer errores en su trabajo porque los errores retrasan el avance de la disciplina.	2
Los errores en química son frecuentes y NO PUEDEN evitarse.	21
Los errores retrasan el avance de la ciencia. La información equivocada puede conducir a conclusiones falsas. Si los químicos no corrigen inmediatamente los errores en sus resultados, la ciencia no avanza.	2
Algunos errores pueden retrasar el avance de la química, pero otros pueden conducir a nuevos descubrimientos o avances. Si los químicos aprenden de sus errores y los corrigen, la ciencia avanzará.	60
No responde	2

Sobre un total de 48 estudiantes de primer año.

La Tabla 21 muestra que el ajuste a los datos aportados por la evidencia empírica continúa siendo el principal modo de validación visualizado tanto por estudiantes como por docentes formadores, si bien la articulación con paradigmas vigentes crece entre los docentes (en este caso aumentando junto a las referencias a la parsimonia) y también entre los estudiantes de cuarto. En este caso, el perfil de los estudiantes de cuarto vuelve a ser tradicional, apegado a la evidencia empírica como forma de validación. Por su parte, una única estudiante distingue en su discurso los conceptos de validez y verdad, del siguiente modo:

Las teorías deben probarse como válidas varias veces por diferentes personas, pero para que algo sea verdadero debe cumplirse en todos los casos (Estudiante 18A1).

Tabla 21. Posicionamiento sobre la validación del conocimiento científico.

POSICIONAMIENTO Y ACUERDOS DE LOS ESTUDIANTES Y DOCENTES FORMADORES				
Aspecto	Actitud	Primer año (%)	Cuarto año (%)	Docentes formadores (%)
Validación del conocimiento científico	Evidencia empírica	86	75	50
	Paradigmas	4	13	25
	Parsimonia	4	4	17
	Autoridad	4	4	0
	Intuición	2	4	8

Sobre un total de 35 estudiantes de primer año, 24 estudiantes de cuarto y 12 docentes.

La mayor parte de los estudiantes de cuarto año consideran también la cuestión de la validación del conocimiento científico priorizando fuertemente la evidencia empírica en un sentido claramente empírico-positivista y distanciándose en esto del contextualismo.

En la segunda etapa de entrevistas no se indagó específicamente sobre el tópico de la verdad científica, por lo que no se dispone de respuestas concretas de los estudiantes de primero o cuarto que indiquen cómo abordan esta cuestión de manera detallada. Por otra parte, frente a la afirmación de que “las ideas científicas deben ser elegantes para que sean verdaderas en la naturaleza” (Anexo B, 2.2), prefieren centrar sus exposiciones en el componente de elegancia, simplicidad o parsimonia, en detrimento de la discusión sobre la verdad de las ideas o su correspondencia con lo material o fenoménico, la que también se sugiere. No obstante, la mayor parte adjudica la cualidad de “más verdadero” o “más correcto” a un mejor modelo y lo distingue de los modelos “erróneos” o “falsos” (que han sido refutados y por tanto han caído). Incluso, como se ha visto, hay quien afirma con rotundidad que en la ciencia no hay nada cierto y todo es a la vez estable y tentativo, cambiante. También se ha visto que una minoría de estudiantes manifiesta que si se supone la verdad absoluta y eterna del conocimiento científico (en el sentido de permanencia), se niega cualquier idea de progreso (salvo la del avance por acumulación). Por lo que puede afirmarse que la mayoría de los estudiantes son capaces de creer en la verdad de este conocimiento (Sección 6) de algún modo, al menos provisionalmente.

Entre los estudiantes de cuarto las opiniones son más empírico-positivistas, cercanas al racionalismo crítico. Al igual que en primer año la postura respecto de la naturaleza de las teorías es empírico-positivista, tomando partido mayormente por el descubrimiento frente a la invención. No se dispone de datos que permitan establecer la opinión de los docentes consultados en torno a esta temática. Como se ha visto, entre los docentes predominan discursos que abordan sólo lateralmente discusiones sobre verdad y error.



5. Realismo, fenomenalismo, instrumentalismo: sobre la materialidad de la ciencia

El realismo, bajo una de sus formas, postula la materialidad de entidades o tipos de entidades. Para el realismo de la entidad, lo que se dice que es real son algunas de las entidades no observables postuladas por los científicos (por ejemplo, los electrones) que usualmente se denominan "entidades teóricas". Como tal, el realismo de la entidad se opone a doctrinas como el fenomenalismo y el instrumentalismo, que reducen las entidades teóricas a la experiencia o las consideran como ficciones. El fenomenalismo sostiene que las entidades teóricas deben interpretarse como construcciones lógicas a partir de la experiencia y una vez construidas, existen de cierta forma, pero desde la perspectiva realista decir que las entidades teóricas son reales no es sólo decir que existen sino que lo hacen por derecho propio, con independencia de la mente, sin reducirse a ser objeto o contenido de la experiencia. De manera que para este realismo las entidades teóricas no son ni construcciones fenoménicas ni simples dispositivos predictivos.³⁰ En las respuestas de los estudiantes a las primeras entrevistas pueden advertirse referencias implícitas que a menudo fusionan elementos realistas, fenomenalistas e instrumentalistas. Así por ejemplo:

El universo se ve de diferentes formas, desde diferentes puntos del planeta, de diferentes lugares, en diferentes horarios, diferentes momentos, diferentes... es difícil saber y llegar a tener el conocimiento de lo que es el universo en su totalidad. Creo que las diferentes opiniones si están basadas en datos reales y contundentes son válidas. Es un tema muy espacioso y expandible de estudiar (Estudiante 3C1).

En relación a la existencia de las teorías, las opiniones de los estudiantes suelen mostrarse moderadas, algo que probablemente se derive de la forma en que conciben el cambio en estas construcciones teóricas, aunque también de que las modernas teorías tienen aspectos probabilísticos y contemplan en su esfera tópicos como la incertidumbre. A pesar de esto, los modelos, para ellos, parecen "explicar" propiedades y comportamientos. Por ejemplo, un estudiante construyó su discurso sobre el átomo de la siguiente forma:

La verdad no sé. Es que nadie ha visto un átomo y no se puede ver tampoco. Por el principio de incertidumbre vos no podés saber cómo es un átomo. Hay fotos en libros de lo que son supuestos átomos enlazados, pero no, eso no es estrictamente correcto. Porque es un poco de lo que veníamos hablando, de la existencia de modelos para explicar comportamientos. Como decir que la luz es una onda y una partícula. No es ni onda ni partícula, tiene un comportamiento dual, porque se comporta como onda y como partícula, y eso explica muchas de las propiedades que tiene la luz (Estudiante 1C1).

Aunque el material empírico de la primera etapa de entrevistas es pobre en lo que refiere a este punto, puede ser compatible con una abundancia de hipótesis, y no es posible definir una tendencia predominante, los testimonios de la segunda etapa parecen esclarecer

³⁰Es importante señalar tres postulados que no todas las entidades teóricas a las que los científicos pretenden referirse son reales, que no todos los discursos aparentes acerca de las entidades teóricas deben implicar un auténtico compromiso ontológico y que los realistas de la entidad no afirman la existencia de todas las entidades postuladas por los científicos, sino sólo aquellas entidades para las cuales hay buena evidencia.

en mayor medida esta cuestión (Tabla 22). En todos los casos, se trata de posiciones híbridas al considerar el conjunto de los datos referidos a este tópico, pero se puede afirmar que entre los estudiantes, al ser consultados más específicamente, predomina el realismo de la entidad y esta situación no se modifica al estudiar la población de primero o cuarto año. Mientras que entre los docentes, las nuevas tendencias son mayoritarias. En todos los casos se reconocen algunas posturas minoritarias asociadas al fenomenalismo o bien instrumentalismo. En suma, entre los estudiantes predomina la concepción de que las entidades de la química (al menos las más importantes) se corresponden con la estructura material real del mundo.

Tabla 22. Posicionamiento sobre la materialidad de la ciencia.

POSICIONAMIENTO Y ACUERDOS DE LOS ESTUDIANTES Y DOCENTES FORMADORES				
Aspecto	Posición	Primer año (%)	Cuarto año (%)	Docentes formadores (%)
Correspondencia	Realismo metafísico	21	17	8
	Realismo internalista	6	4	43
	Realismo de la entidad	35	37	8
	Realismo abductivo	2	4	8
	Fenomenalismo	17	17	8
	Instrumentalismo	17	17	17
	Otros	2	4	8

Sobre un total de 48 estudiantes de primer año, 24 estudiantes de cuarto y 12 docentes.

Al ser consultados sobre la simplicidad y la correspondencia de las ideas, formalizaciones, lenguaje, explicaciones o interpretaciones científicas con la naturaleza, los estudiantes, cualesquiera fuesen sus respuestas anteriores, consideran a la naturaleza como algo dado, de existencia independiente a los deseos del investigador o los métodos para su estudio, la esencia de cuyas entidades y procesos puede conocerse (o descubrirse), por medio de la ciencia, de manera correcta y bastante definitiva:

Pienso que la elegancia o la hermosura están en quien la ve y no en el objeto en sí, que podemos ver porque nos emociona estudiarlo. De hecho pasa que aquello que uno le pone mucha pasión y lo ve maravilloso, quizá alguien a quien no le interese para nada no lo ve ni elegante ni hermoso. Creo que está más en la subjetividad y en creer que lo que nosotros hacemos es también hermoso, porque de hecho lo creo, pero creo que está más en mi subjetividad que en otra cosa (Estudiante 2A1).

A mí me parece que la naturaleza es como es, no tiene por qué ser elegante, es como es. Lo que hace el científico es... la naturaleza está, lo que hace el científico es darle un sentido para poder explicarla, describirla, predecirla, pero la naturaleza está, simplemente es (Estudiante 10A1).

[...] porque ningún científico busca que la naturaleza sea, o sea que tengan que hablar de la forma correcta para que la naturaleza sea elegante, sino que buscan que la información que obtienen de la naturaleza sea lo correcto (Estudiante 3C1).

Sí, le estamos haciendo daño a la naturaleza. Pero más que elegantes las ideas deben ser abarcativas y que deben universalizarse, me parece también. Pero estoy de acuerdo, le agregaría eso, de repente (Estudiante 7C1).

De este modo, no se halla presente la noción de que la formalización a menudo fuerza las dinámicas históricas en el desarrollo científico (Hesse, 1980). Estas opiniones se repiten en estudiantes de cuarto año, complementadas a menudo con la referencia al hermetismo o elitismo del lenguaje de la ciencia, lo cual puede responder por la elegancia con que se pretende expresar las ideas:

Y que tiene algo de realidad, que los científicos como que, no sé si esa manera de expresar lo que estudian o lo que analizan o lo que investigan con más... el lenguaje científico que es como más riguroso que el cotidiano y bueno yo creo que buscando en parte también eso, esa elegancia o que sea para ciertas personas, no para toda la comunidad, quizás, un poco clasista, quizás (Estudiante 1C4).

Sí, digo, los científicos tratan de decir las cosas que pasan de la forma más técnica y elegante posible, pero dentro de la elegancia tiene que haber una cierta, pensar en que el otro debe comprender, porque los términos que maneja el científico seguramente no toda la comunidad lo maneja y ese descubrimiento tiene que ser transmitido. Entonces, como que tiene que ver que la elegancia, lo correcto de la explicación, vaya también en un grado de difusión amplio, si no el conocimiento es conocimiento para mí, científico, y nadie más (Estudiante 2C4).

Que sus ideas tienen que ser elegantes, no tienen por qué ser elegantes. Que sean reales, coherentes, precisas, esas sí. Después de que si buscan en la naturaleza, no sé (Estudiante 3C4).

Aunque el término verdad no aparece en todas las respuestas brindadas en entrevista, lo cierto es que se encuentra implícito la mayor parte de las veces y en el sentido realista. De hecho este es el nudo de la discusión epistemológica de todas las épocas: estudiar lo que se sabe, cómo se sabe y qué significa saber algo. Entendida de una determinada manera, se trata de una exploración de nuestro conocimiento (o desconocimiento) que puede llevar a distintas conclusiones: que la verdad no existe (nihilismo), que ya se sabe todo lo que se sabrá por parte de cada individuo (reminiscencia) o que la verdad existe pero no se tiene la capacidad de conocerla (escepticismo). De estas, en un sentido muy asociado con Hume, los estudiantes sólo adoptan como parcialmente válido el escepticismo y en general ni siquiera se plantean la posibilidad de la no existencia de una verdad cognoscible. Por otro lado, suelen considerar el conocimiento científico como cambiante, pero asimismo absoluto, incluso en el caso de aquellos cuyas opiniones se acercan más a las nuevas corrientes. Así, por ejemplo, un alumno afirma:

Y el conocimiento científico debería permitir una verdad absoluta a la vez, al menos, a no ser que otra venga y la revalide (tal vez revalidar implica aquí refutar). Entonces, opiniones científicas no creo que se pueda hablar de opiniones científicas, sólo de conocimientos científicos, porque no puede haber más de uno a la vez (Estudiante 3A1).

No obstante, se oye al mismo estudiante más tarde resaltar el valor demarcatorio de las pruebas experimentales en la química a la hora de “descubrir”, a pesar de reconocer que en el fondo no hay unidad metodológica.

Una teoría se descubre porque se basa en hechos experimentales que el científico probó. Pero creo que actualmente [...] el método científico ya cayó (Estudiante 3A1).

Más adelante en la entrevista, se refuerza esta perspectiva, incluso para el caso de la mejor enseñanza de las ciencias:

Sí, yo creo que las ciencias, la mayoría o todas dependen de la experimentación, y creo que aparte debería enseñarse porque creo que es como el hombre desarrolló el conocimiento. Por más que puedas decirle en un teórico cómo fue el experimento y contárselo, está bueno que lo desarrollen prácticamente para estimular todos los aspectos de los que hablamos anteriormente (Estudiante 3A1).

Las respuestas de los estudiantes muestran con frecuencia confianza epistémica en la verdad del conocimiento científico. De alguna forma, existe una propensión al éxito como garantía de verdad con el método como elemento definitorio que se presenta en muchas de las respuestas, a menudo de forma explícita, pero fundamentalmente implícita. Entre ellos, quienes creen en posiciones no identificadas con la materialidad de las entidades teóricas, difícilmente consiguen explicarse en función de la no existencia de un método común para las ciencias.

Creo que no hay similitudes entre los métodos de la ciencia en general y de la química. Es decir que parcialmente utiliza los métodos generales y parcialmente utiliza sus propios métodos. Sí, esto me parece (Estudiante 4C1).

En casi todas las respuestas (75%, 36 individuos) la apelación al éxito de la verdad científica es más poderosa que el argumento del ajuste al sentido común, dado que entre los estudiantes persiste la idea de que las explicaciones de la ciencia se contraponen a este último (probablemente instalada desde su experiencia en las aulas y la eventual comprensión parcial de algunos contenidos). Entre ellos, como se ha visto, predomina la visión de que la creatividad tiene un papel más bien restringido y es posible que a consecuencia de esto admitan la pertinencia de algunas discusiones, pero por otro lado consideren otras cuestiones como innegociables en términos absolutos. Así por ejemplo, cuatro de los estudiantes declaran sobre el proceso de invención y la creatividad:

Pienso que la creatividad e imaginación sí son utilizadas por los científicos, teniendo en cuenta que, para acotar el fenómeno, muchas veces se deben imaginar las causales y en base a ello realizar el ensayo, incluso, luego de la recolección de datos, las interpretaciones pueden ser variadas, ya que pueden estar sujetas a especulaciones bien fundamentadas (Estudiante 2B1). Y depende qué es lo que inventen porque si estás haciendo una investigación para ver si un fenómeno natural o algo que se ve en la naturaleza, para ver si es consecuente con las teorías, con los modelos que hay para explicarlo, no vas a inventar cosas que no existen en la realidad. Uno puede usar la creatividad a la hora de trabajar en torno a algo que está observando, pero sin desviarse demasiado de lo que la evidencia empírica o lo que está viendo le está diciendo. Siempre todo tiene sus límites, está dentro de eso (Estudiante 1C1).

Ha habido casos en los que las corazonadas han sido importantes, o lo son. Por ejemplo en la representación del anillo del benceno. Se lo imaginó. Pero después, ese modelo del anillo bencénico, porque es un modelo, una representación, sirvió para explicar muchas de las propiedades que tiene el benceno y compuestos que son derivados del benceno. Pero es un caso puntual. No a uno siempre se le va a ocurrir un sueño y ese sueño necesariamente va a ser un reflejo de la realidad (Estudiante 10C1).

Sí, usan su imaginación para poder suponer lo que va a suceder al realizar la investigación, luego de realizarla, con los datos obtenidos, me parece que se hace más difícil su uso si se logró llegar a un objetivo (Estudiante 11C1).

6. Método científico, evolución, progreso

6.1. Progreso

En las entrevistas, las respuestas a aquellas preguntas que indagan más directamente sobre el progreso en la actividad científica no presentan homogeneidad, aunque son marginales aquellos que no conciben alguna forma de progreso y ninguno de entre estos últimos se acerca a posturas relativistas radicales (p. ej. la de Feyerabend, quien afirma que el progreso no existe). De acuerdo con esta temática, los alumnos se pueden dividir en tres categorías, siguiendo el criterio de Leal y Velásquez (2013), tales que:

- El primer grupo resalta que la ciencia avanza cuando descubre nuevos hechos, cosas o fenómenos (en forma más bien acumulativa) y se constituye con el 58% de los alumnos (28 individuos) en este estudio.

Sí, [las teorías cambian] si se continúa investigando sobre ellas. Luego de comprobarse una nueva hipótesis puede cambiar un concepto que ya se había probado y aceptado (Estudiante 11C1).

- El segundo grupo relaciona progreso y resolución de problemas y comprende el 19% de los entrevistados (9 individuos). Por ejemplo:

El progreso se produce cuando los resultados de la ciencia, o sea de la actividad científica como tal que realizan, se pueden utilizar para manejar problemas de la cotidianidad... uno puede decir que la ciencia está progresando cuando está beneficiando y solucionando problemas al ser humano (Estudiante 9C1).

- El tercer grupo le da importancia a la sociedad, al contexto de la actividad y las prácticas científicas, siendo otro 19% de los estudiantes. Por ejemplo:

Como pensando en voz alta diría que a medida que va evolucionando la sociedad, cada día salen cosas con la intención de mejorar (Estudiante 9A1).

Una cuarta posición que podría ser diferente (aunque también podría resultar asociable al primer grupo) es manifestada por sólo 2 alumnos (aproximadamente el 4%) y tiene que ver con interpretar el cambio directamente a través de la creencia en el cambio de las entidades teóricas. Así por ejemplo:

Sí, claro, creo que una teoría puede cambiar, si sus bases cambian. (Silencio prolongado) No, cambia sí, el conocimiento está en constante cambio, a medida que se van descartando algunas hipótesis, otras se van sumando, pero el conocimiento humano es un constructo en constante cambio, se supone. A lo largo de la historia está comprobado que hay muchas cosas que han cambiado y otras han permanecido. La ciencia está avanzando, ese es el progreso en la ciencia, diría, las teorías más nuevas (Estudiante 1C1).

Esta posición podría significar bien el apego a alguna especie de realismo de la entidad o bien una asunción de que el cambio efectivamente está en dependencia con

factores históricos, sociales y culturales no necesariamente relacionados con las mejoras técnicas ni la discusión racional al interior de las comunidades científicas. Sin embargo, si se toman estos datos en relación a la forma como conciben la dinámica de la evolución científica (a través de una sucesión de teorías/modelos que mejoran sus potencialidades descriptivas, predictivas y de ajuste) la postura de estos estudiantes se podría inscribir también en una visión modélico-teórica, pues consideran asimismo que las representaciones previas (que incluirán no sólo la carga teórica) guían la exploración, en detrimento de otros factores como la imaginación, la curiosidad³¹ y la creatividad (ver Secciones 2.2 y 5).

En resumen, la mayor parte de las respuestas en primer año (aproximadamente entre el 76% y 80%) se sitúan en posturas cercanas al positivismo, en base a la idea de excluir la discusión sobre contexto de descubrimiento/contexto de justificación y valoran más el resultado final (“descubrimiento definitivo”, concepto propio del realismo metafísico de las ideas empiristas y positivistas) que la justificación de lo descubierto. Las respuestas que dan una importancia relativa al contexto de descubrimiento lo hacen desde lo social (subjetivismo de contexto, de acuerdo con lo establecido por Laudan, 1993), en tanto que los intereses y creencias de los científicos (subjetivismo personal de acuerdo a Laudan) son, paradójicamente, mencionados en mayor medida por los demás grupos, quienes perciben de mejor forma el papel de los errores y la duda en el trabajo científico, aunque los consideran de escasa relevancia en vistas al resultado final. Con relación a cuarto año, se reconoce en mayor medida que el avance de la ciencia no es necesariamente continuo y acumulativo, con expresiones como “no creo que la ciencia avance así linealmente” (Estudiante 9A4). Esta discusión se ampliará más tarde en las Secciones 6.2 y 7.

6.2. Cambio del conocimiento científico y cambio teórico

En los tres centros, los estudiantes sin experiencia docente manifiestan que el conocimiento derivado de las investigaciones en química, si es “correcto”, no cambia de modo significativo en el tiempo y sólo podría mejorar, pero se mantienen las bases. Esta postura podría reflejar tanto la idea de que las teorías no cambian grandemente, como la de que una teoría particular no tenga la posibilidad de cambiar en esencia y sea simplemente reemplazada por diferentes razones, entre las que se situaría fundamentalmente el ajuste a los datos. La demarcación entre ambas posiciones parece centrarse en la edad de los entrevistados: mientras los más jóvenes adhieren a la primera posibilidad de cambio mencionada, los de mayor edad lo hacen a la segunda (Tabla 23). Como también se aprecia,

³¹ Los estudios sobre la estructura de la curiosidad resaltan diversas dimensiones dentro de la misma, a saber: informativa, perceptiva, sensorial, social, estática y continua, así como sus interrelaciones con aspectos tales como las actitudes y el contexto (Litman et al., 2005; Schmitt y Lahroodi, 2008; Saricam y Sahin, 2015).

en el caso de los estudiantes de cuarto, las posturas responden mayormente al racionalismo crítico.

Tabla 23. Concepción de la posibilidad de cambio teórico.

Respuesta	Perfil del estudiante
"Puede cambiar, después de comprobarse, de hecho se ha comprobado que algunas teorías antiguas han cambiado en algunos casos. (Silencio prolongado) Puede cambiar, pero no diría descartar. Puede sí modificarse y cambiarse con el conocimiento y las prácticas y los análisis, con la investigación. La humanidad hizo suyos esos descubrimientos en una época determinada, y acaso hoy hasta se opongá a reconocerlos" (3C1).	Auxiliar contable Sin experiencia docente 48 años
"Y... no me parece que una teoría pueda cambiar, pero me parece que puede irse mejorando esa teoría" (Estudiante 7C1)	Sin otra formación Sin experiencia docente 19 años
"¿Cómo no? Sí, una teoría puede cambiar absolutamente. Yo creo que podría pasar cualquier cosa... digo... Podría ser que sí, que cambie absolutamente, como no, porque yo creo que en la época en la que estamos la ciencia está bastante avanzada, pero si se descubre que todo lo que sabemos hoy es... no es completamente correcto podría cambiar absolutamente. Perfectamente. En general la ciencia cambia cuando... con los nuevos descubrimientos, cuando se descubre tal vacuna o tal cosa. El conocimiento científico cambia a medida que se van descubriendo nuevas cosas, que van apareciendo nuevos fenómenos" (11A1).	Química Farmacéutica incompleta Sin experiencia docente 22 años
"Claro, cambia, podría cambiar. Yo creo que podría cambiar, con un cambio de paradigma podría cambiar" (3A1).	Sin otra formación Sin experiencia docente 18 años
"...no suele suceder que una teoría se descarte totalmente pero en la mayoría de los casos resiste por la acumulación de datos que la corroboran a favor mientras no es refutada" (Estudiante 2C4).	Sin otra formación Experiencia docente 22 años

Un tercer grupo, minoritario, lo forman aquellos que creen que el cambio en las teorías (incluso de manera abrupta y completa) parece estar ligado con los nuevos “descubrimientos”, más que con circunstancias del avance de la técnica o con su sustitución. Algunos de los estudiantes en esta categoría hacen referencia también a la aparición de nuevos “fenómenos” (tal vez esta palabra no se emplee en su sentido teórico estricto), pero predomina en sus respuestas la referencia al “descubrimiento”. En una posición marginal, se encuentran también aquellos que consideran el cambio de paradigma como impulsor del cambio teórico.

En la segunda etapa de entrevistas (Setiembre-Octubre), se pone de nuevo a los estudiantes en una situación en la que existe una hipotética coexistencia entre dos teorías y se les consulta sobre si los científicos aceptarían las dos, o bajo qué condiciones definirán la prevalencia de una de ellas (Anexo B, 2.2).³² En este caso la comparación no se basa en un ejemplo concreto sino que apunta en mayor medida a la formalización de una opinión general sobre la temática, con base en la selección entre entidades teóricas. Pueden diferenciarse en esta etapa varios tipos de respuesta (Tabla 24). En algunas, se afirma la posibilidad de coexistencia sin conflicto (a menudo provisional), tanto por razones de complementación o diferentes perspectivas así como motivada porque la determinación objetiva de la mejor teoría fuera imposible (ya sea de hecho o en términos absolutos). Excepto cuando mencionan las diversas perspectivas posibles sin enfatizar aspectos como la objetividad y la neutralidad

³²En efecto, la coexistencia de dos teorías (explicativas, por ejemplo) en relación al mundo, no es igual a la existencia de una controversia en un mundo donde se supone que sólo una de ellas será válida.

valorativa (posición próxima al contextualismo), estas posturas han sido relacionadas a posiciones empiristas y positivistas por parte de Pujalte (2014). Es así que los estudiantes afirman:

Y creo que históricamente a veces coexisten un tiempo, compiten, por utilizar un término, y a veces el tiempo da la razón a una porque es más general o porque es capaz de explicar más cosas, o porque hay como un contrato social que acepta una persona que otra o porque una teoría y la otra si no son compatibles entonces una termina dejando a la otra que termina quedando en el camino, pero esos procesos pueden ser múltiples, me parece en esa evolución. Se puede producir también una síntesis, tal vez, pero un científico no se puede hacer amigo de todos los que no comparten sus ideas y credos. Sólo una minoría ínfima se dejaría convencer por las ideas del otro, aunque sea no iban a pronunciarse nunca a favor o en contra de las ideas del otro. Por tanto creo que no es posible que coexistan en armonía, ni en su pasado ni en sus destinos, porque algunas van a ser descartadas. ¿Acaso la historia no ha hecho progresar a la humanidad de esa manera? (Estudiante 2A1).

Son diferentes perspectivas, explicaciones diferentes, no están bien o mal. Pero ese equilibrio no va a durar para siempre (Estudiante 9A1).

Y puede ser que sí acepten dos teorías al mismo tiempo. Por ejemplo, puede ser que lleguen a los mismos resultados con las dos teorías pero por caminos distintos, entonces se pueden aceptar las dos, o pueden llegar a resultados diferentes entonces uno puede optar o decir una o la otra, o se pueden complementar una con la otra. Pero cuando los resultados son diferentes es como que tenés que elegir (Estudiante 16A1).

Tabla 24. Concepción sobre la selección de entidades teóricas.

Respuesta	Perfil del estudiante
"Sobre las dos teorías, pienso que sí, porque no pueden descartar la una frente a la otra" (9A1).	Sin formación previa Sin experiencia docente 25 años
"Creo que entre dos teorías creo que sí se van a aceptar las dos, que una se puede complementar con la otra. Considero que es más, se hace, en la actualidad está... o sea, yo he estudiado dos teorías del mismo fenómeno y sí creo que se acepta eso" (8A1).	Sin otra formación Sin experiencia docente 34 años
"Si hay dos teorías diferentes yo creo que no, que son excluyentes, porque entre los científicos siempre es una competencia" (7C1).	Sin otra formación Sin experiencia docente 19 años
"Si hay dos teorías, creo que no las aceptarán al mismo tiempo" (8C1).	Sin otra formación Experiencia docente 20 años
"Y sobre lo de las dos teorías tendrán que reunirse para discutir. Y puede ser porque utilizaron métodos distintos de investigación, y habría que comparar los métodos y en qué circunstancia investigó cada uno. Y hasta la subjetividad de cada uno y las creencias de cada uno. Yo me acuerdo que en la entrevista anterior me preguntaste sobre el tema de la expansión o contracción del universo. No tengo ni idea, sé que las dos teorías existen, pero no sé sobre qué tratan en sí, se necesita un nivel de abstracción bastante elevado para entender eso. Que el universo se expande, pero que se va a expandir hasta cierto límite, luego se va a contraer, no sé (3B1).	Prof. de Biología incompleto Experiencia docente 46 años
"Sobre las dos teorías simultáneas, algunos científicos las aceptarán al mismo tiempo, pero otros no. Algunos científicos hoy, en la actualidad, pueden llegar a considerar dos teorías para que expliquen un mismo fenómeno, una misma situación, tenemos varios científicos que en su momento con diferentes teorías demostraron diferentes caminos, diferentes procesos, ácido-base, en química, por ejemplo (3C1).	Auxiliar contable Sin experiencia docente 48 años
"Sí, podría ser que sí se aceptaran las dos al mismo tiempo, o que no, que se inclinen más hacia una teoría que a otra, a una explicación que a otra. Depende de lo que el científico conciba, o cómo conciba la ciencia, en el sentido de la inclinación, podría ser, no sé, epistemológica, ideológica, para mí hay un contenido teórico fuerte, un contenido teórico que avale a lo que el científico se está inclinando, hay interpretaciones que de alguna manera se privilegian en determinadas personas o determinados científicos, por supuesto, que los llevan a creer en determinadas teorías y en otras no, porque son personas, más allá de ser científicos, son personas y están condicionadas por un montón de factores. Es una cuestión de creencia pero también racional" (1C4).	Sin otra formación Experiencia docente 25 años

En otros casos, se reconoce la influencia de motivaciones personales o propias de la comunidad en la selección de teorías, aunque parece evidente que el papel de la comunidad

es visto como más racional y el de los científicos individuales se advierte más pasional o egoísta.

Sobre la coexistencia de dos teorías, depende. Convivir entre dos posturas es muy difícil, porque, a ver, también tiene que ver con el trabajo del científico, porque estás diez años, veinte años, con una teoría, y que venga otra a competir a la par, es como que desplaza poco, y uno siempre trata de su trabajo llevarlo a buen puerto, entonces, es difícil. Depende también de la comunidad, qué teoría toman y cuál descartan (Estudiante 14A1).

Y finalmente, un tercer tipo de respuesta consiste en la mención de ambos aspectos, justificados históricamente, entendiendo la sustitución o síntesis como un proceso orientado de manera racional, aunque con influencias socioculturales que inciden sobre los investigadores y de modo que autorizan o desautorizan una teoría frente a otra.

Sobre el asunto de las dos teorías si se aceptan o no al mismo tiempo, yo no tengo conocimiento de ahora, pero en el pasado la comunidad científica a veces apoyaba a los que estaban trabajando con los más tradicionalistas por decirlo así, y sí es un tema de apoyo, de popularidad y bueno, y ha pasado como en el caso de Berthelot que se oponía a Proust y con los años le terminaron dando la razón, y bueno, pero en ese momento la hegemonía pesa muchísimo, considero que sí, que no solamente es que sea una teoría descabellada y la otra no, sino que el relacionamiento de ese científico en relación a la comunidad pienso que influye (Estudiante 10A1).

En suma, ninguno de los estudiantes manifiesta explícitamente opiniones que se identifiquen con alguna forma de contextualismo, tal como la mencionada por Pujalte (2014), en términos puros. La opinión de los estudiantes de cuarto, por su parte, se manifiesta como posturas intermedias entre la segunda y tercera de las categorías señaladas anteriormente, pero en todos los casos se refuerza la idea de que la sustitución se motiva por o contribuye al progreso. Mientras tanto, los docentes, como se menciona anteriormente, comparten la noción de que la sucesión de teorías contribuye fundamentalmente al avance de la ciencia.

En la segunda etapa de entrevistas, se consulta también, de manera explícita, a los estudiantes, no sólo sobre la posibilidad de cambio teórico, sino, además, de cambio en el conocimiento químico aceptado actualmente (Tabla 25).³³ Respecto al cambio teórico, los estudiantes de primero mayormente continúan adhiriendo a posturas empiristas y positivistas, pues sus selecciones afirman que “mediante la investigación científica, el conocimiento acerca del mundo real progresa y esto permite acercarnos cada vez más a la verdad” (compatible con el neopositivismo), o bien que “con la acumulación de datos e información, las teorías se desarrollarán de manera más precisa y completa, al no ser refutadas” (compatible con el racionalismo crítico, que corresponde aproximadamente a un 25% de las respuestas en primero y un 17% en cuarto). Sólo hay una minoría que podemos

³³En efecto, no es exactamente lo mismo aceptar el cambio en determinadas teorías que aceptar el cambio en el conocimiento en una disciplina. Si bien todos reconocen que el cambio es posible, ven al cambio en el conocimiento como resultado de un proceso gradual (muy en dependencia con las posibilidades técnicas) y la mayoría no aceptan, como para el caso de las teorías, ni de cerca discutir la posibilidad de una revolución o de un cambio dramático de mediana entidad.

identificar con posturas contextualistas cercanas a la nueva filosofía de la ciencia ya que considera que “el conocimiento científico cambia porque el conocimiento viejo es reinterpretado a la luz de los nuevos descubrimientos y por tanto, los hechos científicos pueden cambiar” (afirmación que a su vez comparte un tercio de los estudiantes de cuarto).

En efecto, la tendencia positivista cambia sus características definitorias entre estudiantes avanzados, agregándose fundamentalmente visiones revolucionarias y manteniéndose las evolutivas más cercanas al racionalismo crítico de Popper. Ninguno de estos estudiantes parece tener una visión estrictamente acumulativa y progresiva del conocimiento. Sin embargo, la mitad de los consultados comparte la concepción heredada de que “en una ciencia madura, una teoría nueva no sustituye sin más a la anterior, sino que conserva lo que hay de verdad en ella, perfeccionándola, enriqueciéndola o extendiéndola” y un 17% adicional (4 estudiantes) considera válido que “los avances científicos no se pueden hacer en poco tiempo y por tanto ocurren a través de un proceso acumulativo, por lo que la vieja teoría se mantiene”. La hibridación con posturas kuhnianas o post-kuhnianas se evidencia en la aceptación por parte del 17% de los alumnos (4 individuos) de la afirmación de que “la investigación científica se enfrentará a cambios revolucionarios, y la vieja teoría será reemplazada”, mientras que un 33% (8 individuos) acuerdan con que “los científicos aceptan una teoría o tradición de investigación porque resuelve mejor los problemas empíricos y conceptuales”. Agrupadas en función de constituir concepciones empírico-positivistas o contextualistas, se puede apreciar que las primeras mantienen todavía el 50% del total en este segmento de estudiantes avanzados.

Entre los formadores, subsiste todavía aproximadamente 15-20% de opiniones positivistas respecto al tema, con una amplia mayoría correspondiendo a otras posturas, donde pesan por igual la nueva filosofía de la ciencia y posiciones que hibridan ésta con el racionalismo crítico. En suma, respecto a la provisionalidad del conocimiento científico, si bien los docentes parecen alinearse con posturas epistémicas contemporáneas, la amplia mayoría de sus alumnos, incluso los estudiantes avanzados, mantienen ideas compatibles con la visión heredada de la ciencia.

Tabla 25. Posicionamiento sobre la provisionalidad del conocimiento científico.

POSICIONAMIENTO Y ACUERDOS DE LOS ESTUDIANTES Y DOCENTES FORMADORES				
Aspecto	Posición	Primer año (%)	Cuarto año (%)	Docentes formadores (%)
Provisionalidad	Revolucionario	12	20	42
	Acumulativo	63	50	16
	Evolutivo	25	30	42

Sobre un total de 48 estudiantes de primer año, 24 estudiantes de cuarto y 12 docentes.

Es así que, como se refirió para la primera etapa, las respuestas en entrevista se muestran conservadoras, una vez más se refuerza el papel del avance técnico (Gil Pérez,

1998) que complementa el esfuerzo de investigación y “descubrimiento”, y aparece muy tímida, indefinida y esporádicamente el componente social o el contexto:

Existen varias cosas. En la generación de conocimiento tiene que ver además de lo puramente científico la intervención de lo tecnológico y la intervención de lo social. Muchas veces los resultados deben interpretarse teniendo en cuenta eso. Y por ejemplo muchas cosas que se utilizan artificios para llegar a ellas, llegado el momento en que la tecnología permita acceder a niveles más precisos o la posibilidad de medir directamente determinadas cosas y no en relación a otras podrían producir cambios o no (Estudiante 2A1).

El conocimiento cambia en función de los nuevos descubrimientos. No sé cómo se produce el cambio, porque no sé en función a qué cambiaría tanto la química. Me parece que más bien es algo que se mantiene más allá de alguna pequeña modificación, siempre que no estemos hablando de métodos, que esos sí cambian. Pero teorías y fundamentaciones no. Eso cambiaría en función de que la tecnología mejorara quizá sí. Creo que es una cuestión de avance de la técnica, de lo tecnológico, pero después no le veo un gran cambio a esta ciencia, a la química en particular (Estudiante 9A1).

Si hubiera algún descubrimiento muy revolucionario. Hasta ahora por lo que yo he visto, en química, las cosas que se ponen a reaccionar funcionan como se espera, las cantidades aparecen, no ha pasado nada trascendente, pero puede ser que o la materia se transforme de alguna manera o se pueda como avanzar en lo que es el campo de la mecánica o física cuántica en el sentido de que se pueda ver qué pasa con el electrón, en realidad, y bueno esas suposiciones como que rozan mucho la parte matemática y de probabilidad y no lo que se puede observar, si se llegase a poder observar las moléculas o los electrones o protones creo que sería algo revolucionario, me parece (Estudiante 10A1).

En nuestro planeta, en la naturaleza y en el universo, se podrían descubrir por ejemplo elementos nuevos. Podríamos tal vez un día tener que modificar la organización de la tabla periódica, sería algo gigantesco si llegara a ocurrir. Podría haber cambios porque como se van creando nuevas tecnologías que permiten acceder a... tecnologías más eficientes para investigar fenómenos, por ahí se descubre algo que antes no se había visto, que ya estaba pero no nos habíamos percatado de eso. Creo que el análisis de los modelos y las teorías con su historia y lenguaje y la forma en que han sido llevadas a la práctica muestra sus verdaderos aspectos (Estudiante 3B1).

Claro, puede cambiar, porque siempre hay cosas que se van descubriendo. Por ejemplo la tabla periódica, cuando Markovnikov... pero yo creo que no sólo en química sino en todo, un conocimiento científico siempre puede ser remodelado y mejorado. Tenemos que entender nosotros también, tenemos que ser conscientes de que no es... hoy es así pero mañana siempre puede ir evolucionando (Estudiante 7C1).

En el caso de los estudiantes de cuarto año a los que se consultó dos veces con respecto a esta cuestión, se reitera la presencia marginal de respuestas que identifican el cambio con el cambio en las teorías y no necesariamente con procesos de descubrimiento, aunque en la mayor parte de las respuestas ambos aspectos aparecen integrados o indiferenciados:

En qué sentido sería el cambio eso no puedo decir muy bien el sentido porque depende de todo el mundo, depende de las circunstancias del mundo, de las mentes de las personas. Y el cambio se da por una necesidad, normalmente, una necesidad de la época, del momento, de buscar algo para solucionar algo. Más orientado a que tenga una aplicación práctica, una aplicación para algo. Como que se dé una aplicación para algo (Estudiante 7A4).

Y por lo mismo de las teorías puede ser, porque si se descubre algo nuevo puede que lo anterior se descarte. Depende de nuevos eventos de descubrimientos. O como afecten hacia nosotros, depende de lo que estemos hablando (Estudiante 3C4).

Indagando por sus creencias sobre la relación entre errores y progreso, ya se ha visto que el error es manejado en algunos casos como inevitable para determinadas estrategias o bien requiere, para otros, subsanarse³⁴ (véanse además las Secciones 3, 4 y 5). No existe una inclinación particular a resaltar el error como motor del avance sino más bien como determinante de un cambio de rumbo, salvo en el caso de algunos estudiantes que constituyen una minoría (los que consideran, efectivamente, que el ensayo y error es el núcleo de la actividad científica). De hecho, la palabra error por sí misma, rara vez aparece en el discurso de los entrevistados, quizá debido a sus características peyorativas y a la asunción, en la mayoría de los casos, de que el método minimiza estas equivocaciones (véase también la relación entre verdad y error presentada en la Sección 4).

En el caso de los estudiantes jóvenes del IPA sin experiencia docente pero con carreras universitarias incompletas, se advierte el arraigo de posiciones naturalistas volcadas en las entrevistas y resulta difícil definir si consideran a la ciencia como objetiva o como un conocimiento intersubjetivo, si bien se reconocen limitaciones en el tipo de problemas científicamente abordables.

... Yo creo que la ciencia trata de explicar la realidad... En el arte, digamos, vos tratás de explicar lo que vos sentís, trata como de ver tu realidad, pero puede ser que tu realidad no sea la misma realidad que la del otro, pero por ejemplo la ciencia trata de explicar la realidad para todos, digamos... en lo que puede. Y la religión... (Pausa acentuada) la verdad que no lo sé (Estudiante 11A1).

6.3. Método

A pesar de que el contenido de otras preguntas puede ser ilustrativo de las representaciones de los estudiantes sobre el método de la ciencia y sus inclinaciones o prevenciones al respecto, el bloque 5 del cuestionario empleado en la primera etapa de indagación (Marzo-Abril), formula una cuestión específica sobre este asunto (ver Anexo A, Bloque 5). Los resultados se presentan en la Tabla 26.

Tabla 26. Concepción sobre métodos científicos.

Afirmación seleccionada	Porcentaje de estudiantes
Los mejores químicos siguen en sus investigaciones las etapas del método científico lo más escrupulosamente posible.	10
Los mejores químicos tienen mentalidad abierta, siendo imparciales y objetivos en su trabajo. Estas características personales son necesarias para hacer una mejor química. De otra forma la disciplina se perjudicaría.	60
Los mejores químicos no siguen un método único y universal, hay diferentes tipos de método.	37
En general, los mejores químicos son más objetivos e imparciales en sus investigaciones que la mayoría de los demás ciudadanos en sus trabajos.	10
Los mejores científicos no siguen un método único y universal e intentan tener la mente completamente abierta, para así poder ser lo más imparciales y objetivos posibles. Creo que depende de las corrientes que sigan o del lugar donde trabajen.	2

Sobre un total de 48 estudiantes de primer año.

³⁴ La bibliografía sobre el error en general, enfocado en distintas poblaciones, es extensa y comprende múltiples perspectivas, tanto para las que se refieren al error en términos estrictos, como a la necesidad de corregirlo o bien de tomarlo en cuenta o utilizarlo como medio para los procesos de enseñanza y aprendizaje (Bransford y Vye, 1997; Astolfi, 1999; Bransford et al., 2000; Camilloni, 2001ab; Bello, 2004; Briceño, 2009; Salter et al., 2009; Tippet, 2010; González et al., 2015; Zamora et al., 2018; entre otros). Véase también el Anexo G.

La mayoría de los estudiantes seleccionan la respuesta B, esto es, ven a los científicos como personas de mentalidad abierta, imparciales y objetivos en su trabajo (lo cual coincide con la visión heredada en términos generales). Sobrevuela estas elecciones y declaraciones la idea optimista de que los métodos de la ciencia (en especial el identificado tradicionalmente como “método científico” en sus distintas variantes) pueden resolver todos los problemas y asegurar resultados en base a que se los considera como válidos, claros, lógicos y precisos. El hecho de que el propio método tenga un fuerte componente empírico indicaría una conexión con otro de los mitos, que afirma que los experimentos son el camino principal hacia el conocimiento (McComas, 1998), sobre todo en una ciencia con una fuerte carga de presunción experimental, como lo es la química en apariencia. Los estudiantes que se distinguen de esta tendencia son minoría y entre ellos se encuentran algunos de los de mediana edad, con experiencia docente y sin otra formación, en general de centros del interior, para quienes la química no tiene un método general, único y universal, sino diferentes tipos de método, posición que sugiere de forma taxativa que no hay ningún método científico paso a paso mediante el cual se realiza toda la ciencia. En tanto que sus compañeros de mayor edad con experiencia y otra formación de tipo docente incompleta en estos centros se muestra conteste con la visión mayoritaria. Resulta llamativo el hecho de que, a pesar de que la pregunta es contestada por casi todos los estudiantes, ninguno de los alumnos selecciona las opciones D-J, y en particular la I, considerada por Vázquez y Manassero (2012) como apropiada de acuerdo a los consensos empíricos actuales en epistemología. Este dato, en conjunto con el análisis anterior, indica que el método continúa siendo un elemento fuerte de demarcación, en tanto que subsiste la visión de que el o los métodos ofrecen pruebas absolutas. En este marco, muchos de los estudiantes parecen entender todavía que el proceso de hacer ciencia se describe mejor como el método científico, conjunto de pasos que servirían de guía a la investigación.

Coincidente en cierta medida con la postura mayoritaria sobre el cambio a nivel de las teorías, se encuentran las respuestas que los estudiantes ofrecen respecto al método (único y universal o diverso) de la ciencia, la investigación en general y la química en particular. En efecto, si se supone que el método es rigurosamente aplicado, difícilmente algo distinto de las posibilidades técnicas pueda visualizarse como involucrado en el cambio de una teoría.³⁵ Un estudiante expresa al respecto:

Sí, yo justamente estudio química y me parece que de las ciencias es la más importante desde mi punto de vista, pero sí, yo creo que todas las ciencias están de una manera u otra conectadas. Como dicen, por ejemplo la biología, física y química son más que nada ramas una de la otra. Las ciencias se reducen unas a las otras (la biología a la química, la química a la física, etc.). Pero son variantes del mismo método (Estudiante 7C1).

³⁵ Afirma Gokulsing (1997) que el progreso en el conocimiento está hoy mucho más subordinado a la tecnología, que se ha convertido en la forma más eficiente de lograr una prueba científica.

La Tabla 27 agrupa las posiciones sobre método que arroja la primera consulta en cada una de las poblaciones en estudio. Como se aprecia, predominan las posturas empiristas y positivistas entre los estudiantes de ambos niveles, y aunque la tendencia se modera en primer año se sigue considerando que con independencia de cómo se obtienen los resultados, el método científico garantiza su comprobación y se utiliza prácticamente en la totalidad de los casos. Entre quienes se apartan de esta postura se refiere la serendipia y la flexibilidad metodológica, en ese orden, seguidas del discurso que considera al mundo azaroso e incierto y por tanto, la necesidad de variadas metodologías se hace imprescindible:

No creo que pueda hablar de un solo método científico y seguir una serie de pasos rigurosos, porque el mundo tiene mucha incertidumbre y azar. Siempre van a surgir cosas inesperadas (Estudiante 9A4).

La mayor parte de los docentes formadores consultados se ubica en posiciones contextualistas tales como que el método es útil en la mayoría de los casos, pero no garantiza resultados y por tanto algunas veces se deben inventar nuevas metodologías adecuadas. Entre los docentes, el mayor apego al método universal se da, desde una perspectiva similar, en los que se desempeñan en el área Química, si bien esta visión no es exclusiva de este grupo y también se puede hallar entre docentes de Didáctica. En suma, el método científico sigue considerándose un criterio fuerte de demarcación.

Tabla 27. Posicionamiento original de las poblaciones en estudio sobre método científico.

POSICIONAMIENTO Y ACUERDOS DE LOS ESTUDIANTES Y DOCENTES FORMADORES				
Aspecto	Posición	Primer año (%)	Cuarto año (%)	Docentes formadores (%)
Método científico	Universal	69	83	42
	Diversos	25	17	58

Sobre un total de 48 estudiantes de primer año, 24 estudiantes de cuarto y 12 docentes. Las posturas intermedias que son minoritarias han sido asimiladas a las mayoritarias para simplificar la lectura de la tabla. Del mismo modo, la ausencia de respuesta se distribuye uniformemente entre las categorías mostradas en cada caso.

7. Contextos de descubrimiento y justificación, creatividad e invención

El bloque 7 del instrumento de indagación utilizado en la primera etapa se relaciona con las características peculiares de lo que se denomina “descubrimiento científico” (ver Anexo A, Bloque 7). Los resultados se muestran en la Tabla 28.

Tabla 28. Concepciones respecto al descubrimiento de una teoría.

Respuesta	Porcentaje
No es importante cómo se descubren, sino evaluar los procesos mediante los cuales se justifican y defienden.	6
No es importante cómo se originan, pues lo que importan son los hechos descubiertos, las teorías elaboradas, los métodos y la justificación empírica de consecuencias y predicciones derivadas.	6
El descubrimiento y su justificación interactúan entre sí, más que sucederse uno al otro.	14
La actividad científica procura aceptar o rechazar una teoría con base en una determinada tradición, de manera que se aceptan las más adecuadas, que han resuelto más problemas y que a su vez tienen un mayor progreso que otras.	26
No sólo importa cómo se descubre una teoría, sino cómo se enseña y difunde, cómo se producen invenciones y novedades a partir de ella, cómo avanza y mejora y cómo se aplica.	60

Sobre un total de 35 estudiantes de primer año.

Durante la segunda etapa, se consultó a los estudiantes en entrevista acerca del “descubrimiento de una teoría”. Los alumnos justifican sus distintas opciones de la siguiente forma:

El conocimiento es lo que es gracias a que se comparte y comunica, para construirse y deconstruirse. Las teorías son importantes pero también lo es la práctica, la aplicación y la corroboración. El conocimiento no avanza si se lo guarda una persona o no avanza todo lo que podría y hay que difundirlo para que nos sirva a todos (Estudiante 16A1).
Yo cambiaría en el título del ejercicio, el término descubrimiento por construcción. Considero que las teorías son producto del trabajo de investigación que realizan los científicos, se construyen en base a procesos y resultados, no se descubren, porque no existen por sí mismas, es por eso que también pueden ser modificadas, incluso totalmente abandonadas en la medida que continúan las investigaciones y se obtienen nuevos resultados que antes no se vieron por un conjunto de razones, por ejemplo, la falta de tecnologías apropiadas, más eficientes para la investigación (Estudiante 1B3).
Estoy de acuerdo con la última opción porque una nueva teoría cambia la forma en que “vemos” cierto aspecto, por eso no debe ser de menor importancia el hecho como se llegó a dicha teoría, además al hacer llegar a la mayor cantidad posible de personas permitimos que éstas entendieran hechos que explica esta nueva teoría (Estudiante 8C1).
Considero esa opción es importante porque que dicha teoría sea capaz de llegar a todos y lograr comprenderse y entenderse es un factor primordial en la educación (Estudiante 1C4).
Tomo el descubrimiento como un paso más dentro del conocimiento científico. Más allá de un descubrimiento, lo importante es poder socializar y poder difundir (Estudiante 4C4).

De la lectura de estos datos, surge que en este aspecto los estudiantes sustentarían visiones post-positivistas que coinciden con las contemporáneas. Sin embargo, recordemos que el término “descubrimiento”, al menos de acuerdo a los resultados de la primera etapa de relevamiento, implica mucho más para ellos (ver Sección 6.1), ya que – entonces – parecía claro que no se mencionaba ni se consideraba importante la diferencia entre descubrimiento/justificación, valorándose más el resultado final que la justificación de lo descubierto. No está claro qué motiva este cambio de posición, que puede darse como consecuencia de la indagación en mayor profundidad o, más razonablemente, a consecuencia de un efecto derivado de la formación recibida a lo largo del primer año. Para abordar esta cuestión no es menor que la mayoría de las respuestas no enfatizan particularmente la diferenciación de contextos sino el componente de difusión y enseñanza, lo que abonaría la segunda hipótesis planteada anteriormente.

Como se ha descrito en las secciones anteriores, para los estudiantes la verdad científica parece surgir de un proceso inductivo y de la comprobación y reproducibilidad experimentales, como un encadenamiento lógico infinito, postura que Vázquez y Manassero (2012) califican como ingenua pues la ciencia utiliza tanto el razonamiento inductivo como pruebas hipotético-deductivas. Esta visión inadecuada está en coincidencia con algunas de las afirmaciones sobre que una teoría científica se descubre, ya sea de forma accidental o planificada, en función de que posee base empírica (“hechos experimentales”). Otros alumnos reconocen la posibilidad de que una teoría se invente, pero en este caso a partir de un sustrato definido que es conocido con anterioridad (“hechos conocidos”). Estas opiniones



son frecuentes entre estudiantes jóvenes, con formación universitaria en curso pero sin experiencia docente y entre alumnos de mayor edad con experiencia docente. No obstante, entre los jóvenes del CERP del Este, sin experiencia docente pero con formación técnica/docente incompleta, aparecen algunas respuestas que apuntan a que los científicos inventan las entidades teóricas con las cuales trabajan a partir de la interpretación de “hechos” experimentales que se “descubren”. Estas leyes, hipótesis y teorías tendrían un valor fundamentalmente descriptivo. Mientras que entre algunos alumnos del IPA de edad intermedia, sin otra formación y con experiencia docente, se apunta a un proceso de construcción teórica en términos más amplios, con afirmaciones del tipo: “las leyes, hipótesis y teorías son construcciones humanas” (Estudiante 15A1). La serendipia también suele mencionarse marginalmente en el caso de los alumnos de mayor edad, con experiencia docente y otra formación de tipo docente incompleta. Se afirma al respecto:

Sería una combinación de cosas, por eso no estoy completamente de acuerdo con el hecho de que la mayoría de los descubrimientos científicos sean casuales o inesperados, porque no tantos ni siempre, pero sí unos cuantos muy importantes han sido accidentales (Estudiante 10A1).
No sé si la mayoría de los descubrimientos científicos sean casuales o inesperados, pero esto ha sucedido. No adhiero a ninguna de las opciones, no comparto la idea de que los científicos descubren ni la de que inventan teorías o leyes. Yo pienso que construyen teorías y leyes a partir de las investigaciones (Estudiante 3B1, el subrayado es propio de la alumna).

Es minoritario el reconocimiento de la no linealidad en el desarrollo de la ciencia. A pesar de que rara vez se afirma que sea un hecho de ocurrencia general o frecuente, se relaciona éste con la “adecuación” y “construcción” de la verdad científica en términos relativos (opinión post-positivista) o bien se reconoce la linealidad de los cambios y descubrimientos bajo algunas circunstancias pero no su continuidad, pues en este caso intervendría la comunidad científica y sus debates (opinión que conserva un matiz positivista).

[...] entender también que ese camino que ha recorrido la ciencia desde sus inicios no ha sido lineal, que no hay verdades absolutas, solamente adecuadas, y que la ciencia, y también la Química como disciplina está en constante construcción (Estudiante 10A1).
Los descubrimientos surgen a partir de hipótesis hechas en base a otros descubrimientos anteriores. No son algo lineal sino que pueden ser formados en base a distintos descubrimientos aislados y no tan cercanos en el tiempo (Estudiante 12A1).
El desarrollo de la ciencia no es lineal (Estudiante 15A1).
A veces el proceso de la construcción de conocimientos no es lineal (Estudiante 1C1).
Aunque los cambios y descubrimientos son lineales, no siempre son continuos, y se dan con un buen nivel de discusión y debate (Estudiante 7C1).

Los estudiantes fueron consultados en entrevista acerca del papel de la creatividad y elementos relacionados en las distintas etapas del proceso de indagación (planificación, diseño, así como durante y después de la colecta de datos). En principio, aquellos alumnos más jóvenes, sin otra formación ni experiencia docente del CERP del Este manifiestan cierto

acuerdo en que la creatividad puede tener un papel (si bien limitado) una vez que se ha definido el diseño y se ha comenzado a coleccionar datos. Un estudiante expresa:

Y sí, yo creo que esa... su imaginación, sus deseos y su creatividad es lo que los lleva a hacer la investigación y pueden seguir siempre haciendo uso de ella en el correr de la investigación y a la hora de plantearlo en la soledad, ¿no? Yo creo que sí, que la creatividad es un factor importante para el crecimiento del conocimiento en química. El tema personal como que afectaría a una investigación, pero a veces puede ser un poco necesario algún sentimiento de algún científico para hacer una investigación pero no me parece que lo personal... puede influir de manera negativa, me parece (Estudiante 7C1).

Resulta definitivamente removedor este sesgo en lo referente al método, sobre todo si se considera que en los tres centros analizados, los cursos de Teoría del Conocimiento y Epistemología de costumbre dedican bastante tiempo al pensamiento de Hume entre los principales autores cuyas perspectivas se tratan en detalle (CFE, 2018g), a pesar de que no hay ninguna referencia explícita a sus obras o ideas en el programa correspondiente (ANEP-CFE, 2007c).

Sobre la producción científica se tiene una visión bastante contemporánea por parte de casi todos los estudiantes. A modo de ejemplo:

Los datos y resultados se procesan durante y al final del trabajo para obtener un informe o artículo adecuado (Estudiante 11C1).

8. Ciencias, unicidad, reduccionismo, impactos y tradiciones socioculturales

El bloque 3 del cuestionario escrito utilizado en la etapa inicial de la investigación busca indagar sobre el nivel en que las distintas culturas y sociedades contribuyen a las ciencias, así como en torno a la representación de los estudiantes de las relaciones entre disciplinas y las posibilidades de mejora establecidas por medio de la educación, la enseñanza y la alfabetización científica (ver Anexo A, Bloque 3).

Con base en sus respuestas puede afirmarse que los estudiantes en general parecen aceptar naturalmente que las ideas no necesariamente pertenecen a un campo único, de manera que éstas se superponen entre campos, algo que ya se mencionó al tratar sobre las comunidades disciplinares (Secciones 1 y 4). Esta visión, que podría ser de cierto modo aceptable en base a la literatura, se matiza no obstante con una aseveración de fuerte impronta positivista, al manifestar acuerdo también en que los hechos son independientes del campo de experticia del científico, requiriendo a lo sumo un esfuerzo de comprensión, lo cual es evidencia de una hibridación de corrientes. Por otra parte, esto coincide con el papel adscrito a la alfabetización científica (Capítulo 5), en tanto que comprende etapas tempranas en la vida de los individuos, a las que parece adjudicarse un potencial uniformizador en el inicio para posteriormente transitar las diversas disciplinas, todas ellas con evidentes interconexiones que derivarían de un origen común de las mismas o, cuando menos, de

posibilidades ciertas y practicables de establecer una comprensión entre lenguajes en base a un sustrato común. Incluso el reduccionismo jerarquizante suele estar presente en muchos de los discursos, aunque no en todos. Estas representaciones son más frecuentes y más cercanas al positivismo entre estudiantes de mayor edad, que presentan experiencia docente y carecen de otro tipo de formación terciaria o tienen otra formación docente incompleta. Por otra parte, aquellos alumnos más jóvenes, sin experiencia docente ni otra formación terciaria suelen visualizar a la educación, la enseñanza y la alfabetización como entidades no diferenciadas o bien, en una minoría de casos, entrelazadas de algún modo que no llegan a definir de manera concreta (Capítulo 5). En el interior esto también es válido para el caso de algunos de los consultados de mayor edad, con experiencia y otra formación de carácter docente incompleta.

9. Conocimiento científico, producción, reproducción y determinismo

En relación a las posibles diferencias entre conocimiento científico y opinión, todos los entrevistados comparten una misma creencia. Se transcribe un ejemplo representativo:

El conocimiento científico es un conocimiento previamente elaborado en base a distintos ensayos, con métodos aprobados por la comunidad científica, tiene carácter objetivo. La opinión, además de tener un carácter subjetivo, la base argumentativa de la misma o no, puede subyacer en conocimientos científicos o en meras especulaciones personales, basadas en nuestra propia interpretación de las cosas. Por ejemplo, en un día tormentoso, ante la “producción” de relámpagos y truenos la opinión sería que el relámpago sucede antes que el trueno. El conocimiento científico nos dice que en el aire, la luz viaja más rápido que el sonido, por eso se ve el relámpago y luego se escucha el trueno, a pesar de que ambos fenómenos ocurren simultáneamente (Estudiante 2B1).
Sí, el conocimiento científico es en base a estudios, lectura, uso de información previa, una opinión se puede dar sin conocer casi del tema. Por ejemplo; los tres millones cuando hablamos de fútbol, meteorología, etc., sin ser ni técnico ni meteorólogo o científico atmosférico (Estudiante 11C1).

Considerando que los sistemas de representación externa son particularmente importantes en la ciencia (Idoyaga y Lorenzo, 2018), el bloque 4 del cuestionario empleado en la primera etapa del estudio (marzo-abril) le da al estudiante la posibilidad de representar el tiempo físico, mediante la selección a partir de un número limitado de esquemas, o la creación de un esquema propio (ver Anexo A, Bloque 4). La mayor parte de las elecciones coinciden con la representación clásica del tiempo con sus características de creciente, lineal y continuo. Por ejemplo, los estudiantes manifiestan que “el tiempo es una dimensión que tengo desde niña incorporada como lineal y continua, por lo menos en la realidad que vivo” (Estudiante 3B1), “el tiempo no se detiene, pero tiene un pasado del que proviene” (Estudiante 10A1) o, relacionándolo con la posibilidad de predecir (tan propia de la mecánica clásica), afirman que “el tiempo es continuo, porque si determinamos un punto x como

origen, podemos llegar a conocer lo que pasó antes de ese punto, y lo que puede llegar a pasar en un futuro” (Estudiante 8C1).

No obstante, un porcentaje menor de los alumnos (8%, 4 individuos) seleccionan una representación que supondría en principio la existencia de tiempos negativos, considerando que “el tiempo puede ser negativo o positivo” (Estudiante 13A1) o que “es una representación equilibrada” (Estudiante 11C1). Una cantidad equivalente de estudiantes selecciona representaciones del tiempo que se corresponden con entes más complejos (en términos de Fondevila, 2001; Durán et al., 2008; Espinoza, 2003), en particular no lineales, discontinuos, imaginarios, o puntuales, representándolo por ejemplo como “una línea [ramificada o curvada] que tiene diferentes caminos y variantes” (Estudiante 4C1) o “un punto sin extensión entre dos nodos, como era para San Agustín” (Estudiante 23A1). Los que lo hacen mencionan sus nexos con la influencia del contexto o el observador en el proceso de medición. De este estilo es la afirmación de que “el tiempo depende del momento en que lo está midiendo el observador” (Estudiante 1A1). Otros tres estudiantes señalan al tiempo como cíclico:

Para mí sería esta la representación [cíclica] del tiempo porque no tiene un principio ni un final definido (Estudiante 24A1).
...algunas teorías apoyan la hipótesis de que el tiempo es cíclico, particularmente no sé bien qué argumentos tienen pero mi percepción personal es que así debe de ser (Estudiante 15C1).
...el tiempo concebido como un ciclo, en donde no se identifique ni un origen ni un fin, y en donde puede adquirir tanto valores positivos como negativos (Estudiante 2B1).

Incluso de acuerdo a la visión contemporánea, la producción de conocimiento científico comparte muchos factores comunes en forma de hábitos mentales, normas, pensamiento lógico y métodos (tales como observación y registro de datos cuidadosos, veracidad de presentación de informes, etc.). Sin embargo, actualmente la concepción determinista y acumulativa del conocimiento está claramente cuestionada. El conocimiento científico se considera provisional, duradero y auto-correctible. Esto significa que la ciencia no puede probar nada definitivamente, pero muchas conclusiones científicas siguen siendo valiosas y de larga duración, debido a la forma en que se desarrollan las investigaciones, pues la detección y corrección de errores son parte del proceso. El bloque 8 del instrumento busca indagar fundamentalmente acerca de estos aspectos, con énfasis en definir la visión de los estudiantes sobre el determinismo (ver Anexo A, Bloque 8).

En lo que concierne al apartado 8.1 el total de las respuestas consideró que la opción B era la adecuada. La matemática es vista como exacta, incluso en sus aplicaciones a la ingeniería. Es posible que esto impacte asimismo en la consideración de que los modelos formalizados matemáticamente son de nivel y potencial superior, tanto desde el punto de vista descriptivo como predictivo.

Las predicciones son seguras, o sea las predicciones matemáticas sobre todo, porque trabajan basándose en hechos y estadísticas (Estudiante 22A1).

En relación al apartado 8.2 la respuesta más citada también es la B, seguida por la C, las cuales consideran que la evidencia de un posible efecto debe tener una conexión lineal y determinista con su causa (en el total de los casos), e ignora que el efecto es función de una probabilidad, esto es, que una colección de hechos no guarda una relación de significación necesaria respecto a la causa de un efecto producido, y más en general, que los procesos complejos son de naturaleza multifactorial.

Si están expuestos y los datos lo demuestran, para mí [es la] causa independientemente de que otras sustancias también (Estudiante 10A1).

Estas tendencias se consolidan con más firmeza en el caso de los estudiantes de mayor edad que cuentan con experiencia docente en Montevideo y aquellos de mediana edad con experiencia docente pero sin otra formación, en el CERP del Este. Para Vázquez y Manassero (2012) estas respuestas “en negativo” reflejan creencias inadecuadas, en tanto que la respuesta A (“en positivo”) estaría de acuerdo con la posición que surge del consenso de los expertos. Entre los estudiantes jóvenes sin experiencia docente y con carreras universitarias en curso o finalizadas (como es esperable, especialmente formados en el área biomédica y en salud) la tendencia a brindar respuestas negativas se modera y en este caso se aprecia que las creencias de un número limitado responden al consenso, al menos en lo referente al apartado 8.2.

Esto quiere decir que hay una probabilidad de que cause cáncer, en las condiciones en que se hizo la investigación, controlando las variables (Estudiante 16A1).
Con los datos que tenemos podemos decir que el asbesto puede causar cáncer de pulmón, pero no es seguro que por usarlo se contraiga la enfermedad (Estudiante 12A1).
Creo que si está estudiado quiere decir que hay más probabilidades de tener cáncer de pulmón trabajando con asbesto, pero no quiere decir que todos tengan cáncer de pulmón (Estudiante 20A1).

Mientras tanto, entre los de más edad, con experiencia docente y otra formación de tipo docente incompleta, se manifiestan mayoritariamente respuestas “en negativo”. No obstante, en este grupo se dan también ciertas respuestas “en positivo”. Se reproducen algunas a continuación:

Dado el estudio de los científicos el asbesto podría favorecer la aparición de cáncer de pulmón, no porque las matemáticas sean 100% seguras sino porque se determinó que existe el doble de posibilidades de tener cáncer de pulmón. En todo caso, se pueden seguir realizando estudios para que los datos utilizados se acerquen más a lo que podrían ser las probabilidades reales de tener cáncer de pulmón por asbesto (Estudiante 1A1).
Sobre el asbesto, no adhiero a ninguna opción. Mi opinión es: Sí, el enunciado habla en términos de probabilidades y no de hecho, por lo tanto sí puede causar cáncer de pulmón, lo

cual no significa que de hecho las personas desarrollen esa enfermedad por su exposición a tal sustancia (Estudiante 3B1, los subrayados son propios de la alumna).

Al leer estas palabras, parecen oírse como un reclamo claro, dirigido a las matemáticas, sobre el papel de la probabilidad (pero no de la incertidumbre) en la química: en este caso, se trataría de un segundo recurso para consolidar una visión definida del mundo, pues aunque se recurra a imágenes opuestas, relacionadas a lo aleatorio, en el fondo aparecen como una contención del caos en un territorio delimitado.

Los estudiantes sin experiencia docente del CERP del Este, tanto aquellos que cuentan con carreras técnicas finalizadas como los que no tienen otra formación, consultados en entrevista acerca de las diferencias entre ciencia, arte y religión, expresan que visualizan más cercanos e interdependientes al arte y la ciencia. No hay en el discurso de casi ninguno de los alumnos un reconocimiento de ningún tenor al hecho de que la ciencia y la religión pudieran compartir elementos relativos a la fe que se deposita en cada una. Por ejemplo, se transcriben a continuación las declaraciones de estudiantes de edades muy disímiles, donde el punto de desacuerdo parece ser solamente el *status* del arte, dado que uno de ellos (el más joven) lo piensa en términos más procedimentales, la mayor en términos más abstractos y las restantes lo hacen en función de partir de elementos comunes de interpretación y abstracción y luego señalar las diferencias de los mismos para cada uno de los ámbitos (en el primer caso) o brindando una respuesta que efectivamente rescata las similitudes entre ciencia y religión:

Tanto la ciencia, el arte y la religión, todas, dependen de la interpretación del sujeto, además todas necesitan un cierto nivel de abstracción. No son iguales, en el caso de la religión son dogmas, verdades que no se cuestionan, en el arte son interpretaciones cuestionables y la ciencia son verdades en parte acabadas y en parte no, dado que las investigaciones continúan y pueden descubrirse nuevos elementos que pueden modificar cosas ya establecidas (Estudiante 2B1).

Difícil pregunta. De religión no hablo, no es mi tema favorito. El arte varía mucho, depende del protagonista, o sea, y depende de lo que consideres arte, porque hay muchas cosas que son arte, desde la naturaleza misma hasta el creado por el hombre. Y la ciencia investiga, analiza, profundiza, adquiere nuevos conocimientos. Mayormente puedo decir que la ciencia tiene que comprobar. El artista hace y construye lo que quiere, y si no queda como exactamente quiere... es un artista, no importa si queda exacto como lo vio en su imagen, como lo vio en su mente o no, sino que lo hace como quiere. El científico no, el científico tiene que comprobar lo que está diciendo (Estudiante 3C1).

En tanto, en el caso de los estudiantes jóvenes del IPA sin otra formación terciaria ni experiencia docente, frente a la misma pregunta, algunos de ellos manifiestan una posición diferente, caracterizada por reconocer que, en cierta medida, la ciencia y la religión son axiomáticas en sus orígenes y presupuestos.

Mhmmm... Tal vez en que todas parten de axiomas que toman y en alguna medida son axiomáticas. Tal vez eso. La religión se basa más en la razón y la ciencia en las bases empíricas. Sobre el arte no sabría decirte (Estudiante 3A1).



Por un momento, al analizar el final del discurso en el caso particular de este alumno, esta postura puede recordar el debate entre empirismo y racionalismo. Al hablar de axioma y no de dogma, se evidencia que admite que la racionalidad también está presente en la religión, más allá de la fe, en tanto que lo que la distingue de la ciencia es su soporte experimental. Sin embargo, no es un hallazgo que se repita en otras entrevistas, como sí ocurre en el caso de la apelación a los axiomas.

10. Ciencia pura, ciencia aplicada y tecnología

El primer bloque de preguntas del instrumento empleado, constituido por un único ítem, presenta una serie de aseveraciones sobre naturaleza de la ciencia en sentido estricto (véase el Anexo A, Bloque 1).

La mayor parte de los alumnos de primer año comparte la idea de que la ciencia es una actividad de intervención contextualizada (A). La segunda opción más citada afirma que la ciencia es, además, una estructura de conocimiento (B), en tanto que muy pocos estudiantes mencionan también que es un discurso sobre hechos empíricos. Esta última opción es señalada por aquellos alumnos de edad media, en general del interior del país, con experiencia docente pero sin otro tipo de formación. Sin embargo, a pesar de que sus respuestas mayoritarias podrían adscribirse a cierta forma de contextualismo, se ha visto que en realidad se trata de híbridos, donde predominan visiones heredadas en muchos aspectos. En tanto, sólo unos pocos estudiantes de cuarto refieren que la ciencia es un conjunto de modelos consensuados o teorías establecidas, revelando en este caso una matriz más cercana al positivismo. El significado de estos términos resulta asimismo de ardua comprensión para dichos alumnos.

Séris (2013) entiende a la tecnología como “un discurso posterior, reflexivo, normativo y crítico acerca de las técnicas” y remarca la ambigüedad actual de sus aspectos epistemológicos propios. Esta ambigüedad pasa por considerar a la tecnología desde dos perspectivas contradictorias: una ciencia al servicio de las técnicas o una ciencia en relación con los seres humanos.

Respecto a la naturaleza, características y relaciones indispensables de la ciencia con la tecnología, los alumnos acuerdan con las aseveraciones que se muestran en la Tabla 29, donde puede verse que, si bien existen elementos comunes, también se presenta una gran dispersión en las respuestas posibles y mayor variedad de construcciones personales complejas. Estos resultados parecen reflejar que en lo que refiere a la relación ciencia-tecnología las respuestas se encuentran alejadas de las posturas más tradicionales. A modo de ejemplo:



La ciencia influye en la tecnología, es necesaria la investigación para el desarrollo de la misma. Se debe invertir en las dos. ¿De qué manera se invertiría en educación sin invertir en algún momento en tecnología? Teniendo en cuenta la situación actual del país, plan Ceibal, por ejemplo. La ciencia influye mucho en la tecnología, teniendo en cuenta que mucha de la tecnología se crea en función de un avance de la ciencia, y para el avance de la misma, pienso que es una retroalimentación de ambas. La tecnología también ayuda a resolver problemas científicos. La ciencia sí influye en la tecnología, hay que tener mejor tecnología a veces para resolver algo. Hay diferencia entre ciencia y tecnología porque una estudia y experimenta y la otra da herramientas (Estudiante 19A1).

Estoy de acuerdo con que la ciencia es la base de los avances tecnológicos, pero no con que sea difícil ver cómo la tecnología podría ayudar a la ciencia. Podría dar muchos ejemplos para fundamentar esto, por ejemplo la invención del microscopio ha sido crucial en el descubrimiento de estructuras vivas de pequeñísimas dimensiones en las ciencias biológicas (Estudiante 18A1).

Tabla 29. Concepción sobre naturaleza de la ciencia y la tecnología.

Afirmación	Acuerdo (%)	Desacuerdo (%)
La química como ciencia y la tecnología están estrechamente relacionadas entre sí y son muy importantes para la investigación y el desarrollo de la industria.	90	10
La investigación conduce al desarrollo y el desarrollo lleva a una investigación mejorada y esta dinámica permite encontrar nuevas respuestas a preguntas sobre el mundo y las personas.	90	6
Hay que invertir en ciencia y tecnología porque ambas interaccionan y se complementan entre sí por igual. La tecnología da a la ciencia tanto como la ciencia da a la tecnología.	90	8
La ciencia es la base de los avances tecnológicos, aunque es difícil ver cómo la tecnología podría ayudar a la ciencia.	2	94
La investigación científica conduce a aplicaciones prácticas tecnológicas y las aplicaciones tecnológicas aumentan la capacidad para hacer investigación científica.	8	88
La ciencia no influye en la tecnología.	10	86
Para mejorar el nivel de vida de un país es preferible invertir dinero en investigación tecnológica antes que en investigación científica.	8	88
No hay diferencia entre ciencia y tecnología.	10	88
<i>Para mí la tecnología es de suma ayuda y la entiendo como ciencia aplicada. No hay que invertir por igual en ambas, porque sus interacciones y la forma como se complementan entre sí no son equitativas.</i>	0	2
<i>La ciencia es la búsqueda del por qué, es una forma de entender la realidad.</i>	0	2
<i>Hay que invertir tanto en ciencia como en tecnología para mejorar el nivel de vida de un país.</i>	0	2
<i>Me opongo a considerar que la ciencia sea la base de la tecnología y a que sea difícil ver cómo ayuda la tecnología a la ciencia, pues la tecnología va estrechamente de la mano con la ciencia. La tecnología parte de la ciencia, pero la ciencia no es la base de la tecnología en sí misma. Pero no se puede decir que abarca cada instancia, aunque sí hay diferencias.</i>	0	2

Sobre un total de 48 estudiantes de primer año. Aquellas afirmaciones que representan la opinión de un solo individuo aparecen en cursiva.

CAPÍTULO 5

CONCEPCIÓN DE CIENCIA Y PRÁCTICA DOCENTE

Presentación

Con el propósito de obtener información acerca de las diversas concepciones de los estudiantes con respecto al aprendizaje y la práctica docente en relación con las posturas epistemológicas que manifiestan, en una primera fase del relevamiento (marzo-abril) se les solicita respuestas escritas y en entrevista sobre los tópicos investigados. En esta primera etapa se consulta a los alumnos sobre temas generales y se les pide que indiquen su opinión respecto a la importancia relativa de la formación en Educación, Química y Epistemología, así como acerca de los procesos que creen que están mayormente implicados en Química y Enseñanza de la Química. Luego se abordan las temáticas de ciencia escolar y enseñanza de la química (incluyendo enseñanza, aprendizaje, contexto, *curriculum* y práctica docente).

Durante la segunda etapa (setiembre-octubre), en base al análisis de las respuestas brindadas inicialmente, se formulan preguntas que abordan aquellos aspectos de mayor interés. En este momento también se consulta a los docentes formadores sobre su adhesión epistemológica, en qué medida la misma está presente en sus prácticas y la importancia que adjudican a los procesos de transmisión y producción de conocimiento (Anexo B, 2.3).

1. Concepción sobre las necesidades formativas

La Tabla 30 muestra que aunque entre los estudiantes de primer año aproximadamente un cuarto de los alumnos (23%, 11 individuos) adjudica mayor importancia relativa al componente de Química de la carrera y un 19% (9 individuos) al componente de educación, quienes consideran que ambos son importantes por igual alcanzan una amplia mayoría con el 50% (24 individuos), perspectiva integradora que muestra un descontado poder de seducción.

Tabla 30. Importancia relativa adjudicada a distintas áreas en la formación docente.

Formación priorizada	Primer Año (%)	Cuarto Año (%)
<i>Didáctica</i>	19	33
<i>Didáctica y Química</i>	50	8
<i>Epistemología</i>	8	17
<i>Química</i>	23	42

Sobre un total de 48 estudiantes de primer año y 24 de cuarto.



Sobre la formación en educación, las referencias son preferentemente a la Didáctica, mientras que la Química aparece como un campo que a veces se define como subordinado y a veces como independiente a efectos de su enseñanza (Tabla 31).

Tabla 31. Concepción sobre las necesidades formativas en diversas áreas.

Ejemplo de respuesta	Perfil del estudiante
"Me parece sumamente importante el rol de la Didáctica puntualmente para nuestra labor como educadores. Manejar las herramientas básicas respecto a la enseñanza, y lograr articularlas con los conocimientos de la Química, y con las bases de la Epistemología es el gran desafío que como docentes debemos lograr. Por haber cursado ya materias de segundo año, y puntualmente la materia Epistemología, comprendí y pude visualizar el camino que ha recorrido la ciencia desde sus inicios más tímidos, a ser el motor del mundo de hoy en día" (10A1).	Química Farmacéutica incompleta Experiencia docente 35 años
"Considero que la Didáctica es importante para brindarle herramientas a los futuros docentes" (19A1).	Licenciatura en Biología en curso Experiencia docente 27 años
"Yo creo que todas son importantes y se complementan entre sí. Ya que cuando uno vaya a dar una clase el día de mañana para su mejor desempeño necesita saber de estas temáticas ya que aunque uno sepa dar una clase, necesita tener el conocimiento necesario de la especialidad que esté dictando y también ante los problemas o dudas que surjan poder resolverlos, ya que más allá de que uno vaya a dar una clase de determinada especialidad, también debería saber sobre otras disciplinas, para resolver problemas que se le enfrenten de los alumnos o de uno mismo. Porque con otras miradas, pensamientos y conocimientos como es el caso de la epistemología, se pueden plantear o resolver problemas o nuevas ideas para dictar la clase" (29A1).	Sin datos de formación previa Sin experiencia docente 30 años
"La Química y la Didáctica son fundamentales" (2A1).	Química Farmacéutica incompleta Experiencia docente 45 años
"La Didáctica es muy importante, nos enseña a ser docentes, nos prepara para enseñar Química" (21A1).	Sin otra formación Sin experiencia docente 18 años
"La Didáctica desempeña un papel importante en la formación docente, ya que sirve como base para el trabajo docente en el aula" (8C1).	Sin otra formación Experiencia docente 20 años
"En cuanto a la Epistemología es importante para reflexionar sobre la ciencia, teniendo un pensamiento crítico sobre las técnicas de enseñanza. De parte del cuerpo docente del IPA existe una fuerte relevancia de la Didáctica y la Epistemología de la que en poco tiempo me apropié" (5A4).	Formación previa sin especificar Experiencia docente 46 años
"El conocimiento de la Química y la Epistemología, es una base importante en la transposición didáctica, por ello es importante el conocimiento adquirido por el docente, porque este deberá seleccionar y adecuar ese conocimiento para que pueda ser aprendido por el estudiante" (1A1).	Medicina incompleta Sin experiencia docente 46 años
"La Didáctica es quizá lo más importante porque nos da herramientas para facilitar y ayudar a nuestros futuros alumnos a adquirir conocimientos. También la Química tiene gran importancia ya que los conocimientos que queremos transmitir son sobre esta asignatura. Por otra parte no tengo conocimiento de qué rol tiene la Epistemología" (12A1).	Facultad de Ingeniería en curso Sin experiencia docente 21 años
"Considero que es necesario que exista una relación entre las tres disciplinas en la formación docente. Por un lado los conocimientos del campo disciplinar permiten construir los conceptos, la Epistemología junto con la historia de la ciencia nos aportan elementos para reflexionar acerca de la naturaleza de la ciencia, y la Didáctica, con sus diversas metodologías permite acercar los contenidos de las ciencias a la enseñanza. De nuestra aproximación epistemológica derivará la forma en que pensamos la ciencia y la enseñamos" (6A4).	Formación previa sin especificar Experiencia docente 44 años
"En mi opinión la Didáctica es una disciplina, donde su objetivo es proporcionarle a los estudiantes estrategias de aprendizaje, elementos, recursos didácticos, para lograr la vinculación entre docente y alumno" (10C1).	Sin otra formación Experiencia docente 29 años
"En mi opinión, que no tengo experiencia alguna en la enseñanza, siento que la importancia de la Didáctica y la Epistemología es la más importante ya que, más allá de estar especializados en Química somos profesores de enseñanza media" (23A1).	Sin otra formación Sin experiencia docente 19 años
"La Epistemología como anclaje de los eventos y descubrimientos" (27A1).	Química Farmacéutica incompleta Sin experiencia docente 28 años

Por razones de extensión esta tabla contiene sólo una selección de las respuestas de los estudiantes.

En tanto se reconoce a las mencionadas como áreas centrales, lo que surge de las entrevistas es que la Epistemología en la formación es medianamente valorada de manera

explícita sólo por el 8% (4 individuos), en general desde una posición auxiliar, con menor relevancia, e incluso de manera algo confusa (Tablas 30 y 31).

El peso relativo que se adjudica a la Epistemología puede deberse a la etapa formativa de estos estudiantes del primer año, lo cual algunos mencionan. Sin embargo, la situación permanece relativamente incambiada al analizar la generación de egreso, donde el porcentaje de menciones relevantes a esta área, si bien se duplica porcentualmente, sigue correspondiendo a un número similar de alumnos (17%, 4 individuos). Por otra parte se mantiene en la mayoría de los casos la consideración de una posición instrumental y subsidiaria para el conocimiento epistemológico (Tabla 31).

En relación a los alumnos de cuarto, sólo unos pocos (8%, 2 individuos en un total de 24) manifiestan que los tres campos son relevantes por igual. Este porcentaje baja hasta apenas el 6% (3 individuos de un total de 48) en primer año (Tabla 30). En todos estos casos el discurso gira mayormente en torno a la Didáctica, teniendo en la Epistemología un elemento secundario.

La situación reseñada para primero en la etapa inicial del relevamiento, parece no verse afectada al finalizar el año, dado que las respuestas a este tópico son similares. Por su parte, en cuarto se advierte una mayor polarización entre quienes consideran a la Didáctica o la Química como prioritaria, con un cierto predominio de esta última (Tabla 30), fundamentalmente en el interior.

En relación a las opiniones docentes sobre las necesidades formativas, el 95% de los consultados (11 individuos) visualiza que su área de desempeño (ya sea Química o Ciencias de la Educación/Didáctica) es más relevante que las otras, empleando argumentaciones diversas. Este hallazgo se muestra coherente con lo reportado recientemente por Verdugo (2017) para el caso de la formación de docentes de enseñanza primaria en España.

2. Procesos de transmisión y producción

De la compilación de los testimonios surge que la importancia relativa adjudicada a la transmisión y producción de conocimiento (en el sentido de transmisión de conocimiento teórico y habilidades en un campo específico, con independencia del medio por el que esto se logre; y producción de conocimiento original, en tanto pueda considerarse como nuevo, genuino y resultado de un proceso de investigación) revela mayoritariamente una situación de equilibrio. Si bien se advierte un ligero predominio de la transmisión en el caso de la enseñanza de la química y de los procesos de producción en el caso de la química en sí (Tabla 32).³⁶

³⁶Esta posición no está exenta de problemas conceptuales, desde luego, porque si se consideran las habilidades de investigación, su consolidación aparece a medio camino entre la necesidad de transmitir y la necesidad de enfrentarse al proceso de investigación en sí. A efectos de esta tesis, no es una distinción que pueda complejizarse tanto, pero de todas formas

Tabla 32. Importancia adjudicada a la transmisión y producción de conocimiento.

Conocimiento en:	Importancia relativa*	Transmisión	Producción
Química	1	6%	---
	2	17%	8%
	3	25%	25%
	4	52%	67%
Enseñanza de la Química	1	6%	4%
	2	4%	8%
	3	21%	31%
	4	69%	57%

*En orden de importancia creciente. Sobre un total de 48 estudiantes de primer año.

Los alumnos que alcanzan la etapa final del año escolar, proporcionan respuestas que siguen la misma tendencia en cuanto a la consideración sobre transmisión y producción.

En lo que respecta a las opiniones de la generación de egreso, un 79% de los consultados (19 individuos) le adjudica máxima importancia tanto a la transmisión como a la producción, indistintamente, en el caso de la Química y Enseñanza de la Química.

Al analizar estas posiciones, surgen al menos dos aspectos relevantes a considerar. En primer lugar es claro, aunque el discurso académico de los actores intente disimularlo, que estos estudiantes se forman para la transmisión y que tienen una participación importante en ella. Vale decir, es el terreno que mejor conocen y sobre el cual se sienten mejor capacitados para responder con propiedad. En contraposición a lo expresado por los documentos curriculares y al aparente espíritu que anima a programas y mallas de asignaturas, la presencia de instancias efectivas de formación en investigación o investigación en sí misma, ya no sólo en química sino en enseñanza de la química, se muestran poco articuladas o inexistentes. En la mayor parte de los casos, desde las materias que postulan abarcar estos tópicos, sólo se brinda una mera formación teórica en metodologías generales de la investigación, con claro espíritu propedéutico, que se adjetivan como propias de la enseñanza, pero sin mostrar especificidad alguna. La situación es la misma ya se trate de asignaturas más cercanas a las ciencias de la educación en general o de formación específica del área química.³⁷

cabe aclarar que no son procesos del todo independientes, sino que se relacionan e influncian uno al otro permanentemente. Igualmente puede argumentarse sobre la distinción entre química y su enseñanza, porque salvo que se considere a la química como un campo o disciplina (términos que remiten a entidades de naturaleza especulativa o convencional), la química en sí deja de existir si no es enseñada, y su enseñanza no existiría si no se produjera conocimiento en química.

³⁷ Algunas de tales disparidades son a menudo mencionadas en la literatura especializada y podrían atribuirse a las diferentes formas en que las creencias y prácticas epistemológicas se desarrollan por parte de estas dos comunidades de profesionales (científicos y docentes), así como al énfasis curricular en el conocimiento procedimental o conceptual, según lo establecido por los responsables políticos (Xenofontos, 2018; Garegae, 2016). Pekdag (2014) compara estudiantes avanzados de ambos tipos de carrera, hallando perspectivas más filosóficas en los futuros químicos y pedagógicas en los futuros docentes de química. Padilla y Garritz (2014) postulan la evolución en el caso de su estudio sobre profesores universitarios-investigadores, de acuerdo con la perspectiva de Jones y Carter (2007), mientras que más recientemente Siso-Pavón et al. (2019) establecen una intervención didáctica para modificar ciertas creencias en profesores de química. No obstante, García et al. (2013) hacen notar la influencia del contexto de la indagación (hacer ciencia o enseñarla) en el caso de docentes universitarios quienes a su vez investigan.

Los docentes en general intentan identificarse con posiciones que rechazan el componente meramente reproductivo que se asocia, en algunos paradigmas, al término transmisión. No obstante insisten, explícita o implícitamente, en el papel de lo que denominan transposición didáctica. Ambos aspectos se relacionan fuertemente con el modo en que algunas corrientes de la Didáctica tienden a denostar la transmisión y a transformar la idea de transposición, resaltando sus aspectos operativos, con énfasis en el recorte y selección. Las opiniones docentes más representativas expresan al respecto:

No me agrada la palabra transmisión a la que considero obsoleta en este momento histórico. En todo caso puedo acompañar al estudiante en su proceso pero como un estudiante más experimentado, no como un experto que sabe y transmite!! En relación a la producción de conocimiento en la asignatura, solo puedo decir que admiro las potencialidades de generación de conocimiento, sin límites, que se puede aplicar tanto en hospitales como en los pueblos, que tiene en este siglo XXI lo que dificulta el recorte a trabajar en las aulas (Docente 1).

En principio me gustaría hablar de “comunicación”, en lugar de “transmisión”. La comunicación del conocimiento científico es de vital importancia pues la construcción del conocimiento no es un hecho aislado sino que depende de la posibilidad de interacción entre todos los actores sociales que influyen en ese contexto amplio que se mencionó en la primera respuesta. En relación a la enseñanza de la química, la comunicación permite la construcción de equipos de trabajo, que hacen posible que las aptitudes de cada uno se potencien por la interacción con los otros. Los docentes, además, debemos estar en contacto con la producción de conocimiento en el ámbito académico para estar actualizados en relación también a las problemáticas que van surgiendo. Por otra parte, considero que debemos ser activos en la producción de conocimiento didáctico, relacionado con las mejores formas de enseñar química para un mundo donde la ciencia debe ser accesible a todos los ciudadanos (Docente 2).

La forma en que entendemos el desarrollo de conocimientos tanto en Química como en la forma en que enseñamos Química se relaciona de forma estrecha con la concepción epistemológica en la cual percibimos y entendemos lo que nos rodea. Para poder producir conocimientos en Química se debe tomar los trabajos anteriores y mediante el apoyo de los aportes científicos relacionados se debe comenzar a construir nuevos saberes. En lo que respecta a la enseñanza en Química no puede haber avances en ella sin previas experiencias que nos indiquen aciertos y desaciertos en este campo y poder a partir de ellos pensar las acciones necesarias a implementar en las diferentes prácticas para mejorar de esta forma las ya existentes (Docente 4).

Debo reconocer, que me resulta difícil relacionar transmisión con conocimiento. Considero transmitir como sinónimo de trasladar de uno a otro. Esta es una de sus acepciones. Considero esta acepción como totalmente incompatible con el conocimiento, ya que si este es algo que construye el sujeto, es imposible que transmita de un sujeto a otro sin transformación. Considerar que esto es posible es una premisa de la que parte la llamada por Paulo Freire “educación bancaria”. Sin embargo hay otra forma de considerar la transmisión y es descomponerla en emisión, recepción y reconstrucción de información por parte del receptor. Considerándola de esta manera, creo que el profesor cumple un rol importante, aunque no exclusivo. El estudiante recibe mucho más conocimiento de su entorno social y de los medios de información que del profesor. Y por lo general esas fuentes suelen ser más convincentes porque son más hábiles, o tienen más posibilidades, para vincularse desde lo afectivo. Así que considero que la función del profesor, más que transmitir conocimiento, es más ayudar al estudiante para acercarse a este con una actitud abierta pero cuestionadora. En cuanto a la producción de conocimiento, como creo que el conocimiento se construye por parte cada uno, creo que la mayor producción de conocimiento se produce dentro del estudiante, “en su mente”, y es esto lo que hay que favorecer (Docente 5).

Como puede verse, se enfatiza el rechazo a la palabra transmisión en sí misma, a menudo reemplazándola. En relación a la producción de conocimiento, claramente hay dos grupos de respuestas: las de aquellos que se consideran potencialmente inmersos

personalmente en esos procesos y los que los visualizan desde una perspectiva más lejana a su propia labor. Entre los profesores, una minoría manifiesta que la transmisión tiene un papel de importancia tanto en la formación como en la divulgación científica:

Como estoy entendiendo la pregunta le adjudico mucha importancia a todos estos puntos. La producción del conocimiento debería incluir su transmisión y en este ítem pongo en alto interés a la divulgación científica. Respeto a quienes dedican esfuerzo a generar conocimiento referido a la Enseñanza de la Química, lo publican y transmiten y me gusta pensarme en parte de esa “pipeline” (Docente 3).

Algunos autores se refieren a la “producción de conocimiento”, refiriéndose a la investigación o a los “intentos de investigación”. Desde este enfoque, considero que una estrategia muy útil para contribuir a desarrollar algunas habilidades o competencias. Sobre todo aquellas que son requeridas para llevar adelante una investigación. Por eso considero que es una metodología de trabajo que es bueno realizarla en la formación de docente, pero no de forma exclusiva (Docente 5).

3. Negociación social, acuerdos y controversias en la comunidad científica

Como se ha discutido en el Capítulo 4 la mayor parte de los consultados consideran que los científicos deberían tomar en consideración los valores sociales y tener consciencia sobre los posibles efectos de sus investigaciones.

No obstante, también mencionan a la “verdad científica” como un objetivo de mayor envergadura y valor. En lo que refiere a la enseñanza con base en el tipo de controversias planteadas (ver Anexo A, Bloque 9), creen que las diferencias emergentes entre investigación científica y valores sociales deberían plantearse como debate, pero en general, salvo pocas excepciones (8%, 4 individuos), afirman que no se centrarían en los juicios de valor. Los valores sólo estarían presentes, pues, antes o después de la etapa de investigación. Por ejemplo:

No sé muy bien qué debo enseñar a mis alumnos, no estoy convencida, no sé lo que pensaría porque si bien creo que los científicos dejan de lado sus concepciones, no es lo mismo la carga de trabajar con una planta que con un ser humano. Y cada alumno tiene sus propias creencias, eso no puede forzarse (Estudiante 12A1).

Estas respuestas, que pueden considerarse híbridas, se sostienen con mayor fuerza por parte de aquellos estudiantes de más edad, con experiencia docente y formación universitaria incompleta (Montevideo) y entre aquellos más jóvenes, con formación técnica/docente incompleta y sin experiencia docente (Interior). Por otro lado, buena parte de los alumnos de mayor edad con experiencia docente (Montevideo e Interior), se identifican con ambos científicos en función de su “espíritu” y aunque consideran que están influenciados por valores personales los tomarían como ejemplos en sus clases con el objeto de completar una perspectiva más amplia. Algunos de ellos, incluso, mencionan aspectos como el “mayor valor de la ciencia” y la “persecución de la verdad” para justificar su adhesión al científico B, no obstante manifestarse tolerantes respecto al científico A (Tabla 33).

Tabla 33. La enseñanza de temas científicos socialmente controvertidos.

Ejemplo de respuesta	Perfil del estudiante
"De esta historia es destacable discutir cómo los científicos permitieron que sus ideas interfirieran en el trabajo científico, en ese momento, éste dejó de ser objetivo, pero a su vez esas ideas permitieron que ambos continuaran con el trabajo en distintos campos, cabe preguntarse ¿qué es tan perjudicial fue ese hecho para la investigación? Los dos científicos proporcionan un buen caso de estudio, ya que éstos defendieron sus ideas. Los cursos de química no deberían involucrar juicios de valor, si no se estaría perdiendo la objetividad de la ciencia" (8C1).	Sin otra formación Experiencia docente 20 años
"Los estudiantes deberían ver las dos posturas de ambos científicos así ellos desarrollarían su propia visión crítica de la realidad. También pienso que se debería contextualizar la química con el contexto social en el que se está enseñando y el momento histórico y cultural. Estaría bueno involucrar juicios de valores, ya que la ciencia va de la mano de la sociedad, ya que la misma tiene un impacto en ella" (18A1).	Química Farmacéutica incompleta Sin experiencia docente 24 años
"Me identifico con B porque una cosa es el conocimiento científico fruto de la actividad en el campo de las ciencias y otra cosa es el uso que se hace de ellos, aquí está el problema. La investigación no debe detenerse" (3B1).	Prof. de Biología incomp Experiencia docente 46 años
"En el aula se debería de discutir los valores, según la historia A es el que para mí tiene la razón a la hora de realizar el estudio, por esto los estudiantes deberían tomar el ejemplo de A" (13A1).	Facultad de Ingeniería en curso Sin experiencia docente 21 años
"Discutiría en clase que la ciencia no tiene que ver con lo sobrenatural, así como los efectos útiles y nocivos derivados de los descubrimientos. El científico B sería un mejor ejemplo del que aprender, más que el A. Los juicios de valor no corresponden a la ciencia" (12C1).	Sin otra formación Experiencia docente 25 años
"Puede ser relevante discutir y estudiar en un aula lo ético de los estudios, los cuidados que se deberían de tener, al producto que se puede llegar y sus efectos" (14C1).	Sin otra formación Experiencia docente 22 años
"Sería importante discutir en el aula, el método científico y la importancia de la objetividad al investigar sobre algo. Se podría entablar un debate entre los estudiantes haciendo que un grupo tomara una postura y el otro la otra, para llegar a la conclusión de la importancia de la objetividad al investigar, al comunicar. Así como también la importancia de la ética. No se deberían incluir juicios de valor, ya que queremos estudiantes con juicio crítico bien desarrollado" (15C1).	Sin otra formación Experiencia docente 36 años

Por razones de extensión, en esta tabla se presenta sólo una selección de los testimonios recabados.

4. Enseñanza de la química

En la primera etapa, el instrumento de indagación incluye cuestiones referidas a los elementos que componen el andamiaje teórico y metodológico de las ciencias y sobre su papel en la enseñanza de la química (Anexo A, Bloque 2). Se trata de discernir en un principio entre dos grandes posturas frente a la ciencia y el conocimiento científico y definir su influencia sobre la visión de la educación científica que los estudiantes sustentan. Vale decir, una postura de carácter más acumulativo, ahistórica, que resalta la objetividad y universalidad y otra de construcción social de conocimiento.

4.1. Modelos

Como se vio en el Capítulo 4, en cuanto a los modelos, los estudiantes del IPA los visualizan como consecuentes con la materialidad, al estar basados en observaciones (supuestas lo más exactas posible, en función de la técnica) e investigación, aspectos cruciales que permiten el avance de la disciplina. Una postura alternativa, pero minoritaria, en este grupo, compartida con los alumnos más jóvenes del CERP del Este sin experiencia docente afirma sin reparos que la materialidad de los modelos facilita las tareas de enseñanza.

4.2. Enseñanza de la química

La sección final del bloque temático 2 (Anexo A, Bloque 2) plantea un ejercicio en el cual es necesario identificar términos definidos con los ámbitos de la educación en química (en tanto construcción ideológica) o la enseñanza de la misma (en tanto práctica o teoría de la práctica). Los resultados mostrados en la Tabla 34, ponen de manifiesto que, en el caso de los estudiantes de primer año cuyas respuestas se dispone, la enseñanza parece relacionarse con aspectos didácticos de naturaleza más técnica, en tanto los conceptos más fundantes se han reservado para el terreno de la educación. Entre las semejanzas que los alumnos identifican entre ambos campos, en su mayoría refieren a que tanto la educación como la enseñanza se basan en modelos, tienen teorías y una historia, diferenciándose en sus explicaciones, sus prácticas y en el tipo de aprendizaje y los valores que las vertebran.

Tabla 34. Elementos comunes identificados con la educación y la enseñanza de la química.

Educación	Enseñanza
<u>Transformación</u> "Uno de los fines de la educación química se refiere a llevar a cabo una transformación" (1A1). "La transformación podría ser los ejemplos y analogías que usamos para que el alumno entienda el tema" (1B3). "Las transformaciones de una teoría con fines educativos son más amigables para los alumnos" (9C1).	<u>Contexto</u> "Estos casos nos demuestran que los alumnos aprenden mejor cuando se les da ejemplos de su vida cotidiana" (1B3). "El contexto es marcadamente importante" (6C1).
<u>Valores</u> "Los valores han sufrido en esta fase una notable transformación" (29A1). "Para mí habría dudas acerca de quién fuese el que está en posición de transmitir valores, si el docente o los padres" (1B3). "Se inculcan valores" (9C1).	<u>Racionalidad</u> "La racionalidad de la enseñanza es importante" (1B3). "Los fines de la enseñanza están con la racionalidad del conocimiento, en la búsqueda de la relación real más que en los efectos sociales de la ciencia" (1C1).
<u>Explicación</u> "Los modelos y teorías son cosas dispuestas a transportar explicaciones. Los docentes de química son esas personas que familiarizan a los alumnos con la experimentación y el análisis" (1A1). "Aquellos alumnos que no alcanzan a comprender bien las cosas se benefician del uso de modelos" (1B3). "Los análisis deben hacerse sobre las dos partes: docente y alumno" (9C1).	<u>Historia</u> "Se enseña mejor cuando se usan ejemplos de otro tiempo, y se habla de las modificaciones del conocimiento científico a lo largo del tiempo" (1A1). "El contexto social e histórico es importante" (1B3).
	<u>Práctica</u> "Por lo menos uno de los pilares de la enseñanza de la química es la práctica" (1A1). "... porque al final se aprende mejor si se hace en la práctica" (1B3).
	<u>Retórica</u> "Cada una de las teorías científicas tiene su historia, sus prácticas, experimentos que la apoyan y su propio lenguaje" (8A1).

Como un grupo diferenciado que no responde a esta tendencia, puede citarse a los estudiantes de edad media del CERP del Sur y CERP del Este con experiencia docente y sin otra formación, para los que las transformaciones y los valores aparecen como elementos

que median entre la enseñanza y el aprendizaje, siendo la teoría, la práctica y la experimentación elementos subordinados. En estos centros, aquellos alumnos más jóvenes con formaciones previas incompletas y sin experiencia ven a la enseñanza fundada en valores y al aprendizaje como transformación.

En el IPA, los valores y la retórica de la enseñanza y la educación suelen visualizarse como independientes entre sí y la totalidad de los alumnos jóvenes con formación universitaria completa y sin experiencia docente parecen acordar en que tanto la educación como la enseñanza necesitan por igual de todos los elementos mencionados en la consigna (ver **Figura 2**). Resulta de cierto interés también que los alumnos de cuarto año consideran a los fines, el contexto y los valores como punto de partida, en tanto que estos son un objetivo en el caso de los estudiantes de primero (**Figura 2**).

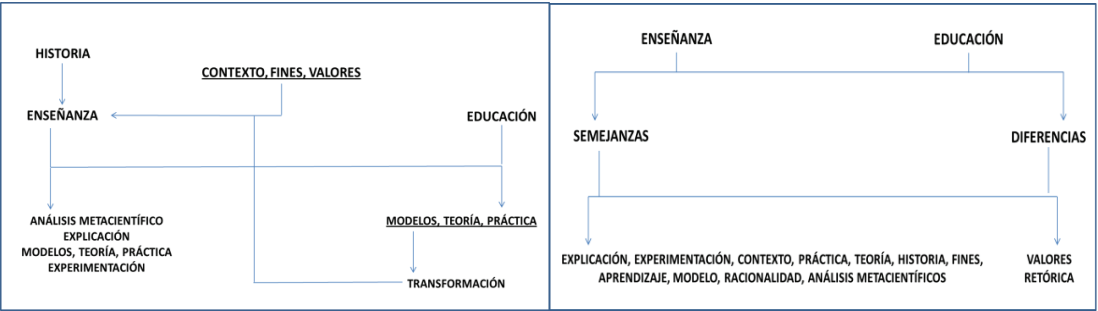


Figura 2. Diferencias y semejanzas entre enseñanza y educación, de acuerdo a la concepción de los estudiantes de primer y cuarto año (paneles izquierdo y derecho, respectivamente). Fuente: elaboración propia.

Por su parte, en referencia a la asociación necesaria de la experimentación con la generación de nuevo conocimiento en educación química o química, aunque la mayor parte de los estudiantes le reconocen un papel importante en ambos campos, en la educación este papel es más transmisor que innovador (lo cual está en concordancia con el rol personal que admiten como transmisores y no como productores de conocimiento), mientras que para la química se sostiene que es crucial en los procesos de investigación. Para los alumnos jóvenes sin otra formación ni experiencia docente la experimentación es central en los procesos de enseñanza y de aprendizaje, y aunque en el primer caso se apunta a una visión histórica y en el segundo se relaciona con la práctica, en ambos puede apreciarse el predominio de procesos reproductivos, para los que se reconoce un origen en la actividad científica en sí (ver **Figura 3**). Los nexos de la buena enseñanza de la química y el aprendizaje exitoso con la experimentación (en este caso la reproducción de experiencias estereotípicas) se aprecian más nítidamente en la generación de egreso. Así por ejemplo, una estudiante de cuarto expresa:

Es un tema serio, sí, seguro, se supone. Cuando explicaba los experimentos sin hacerlos los alumnos no comprendían lo que quería decir, pero al abrir esa escotilla de la experimentación

podían verlo y se podían pasar las horas haciendo experiencias, de verdad los entusiasmba (Estudiante 6C4).

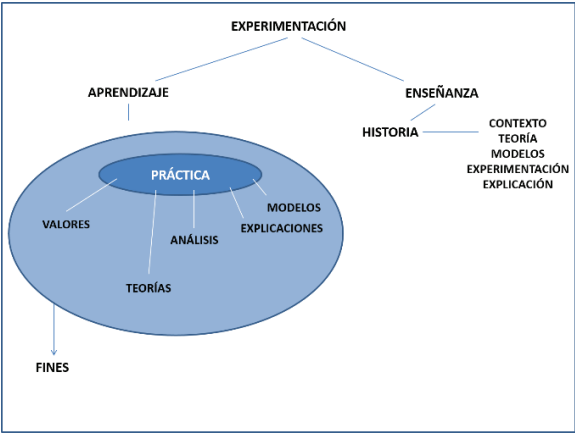


Figura 3. Función de la experimentación, de acuerdo a la concepción de los estudiantes de primer año. Fuente: elaboración propia.

La minoría que se aparta de esta concepción, compuesta por algunos estudiantes jóvenes del IPA con formación universitaria incompleta y sin experiencia docente, manifiesta abiertamente que si bien la experimentación no es crítica en ningún campo, la entienden como muy importante:

Puede ser que se necesite de experimentación en educación química. También puede ser necesaria en química. Ambas necesitan de todo, lo mismo que la enseñanza. No, no en el 100% de los casos. Que es muy importante sí, pero para mí no en el 100% de los casos (Estudiante 11A1).

No obstante este matiz, todos estos individuos siguen considerando que en la enseñanza importa más la transmisión que la producción, al contrario que en la química en sí. En Química, de hecho, para esta población la transmisión es vista con menor importancia que la adjudicada a la producción en el caso de la enseñanza. La referencia a “fines” se presenta por igual en enseñanza y educación, y estos se identifican principalmente con el aprendizaje. La experimentación también tiene un papel destacado en los dos ámbitos, así como el recurso a modelos y teorías diversas. Los datos y contribuciones meta-científicos son mencionados solo por un 19% (9 individuos) del total de entrevistados. Estas concepciones aparecen más arraigadas entre los estudiantes de mediana edad, con experiencia docente pero sin otra formación terciaria. Las opiniones recabadas durante la segunda etapa de entrevistas, considerado cada uno de estos grupos e individuos, no difieren de las iniciales.

Los alumnos fueron consultados en entrevista acerca de la forma en que creían que se genera el nuevo conocimiento en el ámbito de la educación química. A este respecto, los más jóvenes, sin experiencia docente, sin otra formación o incluso con formación universitaria incompleta, del CERP del Este e IPA, manifiestan sin excepciones una visión donde predominan los procesos de transmisión y no logran reconocer de manera concreta los

procesos de producción. Teniendo en cuenta que estos estudiantes adjudican la máxima importancia relativa a la producción y transmisión en química y enseñanza de la química, respectivamente, se podría decir que en realidad no son conscientes de que su papel personal pueda ser otro que la transmisión de conocimientos ya elaborados, dejando para los expertos en el área la producción en sentido estricto. Un estudiante manifiesta que el nuevo conocimiento en educación siempre se genera: “partiendo primero que nada de lo que es el conocimiento y de ahí... es complicado...” (Estudiante 7C1). Otros expresan:

No lo sé. Esa pregunta está más inclinada sobre la didáctica... Porque la educación en química para mí es la química que nosotros damos en el liceo (Estudiante 11A1). Eso requiere más estar empapado, estar en el aula. Ver si realmente la forma en que se enseña la química o cómo está estructurado un currículo para enseñarlo, produce resultados o no. Y a veces los resultados no se dan a corto plazo, requiere de un tiempo bastante largo para ver si realmente se están materializando y está dando resultado, está motivando, está generando más conocimiento. Pienso yo que debería ir por ese lado, no como algo que genere resultados concretos y se termine, sino que se le dé continuidad al proceso. El aprendizaje y la enseñanza de las ciencias están enmarcados en un contexto sociocultural, así que se puede tomar distintos ejemplos de lo que ha pasado en la historia, o lo que pasa con científicos hipotéticos. En el tiempo presente, extraemos lecciones del pasado, que, junto a lo que construimos en el presente generan cambios a futuro. Pasa al igual que en la química (Estudiante 1C1).

En relación al cuarto año, entre aquellos estudiantes más jóvenes, sin otra formación y con experiencia docente, predomina la visión de que uno de los fines de la educación en química es fomentar valores para un buen aprendizaje y que este tenga un sentido en la enseñanza, la cual dependerá del contexto en el que se trabaje. Mientras que fundan la enseñanza de la química en la explicación racional y el análisis de modelos y teorías, trabajando la historia en el tiempo para cada caso. Aquí la historia tiene relación con la transferencia de lo teórico a lo práctico para poder llegar a la etapa de experimentación. Así por ejemplo, un estudiante expresa:

Las prácticas de enseñanza tienen fines, sí, pero particularmente están siempre determinadas por un contexto que influye en los procesos de enseñanza y aprendizaje (Estudiante 19A4).

En este punto, el discurso de los estudiantes mayores, sin otra formación y con experiencia docente se distingue en buena medida del que articulan sus compañeros de menor edad. Para este segmento, en las creencias y las narraciones explícitas que en parte describen ambos campos, puede apreciarse que la educación ha escalado a otra categoría y se ha convertido en una entidad mucho más racional, mientras que la enseñanza se torna todavía más práctica. Los docentes suelen centrar sus reflexiones en la enseñanza, como se verá más en detalle en las siguientes secciones (véase en especial la Sección 8). Así por ejemplo, una estudiante expresa:

La educación química se basa en la racionalidad (aunque también es retórica), sin dejar de lado las prácticas, valores e historia y la experimentación para lograr la transformación así como el análisis metacientífico. Sobre la enseñanza de la química la considero basada en los procesos de aprendizaje y enseñanza, teniendo en cuenta el contexto y sin dejar de lado los

valores y modelos. La enseñanza usa estos últimos para llegar a una explicación accesible que muchas veces se da a través de la práctica y la experimentación (Estudiante 5C4).

5. Método científico, evolución, progreso y sus relaciones con la enseñanza

5.1. Cambio del conocimiento científico y cambio teórico

En relación a su concepción de la práctica, todos los estudiantes de primero afirman que es importante que los alumnos comprendan el cambio del conocimiento en química. Así lo expresan en discursos sobre la dinámica científica que van desde los más tradicionales (empírico-positivismo con un fuerte componente refutacionista) hasta algunos renovadores (contextualistas), éstos últimos casi siempre en la línea de la Nueva Filosofía de la Ciencia:

Sí, tienen que entender que todo puede cambiar y que lo mejor para poder seguir avanzando es seguir estudiando y seguir actualizándose en los modelos nuevos, en los nuevos conocimientos (Estudiante 8A1).
Creo que además de que lo deberían entender, actualmente muchos estudiantes discrepan con algunas de las informaciones y enseñanzas que se les dan (Estudiante 3C1).
Un conocimiento le da sustento al próximo, se parte de un conocimiento. Pero se pueden refutar, al irse descubriendo otras cosas. Casi siempre es así, me parece. Es muy amplia la cantidad de conocimiento que todavía no se descubren en distintos campos, que a veces parece que se va sin rumbo, pero no es así (Estudiante 6A1).
La incertidumbre siempre está presente al investigar, por eso la necesidad de verificar y validar, o demostrar lo contrario para cambiar de rumbo si hace falta. La ciencia es pragmática y está llena de una diversidad de puntos de vista y falta de acuerdos. Lo que importa es que si no se consiguen soluciones como las que se espera o las cosas no funcionan en la práctica, está la creatividad para plantear otras hipótesis que te guíen a otro lado en la búsqueda (Estudiante 3A1).

Sus pares de cuarto justifican la inclusión de la provisionalidad del conocimiento químico en sus clases en base a enseñar la “verdadera naturaleza de la ciencia” (83%, 20 individuos). El 50% (12 individuos) menciona además que se debe hacer notar “la razón por la que la ciencia avanza”.

5.2. Enseñanza de la química

Con motivo de que sus respuestas primarias respecto al sentido y las razones del cambio eran diversas, aunque de una variedad limitada, como se dijo anteriormente, se esperaba iguales matices en cuanto a las estrategias que se plantearan utilizar. Sin embargo, lo que se desprende de las respuestas es una gran uniformidad, donde resaltan elementos de contextualización, la perspectiva histórica y otros aspectos cercanos a ciertos paradigmas de la enseñanza por competencias:

Y plantearles por ejemplo, en el modelo atómico, plantearles por ejemplo que a lo largo de los siglos ha cambiado desde el modelo de Rutherford y el de Thompson con el budín de pasas, incluso el de las órbitas que es el que está más difundido, pero en realidad se utiliza, que la ciencia es una cosa que si bien se necesita manejar con rigurosidad, que no es algo riguroso si no que a medida que se adaptan conocimientos o surge un nuevo pensador que revoluciona o un aparato puede cambiar, y ha cambiado, quizá pueda cambiar, ha sido todo un proceso. Incluso cuando se da tabla periódica, que fue una construcción, es decir que la tabla que

manejaba Dalton no es la misma de ahora, la de Mendeleiev, entonces digo sí que es una construcción, es un camino (Estudiante 10A1).

Por ejemplo, si fuera a nivel de tercer año, ya a nivel de primer año, porque ya hay ciencias físicas como en segundo, podría ser con un material impreso, escrito, que explique la idea que o las creencias, pensamiento, o las creencias que existían tiempo atrás sobre el átomo, por ejemplo, y la que se tiene hoy día, como una perspectiva histórica (Estudiante 1B3).

Intentaría usar ejemplos de la vida cotidiana, del diario vivir, relacionándolo con la materia (Estudiante 3C1).

Yo creo que, aunque no me ha tocado dar química específicamente, sino ciencias físicas, pero creo que no lo daría algo como hecho, que es así, sino plantearlo a la hora de darlo como que si bien no es que vaya a modificarse mucho o vaya a cambiar a lo opuesto, pero se puede ir remodelando y cambiando (Estudiante 7C1).

Creo que sería bueno mostrarles a través del tiempo como ya ha cambiado. No es un conocimiento estático, y bueno y explicarles como del mismo modo como cada vez hemos avanzado más hasta llegar al conocimiento, sería perfecto que fuéramos avanzando al punto de en el futuro saber más cosas que hoy en día desconocemos. El conocimiento en química tendría que ser muy práctico, es decir, los estudiantes tendrían que verlo aplicado en su vida cotidiana, y tendría que ser muy fácil también, para que ellos pudieran entenderlo (Estudiante 8C1).

Como se puede apreciar, cuanto se enuncia está centrado básicamente en las relaciones entre docentes y estudiantes, y en la idea de que el aprendizaje se logra a partir de la contextualización, la práctica, y la comunicación, sin que se observe un posicionamiento teórico, valorativo o epistémico de base que se haga evidente o explícito. Entre estudiantes de la generación de egreso puede hallarse también esta visión sobre las estrategias de enseñanza aplicables. En general no se consideran antecedentes epistemológicos, las prácticas pre-profesionales tienen carácter exclusivamente reproductivo, imitativo de las tradiciones, con la formación en servicio como forma predominante de aprendizaje profesional.

Y puede ser, por ejemplo de eso que estábamos hablando hoy, de que hayan dos teorías al mismo tiempo, entonces como que vean que no es solamente una cosa la verdad y... si no que hay varias explicaciones y también, una cosa que se me ocurre, si tuviera todo el tiempo del mundo, sería darle importancia, digamos, a la historia, que primero hubo una teoría, después se superó, de repente mostrar un poco esa... las características que fue tomando al ir hasta la teoría final, digamos. Como en el orden de la adquisición humana (Estudiante 3A4).

Sobre las estrategias, está a modo de ejemplo lo de la estructura atómica, cómo fue evolucionando, cómo se empezó la idea de estructura atómica, diferentes teorías se fueron dando, o sea, se sabe que existen todas esas teorías, pero hoy en día solamente nos basamos en una (Estudiante 3C4).

Los resultados se muestran más favorables que aquellos reportados por Pereira y Kiill (2015) para el caso de las concepciones y tipos de abordaje contextualizados de alumnos de la licenciatura en química de Brasil. Por otro lado, en el caso de la presente Tesis, en algunas respuestas de los estudiantes, tanto de primero como de cuarto año se establece una estrategia diferenciada para sujetos con bajo capital cultural y de contexto socioeconómico desfavorecido (Tabla 35). En primer año es notorio que aquellos estudiantes de la formación docente provenientes de estratos más bajos en términos socioeconómicos, resaltan la importancia de que sus alumnos puedan acceder a niveles de formación comparables en

contenidos y calidad al resto de la población, sin descuidar los aspectos sociales (Gómez et al., 2004).

No cambiarían los contenidos ni simplificaría, los abordaría distinto. Todos tienen que aprender para tener la misma oportunidad de una carrera (Estudiante 6C1).

En tanto que el resto de los estudiantes, con origen en estratos más altos, apunta sobre todo a una contención social y la adecuación de los contenidos a un mínimo razonable, que les permita desenvolverse mejor en función de la reproducción de la forma de vida de su medio. Se dice por ejemplo “apuntar a una química simplificada” (Estudiante 3A1).

Tabla 35. Peculiaridades de la enseñanza de la química en contextos desfavorables.

Respuesta	Perfil del estudiante
“Sin duda tendría que ser una química práctica, que les sirva para su vida cotidiana. Sí, se sabe, como que no, no... si se siguen los estudios muy pocas veces son estudiar química. Yo creo que va más por el lado de que cuando las personas somos inmersas en el primer contacto con la química está bueno que ellos lo puedan relacionar con que la vida es química, o sea, que tiene relación, por ejemplo muchos piensan para qué es esto, sin... como sin concientizarse de que todo es química. Yo creo que buscarle el lazo hacia que en la vida práctica todo el tiempo estamos en contacto con sustancias químicas y con procesos químicos, yo creo que la gente se interesaría más por la química” (8A1).	Sin otra formación Sin experiencia docente 34 años
“Bueno, tiene que ser una química... porque es difícil, porque el estudiante ya tiene una imaginación de que es algo que unos pocos pueden llegar, pero en realidad hay que enseñarles que la química está en todos lados, o sea, y nosotros tenemos que ser conscientes de lo que estamos, y lo que tenemos alrededor, y entenderlo, y no ser tan ignorantes, porque la ignorancia lo que perjudica es que la persona no avance y la sociedad tampoco avance, quede como detenida en espera y no es bueno para nosotros. Y yo lo que haría es tirar esas barreras como que los conocimientos son de tal y tal manera y llevarlos un poco más a las inquietudes de los estudiantes. A ver, de un tema determinado, que el estudiante tenga sus propias ideas y formule y se dé cuenta que está haciendo ciencia, está haciendo química, de acuerdo también a lo que esa persona proyecta, porque en sí un científico se basa en determinado trabajo porque le inquietó y le atrajo y por eso lo trabaja, y enseñarles que química no es aburrido, que es entretenido y por algo la persona elige estudiar eso y trabajar en eso” (14A1).	Facultad de Economía en curso Sin experiencia docente 25 años Recurso
“En contextos desfavorables en realidad yo intentaría comenzar por lo básico pero incentivándolos a que intenten llegar más allá de lo que en realidad les dicen, y discriminan, por el contexto crítico de donde provienen. Comenzaría con los conocimientos básicos, pero incentivándolos a que aprendan y sigan desarrollándose en el tema” (3C1).	Auxiliar contable Sin experiencia docente 48 años
“Yo creo que les enseñaría lo que el programa establece que se les debería enseñar, después si ellos no van a seguir, bueno, no está sujeto a eso, porque dentro de esa misma clase también puede haber gente que sí, pueda seguir estudiando” (3C4).	Sin otra formación Experiencia docente 22 años
“Yo soy uno de ellos, de los que viene de contexto desfavorable y bueno acá estoy, dando la nota. Yo creo que más que la enseñanza de la química va mucho en lo social. Cuando yo arranqué en primero una profesora me dijo más que educadores en química somos educadores, y eso me parece fundamental porque los chicos que tienen un contexto desfavorable, más allá de una materia específica ellos van al aula buscando un poco de contención, un poco de salir de ese mundo, yo creo que esa pregunta se va un poco de lo que es química y entra en lo que es lo social” (7C1).	Sin otra formación Sin experiencia docente 19 años
“Yo creo que les enseñaría una química que ellos pudieran, como dicen, temo ser repetitiva, pero que ellos pudieran utilizar y fuera práctico y mostrarles que la química en realidad no es sólo lo que se ve dentro del laboratorio. Que en realidad en muchísimas cosas lo vemos cotidianamente” (8C1).	Sin otra formación Experiencia docente 20 años
“A esos estudiantes les enseñaría una química más contextualizada, digamos, no tan teórico pero sí que haya teoría, aunque sea un poco por favor, pero más contextualizado, cosas que les puedan servir a ellos para su vida, porque ellos tienen que encontrar un sentido, bueno todos los estudiantes, no solamente los de esos contextos deberían encontrarle un sentido, pero como que esas personas están pensando más en su presente que en su futuro, entonces nosotros tenemos que darles cosas que les sirvan para ahora, en las que ellos encuentren motivación” (16A1).	Auxiliar de Farmacia Hospitalaria Sin experiencia docente 21 años

No obstante, con relación a las opiniones en cuarto, puede afirmarse que el concepto predominante (50% de las respuestas, 12 individuos), refiere a un acuerdo con la afirmación genérica de que: “un profesor enseña los mismos contenidos a todos, sin importar el tipo de liceo de que se trate, ni la extracción socioeconómica de sus estudiantes”, más allá de que

las estrategias para conseguirlo cambien en función del contexto. Entre los estudiantes avanzados también predomina la opinión de que se deben establecer diferentes énfasis en función de la orientación de los alumnos (Tabla 36). Es así que para orientaciones no científicas adjudican importancia a la alfabetización científica (83%, 20 individuos) y preparación de acuerdo a intereses (17%, 4 individuos). Otro 17% refiere que la razón de la diferenciación sería sobre todo las dificultades prácticas (relativas al tiempo disponible).

Tabla 36. Concepciones sobre la enseñanza de la química en orientaciones no científicas.

Respuesta	Porcentaje
Así como una persona alfabetizada es aquella que ha logrado poder leer y escribir, una persona alfabetizada científicamente es aquella que puede llegar a entender los conceptos más básicos de la ciencia. Esta finalidad es la que debería prevalecer en la orientación no científica.	83
Tendría sentido preparar para estudios superiores en ciencias a los estudiantes que dentro de estos cursos sí manifiesten un interés genuino por la ciencia.	17
Como las orientaciones no científicas tienen una carga horaria mucho más baja en horas de ciencias, evidentemente no puede ser la misma calidad que la de la ciencia que se enseña en orientaciones científicas.	17
La enseñanza debe tener la misma calidad, no importan la cantidad de horas.	4

Sobre un total de 24 estudiantes de cuarto año.

Los estudiantes de primero y de cuarto año, en su mayoría, adjudican el escaso atractivo que producen en los alumnos de secundaria las clases de química predominantemente a los docentes y al sistema liceal, en tanto que sólo unos pocos mencionan otros aspectos, como características personales de los alumnos o factores propios de la materia en sí.

Hay varias cosas que me surgen en este momento. Pienso que el 80% va en la falta de realización de trabajos prácticos, la presentación de la materia como un desarrollo teórico. Después, la intencionalidad, no sé si consciente o si inconsciente, que compartimos a veces con física eso, de que es algo tan inaccesible que sólo los alumnos pueden acceder como a la punta del iceberg pero hay mucho más pero alcanza con que dé esto y ya está y qué se yo. Después que sí es cierto que para algunas de las herramientas que utiliza la química los chiquilines tienen mala preparación o les cuesta mucho, por ejemplo matemática. Entonces cuando se está trabajando con cálculos matemáticos y todo eso es como (expresión no transcrita) matemática. Entonces tal vez el concepto químico queda como escondido porque tiene un monstruo que es la matemática que está delante. Tiene que ver también con lo que es la idea socialmente de que la química y la matemática son para chiquilines inteligentes y los demás tienen que apenas acceder a zafar. Y en algunos casos tal vez que los docentes somos aburridos. Pero responde sobre todo a factores del sistema y no de los chicos. Porque a ellos los veo como más fresquitos, nuevitos y menos contaminados por más que tengan problemas con matemática, o sea revertir lo negativo que pueda haber en ellos es mucho más fácil que revertir todo esto. Y las brechas las veo más en cómo se ha enseñado matemática o lógica que en la química en sí (Estudiante 2A1).

Claro, pasa que la química no es seductora como es seductora la literatura, la historia u otras materias. Aun así yo la encuentro más interesante que matemática y que física, mucho más interesante. Yo creo que el tema de la química, como hay que dejarse enamorar por la química, hay que tratar de entenderla, de meterse en ese mundo, y entender que todo lo que nos rodea es química pura. No sé. Estaría en el medio de lo que es la literatura y la matemática. La escala de gusto tal vez tenga que ver, lógicamente, con el nivel de abstracción. Iba por ese lado. Creo que la química, si vos te metés en el mundo de la química, no es tan abstracta, me parece que tiene un anclaje en la vida cotidiana, que la llevas un poquito a la matemática para que le dé su fundamento, y la llevás un poquito hacia la biología para que te diga cómo es el cuerpo humano, entonces es brillante la química porque está como entre dos mundos, es como una bisagra, y por dos lados se puede explicar, se puede explicar por la física y también por la biología, y bueno ni qué hablar de la matemática, no sé si hasta la literatura llega pero bueno (Estudiante 9A1).

En primera instancia, creo que primero tenemos que tener el contacto humano, que sin eso no se podría. El contacto de mirar a los chiquilines, de mirar lo que se puede, qué es lo que se

puede, qué creen ellos que pueden aprender, y no esa postura de que nosotros tenemos el conocimiento y que ellos solamente lo repitan. Entonces es una manera de respeto, y es una manera de... por algo sigo estudiando y es lo que me moviliza es un poco de hacer justicia social en el sentido de que llegue el conocimiento científico a la masa. Si bien el conocimiento que nosotros tenemos no es exactamente el mismo que se maneja en otros órdenes superiores, pero lo básico que ellos puedan estar instruidos, y saber y sentirse empoderados del conocimiento, que no es algo difícil. Que sí, la química tiene su lenguaje que lo tenemos que aprender pero no es una cosa imposible ni para científicos de túnica blanca, que ellos lo pueden aprender y la idea es ir llevándolos a que hay modelos, hay cosas que aprender y cálculos que hacer, pero que en definitiva son cosas tangibles, que ellos pueden ver que si hacen una experiencia, si hacen una cromatografía aquello de lo que partieron ya es distinto, si es una reacción, un cambio de color, que hay algo que lo pueden asociar y el conocimiento que les damos es no solo quedarnos con que cambió de color y es la maravilla del entretenimiento, sino que en realidad sabemos por qué pasa eso, y en base a eso podemos seguir avanzando, creando nuevas cosas, innovando en lo que se necesita como humanidad (Estudiante 10A1).

Y puede ser porque, o sea mi pensamiento, porque esto puede ser que no sea la realidad misma, es que la mayoría de las clases pueden ser como muy tradicionales, entonces eso como que influye en el interés de los alumnos, como que todo teoría, descontextualizado, como que no importa tampoco lo que el alumno piense, eso creo que pasa bastante, pasa bastante (Estudiante 16A1).

En general, no se promueve el trabajo colectivo ni se proponen situaciones que partan de las opiniones, intereses, etc., de los estudiantes (Estudiante 1A4).

En el caso de los docentes formadores, se los consultó específicamente sobre el sentido y la presencia o influencia de su adhesión epistemológica en sus prácticas de aula. Las respuestas, algunas de las cuales se muestran a continuación, evocan un cierto eclecticismo:

No me identifico con ninguna postura en particular y creo que somos el producto de muchas de ellas, con la impronta de los contextos en que nos formamos y ejercemos así como de nuestras historias previas. Tampoco creo que esas posturas sí se mantengan en el tiempo para un individuo sino que a través de la experiencia se van viendo las situaciones cotidianas y en particular las vinculadas a la enseñanza, de diferente modo, renovándose, sin autoencasillarse. Desde el punto de partida anterior, puedo decir que cada vez adhiero más a la falta de certeza en el futuro y por tal con la necesidad de trabajar en competencias que le permitan al estudiante formar parte del mundo incierto en el que deberá desempeñarse. En ese sentido procuro que los aprendizajes sean cercanos a sus respectivas problemáticas y que incluyan los medios de comunicación en su mayor amplitud. La crítica constructiva siempre acompaña mi práctica de aula y la reflexión conjunta con el estudiante (Docente 1).

Con las corrientes constructivistas que surgen en el marco de la nueva filosofía de la ciencia. En este marco epistemológico la ciencia se considera una construcción social, determinada por el contexto histórico, económico y político, y por lo tanto el conocimiento es válido en el marco del contexto en que se genera y está en continua construcción. La pretendida objetividad no existe en forma absoluta, ya que la incidencia de las ideas, creencias, ideologías, etc., de los individuos, afectan el desarrollo de la investigación científica. Sí se traduce en mi trabajo en el aula, porque se trata en todo momento de presentar el conocimiento científico como algo inacabado, en continua construcción, y se promueve la reflexión acerca de la forma en que nuestras concepciones positivistas se traducen en nuestro accionar docente, con análisis de ejemplos concretos, favoreciendo la vigilancia continua en relación a este hecho (Docente 2).

Realmente no puedo dejar de tener una base positivista-lógica. Es decir, considerar y así abordar, que el conocimiento científico se acerca bastante a "la verdad" de cómo podemos interpretar el mundo. Si es un tema que puede llevar a tratar puntos que son pilares de alfabetización científica o de creación de ciudadanía responsable, siempre lo llevo hasta la discusión guiada y con referencias científicas. Es decir, resulta una mezcla no siempre equilibrada de asegurarme el tratamiento de temas programáticos en la clase que son vertebradores de la asignatura y que se espera que mis estudiantes manejen para seguir avanzando y el fomento de una mente abierta a que no todo está resuelto y que el conocimiento se base en buscar fuentes confiables. Por otro lado, ya hace tiempo que evito

como docente el aislamiento en el aula (para mi humilde opinión el concepto de “libertad de cátedra” se ha malinterpretado y lleva a la alienación). O sea que, a riesgo de exponer mis debilidades aprovecho todo intercambio posible con mis **compañeros**, y elijo este término frente al de colega que quizás equivocadamente asocio al ego (Docente 3).

Me identifico con el constructivismo. El aprendizaje es un proceso constructivo interno, autoestructurante. El grado del aprendizaje depende del nivel de desarrollo cognitivo. Los conocimientos previos son el punto de partida de todo aprendizaje. El aprendizaje es un proceso de reconstrucción de saberes culturales. El aprendizaje se produce mediante la interacción con otros. El aprendizaje implica procesos de reorganización interna de esquemas. El aprendizaje se produce frente al conflicto entre los que se sabe y lo que se debería saber. En el momento en que el docente lee el programa de la asignatura ya lo está leyendo desde su propia concepción epistemológica y deposita en él su impronta. El plateo de sus prácticas didácticas así como la elaboración de las diferentes actividades para sus alumnos y en la búsqueda del hilo conductor del programa anual a trabajar son un vivo reflejo del paradigma en el cual el docente está inmerso (Docente 4).

La corriente epistemológica con la que me siento más afín es el constructivismo. Considerando que esta es a la vez una corriente epistemológica y una corriente didáctica. Como profesor, me cuesta referirme únicamente a la primera, así que al resaltar las características de la misma, me referiré a ambos aspectos. Desde el punto de vista epistemológico, la característica más relevante del constructivismo tiene que ver con la visión del conocimiento. Según esta corriente, el conocimiento no es algo que está en el objeto, sino algo que construye el sujeto. Es decir que todo lo que decimos conocer de mundo exterior no es su realidad absoluta, sino la forma en que nosotros lo incorporamos a nosotros. Podríamos decir, la forma en que llega a nuestro sistema nervioso. Por ejemplo, percibimos los olores que percibimos porque tenemos receptores que nos permiten esta percepción, vemos los colores por un efecto análogo. Esto también tiene que ver con el mundo de las ideas. Lo que llamamos nuestros conocimientos o nuestros pensamientos se elaboran a partir del sistema nervioso que tenemos, de las estructuras que lo constituyen y de nuestras percepciones, que dependen de nuestros receptores. Desde el punto de vista didáctico, lo referido anteriormente determina que el conocimiento es algo que el alumno construye a partir de la interacción del mundo que lo rodea, incluyendo en este a los docentes y compañeros, con el propio estudiante. Al decir el propio estudiante me estoy refiriendo tanto a sus biología, por ejemplo un estudiante ciego no utiliza los mismos recursos que un vidente, como al sus estructuras cognitivas, que si bien están formadas a partir de su sistema nervioso, su complejidad es más abstracta. Considero que fui educado más con una visión epistemológica más positivista que constructivista. Esto seguramente debe incidir en que mis clases tengan mucho más de la primera corriente que de la segunda. Me resulta difícil ponerme en el lugar de observador externo a mis propias prácticas. De todas maneras creo que puedo afirmar que cuando trabajo con alumnos de educación media soy más positivista que cuando trabajo con alumnos de formación docente. En formación docente, al considerar que como plantea Piaget, los estudiantes están en ya en la etapa [sic] de las operaciones formales (eso sería de esperar), apelo más a que los estudiantes construyan el conocimiento. La forma en que lo hago es cuestionando, en la medida de las posibilidades y el tiempo disponible, aquellos conocimientos que tienen arraigados de etapas de aprendizaje anteriores. Para poner un ejemplo, pongo mucho énfasis en cuestionar con ellos la existencia de los átomos como entidades reales. Cuestionar los modelos como “correctos” o “incorrectos”. De todas formas, creo que el aspecto que más tomo siempre en consideración en todos los niveles educativos, es una premisa planteada por Ausubel, por autor reconocido del constructivismo: “Si tuviese que reducir toda la psicología educativa a un solo principio, enunciaría éste: el factor más importante que influye en el aprendizaje es lo que el alumno ya sabe. Averíguese esto, y enséñese en consecuencia”. Para mí es imposible enseñar algo sin partir de los conocimientos previos del estudiante. Hay que ir a rastrearlos hasta el nivel en que se encuentren, sin importar lo alejados que estén del aquel objeto al que quiero llegar (Docente 5).

5.3. Método

Como se vio en el Capítulo 4, entre los estudiantes es claro el predominio de posturas empiristas y positivistas en relación al método científico, reconociéndose además que debe enfatizarse su enseñanza.

6. Conocimiento científico, producción, reproducción y determinismo

Consultados más específicamente durante la segunda etapa en relación a la naturaleza y las cualidades del conocimiento químico y la forma en que podrían caracterizarlo a la hora de su enseñanza, los estudiantes de primer año se manifiestan en términos similares:

Es aprender sobre nosotros mismos, es aprender sobre nuestro entorno, casi que todo es química. Creo y supongo que siempre puede ser un buen aporte y sería útil partir de su contexto, y si uno averigua por ejemplo cuáles son las actividades que realiza la familia, y por ejemplo, porque puede ser así, el reciclaje, cuánto hay de química en eso, cuánto del cuidado de la salud, en el manejo de los materiales. Se puede hacer un montón de cosas, entonces trabajar en promoción de familia o en el sentido de pararse ahí, decirle si le interesa para sobrevivir y para salir y para y qué valioso es el trabajo que hacen, por decir algo. En realidad pienso contextualizar en el sentido de que ellos se interesen pero también en el sentido de que ellos no necesariamente van a reproducir el modo de vida de sus familias. Las dos cosas son importantes, porque tener una... atraparlos hacia aprender o hacia crecer en esto pero a su vez poder tener una visión crítica de su posición. Por ejemplo, revalorizar su función en la sociedad y bueno y mirarse desde ahí. También como que la química y la ciencia es una nueva manera de mirarse, prototípica. Como mirarse con método, como tener procedimientos en la vida para hacer cosas como ordenarse, como el manejo también en lo procedimental, que también tiene que ver con la ciencia. El que haya nuevas formas de responder, el no solamente, como lo que me pasa a mí, el no ver como que la ciencia es algo que te viene en el libro sino que es una posibilidad de hacer cosas nuevas, porque si no no tiene sentido, si no es lo mismo que estudiar, no sé, leer un cuento (Estudiante 2A1).

De hecho me gusta entenderla así a la química, ver cómo de la matemática hablamos de física, de la física hablamos de química y de la química la biología para poder entender un todo (Estudiante 9A1).

Yo no diría es, sino que por ahora tiene tales características, resaltaría lo tentativo y la posibilidad de que se modifique (Estudiante 3B1).

En realidad el conocimiento general en química es importante para la vida cotidiana, para tu propio organismo, para la supervivencia, o sea es una forma de relacionarlo con la vida diaria de cada uno (Estudiante 3C1).

La química es la madre de las ciencias, para mí es así. Y es fundamental para la vida, fundamental desde lo que ingerimos hasta lo que respiramos, porque respiramos oxígeno, yo creo que desde ahí lo agarraría y si me pusiera a explicar le explicaría mucho yo creo (Estudiante 7C1).

Sus pares de cuarto, por otra parte, caracterizarían el conocimiento científico en sus clases según se muestra en la Tabla 37, donde resulta claro todavía un predominio relativo de visiones positivistas, con diverso énfasis en el progreso, la verdad, la objetividad y componentes metodológicos.

Tabla 37. Concepciones sobre la enseñanza de las características del conocimiento científico.

Respuesta	Porcentaje
Mediante la investigación científica, el conocimiento acerca del mundo real progresa y esto permite acercarnos cada vez más a la verdad.	58
El conocimiento científico está teñido por las ideas, valores, expectativas y prejuicios de los científicos.	42
Las representaciones científicas del mundo natural funcionan a modo de "imágenes" de la realidad.	21
El saber científico es objetivo y general	21
Los científicos, al hacer ciencia, siguen un método sistemático	21
Presentaría en el aula las seis caracterizaciones de la pregunta, de manera progresiva. En primer lugar diría que el conocimiento del mundo real progresa y se acerca a la verdad. Como segundo escalón que las representaciones científicas funcionan como imágenes. Como tercero que el saber científico es objetivo y general. Como cuarto que la construcción de teorías se apoya en representaciones abstractas del mundo. Como quinto que los científicos siguen un método sistemático. Y al final que el conocimiento científico está influido por otros factores.	4

Sobre un total de 24 estudiantes de cuarto año.

A la hora de la enseñanza, el apoyo a la observación y el método científico es todavía mayor que el registrado en las preguntas específicas, de naturaleza más teórico-epistemológica, sobre estos aspectos, incluso entre estudiantes de cuarto. Si se considera además que estas constituyen respuestas de diferentes etapas, las menciones favorables a estos dos elementos en particular aumentan significativamente, incluso entre aquellos que optarían por una amplitud metodológica mayor y menos restrictiva.

Y método científico y observación sí los enfatizaría obviamente porque es la manera como tenés que razonarla a la ciencia, si no la razonás como el método científico, o sea, sería como muy abstracto. Claro, yo creo que la ciencia siempre tenés que buscarle la manera de bajar a tierra ese conocimiento, para que lo integres o te familiarices, porque si no me parece que queda muy por ahí flotando y no sé, me parece que los chiquilines no van a entender las cosas, yo creo que lo terminan entendiendo cuando lo terminan viendo. Cuando se hace concreto y tangible, por eso los experimentos (Estudiante 9A1).

Creo también que ya hay situaciones donde, si se empieza tarde con esto del método y la observación, es radicalmente tarde para generar la autonomía del alumno (9A1).

Enfatizaría los aspectos que menciona la pregunta, pero primero yo tendría que informarme más, indagar más acerca de lo que es el método científico (Estudiante 1B3).

Sí, enfatizaría la observación, mucho más que, o sea, el proceso científico es importante, pero creo que para que interese la materia el proceso de la observación y el análisis en el alumno también es muy importante (Estudiante 3C1).

Sí, enfatizaría método científico porque, como dije antes, es como se llegó a lo que se sabe y la observación es constante, la estamos usando a diario, y la van a usar ellos y así (Estudiante 7C1).

Sí me parece que enfatizaría método y observación, porque además son cosas que ellos lo pueden usar en otros ámbitos (Estudiante 8C1).

Y sí es muy importante en química y en todas las ciencias la observación. La observación, la medición, todo (Estudiante 16A1).

Las observaciones son importantes por el proceso para llegar a conclusiones por parte de nuestros estudiantes ya que esto nos dirá si estamos haciendo bien la práctica que planeamos (Estudiante 1C4).

Sólo un pequeño grupo manifiesta su desacuerdo con enseñar método y observación, compuesto básicamente por algunos estudiantes de edad intermedia, con otra formación previa y amplia experiencia docente, sin desmedro de que también se sitúan en esta posición algunos jóvenes, cuyas opiniones son menos drásticas y de carácter moderado. Así por ejemplo, en algunos comentarios se señala:

No enfatizaría método científico ni observación, porque estoy en contra del método científico como método, siento que hay alternativas más simpáticas y menos lejanas. Entonces iría por ahí como para decirles... es lo mismo que dibujarles a Einstein ahí el primer día de clase y en toda la clase no hablan de otra cosa. Claro. Básicamente sería eso (Estudiante 2A1).

Hay que hacer hincapié en el método científico y la observación en la educación, pero sobre todo hacer hincapié en qué es un método. Y que hoy en día no es el tradicional que uno se plantea y que no es el único, que es también de acuerdo a cómo la persona aborda, o cómo le queda mucho más cómodo abordar aquellos temas (Estudiante 14A1).

La Tabla 38 resume los hallazgos mencionados hasta el momento en relación a la enseñanza de la naturaleza de la química. Ninguno de los consultados plantea no enseñar la provisionalidad del conocimiento científico, con diversos matices. La mayoría de los estudiantes admite que enfatizaría el papel de la observación y el método científico en sus

clases, si bien la proporción de quienes admiten que enseñarían también que la carga teórica afecta a la observación aumenta muy considerablemente entre estudiantes de cuarto y docentes, registrándose un incremento menor en el caso de la enseñanza de diversos métodos, donde sólo los formadores se separan de esta tendencia. En cuanto a la objetividad o subjetividad, los estudiantes de primero la defienden con mayor firmeza que aquellos de cuarto año, pero los porcentajes se mantienen en términos generales, mientras que para los docentes formadores la situación es la inversa.

Tabla 38. Posicionamiento sobre la enseñanza de la naturaleza de la ciencia.

POSICIONAMIENTO Y ACUERDOS DE LOS ESTUDIANTES Y DOCENTES FORMADORES				
Aspecto	Actitud	Primer año (%)	Cuarto año (%)	Docentes formadores (%)
Provisionalidad	Enseñaría la provisionalidad del conocimiento	100	100	100
	Evitaría enseñar la provisionalidad del conocimiento	0	0	0
Naturaleza de las observaciones	Entrenaría a los estudiantes para observar objetivamente	97	8	8
	Haría notar que las observaciones están cargadas de teoría	3	92	92
Método científico	Enseñaría el método científico universal	97	92	8
	Enseñaría diferentes métodos	3	8	92
Subjetividad y objetividad	Enseñaría la subjetividad en cuanto a factores personales e influencias socioculturales	6	8	92
	Enfatizaría la tendencia hacia la objetividad como independiente de las creencias personales, los factores socioculturales, y mantendría la cuestión de los juicios de valor alejada del aula de ciencias	94	92	8

Sobre un total de 35 estudiantes de primer año, 24 estudiantes de cuarto y 12 docentes.

En relación a la enseñanza de la naturaleza de la observación la mayoría de las respuestas de los estudiantes de cuarto, los posicionan en la postura de que la observación es dependiente de la teoría, contrariamente a sus pares de primer año, quienes, si bien reconocen la existencia de una carga teórica (ver Sección 4.2), continúan pensando (incluso en la segunda etapa de entrevistas) que se debe enseñar a observar objetiva y correctamente.

7. Ciencia escolar

La “ciencia escolar” es una categoría discutida, particularmente por muchos de los docentes de Epistemología de perfil más filosófico, y aceptada más bien por la Sociología y las llamadas Ciencias de la Educación (Izquierdo, 2006; CFE, 2018g). En virtud de esta tensión es que se considera importante para el análisis, ya que se constituye en una encrucijada marcada por un inter-juego de oposiciones, diferenciación y variaciones. Para

definirla mínimamente se la puede identificar con procesos de transmisión de conocimiento en todos los niveles. Reconocerle un *status* propio abona la idea de pensar la ciencia desde la enseñanza, como espacio pedagógico de conocimiento que no se corresponde con la investigación en sí misma.

A pesar de que la formación didáctica suele insistir sobre este punto, ninguno de los entrevistados menciona el término de manera explícita, lo cual tal vez esté en relación con el nivel y el momento en que se realiza este primer relevamiento, aunque estas impresiones se extienden también al caso de estudiantes que ya cuentan con mayor edad y trayectoria tanto en formación docente como al servicio del sistema educativo. La mayor parte de los alumnos, por otro lado, considera a la enseñanza como un proceso de mera simplificación del conocimiento erudito. En las entrevistas iniciales (marzo-abril) los estudiantes de primero expresan:

Y eso siempre se dice en didáctica, que tenés en función del liceo que te toque, del lugar geográfico, que tu clase tenés que tratar de adaptarla a ese contexto, entrarle a los gurises por, como decía, si vos estás en ruta 1 por ahí por ISUSA, les tenés que entrar por el lado del azufre, o si hay una industria que hace electrolisis, por ese lado podés hablar de electrolisis. O una fábrica o un laboratorio que esté acá adentro de Montevideo, y creo que por ese lado vos a los chicos los metés, que ellos entiendan lo que hay en el entorno de su barrio, es importante el anclaje a lo cotidiano y hacerlo más simple para que lo entiendan (7A1).
La educación química... quizá el alumno tenga que ver también, no sé, creo que por ahí vendría: el conocimiento es tuyo, la educación es el compartir los saberes con los gurises, tal vez que esa interacción también te puede llevar a un punto que vos no llegabas a ese punto. Y se necesitaría de experimentación, porque es por donde les despertás la curiosidad a los muchachos para que se familiaricen más o les guste más la materia. Y para generar nuevo conocimiento en educación química y... sí, pero todo tiene que ser más simple (Estudiante 9A1).

En tanto que sus posiciones durante la segunda fase de entrevistas (setiembre-octubre) afirman:

Usaría la química de la cotidianeidad. Yo ahora estoy con niños de escuela haciendo unos talleres, y la idea es esa, de que la química está, primero siempre les digo y sobre todo a los chiquilines con el tema del contexto crítico, decirles que la química está alrededor nuestro, en nosotros y en todo lo que hacemos, desde cocinar unos fideos, calentar agua para el mate, o hacer la comida, una torta, todo es química, y que es importante tener conocimiento de ello, porque es una manera de abrir la mente para cuando ellos quieran aprender algo que realmente sea de interés, tener una menta plástica para adquirir los conocimientos, y a su vez para que ellos no sean unos ignorantes, y que ningún gobierno, ninguna entidad privada les pase por arriba a sus derechos en relación a algo que sea nocivo para esa población, si no tienen los conocimientos básicos porque hasta para elegir qué agua o qué galletitas comer se necesita una cierta base de conocimientos de química, sin ser un químico, pero sí una base simple hay que tener, por supuesto (10A1).
Sí, es un hecho que no siguen carreras terciarias de nivel universitario, existen otras carreras terciarias que no involucran la universidad, pero que tenés que tener sexto o por lo menos cuarto aprobado, pero se los podría estimular, se pueden hacer otras carreras terciarias, ahí hacen falta políticas de desarrollo social o educativas que... porque puede haber mucho talento y potencialidad en esas personas que por ahí se está desperdiciando. Pero si no la otra opción sería vincular la química con oficios simples como la cocina, la peluquería, la fotografía, y tantos otros, la albañilería... (1B3).

En la generación de egreso, se mantiene, en apariencia, esta visión de simplificación necesaria de la estructura del conocimiento erudito como característica intrínseca de la enseñanza:

En educación química se llega a un nuevo conocimiento probando nuevas estrategias, metodologías. Se necesitaría siempre de la experimentación, también en la clase. Y los problemas se abordan buscando información, supongo. La parte educadora tiene que tratar de que el problema que tenga intentar llevarlo para que quien lo tiene que aplicar y simplificar con los estudiantes, ellos lo puedan entender. El químico mientras lo entienda él, me parece que ya estaría. Los estudiantes deberían entender que el conocimiento en química cambia. Y ahí para que los estudiantes lo entiendan tienes que cambiar la manera de cómo dar la clase, o sea, no darlo tan riguroso, el concepto y más nada, sino intentar que lo entiendan, pero tratar que la dinámica sea bueno, entender esto, y bueno y que se hagan preguntas de si esto es así, si lo fue siempre o cómo será en el futuro. Me parece que es así, trabajando más dinámicamente con ellos. A la hora de enseñarlo ahora en el aula, uno lo hace como muy estructurado, me parece. No sé si, o muy conceptual, tal vez. Yo lo trabajaría intentando vincularlo con lo que ya está, lo que ya se vio. A veces uno como que trabaja conceptos aislados, y no los vincula, y a veces podés partir de vincular un concepto con otro y trabajarlo así. Yo sí enfatizaría método científico y observación. Es difícil enseñar química, sobre todo con los problemas sociales de hoy. Aquellos que no siguen nada requieren una química que sea lo más aplicable a lo que ellos vivencian todos los días, ya sea de la alimentación, la vestimenta, no sé, por lo menos que se lleven lo básico, y que les sirva para lo que vayan a hacer. Yo creo que hay una falta grande de motivación, de parte de los docentes y de parte de los estudiantes y hay como una concepción de que la ciencia o más que nada de la química como aburrida o cerrada, no sé, porque uno llega y química como que no sé, es horrible y cuando la arrancan a trabajar, la arrancan a conocer y se dan cuenta de que está buena. A mí me parece que va mucho también en la primera impresión que tienen, o sea, ciencias físicas o química en tercer año, pero ciencias físicas en primer año como que los marca mucho, o como muy aburrida o que les gustó por la parte práctica. Y a veces si es sólo práctico o los aburre o les gusta mucho y entonces como que, no sé, el equilibrio ahí los puede llegar a motivar para que les guste. Muchas veces les gusta o no justamente por eso, por las experiencias que tuvieron antes (Estudiante 2C4).



CAPÍTULO 6

DISCUSIÓN GENERAL DE RESULTADOS E INTERPRETACIONES

1. Aspectos generales

La necesidad de revisar ciertos aspectos de la educación científica responde no sólo a que los estudiantes no aprenden ciencias y llegan a estudios superiores con carencias educativas diversas resultado del paulatino deterioro – multifactorial – de las instancias formativas anteriores, sino a lograr la llamada “alfabetización científica” (Loureiro, 2011; Furió et al., 2001). En particular en lo referente a la imagen de ciencia en la educación básica hay que tomar en cuenta la influencia de los medios de comunicación, la ausencia de instancias de discusión curricular al respecto y la difusión – de manera no necesariamente explícita – de una concepción heredada por parte de muchos docentes. El renovado interés por la comprensión de la naturaleza de la ciencia ha generado un nuevo campo de investigación didáctica que desarrolla, por ejemplo, las siguientes líneas: evaluación de las concepciones de los estudiantes y profesores sobre la naturaleza de la ciencia; relaciones entre las concepciones de los profesores y su práctica docente en el aula; elaboración de nuevos *curricula* para la educación científica que involucren estos aspectos, destinados a modificar dichas concepciones (Acevedo, 2003; 2004).

En los capítulos anteriores se hizo referencia a numerosas investigaciones e instrumentos desarrollados para indagar las concepciones de ciencia de los estudiantes y docentes en diversas áreas. A su vez, se han presentado los resultados de un estudio particular llevado a cabo con estudiantes de la formación docente en química. Del mismo surge que en lo que respecta a las visiones acerca de la naturaleza de la ciencia, este análisis permite con frecuencia definir operativamente a las concepciones de estudiantes y docentes como empírico-positivistas (positivismo lógico, concepción heredada o racionalismo crítico) o contextualistas (nueva filosofía de la ciencia y corrientes posteriores), no siempre coincidentes con los lineamientos programáticos que emanan del análisis de los documentos curriculares asociados a los planes 2005, 2008 y 2020.

Es así que del análisis de los resultados del presente estudio se constata que existe una variedad de concepciones epistémicas entre los docentes en formación, correspondiéndose sólo parcialmente con alguno de los modelos teóricos, pero las cuales son híbridas o eclécticas en esencia y conducen a que concepciones prácticas y declaraciones muchas veces no estén alineadas. Como resultado, se sustentan diversas actitudes frente a la ciencia e ideas sobre qué es y cómo trabaja. Más específicamente, concepciones sobre observación, exploración, inferencia e investigación, el método, conocimiento, teorías, leyes y

modelos científicos, rol de los científicos, y sobre aspectos tales como la negociación social y los impactos culturales asociados, la realidad, invención, imaginación y creatividad o la continuidad y el cambio. Dadas las características peculiares de la formación química, además, se debió recurrir a otros referentes teóricos más “locales” de este campo.³⁸

En cuanto a los posicionamientos respecto de la enseñanza de las ciencias y las finalidades de la educación científica, se logra adscribir a los estudiantes y docentes a miradas de inclusión o bien a miradas asistencialistas, de acuerdo a la perspectiva de Pujalte (2014), considerando que las opiniones que apuntan a la comprensión pública de la ciencia en general se alinean con el modelo de déficit (Haynes, 2003; Bauer y Schoon, 1993). A partir de las consideraciones que hace Chen (2006ab), también las respuestas a las distintas preguntas sobre estos tópicos se pudieron agrupar primariamente en “contextualistas” y “empírico-positivistas” e indagar un poco más allá considerando ciertas perspectivas epistemológicas generales.

Las categorías de análisis presentadas a continuación para las respuestas de los alumnos y docentes a las problemáticas planteadas se corresponden, parcialmente, a las originales que plantea Chen (2006ab) para su cuestionario VOSE, uno de los precursores de algunos tópicos empleados en el cuestionario de esta investigación. Las respuestas de los actores abren una pluralidad de posibilidades de análisis para múltiples aspectos de la naturaleza de la ciencia. Como se ha mencionado, por razones de concisión, algunos márgenes presentados en resultados no se consideran en la presente discusión.

2. Conceptualización y comprensión de la naturaleza de las ciencias y la química

En nuestro país, a través de la investigación de Loureiro (2011) se constata que los estudiantes ingresantes a las Facultades del Área Científico–Tecnológica tienen visiones que se alejan de las concepciones actuales sobre la naturaleza de la ciencia al afirmar que es una actividad neutral y que la experimentación es la base fundamental del conocimiento científico. La autora muestra también que tanto los estudiantes avanzados como los docentes universitarios manifiestan que la ciencia no es una actividad neutra y que no se puede hablar de verdades absolutas ni de métodos únicos, lo cual es claramente diferente de los resultados obtenidos en este estudio realizado sobre estudiantes de la formación docente, donde en muchos casos se advierte un predominio incluso mayor de las opiniones empírico-positivistas. De ahí que la formación docente en química parece no resolver de manera eficaz esta dificultad, en tanto que para el ámbito universitario se muestran mayores progresos, a pesar del perfil claramente más expositivo de las clases universitarias (Loureiro, 2011). Como se discutirá más adelante, esto puede deberse al escaso involucramiento de los alumnos de

³⁸ El término local fue acuñado originalmente por Bunge (1975), aunque su sentido se ha modificado con el uso que otros autores le dieron desde entonces.

formación docente en actividades de investigación real, a la mayor influencia de los medios de comunicación en este segmento (Leung, 2006) y al papel más transmisor que productor de conocimiento que admiten tener (Emdin, 2012). La preocupación por adaptarse a aspectos técnicos contemporáneos sin la adecuada reflexividad podría asimismo enmascarar la permanencia de concepciones que resultarían inadecuadas de acuerdo a los nuevos consensos. Por otra parte, la insistencia de la formación docente en dichos aspectos, el predominio de la Didáctica de perfil instrumental entre las ciencias de la educación frente a otras áreas de naturaleza más conceptual o teórica en términos estrictos, establece un desbalance que puede ser desfavorable para la comprensión de los nexos emergentes entre la ciencia, la educación y la sociedad actuales.

A continuación, se ingresa en la discusión detallada de la situación en la formación docente, objeto de este estudio, utilizando como ejes centrales las concepciones sobre método y entidades teóricas, y describiendo sus relaciones con otros tópicos.

Cabe destacar que la diferenciación entre ciencia pura y aplicada está presente aunque es un elemento débil en el discurso de los alumnos de primer año. Lo mismo ocurre en las referencias y distinciones con respecto a la tecnología. El término tecnociencia, una característica de la nueva hibridación del conocimiento para muchos autores de diversas corrientes (Vessuri, 2004; Ziman, 2003; Chamizo y Garritz, 2013), no se menciona por parte de ninguno de los alumnos. A pesar de que casi todos los estudiantes reconocen en mayor o menor medida la pluralidad de las ciencias, todavía muchos plantean aspectos como la unicidad de estas disciplinas y la reducción de unas ciencias a otras. Se sostiene que la cultura científica es un campo importante, pero en la mayoría de los casos no se le reconoce a la ciencia una influencia directa en otras áreas de la cultura.

3. Métodos científicos

A pesar de que los consensos actuales afirman que no existe un método científico único en la investigación, cabe afirmar que sólo una pequeña porción de la población consultada parece estar realmente convencida de que se puedan hallar alternativas superadoras del método científico clásico.

El aspecto más controversial de este estudio lo constituye, en efecto, este apego a la idea de la existencia de un único método científico, y las escasas referencias a la intersubjetividad de la ciencia, o a los procesos involucrados en la permanencia, el cambio y la evolución del conocimiento científico. No se reconoce por tanto el posible impacto de estos elementos como problemas u oportunidades para la propia ciencia, la enseñanza o la educación. Predomina la noción de que la ciencia tiene valor explicativo por encima de todo, siendo la comprensión no reconocida y muchas veces meramente asimilada a la explicación, en tanto que la verdad se consolida como consecuencia de la aplicación del método (Sección

3.1). Entre los mitos relacionados con la objetividad (real y no sólo discursiva), el progreso y la relativa omnipotencia de la ciencia, se ratifica en los estudiantes ingresantes la noción de que los científicos son especialmente objetivos, que la ciencia y sus métodos pueden contestar todo tipo de preguntas y resolver todos los problemas sin limitaciones, mientras que en la generación de egreso subsisten muchas de estas visiones, en especial sobre el carácter de los científicos, estando a su vez implícitas en ciertas declaraciones docentes bajo la forma de un optimismo a ultranza en las posibilidades de la ciencia.

El hecho de que un pequeño grupo de estudiantes no enfatizarían un solo método científico, y que afirmen que futuros profesores y estudiantes juntos deberían proponer diferentes métodos de investigación, se explicaría a partir de los trasvases de saberes aceptados en términos pedagógico-didácticos, como por ejemplo la necesaria atención a la diversidad, a las inteligencias múltiples y el corrimiento del lugar tradicional del profesor como depositario del saber hacia el modelo del profesor como guía. Esto no necesariamente implica una verdadera integración del conocimiento y reflexión epistemológicos, sino simplemente una yuxtaposición de elementos que van llenando de contenidos (no siempre articulados) los espacios disponibles.

En relación a la enseñanza del método científico, se profundiza el posicionamiento híbrido de amplia impronta empírico-positivista y elementos levemente contextualistas que se reflejara en el análisis anterior. Esta postura es coincidente con los hallazgos que prevalecen en torno a la naturaleza de la observación. Si bien muchos estudiantes se niegan a enseñar los pasos del método científico clásico de manera estructurada, sí apuestan a enseñar la lógica de los procedimientos científicos poniéndolos en práctica para la resolución de problemas. De sus dichos podría inferirse claramente que adscriben a la lógica propia del método, como inherente al proceder científico.

No obstante, al consultar a los entrevistados sobre el modo en que trabajarían en el aula efectivamente, la firmeza de las diversas posiciones originales empiezan a tener matices, al menos en el nivel declarativo, manifestándose bajo la forma de una creciente homogeneidad, se cree que fruto de la formación a través de la carrera o las prácticas docentes profesionales o pre-profesionales que proporcionan ciertas experiencias de inmersión en los ambientes de trabajo reales (Buaraphan, 2009). El hecho de que esta tendencia se manifieste de manera mucho más notoria a nivel de cuarto año, es compatible con ambas explicaciones y hace que si bien los propósitos manifestados continúan siendo diversos, las estrategias se uniformizan notablemente (Sección 8).

3.1. Explicar o comprender

La dicotomía entre explicación y comprensión resume un primer debate de interés. En el origen se define comprensión como una forma singular de operación realizada con el fin de

explicar la conducta y entender los comportamientos humanos. Así, los seres humanos pueden poseer un tipo de conocimiento concerniente a sus producciones que es distinto al que poseen sobre la naturaleza, pues se deben reconocer conexiones pertinentes y significantes entre hechos observados o supuestos, en una compleja dinámica de respuesta a determinados estímulos. Una obvia limitación es que esta operación se ve fuertemente influida por el conocimiento derivado de la experiencia personal y no constituye un método de validación ni verificación. Pero es una aproximación que puede resultar útil en la formulación de hipótesis en sí misma.

La comprensión se asocia más con el discurso de vertientes de pensamiento críticas. Los documentos curriculares se declaran a favor de estas vertientes, aunque el análisis muestra frecuentes contradicciones. Sin embargo, en el discurso de los estudiantes predominan las nociones que remiten a dinámicas explicativas como función principal para las ciencias.

3.2. Causa y efecto

Las tradiciones aristotélica y galileana, son habitualmente (y por tanto parcialmente) caracterizadas en base a términos de explicación teleológica (finalista) y explicación causal (mecanicista), respectivamente. En la práctica ambos tipos se definen porque lo precedente valida los casos subsecuentes, aunque el primero de ellos lo hace a través de un orden de ideas enteramente diferente de la relación científica de causa y efecto, de antecedente y consecuente. No obstante, desde el abandono del vitalismo y el animismo, muchas de las explicaciones finalistas podrían asimilarse a explicaciones causales (Schuster, 1992).

Del análisis previo sobre este punto surge que los estudiantes ingresantes y avanzados manifiestan posiciones intermedias entre mecanicismo y finalismo. En general se brindan explicaciones causales que atienden a mecanismos, en menor medida a probabilidades y en tercer lugar a conexiones no estructurales (incluyendo fenómenos guiados por dinámicas estocásticas).

3.3. Naturaleza de la observación

Actualmente se acepta de manera bastante general que las observaciones pueden verse afectadas por las anticipaciones de los observadores y sus preconceptos, es decir, las observaciones están cargadas de teoría.

Con relación a este tópico, las posturas contextualistas son asimismo escasas entre los estudiantes, y aunque se reconoce una carga teórica personal importante resultado de saberes, expectativas, fines, vivencias previas y el peso del paradigma del individuo en el proceso de observación, se hace notar que sin embargo se modera y uniformiza por efectos de la formación científica, llevando a que la mayor parte de las observaciones metódicas



resulten comparables para distintos sujetos. Sin embargo, los comentarios en general parecen no reconocer explícitamente que los fines tienen el sello de la formación en un paradigma específico.

Pujalte (2014) argumenta que se visualizan como más aceptables la subjetividad, los valores y las cuestiones socioculturales en el contexto educativo que en los ámbitos de producción de conocimiento científico, con obvio trasvase hacia la enseñanza de la naturaleza de la ciencia. No obstante, los resultados del presente estudio denotan un fuerte peso del método y la naturaleza objetiva de la observación también en el aula.

3.4. Materialidad de la ciencia, correspondencia

En relación a la correspondencia entre la materialidad y el discurso científico la mayoría de las afirmaciones se encuadran todavía en el denominado realismo metafísico o ingenuo, en el sentido de pensar en la existencia de una realidad³⁹ externa que aguarda a ser descubierta, pero que precede de manera intrínseca a la actividad del descubridor, vale decir que para los estudiantes (incluso avanzados) muchas de las entidades teóricas existen y gozan de materialidad indiscutida, como se verá con más detalle en la Sección 4. Una buena parte de los docentes consultados se manifiesta del mismo modo.

Como se ha visto, el concepto de transposición didáctica como “diseño operativo facilitador que acerca el conocimiento a los estudiantes mediante su transformación, recorte y selección” y el rechazo de toda idea reproductiva, que subyacen en los documentos curriculares y las concepciones de los docentes formadores, se transforma en parte de la argumentación de sus estudiantes. Los docentes consultados no enfatizan en sus declaraciones la distinción de los modelos con la materialidad, aunque la misma se hace explícita por momentos en sus clases, sin contribución efectiva a la conceptualización de la naturaleza no material de las entidades teóricas por parte de sus alumnos.

Con respecto a la relación de correspondencia realidad/discurso, los estudiantes parecen encuadrarse mayoritariamente en un realismo metafísico o ingenuo, frente a una postura de realismo internalista. Las opiniones respecto al aspecto de naturaleza de las teorías, refuerzan esta visión.

En lo que concierne al método, puede afirmarse que su posición privilegiada y sólida refuerza las creencias ingenuas. En efecto, decir que una ciencia es fáctica implica privilegiar (desde la construcción o el descubrimiento) lo metodológico sobre la ontología, esto es, admitir que pueden incluso crear su propia realidad (algo que tan sólo parece contrario al realismo de la entidad). Suponer cosas, estudiar fenómenos, descubrir leyes o incluso la posibilidad de predecir están dentro del menú al que se tiene acceso como consecuencia

³⁹Afirma Schuster (1992) que si bien algunos filósofos utilizan el término para referirse a algo que se ubica más allá del espacio y del tiempo, y por tanto concluyen que el mundo sensible es externo a la percepción e irreal, esta no es la mayor crítica al concepto de realidad en sí.

directa de una creencia “metodológica” de este estilo, sumergida en una trama provisional y no esencial, siguiendo la línea de argumentación de Schuster (1992). La confrontación de hipótesis y teorías con la realidad nace de esta creencia también. La confrontación es importante para toda ciencia y se da a nivel de todas las teorías de la ciencia social o natural, pues en determinados momentos unos argumentos pueden entrar en discordancia con los hechos (o con las nuevas visiones o construcciones de los hechos, incluso aquellas que han perdido su agudeza, con la inseguridad que ello representa).⁴⁰ Como también señalan los docentes de Epistemología, esta perspectiva implica serias dificultades para identificar la investigación con un trabajo que no sea típicamente empírico (CFE, 2018h, entre otros).

Al respecto, asimismo, Kuhn (2002) afirma que usualmente se ha sostenido que las ciencias naturales, al tratar objetivamente con el mundo “real” (como efectivamente parecen hacer en sus postulados) llevan a pensar que sus verdades (y falsedades) trascienden los trastornos originados a raíz del cambio temporal, cultural y lingüístico. No obstante, ni el lenguaje descriptivo ni el teórico de una ciencia natural es trascendente a ese nivel. Para el autor los enunciados son valores intra-teóricos y no dan cuenta de evidencias absolutas. Tales enunciados son “provisionales y contrastables”.

Sankey (2016), por su parte, postula, que para llegar al tratamiento realista de las entidades teóricas, no hay necesidad de modificar la entidad real. La cuestión de si hay limitaciones o la medida en que el tratamiento realista de las entidades está justificado se encuentra más allá de las implicaciones de tratar a tales entidades como reales. Por lo tanto, este hecho puede considerarse independientemente de las limitaciones que los realistas de la entidad pretendan imponer a los compromisos ontológicos con entidades teóricas.

Sankey (2016) argumenta que el ascenso a las demandas de existencia de teorías produce una tesis acerca de la verdad de tales afirmaciones y hace notar que esta tesis no se sigue de la declaración del realismo de la entidad sin asunción adicional. Observa que la tesis resultante compromete la naturaleza de la verdad. Propone un enfoque al que llama realismo abductivo.⁴¹ De acuerdo con este, la mejor explicación del éxito cognitivo y pragmático de la teoría y la práctica científicas es que las reglas del método son instrumentos de investigación propicios a la verdad que sirven como medios confiables para obtenerla. El realismo abductivo forma parte de una teoría naturalista de orden epistémica que trata las reglas del método como instrumentos cognitivos y estas sirven como medio para el logro de los fines epistémicos. Dichas reglas promueven de manera confiable el objetivo de la verdad y proporcionan a los científicos una orden epistémica para aceptar teorías que satisfacen esas

⁴⁰Popper sustentaba la creencia de que la diferenciación tradicional entre ciencias naturales y sociales “descansa, en gran medida, en un concepto erróneo de ciencias naturales. Una vez corregido el error se vería como todas las ciencias son “teóricas”, es decir, someten a crítica enunciados generales. Las diferencias entre unos dominios y otros de la ciencia no podrían ser, pues, sino graduales e históricas, es decir, diferencias principalmente superables. Adorno vino a llamar la atención, por el contrario, sobre una diferencia metodológica distinta (Popper et al., 2008, p. 75).

⁴¹Afirma Schuster (1992) que un inconveniente general de la abducción (que también afecta al falibilismo) es que se evidencia la presencia de hipótesis en las premisas.

reglas. El realismo abductivo aborda la cuestión de por qué las reglas del método deben ser consideradas si se busca promover el objetivo realista. La estrategia privilegia la inferencia a la mejor explicación, una forma de deducción abductiva. Una inferencia de este tipo se requiere debido a la falta de evidencia directa de la conexión entre el método y la verdad de la teoría. Debido a que la verdad del contenido no observacional de las teorías no puede ser establecida por la observación, ninguna conexión entre el método y la verdad de las teorías puede demostrarse como resultado de medios empíricos. Por lo tanto, las razones para tomar las reglas del método como propicias a la verdad pueden ser en el mejor de los casos abductivas. Las respuestas de los estudiantes y su confianza epistémica en la verdad del conocimiento científico resultaría un hecho fácilmente explicable desde esta perspectiva. No obstante su insistencia con la comprobación empírica (incluso indirecta) se muestra contraria al realismo abductivo.

El realismo abductivo hace énfasis en el papel regulador del método en la selección y eliminación de teorías, de modo que sus reglas sirven como un medio de “control de calidad”. Estas reglas se utilizan como criterios de selección y eliminación de las teorías defectuosas en favor de aquellas que permanecen en pie en la contienda por la verdad. El papel regulador de las reglas de método les permite servir como árbitro del éxito. Supongamos que una teoría satisface las reglas del método a un valor muy alto. Contiene todos los datos conocidos y predice con precisión hechos nuevos. Unifica dominios dispares de una manera simple y coherente, mientras que abre nuevas e interesantes áreas de investigación. Desde un punto de vista metodológico, una teoría como esta es una teoría ideal. Manifiesta un nivel casi perfecto de éxito. Esta propensión al éxito como garantía de verdad con el método como elemento definitorio se presenta en muchas de las respuestas de los estudiantes, a menudo de forma explícita, pero fundamentalmente implícita.

Laudan (1977; 1996), entre otros autores, considera que las reglas del método pueden verse instrumentalmente como medios para fines cognitivos. Pero para el realismo abductivo, la mejor explicación de tal éxito es que las reglas del método son normas reguladoras que “buscan la verdad”. Son verdaderamente instrumentos de investigación que conducen a la verdad, que seleccionan rigurosamente sólo aquellas teorías que son verdaderas o están en el camino de la verdad. No basta, por supuesto, simplemente con afirmar que el realismo es la mejor explicación para la satisfacción ideal del método, pero este es un argumento necesario. ¿Cómo podría explicar el éxito metodológico ideal un oponente, incluso directo, al realismo? Tal anti-realista niega las afirmaciones del realista sobre la verdad y la referencia. La teoría ideal no es ni verdadera ni aproximadamente verdadera. Sus términos no se refieren a ninguna cosa real. Ninguna de las entidades postuladas por la teoría existe. Pero eso no es ciertamente una explicación del éxito de la ciencia, de ahí la dificultad de los estudiantes a la hora de rechazar de plano el eje metodológico en sus discursos.

Sankey (2016) termina comentando algunas de las relaciones entre los argumentos que ofrece para el realismo científico y las diversas doctrinas que comprenden la posición de éste. El realismo sobre el mundo exterior es apoyado por el rechazo del antropocentrismo y la apelación al sentido común. Debido a que la ciencia es una extensión del sentido común, un tratamiento realista del discurso teórico deriva de forma más o menos directa de la apelación al éxito de la ciencia. La tesis realista de un conocimiento genuino de aspectos no observables de la realidad obtiene un amplio apoyo desde el sentido común. Sin embargo, es apoyado más directamente por el argumento del éxito, e incluso más por la aplicación meta-metodológica del argumento del éxito. El hecho de que diferentes argumentos realistas se apoyen en diferentes componentes del realismo ilustra el punto principal, dado que deriva en la imposibilidad de los estudiantes (y de muchos docentes) de deshacerse de un discurso que resulta, en esencia, dominado por el método científico único y paradigmático.

El realismo científico no es, pues, capturado por ninguna doctrina, ya que se trata de una posición compleja. Como se ha visto, la apelación al éxito de la verdad científica es más poderosa que el argumento del ajuste al sentido común (Talanquer, 2006), dado que entre los estudiantes persiste la idea de que las explicaciones de la ciencia se le contraponen (instalada, probablemente, desde su experiencia en las aulas y la eventual comprensión parcial de algunos contenidos).

Las dos alternativas que esta discusión sugiere, la de elegir una ontología previamente o buscar correspondencia con el campo observacional no son necesariamente excluyentes y pueden ser complementarias.

Finalmente, ¿la realidad como contrastación empírica o como creación empírica?

La verdad o falsedad de enunciados que describen acontecimientos singulares con vocabulario ordinario u observacional puede establecerse por observación. Pero las investigaciones científicas siempre contienen enunciados con algún nivel de generalidad (Schuster, 1992, p. 19).

Todo lo expuesto en el análisis de resultados implica la existencia de una estructura coherente y elaborada de creencias acerca de la materialidad de estas entidades teóricas. En las respuestas se hace claro que en las concepciones de estos estudiantes figuran por igual elementos explicativos cuanto de interés en la naturaleza, creencias y sentimientos. Por una parte, la influencia de estas concepciones se muestra poderosa y de difícil cambio. Por otra, la autoridad e importancia que reviste es el modo como penetra en la arquitectura mental de los individuos con la precisión adecuada y la más estrecha vinculación con la visión de la sociedad. Estos aspectos se tratan en detalle en las siguientes secciones.

3.5. Hipótesis auxiliares

Los consensos actuales resaltan la variedad de métodos y enfoques – consecuencia de una diversidad en el pensamiento científico – y establecen en muchos casos el requisito de la comprobación empírica (Lederman, 1999; 2007). La química en general usa un método experimental para probar las ideas y, en particular, ciertas técnicas básicas como el control de variables. Sin embargo, el resultado de un solo experimento pocas veces es suficiente para establecer un nuevo conocimiento, esto es, no hay experimentos críticos aislados (Levinas y Carretero, 2010), sino que todos dependen de la aceptación de determinadas hipótesis auxiliares (en muchos casos implícitas).⁴²

En efecto, Levinas y Carretero (2010) discuten la importancia conceptual y práctica del hecho de considerar las hipótesis auxiliares en el estudio de la manera en que se generan, modifican o persisten las diversas visiones sobre la naturaleza de la ciencia y aspectos relacionados. En este sentido, la postura resulta relevante desde el punto de vista teórico (en especial en lo que refiere al cambio – o posibilidad de modificación – en las concepciones de los sujetos). Si bien los autores no proponen elementos metodológicos concretos que contribuyan a la construcción de posibles instrumentos de análisis, constituye un aporte que debe tomarse en consideración.

Aunque el eje es el estudio teórico de las posibilidades para el cambio conceptual, Levinas y Carretero (2010) refieren a una gran variedad de asuntos estrechamente conectados a la noción y naturaleza del cambio, o incluso a sus condiciones de posibilidad, ya por mecanismos “fríos” o “calientes” (Pintrich et al., 1993; Sinatra y Pintrich, 2003). Reconocen que las teorías sobre cambio conceptual han estado generalmente relacionadas con el análisis histórico y filosófico de la ciencia. Sin embargo, afirman que todavía existen muchos debates sobre cómo las ideas que vienen de la historia de la ciencia y sus implicaciones pueden aplicarse en este campo, cuya estructuración se presenta como compleja (Levinas y Carretero, 2010). Atendiendo a esta dificultad, el aporte del artículo se entiende como el uso de características representativas de la historia y filosofía de la ciencia para explicar el papel de los experimentos críticos y especialmente aquel rol que cabe esperar de las hipótesis implícitas no mencionadas pero necesarias para comprender, o aun para tornar válidas, determinadas afirmaciones (Hugo y Adúriz, 2003).

Ante todo, Levinas y Carretero (2010) parecen suscribir en este artículo una perspectiva historicista, o cuando menos post-positivista de la ciencia, dada la importancia que asumen (a menudo de forma explícita) en su argumentación autores como Kuhn o Lakatos. Esto implica una definición fundamentada, una forma de ver el mundo, pero no

⁴²Las hipótesis auxiliares implícitas son aquellos supuestos que se dan de hecho, no se enuncian, mientras que son explícitas si los autores las reconocen como tales y las explicitan.

excluye posibilidades alternativas que los autores no analizan, cuando menos en esta instancia. Como se ha discutido someramente a lo largo del trabajo, la compleja naturaleza y la diversidad de las prácticas científicas constituyen un escollo de cara a cualquier intento de sistematización. Y sólo es una confirmación fáctica el hecho de que todos, incluso los autores, pertenezcamos a una comunidad científica peculiar, con nuestros paradigmas sostenibles y nuestros lenguajes específicos. Pero esto, desde luego, no es directamente utilizable como argumento a favor de una perspectiva historicista ni mucho menos a favor de la imposibilidad de diálogo entre comunidades de lenguaje, tal como sostiene Sankey (2016).

Como una consecuencia más de la persistencia de las representaciones, los científicos, los estudiantes de química (Loureiro, 2011), los futuros enseñantes de química a nivel básico (este estudio), o incluso quienes se preparan para ser divulgadores científicos, no presentan (no presentamos) visiones canónicas ni coherentes al respecto. En cuanto a la validez, entre los consultados en este trabajo siguen predominando el recurso al método, la verificación o refutación, sobre otras alternativas que involucran un papel más activo de las comunidades. En definitiva, más que una trama compleja, las ideas sobre ciencia (y por tanto sobre los científicos) constituyen un mosaico al igual que lo son la ciencia y científicos como tales. Y en esta estructura fragmentada asimismo resulta bastante difícil pensar que el discurso de los estudiantes de la formación docente sea capaz de reflexionar sobre las hipótesis auxiliares implícitas de aquellas teorías que aceptan o en las cuales manifiestan creer.

En opinión del autor de la presente Tesis, esto conforma sólo un problema aparente para la ciencia que, como todo organismo o sistema complejo, surge y vive en procesos no lineales y caóticos de los cuales dependen su origen y evolución (con independencia de la predictibilidad), procesos no siempre relativos a convenciones ni siempre naturales.⁴³ Finalmente, en relación a la educación (y no sólo científica) esta complejidad se erige en una ocasión inmejorable para trascender los límites impuestos por viejas rutinas, sin perder consistencia, pero asegurando el desafío y la exploración intelectual de una gama más amplia de posibilidades. En este sentido, la actual formación docente parece no responder de manera consistente.

3.6. Experimentos cruciales

Los experimentos cruciales han sido objeto de discusión tanto en la epistemología como en la enseñanza de las ciencias. Lakatos (1989), en referencia al análisis de sus

⁴³En este sentido tampoco pueden desconocerse los aportes (en muchos casos revolucionarios) de pensadores enmarcados en lo que suele denominarse “paradigma de la complejidad”, como Einstein o el propio Prigogine, a la construcción de una teoría (Martínez et al., 2009; Fernández, 1990). Para Eder y Adúriz: “El surgimiento de la teoría del caos, en las ciencias naturales, parece acercar este campo de conocimiento a las ciencias sociales: se recupera la complejidad del mundo, objeto de estudio de la ciencia, y se plantea la necesidad de un nuevo abordaje con una metodología tendiente a lo Transdisciplinar”.

programas de investigación, afirma que tanto él como Popper sobre el final de su obra, no reconocen los experimentos cruciales como determinantes absolutos del cambio de teorías, distinguiéndose del falsacionismo ingenuo del primer Popper (de fuerte raíz empírico-positivista).⁴⁴

Si bien Hacking (1996; 2001) entiende que estos experimentos sirven como puntos de referencia, Lakatos (1989) afirma que establecer el predominio de un programa de investigación sobre otro es un proceso dilatado y arduo, de manera que no es prudente utilizar la expresión experimento crucial de manera ligera. Kuhn considera que los experimentos cruciales no tienen una significatividad privilegiada, salvo por su función de ejemplo en la etapa de adquisición de teorías. En el fondo, la posición de estos autores no configura una negación del valor de la experimentación en el desarrollo de la ciencia. Sin embargo, Lakatos (1989) acusa a Kuhn de hacer sus estudios considerando un contexto de descubrimiento donde se presentan aspectos extra-lógicos que inciden en la selección entre teorías. Lakatos (1989) afirma que los programas de investigación podrían ser muchas veces regresivos, mientras que Kuhn (1962, 2002) propone los modos acumulativo y revolucionario, y menciona que en ningún caso es posible que un experimento modifique una teoría.

Para Levinas y Carretero (2010) durante la reinterpretación de experimentos realizados en otro contexto a la luz de una teoría más moderna, con frecuencia se olvida considerar las hipótesis auxiliares implícitas. De este modo un experimento crucial no sería clave para cambiar teorías ni hipótesis, ni para determinar su validez. Existe otro conjunto de factores involucrados (contextos de justificación y descubrimiento, relaciones lógicas entre principios, hipótesis, contexto de descubrimiento y la misma naturaleza de los diversos procesos del pensamiento). De acuerdo con Kuhn (2002) un experimento aislado sólo modificaría alguna parte pequeña de la teoría y su estructura, de manera que encontrar una medida común con la anterior estructura resultará posible (Sankey) o imposible (Kuhn).

Acland (2012) afirma que este tipo de discusiones podrían trasladarse a la enseñanza empleando algunos experimentos cruciales como ejemplares. No obstante, desde nuestro análisis de la situación actual de la formación docente, resultaría ciertamente difícil distinguir entre posiciones empírico-positivistas que postulan, de una u otra forma, la validez de experimentos cruciales únicos, y aquellas posturas contextualistas kuhnianas u holistas o la simple sustitución histórica por razones de avance de la técnica. Por lo que los estudiantes manifiestan, de hecho, puede percibirse una compleja hibridación de estos elementos, posiblemente fruto de una yuxtaposición de los mismos a través del trayecto vital y académico de estos individuos.

⁴⁴En rigor, como simplificación, a través de esta tesis se ha empleado el término racionalismo crítico para referirse fundamentalmente al pensamiento de Popper en su primera etapa. A pesar de ello, esta corriente comprende al menos tres grandes momentos en la evolución del pensamiento de este autor.

4. Entidades teóricas de la ciencia

¿En qué sentidos las leyes, las teorías científicas, los modelos y otras entidades teóricas son diferentes tipos de conocimiento? ¿En qué sentidos están relacionadas? ¿Se relacionan los términos y entidades teóricas entre sí? Si cambia la teoría, ¿cambia toda la ciencia? ¿Qué alcance tienen los cambios?

Esta faceta de la investigación estuvo dirigida a diagnosticar las ideas que poseen los futuros docentes de química sobre teorías y modelos científicos y analizar los efectos de estas creencias sobre la concepción declarativa que manifiestan.

Actualmente se acepta que una hipótesis representa de manera especulativa una teoría o ley, o una predicción de los resultados experimentales (McComas, 1996). La ley expresa lo que se ha observado y permite predecir. Es así que una teoría es una entidad que no está completamente definida. Los *Benchmarks for Science Literacy* (AAAS, 1993) diferencian teorías y leyes como dos tipos distintos de conocimiento sustentados en evidencias, pero unas no evolucionan para transformarse en otras.

En este sentido, se debe destacar aquí que sólo unos pocos estudiantes en sus comentarios al respecto afirman que si bien hay descubrimientos, son descubrimientos de causas de fenómenos, y esas causas dan lugar a teorías elaboradas por los científicos que requieren de otras teorías y saberes para poder desarrollarse o inventarse. Las respuestas de una proporción menor en primer año son encuadrables como contextualistas, de modo que consideran que la imaginación es fuente de creatividad y eso lleva a que el científico pueda ser buen diseñador de métodos de trabajo y de sistemas de apreciación y ver variables desde enfoques diferentes al resto. Sin embargo, sobre este punto predomina la idea de que los científicos descubren cosas pero éstas siempre fueron así.

4.1. Representación y lenguajes

Para este aspecto los alumnos parecen más centrados en las teorías que en modelos. De las entrevistas se desprende que una ciencia es más un conjunto de teorías establecidas que un conjunto de modelos consensuados, pero muchas veces las respuestas no presentan coherencia interna.

Cuando los estudiantes de primero y de cuarto año manifiestan sus impresiones sobre la naturaleza de las entidades de la ciencia, la diferencia entre hechos y consecuencias, o abordan los procesos de inferencia y exploración, resulta clara en la mayoría de las respuestas la impronta metodológica establecida por el neopositivismo. Por otra parte, muchas veces no consiguen distinguir entre las diferentes entidades y adjudican un peso importante al proceso de observación, supuesto como sistemático y con garantía de objetividad, así como también afirman la verdad de los modelos científicos como

representaciones de la realidad en sí misma. En lo que se refiere a estos aspectos, entre los estudiantes existe diversidad de posturas, aunque en todos los casos se identifica una fusión de elementos realistas, fenomenalistas e instrumentalistas. Las referencias de los docentes a estas cuestiones no son claras, a pesar de que, como es natural, admiten manejar con frecuencia modelos y teorías.

4.2. El problema de la significación

Como se ha visto con anterioridad, el discurso de los estudiantes no establece un particular interés en distinguir verificación y refutación de otros modos de comprobación. Se acepta el conocimiento autorizado como válido y se confía en que el proceso seguido por los científicos ha sido el correcto.

En este estudio se visualiza que la comunicación entre disciplinas suele ser aceptada de manera acrítica, sin planteos acerca de la significación del lenguaje científico. El conocimiento científico se diferencia por parte de los alumnos en base a su objetividad y comprobación, en tanto que su producción se relaciona a la aplicación de un método o conjunto de métodos, reservándose los procesos de reproducción fundamentalmente a las tareas educativas. Predominan visiones que definen las características acumulativa y determinista de estos procesos y la modalidad de discurso categórico de clara influencia didáctica.

4.3. Objetividad y subjetividad de la ciencia y los científicos

Las nuevas corrientes afirman que la imaginación es una fuente de innovación y por lo tanto los científicos usan la imaginación para generar nuevos conocimientos. Los consensos actuales sobre naturaleza de la ciencia la presentan como un conocimiento de características intersubjetivas, donde la objetividad absoluta es imposible debido a la determinación e influencia que ejercen las teorías y leyes científicas aceptadas (Vázquez y Manassero, 2012). Estos elementos subjetivos guían las observaciones e inferencias, de manera que sugieren diversas interpretaciones⁴⁵. Incluso la formulación de preguntas, los tópicos de investigación y las interpretaciones de determinados datos, se filtran a través de una lente teórica constituida por una combinación de las ideas vigentes entre los científicos u otras de naturaleza más personal. Esta consideración de la carga teórica del conocimiento científico, reconoce el peso de los conocimientos previos como conductores del conocimiento posterior y se muestra incompatible con cierta forma de progreso, permanencia y consistencia.

⁴⁵Esta diversidad también remite al problema de la subjetividad planteado por Nagel (1961, 1974), es decir si existen hechos subjetivos acerca de cómo es una experiencia determinada, y si tales hechos solo pueden conocerse desde el punto de vista de quien la ha vivido, o si se puede demostrar que los hechos físicos no son todos los hechos, y ha sido analizada entre otros por Bertrand Russell, quien afirmó que la subjetividad no supone ningún problema para el materialismo.

Por otra parte, el conocimiento científico tiene una base empírica. Los científicos, con apertura, revisión por pares y triangulación de datos intentan mejorar las condiciones de objetividad de su trabajo. En este marco el conjunto de creencias, valores, intuición, imaginación, patrones socioculturales, normas formativas, entorno y creatividad son elementos de las actividades científicas (Pujalte, 2014) y la subjetividad (la que mucho más que la objetividad y racionalidad) se advierte en observaciones, interpretaciones y selección de teorías (Pujalte, 2014).

Desde esta perspectiva, puede afirmarse que en tanto que los estudiantes de primer año la desechan como recurso, aquellos de cuarto, si bien no consideran que la imaginación sea la principal fuente de innovación, están de acuerdo con que los científicos usan relativamente su imaginación en la investigación. Al mismo tiempo, les parece que la imaginación puede ser coherente con los principios lógicos de la ciencia y prefieren no emitir opinión en cuanto a que pueda ser un mecanismo arbitrario de los científicos.

El estereotipo modélico del científico permanece incambiado (Beardslee y O'Dowd, 1961; Bodzin y Gehringer, 2001; Brush, 1979; Carullo, 2002; Chambers, 1983; Cortassa, 2012; Fung, 2002; Mura, 1993). En relación a la consideración de aspectos como objetividad/subjetividad, muy pocos estudiantes se manifiestan mayoritariamente contextualistas. Las respuestas de los estudiantes sobre este tema no son claras, si bien están acordes con que diferentes creencias dan lugar a diferentes expectativas y observaciones, sin que este efecto distintivo se elimine como consecuencia de la formación.

En términos comparativos, el análisis de los datos muestra que si bien las posiciones contextualistas declarativas halladas al discutir sobre subjetividad/objetividad parecen bastante firmes, en relación a enseñar la subjetividad inherente a la producción del conocimiento científico, particularmente en lo que hace a la consideración de los factores personales y las influencias socioculturales, se termina adscribiendo a posturas más positivistas, que visualizan a la investigación ideal como completamente separada de las creencias personales e independiente de los valores sociales subjetivos, a los que se considera prejuicios de influencia negativa.

4.4. Teorías y cambio

Amador y Adúriz (2015b) presentan afirmaciones de alta carga teórica en relación a las teorías. En tanto que el positivismo lógico como concepción heredada supone una representación donde las teorías científicas “están conformadas por un conjunto de afirmaciones lógicas que pretenden, una vez interpretadas, decir algo del mundo”, para el racionalismo crítico de Popper son conjeturas que se aceptan en tanto no son refutadas, y para la nueva filosofía de la ciencia (en especial Lakatos) son entidades estructuralmente complejas formadas por principios generales ubicados en un núcleo y supuestos periféricos

(Amador y Adúriz, 2015a, p. 4). Las posturas post-kuhnyanas afirman que la teoría es un conjunto específico de elementos, usados para predecir y ofrecer explicaciones. Por su parte, para las visiones semánticas “las teorías se identifican metateóricamente como conjuntos de modelos” (Amador y Adúriz, 2015a, p. 6). Por esto, suele estudiarse la existencia y naturaleza de leyes y teorías genuinas⁴⁶ en química, así como sus diferencias con entidades de igual tipo en otras ciencias.

En relación a la naturaleza de las teorías la postura de los estudiantes es muy clara en el sentido de otorgar prevalencia al descubrimiento frente a la invención como origen de las mismas y son pocos quienes afirman de hecho que una teoría puede ser creada o elaborada por un científico a partir de datos empíricos verificables. El predominio positivista es notorio, reduciendo a una minoría las nociones contextualistas de invención y catalogándolas más bien como un proceso de interpretación de hechos experimentales, los cuales como se ha visto se consideran descubiertos por los científicos.

Amador y Adúriz (2015b) presentan asimismo afirmaciones de alta carga teórica en relación al cambio teórico, aplicables al estudio de la actividad científica en general. En tanto que el neopositivismo considera que “en una ciencia madura, una teoría nueva no sustituye sin más a la anterior, sino que conserva lo que hay de verdad en ella, perfeccionándola, enriqueciéndola o extendiéndola”, para Popper “entre dos teorías con diferente grado de corroboración [se debe] preferir la que tenga el grado más alto [suponiendo que] el grado de corroboración es un informe evaluativo del rendimiento pasado de una teoría, y no dice nada sobre su rendimiento futuro”, y para la nueva filosofía de la ciencia (en especial Kuhn) “la aceptación de un nuevo paradigma se logra, mediante técnicas de persuasión, argumentos o contraargumentos, en una situación en la que no puede haber pruebas” (Amador y Adúriz, 2015a, p. 6). Por su parte los post-kuhnyanos (en especial Laudan) afirman que “los científicos aceptan una teoría o tradición de investigación porque resuelve mucho mejor los problemas empíricos y conceptuales”, y para la epistemología semántica “hay modelos mejores que otros, pero eso no se puede especificar apelando exclusivamente al mundo [pues] nada en el mundo mismo fija los aspectos a representar, ni cuán buena es la representación [y] la especificación debe apelar necesariamente a intereses humanos, y no sólo epistémicos o científicos, sino también a intereses prácticos de diverso tipo” (Amador y Adúriz, 2015a, p. 6).

El cambio o evolución, en las entrevistas, están pautados por imágenes de incertidumbre, el potencial de la curiosidad y la exploración como motores primarios de la ciencia en la generación de hipótesis, lo cual conduce a cambios relativamente rápidos en ciertas situaciones, moderados y pautados por parámetros metodológicos de trabajo que garanticen resultados válidos. El papel de la formación, los principios, preconcepciones y

⁴⁶La “ley periódica” es un epitome de ley química que ha sido muy estudiado en los últimos tiempos, aunque no es la única.



Comisión Sectorial de Enseñanza
Área Social y Artística
Consejo de Formación en Educación



UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
URUGUAY



comisión sectorial
de enseñanza



Facultad
de Humanidades
y Ciencias de la Educación



Consejo de
Formación en
Educación

pensamientos personales en la diferenciación de la tarea y sus potenciales cambios está presente, pero resulta anecdótico frente a los acuerdos “objetivos” o en la comunidad. La intersubjetividad se menciona poco, de manera que predomina el recurso a la objetividad. En función de esta objetividad el rumbo y las decisiones de los científicos estarían motivados más por circunstancias personales. En el caso de motivaciones externas, estas serían consensuadas e inevitables, fruto del convencimiento de todos los actores involucrados. Esta interpretación que se hace, llevaría a pensar en una noción de cambio más vinculada con el racionalismo crítico y quizás con elementos marginales de la Nueva Filosofía de la Ciencia, que con una visión basada en modelos fruto de la exploración.

4.5. Modelos

El significado de modelo se ha visto analizado desde diferentes perspectivas, pero su acepción, en la que coinciden muchos autores, se corresponde a la idea de considerarlo como una representación de un objeto, idea, o acontecimiento diseñado con un objetivo o propósito específico (Gilbert et al., 2000; Gilbert et al., 1982). Así es como en la actualidad uno de los puntos de vista más defendido por la comunidad científica es el que el modelo es una representación de un objeto, acontecimiento, proceso o sistema, creado con un objetivo específico (Gilbert et al., 2000). El modelo sirve para representar el macro y micro universo así como los conceptos abstractos de forma tal que conecta lo observado con la explicación científica; generando en los estudiantes una representación mental del mundo que ayuda a simplificar y explicar los fenómenos complejos. La relevancia de este proceso se evidencia cuando se revisa la actividad científica vinculada a la utilización y construcción del conocimiento científico ya que diversos autores coinciden en señalar que dicho proceso es similar a la construcción de modelos y a la manera como los científicos razonan. El propósito de esta parte del estudio fue diagnosticar las ideas que tienen los estudiantes sobre modelos y analizar el cambio de dicho concepto después de finalizar el primer año.

En este estudio, se consideró importante el reconocimiento del proceso de construcción de modelos como parte de la incorporación de aspectos de la naturaleza de la ciencia en los futuros enseñantes, ya que la enseñanza de la ciencia no debe quedar relegada a las observaciones, teorías y principios que “explican” los fenómenos en el mundo natural sino que deben incluirse también grandes ideas sobre los procesos que llevan a éstos. No obstante, cabe resaltar que la mirada de los estudiantes está más centrada en teorías que en modelos, los cuales acuden al discurso sólo excepcionalmente o frente al requerimiento del investigador y en estos casos se presentan de manera confusa.

Sus ideas de modelo se pueden interpretar como realismo metafísico, ya que, como afirma Pujalte (2014) suponen una relación entre los datos y el modelo en cuestión y no entre el modelo y la realidad. Pueden mencionarse también en el sentido del realismo ingenuo el

ajuste a los datos y el papel asignado a las inferencias como elementos decisivos y a la vez dilucidantes, en el nivel de experimento crucial.

El análisis del diagnóstico producto de las reflexiones iniciales de los estudiantes de primer año acerca del concepto de modelo científico, gira en torno a constructos que hacen énfasis en su existencia concreta como representación que remodela o reproduce las características de la realidad, en su capacidad de explicar fenómenos del mundo y en menor medida como producto de la creación de la mente de los científicos. En la segunda etapa de entrevistas, al abordar esta temática en profundidad, se revela un peso todavía mayor de lo explicativo y, muchas veces, una certeza de materialidad de algunas entidades teóricas peculiares. Al analizar la generación de egreso, estas características se tornan más sensibles, aunque las formas de expresarlo se vuelven más refinadas. Los docentes, por su parte, si bien expresan de modo claro que los modelos son representaciones y no entidades materiales bajo ninguna hipótesis, no lo enfatizan particularmente.

Sin embargo, las ideas de los futuros docentes (analizando las poblaciones de primero y cuarto) sobre modelos, también se corresponden parcialmente con la visión aceptada por la comunidad científica, en cuanto a que incorporan en la segunda entrevista en profundidad la realización de la actividad, el consenso, la indagación, el error y la naturaleza cambiante de los mismos, según nuevas evidencias y aportes que responden a los propósitos para los cuales fueron diseñados. A menudo se afirma asimismo la posibilidad de resolver un problema a partir de la observación y construcción de modelos sucesivos, opinión esta última que es compartida por algunos docentes formadores.

4.6. Negociación social y comunidades científicas

En los consensos actuales se reconoce que la tarea científica no está libre de controversias y las valoraciones tienen diversa índole más allá de los datos que se dispone. Las diferencias pueden obedecer a múltiples causas, dentro de las que se destacan la posibilidad de negociación social, la revisión por pares, la definición de aceptabilidad del nuevo conocimiento por parte de la comunidad científica, elementos tales como el registro, la replicabilidad y la claridad/apertura en el reporte del nuevo conocimiento.

Todos los planes de formación docente analizados le adjudican importancia a la negociación social, así como también lo hacen los actores, tanto estudiantes como docentes, pero sus opiniones al respecto revisten diferencias. Por una parte, los documentos curriculares suelen valorar, de manera poco clara, la negociación social como ingrediente en la construcción del conocimiento científico-tecnológico y la definición de los temas a investigar. No consideran que su influencia afecte la naturaleza misma del conocimiento y desconsideran a menudo, omiten o no explotan convenientemente los aspectos éticos y morales relacionados con el trabajo de los científicos y las presiones que pueden sufrir. El

panorama es de relativo optimismo, como se mencionó antes, ocupándose con frecuencia de aspectos meramente económicos, con independencia de que el marco teórico asumido tienda a problematizar la relación ciencia-sociedad en términos de exclusión y competencia, reduciendo los debates de política educativa a una estrecha esfera técnica sin demasiada profundidad ni complejidad.

Los estudiantes dejan bien en claro finalmente que debe haber acuerdos sobre la base de parámetros a seguir, los cuales necesariamente se identifican en la mayoría de los casos como naturales. Por contraposición, para una minoría, el aspecto más importante no es la naturalidad sino que los acuerdos son de tenor bastante más arbitrario en función de diversas influencias externas.

En lo que refiere al reconocimiento de la negociación social, la visión de la naturaleza de los acuerdos y controversias en la comunidad científica y las relaciones CTSA, en la mayor parte de los casos sólo se reconocen a la negociación roles subordinados, y se piensa que opera fundamentalmente al momento de la discusión racional de resultados. Esto dificulta pensar la ética científica y evaluar las políticas de ciencia y tecnología en función de otros parámetros que no se encuadren de modo seguro en el paradigma positivista. En general se afirma la responsabilidad de la sociedad como prioritaria, en tanto que la responsabilidad de las ciencias se menciona colateralmente, siempre en un marco de optimismo.

4.7. Provisionalidad y validación

El conocimiento científico es duradero y aunque está sujeto a cambios, no se modifica fácilmente. Este cambio puede adoptar dos formas principales: evolutiva (Popper, 1975/1995), donde nuevas evidencias determinan el refinamiento del conocimiento anterior, o revolucionaria (Kuhn, 1971), donde se adscribe a una nueva visión del mundo que da una nueva perspectiva interpretativa de los datos.

Por su parte, la validación de los conocimientos científicos se refiere a cómo es aceptada una teoría por la comunidad científica. Aunque el mérito de una teoría se evalúa sobre la base de resultados empíricos, no pocas veces se evalúa también en función de su sencillez y de la autoridad que reviste la opinión de quienes la proponen. Además, el paradigma, como una forma particular de la práctica de la ciencia, como una visión del mundo particular, puede influir en el juicio de la comunidad científica para decidir entre teorías en competencia.

En cuanto surge de las concepciones sobre provisionalidad y, especialmente, validación y naturaleza de las observaciones, es evidente el carácter empírico-positivista de corte refutacionista en el marco, no obstante, de una gran hibridación en torno a este tópico. Para los estudiantes una mejor teoría es la más amplia y falsable, con gran soporte científico

a pesar de su provisionalidad, dada la creencia simultánea en la objetividad inherente del método que es en sí misma un valor que se tiende a preservar por sobre todo lo demás.

En general se afirma que una teoría siempre tiene que poder ser refutable, lo que no implica su reemplazo inmediato, pues podrían existir argumentos posteriores (de carácter racional y lógico-científico) en su defensa. La visión remanente de progresión acumulativa de la investigación sobre la naturaleza en la escala de la verdad, y esto permite un paulatino y gradual acercamiento a la verdad.

Para este aspecto es especialmente destacable que, coincidentemente con la opinión de los docentes consultados, todas las respuestas de los estudiantes de cuarto a las afirmaciones que aluden a la enseñanza de aspectos relacionados a la provisionalidad y naturaleza de las observaciones son contextualistas. En este caso particular, es de destacar las diferencias con lo que reflejan sus perfiles en otros aspectos, donde para la cuestión de provisionalidad se manifiestan predominantemente empírico-positivista. Resulta de sentido común plantearse que las observaciones de los estudiantes serán diversas, pero este no constituye un efecto deseado y es más bien considerado como un error de la estrategia didáctica aplicada. Por momentos combaten el inductivismo, la acumulación (incluso aquella de informaciones no refutadas de hecho), el papel del error y la posición de privilegio otorgada a la observación en la generación de conocimiento, lo cual los acerca más al racionalismo crítico.

Al momento de pensar en la enseñabilidad de un contenido epistemológico, en efecto, a menudo los estudiantes pueden tener manifestaciones “informadas” o escolarmente adaptadas que responden a conceptos que circulan en la comunidad de formación pedagógico-didáctica del profesorado, más que a visiones metacientíficas más recientes (Pujalte, 2014).

5. Contextos

Amador y Adúriz (2015b) presentan afirmaciones de alta carga teórica en relación al contexto, aplicables al estudio de la actividad científica en química. De acuerdo con los autores, para los neopositivistas “no es importante cómo se descubren las teorías, ya que esto obedece a circunstancias muy variadas y no está sometido a criterios lógicos [pero] en cambio, es importante evaluar los procedimientos mediante los cuales los científicos justifican las teorías que defienden, tarea en la que la lógica sí que tiene mucho que decir” (Amador y Adúriz, 2015b, p. 4), mientras que para Popper “lo esencial en la investigación científica son los hechos descubiertos, las teorías elaboradas, los métodos lógicos utilizados y la justificación empírica de las consecuencias y predicciones que se derivan de las teorías, no así la génesis de tales teorías” y para la nueva filosofía de la ciencia “el contexto de descubrimiento y el de justificación no son pasos consecutivos sino interactivos, por lo que no

es admisible pensar que la fase de la resolución de problemas científicos pertenezca al contexto de justificación estudiado e investigado desde la lógica y el resto al contexto de descubrimiento, abordado por la historia, la psicología o la sociología de la ciencia” (Amador y Adúriz, 2015b, p. 4). Los post-kuhnnianos (en especial Laudan) afirman por su parte que “la actividad científica se da en dos contextos distintos: el de aceptación y el de prosecución, [siendo que] en el primero (aceptación), se acepta o se rechaza una tradición de investigación; se aceptan las tradiciones de investigación más adecuadas, aquellas que han resuelto más problemas importantes que sus rivales [y] en el segundo contexto (prosecución), se tienen en cuenta racionalmente, para la continuación y la exploración de las tradiciones de investigación, aquellas que tengan una tasa de progreso mayor que sus rivales” (Amador y Adúriz, 2015b, p. 4). Para las visiones semánticas se distinguen cuatro contextos: educación (enseñanza y difusión de la actividad científica), innovación (invenciones y novedades de dicha actividad), valoración (avance y mejora) y aplicación (respecto de los cambios en las producciones y artefactos que tienen el propósito de transformar el medio en el que se actúa).

Los estudiantes de primer año, durante la etapa inicial, no suelen diferenciar en sus respuestas los contextos de descubrimiento y justificación – como sí lo harán más tarde – y aunque reconocen algún rol a la creatividad e invención en ciencia, el mismo está limitado por los conceptos de su objetividad y unidad metodológica. Los procesos que involucran la experimentación, en general de naturaleza inductiva, son los más valorados, tanto en lo referente a producción como a transmisión de conocimientos. En relación a los resultados, se ha mostrado que el método científico continúa teniendo una fuerte presencia como criterio de definición de lo científico en los documentos curriculares, en particular aquellos elementos relacionados con los procesos de observación y experimentación. Si bien existen otros elementos progresistas como el énfasis en el establecimiento de relaciones con el contexto original, nunca se refiere explícitamente a contextos de descubrimiento y justificación, excepto en el caso de los cursos de Epistemología. La asimilación de descubrimiento a nuevo conocimiento producido supone un escollo para la profundización de estas nociones pues tiende a identificarse el conocimiento de la naturaleza como independiente del contexto y asimismo con fines explicativos que no hacen necesaria su reelaboración.

En resumen, la mayor parte de las respuestas en primer año se sitúan en posturas cercanas al positivismo y manifiestan concepciones “definitivas” derivadas del realismo metafísico, al menos en lo referente a la reflexión epistemológica. La presencia de elementos propios del subjetivismo de contexto laudaniano o subjetivismo personal resulta puramente anecdótica en relación al resultado final. El énfasis otorgado en estas respuestas a la difusión y la enseñanza, puede deberse a un efecto formativo.

En tanto para los estudiantes la verdad científica surge fundamentalmente de procesos inductivos y experimentales, consideran asimismo que una teoría científica se

descubre, según se mencionó. Es frecuente el recurso a la interpretación de “hechos” experimentales que se “descubren”. Por cuanto las leyes, hipótesis y teorías tendrían un valor descriptivo y su desarrollo responde a procesos lineales, con escasos matices, dados fundamentalmente por la mención del papel regulador “racional” de la comunidad científica.

6. Concepción de la práctica, enseñanza de la química y epistemología

Este apartado reviste especial interés en relación con los propósitos de esta tesis en tanto que intenta dar cuenta de los debates en torno a la coherencia de concepciones teóricas y concepciones de la práctica de los estudiantes.

Como se ha referido, los antecedentes que promueven la interdisciplinariedad entre metaciencias (historia, filosofía, sociología y psicología de la ciencia) y enseñanza de las ciencias en Uruguay provienen del trabajo de Loureiro (2011) donde se encontraron diferencias entre los estudiantes que estaban en etapas avanzadas y los que recién ingresaban a la Universidad. Por su parte, los docentes que participaron en la investigación manifestaron en su discurso concepciones contemporáneas que no fueron observadas en sus prácticas de enseñanza. En relación con las clases, Loureiro (2011) expresa que se pudo observar que en las clases teóricas, independientemente de la altura de la carrera donde se imparte el curso, el planteo metodológico predominante es el expositivo. Los estudiantes asumen un rol pasivo de mera recepción de las tareas impuestas por el profesor. Los aspectos señalados por esta autora también tienen relación con la formación de profesores de enseñanza secundaria, pues los estudiantes transitaban por dicho nivel de educación.

Por otra parte, en la formación docente en química de Uruguay los estudiantes acceden a reflexiones epistemológicas, de forma organizada, en los cursos de Didáctica (especialmente en primero y cuarto año), con un sesgo particular que no es específicamente epistemológico. En lo que refiere a la Epistemología propiamente dicha (dictada en segundo o tercer año), es una asignatura que generalmente está a cargo de docentes con formación filosófica, pero que no han estado en contacto directo con la enseñanza y aprendizaje del contenido específico, es decir, la disciplina química. Como ocurriera en la elaboración del Plan 2008, la introducción de la historia y filosofía de las ciencias no fue objeto de discusión particular ni generó tensiones genuinas, por lo cual sus contenidos y programa no fueron modificados o actualizados, dejando a criterio del docente los énfasis a imprimir. Estos aspectos están en línea con las críticas establecidas en Duschl (1985; 2008) y Zeichner (2010), quienes postulan diferentes estrategias para la integración y articulación de epistemología, contenido específico y formación didáctica.

En general los alumnos adjudican una importancia equivalente a la formación en el área Didáctica y en el área Química, a pesar de que en el interior la importancia de la Química en sí se incrementa y en la generación de egreso se opta por una en detrimento de

la otra. En relación a la formación en Epistemología, casi nadie la menciona a texto expreso y no parece estar entre las áreas prioritarias, incluso en el caso de aquellos estudiantes que ya han tenido algún contacto con ella. Su presencia en el discurso de los docentes es dispar: para algunos es un área a considerar, mientras que otros muchos piensan que no tiene gran relevancia en términos prácticos.

Adúriz (2007) enfatiza que la alfabetización metacientífica de los profesores no puede llevarse adelante en base a la discusión de todos los tópicos, sino que se deben seleccionar aquellos que transpuestos provoquen reflexiones profundas en torno tanto a las ciencias cuanto a su enseñanza.

A pesar de que Lederman es categórico a través de toda su extensa literatura al afirmar que no existe correlato necesario entre las concepciones sobre la naturaleza de la ciencia del profesorado y el modo como se desenvuelven las clases, otros autores vinculan la imagen de ciencia y las prácticas de aula (Hashweh, 1996; Caetano y Neto, 2005; Tsai, 2007; Garritz, 2014; Padilla y Garritz, 2014; Xenofontos, 2018). Ciertos autores enfatizan el hecho de que la relación entre concepción y práctica es compleja (Beswick, 2005; Raymond, 1997; Skott, 2013; Thompson, 1984; 1992). Con todo, la bibliografía internacional insiste en que median otro tipo de factores contextuales (para Pujalte experiencia docente, presión por cumplir el programa, factores institucionales, falta de recursos) que vuelven insuficiente una comprensión de la naturaleza de la ciencia, incluso profunda, a la hora de su traslado exitoso a los estudiantes (Hodson, 1993; 1998; Barnett y Hodson, 2001; Abd-El-Khalik, 2005). Por supuesto que esto no exime el rol de las creencias personales e ideologías sobre el aprendizaje, la enseñanza, la ciencia, o la disciplina química particular.

El conocimiento epistemológico explícito o el conocimiento tácito parecen guiar las acciones en diversas situaciones. Hay alguna evidencia de que en los estudiantes (y también en los profesores) las declaraciones explícitas sobre la epistemología pueden no ser buenos predictores de sus acciones en situaciones que requieren el uso del conocimiento epistemológico (tácito). También se tiene evidencia que sugiere que los individuos pueden hacer afirmaciones ingenuas sobre la epistemología, pero que sin embargo pueden ser capaces de realizar tareas con una dimensión epistemológica tácita bastante sofisticada. Aun así, las personas desarrollan conocimientos epistemológicos débiles y poco justificables como resultado del estudio del contenido científico y no obstante vivir en un mundo donde la ciencia y la tecnología son prominentes. Esto es constatable incluso en situaciones donde no existe ningún intento formal de enseñar sobre epistemología en la educación científica (Leach, 2006). Por otra parte, sólo aquellos estudiantes con visiones epistemológicas altamente sofisticadas y más profundas son capaces de acceder al beneficio formativo de los ambientes de simulación y exploración (Lin et al., 2016).

El argumento de Leach es debatible a la luz de lo expuesto por Pozo (1999; 2007; 2009) en el sentido de que las teorías personales verifican más que refutar, aunque en la perspectiva de Kuhn o Lakatos la labor científica en sí resiste la refutación. Una paradoja es que, de partida, los individuos parecen ser implícitamente empiristas, aunque en principio, lo implícito corresponde en mayor medida al racionalismo. En este marco, la falsación no reduce la utilidad de la teoría implícita de aplicación eficaz, aunque puede rechazar (Popper), debilitar (Kuhn) o instalar la necesidad de protección (Lakatos) respecto a una teoría científica. La contradicción empírica no suele tener grandes consecuencias sobre las representaciones implícitas. Si bien, como se dijo, las concepciones de los profesores acerca de la naturaleza de la ciencia no se trasladan automática y necesariamente a la práctica de aula (Lederman, 2006). La afirmación de este autor matiza la idea de la existencia de una relación directa entre concepciones epistemológicas y desempeño en el aula, sostenida por otros.

Sin embargo, Adúriz e Izquierdo (2002; 2009) y Adúriz (2005ab) proponen trabajar sobre “campos teóricos estructurantes de la epistemología”, áreas temáticas más o menos extensas, irreductibles y características que agrupan cuestiones metateóricas clásicas que remiten a reflexiones genéricas sobre la naturaleza profunda de las ciencias naturales. Los mismos se resumen como: correspondencia y racionalidad, evolución y juicio, estructura y demarcación, contextos y valores, intervención y metodologías, normatividad y recursión. Por su parte, Acevedo et al. (2016), siguiendo a Vázquez y Manassero (2013), se centran también en la selección de casos históricos que permitirían aprender de forma más sencilla la naturaleza de la ciencia, a menudo confrontando las visiones personales ingenuas.

Las cuestiones, no enmarcadas en una postura epistémica particular, dan lugar a la postulación de respuestas con implicaciones directas en la enseñanza de las ciencias naturales, las cuales sí provienen de diversos modelos epistemológicos (Adúriz, 2005a, 2007). A estas respuestas se las denomina “ideas epistemológicas clave”, afirmaciones sencillas sobre aspectos relevantes de la imagen de ciencia, enseñables a los profesores desde la selección y la toma de posición en función de paradigmas: realismo pragmático, evolucionismo, estructuralismo, falsacionismo sofisticado, objetivismo, etc. (Adúriz, 2005a). Se presupone que el profesorado debería saber la misma naturaleza de la ciencia que los estudiantes de secundaria. Si la comprensión de la filosofía de la ciencia del profesor no es congruente con las actuales interpretaciones de la naturaleza de la ciencia, los resultados de la instrucción no serán representativos de dicha ciencia.

En el presente estudio, los comentarios respecto a la selección de las teorías a enseñar generalmente concuerdan y muestran que los estudiantes tratarían de utilizar las teorías más aceptadas o las apoyadas en mayores evidencias.



La población de estudiantes, evaluada de manera temprana, suele asociar la complejidad de los procesos de enseñanza y de aprendizaje fundamentalmente a las condiciones psicológicas de las poblaciones de alumnos (nivel secundario), con relativa independencia del contenido y el contexto. El *currículum* se asocia exclusivamente a los programas, en tanto que la reflexión en torno a las prácticas suele ser de carácter instrumental. Luego de un año de escolarización, se advierte que si bien los propósitos de sus concepciones prácticas continúan siendo variados, las estrategias a las que recurrirían muestran una gran uniformidad. Vale decir, se uniformizan estrategias pero no se modifican las maneras de pensar ni las vocaciones de acción que ellas determinan.

Respecto a los datos disponibles en la región, los resultados de Guntzel et al. (2015) muestran que los graduados y estudiantes de química brasileños apuntan a los siguientes argumentos para justificar el aprendizaje: sus propios alumnos emplean los nuevos conocimientos en las discusiones, relacionan los conocimientos con el contexto, expresan el conocimiento en lenguaje químico apropiado, explican el contenido a otros colegas, resuelven situaciones y responden adecuadamente a las preguntas; y muestran interés y satisfacción en aprender.

En relación a la enseñanza de las ciencias y las finalidades de la educación científica para estudiantes de contextos socioeconómicamente desfavorecidos, como se ha mostrado, en las entrevistas a docentes y estudiantes de ambos niveles, sobre todo aquellos provenientes de estratos sociales más altos, también existen fuertes indicios de una imagen asistencialista (contracara del elitismo) de la ciencia. De hecho, la desidentificación que los estudiantes asocian con ese tipo de ciencia que subyace en sus caracterizaciones pasa en la mayoría de los casos por no considerarse aptos para comprender y disfrutar la ciencia que se les enseña (Pujalte, 2014) y a veces por un manejo del lenguaje que no responde a los códigos que comprenden (Bernstein, 1989). En relación a las afirmaciones que aluden a la enseñanza de las ciencias destinada a estudiantes de contextos socioeconómicamente desfavorecidos pocos estudiantes de cuarto año responden de manera inclusiva. Puede afirmarse pues que algunas miradas acerca de las ciencias que sustentan los profesores se relacionan con una suerte de discriminación de la calidad de la ciencia a enseñar en función del origen y contexto socioeconómico de los estudiantes, resaltando la visión de una ciencia como labor para inteligentes. En este sentido, parece suponerse que determinados diseños curriculares son demasiado ambiciosos para determinados estratos socioeconómicos que no son capaces de asimilarlos, entenderlos o, incluso, valorarlos, pues se encontrarían en condiciones más primitivas, es decir, necesitarían que se les enseñaran contenidos más elementales, incluso comportamientos elementales, reduciendo la función docente a la de mero civilizador, función matizada sólo en ocasiones por situaciones de excepción referidas al libre interés por aprender en el espacio del aula.



Quienes se apartan de las posturas asistencialistas y refieren a visiones más inclusivas manifiestan que la oferta educativa debe ser igual para todos los contextos y todas las orientaciones, y adecuarse metodológicamente para suplir limitaciones y uniformizar logros, en el sentido de considerar a la cultura científica una necesidad con independencia de la especialización. Al mismo tiempo, esto sugiere una imagen de ciencia empobrecida para desempeñarse en el mundo del trabajo y en la vida cotidiana en función de las características de esos estudiantes, en tanto no tendría sentido alfabetizarlos científicamente. Claramente se vuelcan por la opción de darles otras herramientas, formación de “menor rango” en oficios en función de las oportunidades que se les presentarán. Y afirman que debe existir un interés previo por la ciencia como prerequisite. Como hay estudiantes que directamente no lo tienen, no están inclinados naturalmente a la ciencia. Más todavía, frente a la postura declarativa de algunos de los estudiantes frente a la enseñanza de las ciencias y las finalidades de la educación científica que podrían considerarse como de perspectiva inclusiva, la profundización lograda en la entrevista hace surgir aspectos de carácter asistencialista que antes estaban ocultos.

7. Los docentes

Las evidencias del análisis de documentos mencionan algunos elementos de los enunciados de maneras que no son claras. Por ejemplo que se requiere progresar en la formación inicial y permanente de los profesores y adaptar los documentos curriculares a esa formación, a la discusión de temas polémicos relacionados con los avances científico-tecnológicos, a la pertinencia del enfoque de temas considerando su trasfondo epistémico e histórico. Además refieren a considerar la influencia recíproca entre los avances científico-tecnológicos y los cambios socio-ambientales enfatizando los impactos de la sociedad y del medio ambiente en los avances y una diversidad de contenidos CTSA y sobre la naturaleza del conocimiento científico-tecnológico. Se presentaría el conocimiento de una forma no dogmática, así como se diseñarían actividades de naturaleza diversa y sugerirían estrategias de enseñanza que tanto propongan la utilización y manipulación de diferentes recursos dentro y fuera del aula como la realización de actividades prácticas, experimentales, de laboratorio, salidas de campo, etc., para la exploración de las relaciones CTSA. En lo que concierne a la dimensión conocimientos (qué ciencia enseñar), los documentos de los dos Planes presentan algunas referencias que, aunque pocas, son claras y explícitas. Además se fomenta el desarrollo de los principios y normas de conducta responsables y conscientes, individuales y colectivas.

En el Plan 2005, además, es posible que muchos profesores se hagan cargo de más estudiantes de los que deberían y se vean en la necesidad de planificar clases para varios cursos, porque son profesores generalistas que deben trabajar todas las áreas durante un

mismo período escolar. Por otra parte, el Estado espera los mismos resultados de todos los profesores y estudiantes cuando no todos están igualmente preparados para afrontar los retos. Los resultados anteriores generan inquietudes con respecto a las nociones de equidad que se encuentran implícitas en estos documentos. Como lo han manifestado Van den Berg y Schulze (2014), para el caso de los procesos de reforma en el sistema educativo sudafricano, así como Rahim et al. (2012) y Lim et al. (2019) para el caso de Singapur, se aprecia una brecha entre las intenciones de los diseñadores de los documentos curriculares y los encargados de las políticas educativas, por un lado, y los profesores e instituciones que deben implementarlos, por el otro. Esto lleva a una disrupción en la secuencia natural del proceso, e impacta usualmente en el eslabón más débil – los estudiantes – bajo formas no del todo predecibles, algunas veces exacerbando el recurso a la autoridad de los programas o de los docentes, o, en otros casos, instalando un panorama de confusión.

Sólo algunos profesores e instituciones estarán en capacidad de abordar la complejidad y algunas incoherencias de estos documentos, interpretar adecuadamente su contenido e implementarlo en las prácticas curriculares institucionales y de aula, de tal forma que, al final, se obtengan resultados positivos en el aprendizaje de los estudiantes. Con base en lo que ya se conoce sobre la comprensión y uso del documento de las competencias en el Plan 2020, se puede conjeturar que estos profesores e instituciones serán una minoría también bajo las condiciones establecidas por este nuevo diseño curricular. Para los demás, la situación es compleja: tendrán que interpretar e implementar los documentos sin comprenderlos en profundidad. Para ello, el profesor debería primero analizar cada uno de los documentos.

En ese sentido, los documentos curriculares exigen a un profesor contar con algunas herramientas conceptuales, capacidades y competencias que le permitan estructurar y diseñar las actividades de clase que tendrá que desarrollar a lo largo del año y, además, diseñar las evaluaciones que le permitan constatar si sus estudiantes desarrollaron los conocimientos trabajados en ese mismo periodo. Las prácticas curriculares de los profesores dependen de muchos factores y es común que sus planes de aula atiendan, aunque con diferente nivel de detalle, las expectativas de aprendizaje determinadas en los planes de área de sus instituciones, perspectiva especialmente contemplada en el Plan 2005. Sin embargo, en base a los resultados, se aprecia sólo una vaga fundamentación epistemológica de las prácticas en aproximadamente 75% de aquellos docentes formadores consultados en la especialidad de química.

8. Influencias de la formación previa, la edad y la experiencia docente

Al abordar temas específicos de naturaleza de la ciencia, en términos de, por ejemplo, definición y demarcación del objeto ciencia, los estudiantes en general presentan



posiciones confusas. Es significativo que ninguno de los consultados refiera a la ciencia escolar en su discurso, lo cual podría relacionarse, en este punto, con una baja penetración de la formación sugerida en los planes y desarrollada por los docentes.

La apertura a la enseñanza de métodos diversos parece relacionarse con adquisiciones de otros trayectos formativos y sólo consolidarse con la experiencia docente. Las edades donde se registra un mayor número de respuestas en positivo para este asunto son intermedias, en tanto que los extremos se manifiestan más positivistas al respecto. La formación y experiencia docentes también contribuyen a visiones más progresistas en torno a la generación de nuevo conocimiento.

El reconocimiento de la carga teórica y de la naturaleza convencional, inventada y auxiliar de los modelos es mayor entre los individuos con otras formaciones previas no docentes, aunque la experiencia docente mejora la calidad de estas percepciones. El reconocimiento de lo tentativo y provisional de las teorías es asimismo mayor en estudiantes en este segmento. Por otro lado, resulta general la poca diferenciación entre entidades teóricas y la visión del progreso científico por el mecanismo de acumulación. La creencia en la materialidad de las entidades teóricas es un fenómeno difundido en todas las categorías de edad, formación previa y experiencia docente, con escasos matices. El recurso al mecanismo de refutación se da principalmente entre alumnos con experiencia docente. El papel de la creatividad es más reconocido por los más jóvenes y la experiencia docente así como otras formaciones terciarias moderan este reconocimiento.

Los estudiantes con experiencia docente admiten de forma más natural el cambio teórico, en especial si son jóvenes. Aquellos con otra formación previa no docente admiten en mayor medida la subjetividad inherente a la tarea científica, alejándose de posturas que consideran a la objetividad de la ciencia en términos absolutos. Si bien la formación docente como tal parece contribuir a consolidar la visión de que existen múltiples factores personales y sociales que influyen la actividad científica, este efecto se diluye con la práctica de la profesión. La situación general es que no se distinguen con claridad los nexos, características y diferencias entre enseñanza y educación, en los términos que se han definido aquí. La confusión al respecto aumenta con la edad de los individuos.

A partir de lo reportado en la literatura se sabe que el cariz positivista de las declaraciones sobre ciencia, cuando en efecto se modifica, suele atenuarse con la edad (Abd-El-Khalik, 2001; 2005; Cacioppo et al., 1996), existiendo en muchos casos un perfil consolidado de creencias personales, de arraigo afectivo, especialmente diferenciado y estable (Hofer y Pintrich, 2002), constituyendo para Leach (2006) una de las bases del conocimiento epistemológico individual. En este caso, el hallazgo de posturas empírico-positivistas en los dos extremos del rango de edad considerado, es compatible con la evolución marcada en la bibliografía, con la particular excepción de las personas de mayor



edad, quienes fueron formadas en momentos en los que la impronta del positivismo y conductismo era poderosa. El hecho de que otras formaciones previas no docentes moderen el perfil positivista de muchas declaraciones hace pensar que, a diferencia de lo encontrado por Pujalte (2014) en el caso de su estudio sobre docentes argentinos, la formación docente en química en Uruguay no ha conseguido establecer condiciones para la integración efectiva de las nuevas ideas epistemológicas en los estudiantes. La experiencia docente tiene un efecto dual, aumentando el contextualismo de determinadas posiciones (por ejemplo referidas a la generación de nuevo conocimiento, o la apertura a enseñar diversidad de métodos), pero alimentando posturas de realismo ingenuo o abductivo frente a las entidades teóricas y el método de la ciencia en sí misma, donde resalta el aumento del descrédito de la creatividad como tal en el proceso de indagación.

9. Influencia del grado de inmersión en la formación docente

A medida que se avanza en la carrera, se advierte una consolidación de determinadas ideas-fuerza de naturaleza técnica, pero sin correlato en la modificación de nociones conceptuales que acompañen y alineen con las nuevas adquisiciones. Esto lleva a algunos fenómenos paradójicos como la aparente inversión de la visión sobre educación (originalmente orientada por valores y luego por fines) y la profundización de la consideración de la enseñanza como un aspecto meramente técnico que no ofrece grandes posibilidades de mejora o variación.⁴⁷ Finalizado el primer año no se advierte que exista un cambio de posicionamiento respecto al papel esencial que se adjudica a la negociación social, la comunidad científica, el cambio teórico, la influencia de los medios de comunicación, o la imparcialidad y objetividad de la ciencia, si bien las opiniones en cuarto año suelen alinearse mejor con el racionalismo crítico que aquellas de los alumnos ingresantes. En la mayoría absoluta de respuestas de ambas etapas puede apreciarse un fuerte peso del componente explicativo, el valor de verdad, la parsimonia y la correspondencia de una forma u otra, si bien moderado en cierta medida por una visión acorde de la provisionalidad del conocimiento, que se mantiene en iguales términos al finalizar el primer año. No obstante, el ideal de progreso o avance sostenido continúa influyendo fuertemente en el discurso de los estudiantes.

Si bien las posiciones que se corresponden con realismo de la entidad se moderan conforme avanza la carrera, continúan predominando. Se advierte una disrupción entre la consideración de la naturaleza inventada de los modelos y la materialidad de ciertas entidades teóricas. En cuanto al cambio teórico, excepto cuando se mencionan las diversas perspectivas posibles sin enfatizar aspectos como la objetividad y la neutralidad valorativa, sus posturas pueden relacionarse con posiciones empiristas y positivistas de carácter híbrido.

⁴⁷Se debe recordar aquí que esta tesis se refiere a la enseñanza en tanto que práctica, y en el caso de la educación a una construcción ideológica. Sin embargo, ambas esferas no son necesariamente independientes, dado que toda práctica deriva de concepciones, y toda construcción ideológica se alimenta de la práctica.

Coincidentemente, manifiestan posturas dominadas por procesos de corrección frente a los de reinterpretación de teorías, situación que se modera entre los estudiantes de cuarto, aunque se advierte todavía la referencia al “descubrimiento de una teoría”.

Como se ha mencionado, si bien la caracterización del conocimiento químico en el aula no cambia demasiado, las aproximaciones didácticas para exponerlo a los alumnos sufren diversos procesos de reorganización que las uniformizan. Finalmente, la inmersión en la carrera parece reforzar la noción de carga teórica de las observaciones, la cual estaba prácticamente ausente en el discurso de los estudiantes consultados al ingreso. Como contraparte, la mayoría afirmará que la observación objetiva es un proceso que se alcanza mediante entrenamiento y por tanto es importante su enseñanza.

Teniendo en cuenta que buena parte de los estudiantes de primero y la mayoría de los de cuarto en realidad son un mosaico en lo que refiere a sus trayectorias, ya que cuentan con otras formaciones (universitarias o técnicas) previas o simultáneas, y a la luz de las diferencias encontradas respecto al trabajo de Loureiro (2011), podría afirmarse que existe un perfil propio en los estudiantes que cuentan con ambos tipos de formación, que los diferencia de aquellos que poseen sólo una. Y en consecuencia, aunque las influencias de otros trayectos y de la historia personal son innegables, existe también una característica propia de la formación docente que puede advertirse en el mantenimiento y la consolidación, ya por acción u omisión, de determinados tipos de reflexiones epistemológicas. Es de resaltar que a nivel internacional, los pocos estudios comparativos sobre las creencias de estudiantes de ciencias y estudiantes de profesorado que cursan exclusivamente estas carreras, señalan el privilegio de lo filosófico o lo pedagógico, respectivamente (p. ej. el trabajo de Pekdag, 2014, en relación al área de formación en química).

10. Consideraciones finales

Las visiones deformadas de la ciencia que son transmitidas muchas veces por la enseñanza (Fernández et al., 2002), constituyen un gran obstáculo en la renovación científica. Chen (2006b) define a las siguientes adscripciones como concepciones ingenuas de la naturaleza de la ciencia: el método científico universal, la mayor certeza de las leyes sobre las teorías, la ausencia de imaginación y las influencias personales o socioculturales en la investigación, la independencia entre observación y teoría. Adicionalmente, en este trabajo se consideraron los siguientes como marcos teóricos generales diferenciados (y sus referentes principales): a- Neopositivismo (Círculo de Viena); b- Refutacionismo (Popper); c- Programas de investigación (Lakatos); d- Relativismo moderado (Kuhn); e- Relativismo radical (Feyerabend); f- Evolucionismo (Toulmin); g- Tradiciones de investigación (Laudan); h- Epistemología genética (Piaget); i- Complejidad (Prigogine); j- Escuela crítica (de acuerdo al Habermas de 1967/1988); k- Neorrealismo (Sankey); l- Neoesencialismo (Putnam).

Es de destacar que si bien la mayor parte de las corrientes didácticas adoptan como referencia epistemológica la nueva filosofía de la ciencia (de ahí que se consideren algunas posturas como ingenuas desde esta perspectiva), el autor del presente trabajo no toma posición en detrimento de ninguna concepción epistémica. Por otra parte, a nivel de la epistemología en sí, las últimas décadas han sido prolíficas en reflexiones, algunas de las cuales pueden incluso relacionarse con visiones que se creyeron superadas.⁴⁸ Sankey (2016) opina, por dar solamente un ejemplo, que el realismo científico no requiere de un observador superior, salvando la objeción de incoherencia planteada por Putnam (2013) y los neoesencialistas.⁴⁹ Dicho autor discute también ciertas objeciones al realismo científico, mostrando su consistencia con al menos un número limitado de teorías, la naturaleza de la verdad y la correspondencia. Afirma que “el término verdadero ocurre [para la ciencia] como un término que es neutral entre las diversas teorías de la verdad” (Sankey, 2016, p. 49-50). Otras perspectivas epistemológicas parten explícitamente “desde la ciencia”, entre ellas la de Prigogine. Las dificultades para esto son claras, aunque muchas de ellas, como la necesidad de mantener distancia del objeto de estudio, podrían serlo sólo en términos positivistas (Correa, 2009). Siendo que la discusión no está cerrada, lo único que puede hacerse por parte de este trabajo es considerar las diversas perspectivas sin pronunciarse sobre el fondo de la cuestión.

En este estudio, por una parte, se confirma que los rasgos que caracterizan a la llamada “naturaleza de la ciencia y la tecnología”, como se ha expuesto, se manifiestan de manera compleja, multifactorial, evolutiva y cambiante (Vázquez et al., 2001; Acevedo et al., 2007; Vázquez et al., 2007). Es así que aspectos tales como la naturaleza de la ciencia y la tecnología (con sus similitudes, vínculos y diferencias), su funcionamiento interno y externo, sus valores, las características de la comunidad científica, así como las relaciones CTSA y el aporte de las ciencias a la cultura y al avance de la sociedad, generan respuestas heterogéneas. Sin embargo, no existe tanta controversia de fondo respecto del método (o el conjunto de métodos) que pueden estar comprendidos bajo la denominación de científicos y que se emplean tanto para construir, desarrollar, validar y difundir el conocimiento producido. De este modo, los procesos de indagación no sólo son un contenido importante en el estudio conceptual de la actividad científica, sino también en las prácticas de la educación científica en cualquier nivel, incluida la formación de docentes (Gorghiu et al., 2015), impidiendo o

⁴⁸ La literatura en relación a concepciones epistemológicas es más frecuente en estudiantes preuniversitarios. Tampoco sorprende que muchos estudios en el campo de la formación docente se hayan diseñado para ayudar a los participantes a “mejorar” sus creencias epistemológicas. (entre los más recientes de diversos campos, los trabajos de Acevedo, Vázquez, Manassero y colaboradores; San Martí, Gil, Izquierdo, Adúriz y colaboradores; Charalambous et al., 2009; Schommer-Aikins et al., 2003; 2005; 2015; Viholainen et al., 2014; Zakaria y Musiran, 2010; Handal y Herrington, 2003; Lerman, 1990; Ernest, 1989) y que existan pocos reportes comparativos (Andrew, 2007; Felbrich et al., 2012; Xenofontos, 2014; Kardanova et al., 2014; Duarte, 2015; Siso-Pavón et al., 2019).

⁴⁹ Los neoesencialistas argumentan que no existe incompatibilidad entre el esencialismo y la selección natural, al considerar menos determinantes los rasgos de un organismo, que la esencia de una especie. Esta doctrina se emparenta directamente con el pensamiento de Aristóteles (Putnam, 2013).

dificultando la aplicación real de otros enfoques metodológicos que se propugnan desde ciertas vertientes en las Ciencias de la Educación (descubrimiento autónomo o dirigido, prácticas de laboratorio guionadas y prescriptivas, enseñanza por proyectos o en base a problemas, etc.).

En el origen de este problema se suele encontrar el mito de que la indagación científica es el punto crucial que define la naturaleza de la ciencia, en tanto que uso de procedimientos, destrezas y capacidades básicas de “saber hacer” ciencias relacionada con la aplicación de metodologías (observar, medir, diseñar, comunicar, interpretar, inferir, etc.). De esta forma no se reconoce la validez de los aportes de análisis meta-teóricos que constituyen la fuente principal de la reflexión y el conocimiento experto en el terreno epistemológico, ya se trate de meta-conocimientos sobre las entidades teóricas y sus procesos de construcción, sobre aspectos de negociación social o, particularmente, meta-conocimiento sobre los procedimientos y actividades científicas (Lederman, 2007; Acevedo, 2008; Driver et al., 1996, McComas, 2005, Jiménez-Tenorio y Oliva, 2016). Como se ha discutido, el método científico desde esta perspectiva inadecuada se resume a un conjunto de procedimientos o técnicas de laboratorio, con frecuencia escritas en un libro o una revista, normalmente por un científico; o bien al registro cuidadoso de datos, el control cuidadoso de variables experimentales que permiten arribar a una interpretación única. Vale decir, se considera sólo su faz procedimental e instrumental. De este modo, por extensión, el carácter personal del científico no influirá en el contenido de una teoría, dado que el mismo está basado en “hechos” y en la aplicación rigurosa del método científico, lo cual conduce a la visión de objetividad y a la materialidad de las entidades teóricas. Desde luego, esto también elimina la posibilidad de que existan diferencias entre científicos formados en distintos países a la hora de analizar un problema y extraer conclusiones: esto es: elimina los sistemas educativos y la cultura como elementos distintivos.

García y Vilanova (2010) y García et al. (2013) reportan que la formación y experiencia académica de docentes (universitarios en este caso) influyen en las concepciones sobre conocimiento científico, señalando además que las concepciones son de carácter procedimental y situado y por lo tanto dependientes del contexto de indagación. Lo que un docente hace en su práctica no necesariamente estará relacionado con lo que verbaliza y puede modificarse en tanto hace ciencia o la enseña en diferentes escenarios. En cualquier caso, conocer las creencias epistemológicas de los futuros docentes parece un punto importante que podría modular muchos aspectos de la formación docente y la práctica pre-profesional, así como los programas de desarrollo profesional en servicio (Vezub, 2013; Siso-Pavón et al., 2019) para que dichas creencias sean más explícitas y conscientes (Padilla y Garritz, 2014; Siso-Pavón et al., 2019).

En términos prácticos de diseño curricular, mientras que Izquierdo, Adúriz, Chamizo, Garritz y sus colaboradores postulan las nociones de campos teóricos estructurantes, visión tecnocientífica y otras similares, en la propuesta de Ryder (2002), además de los contenidos se profundiza en la comprensión de cómo funciona la ciencia, cómo el conocimiento científico se produce, valida y comunica, así como la naturaleza misma de este conocimiento. Ya en Driver et al. (1996) se puede encontrar una clasificación exhaustiva particular (artificial para el propio Ryder) de bases epistemológicas para las afirmaciones de conocimiento científico (eje epistemológico) y otra relativa a la ciencia como empresa social (eje sociológico). Ferrer y Ryder plantean, en torno a los mismos ejes de discusión sobre naturaleza de la ciencia una perspectiva temática, mientras que Marín et al. (2013) a su vez encuentran tres líneas de investigación confluyentes: epistemológica, cognitiva y CTS. Finalmente, Taber (2008) realiza una propuesta basada en modelos de planificación curricular para enseñar aspectos particulares de naturaleza de la ciencia con valor para la educación científica.

A su vez Hofer y Pintrich (2002), así como sus múltiples colaboradores, realizan estudios acerca de la motivación y sus relaciones con el cambio conceptual “caliente”. Cacioppo y Petty (1982) definen una característica personal estable llamada necesidad cognitiva (NFC, *need for cognition*) afirmando que los puntos de vista epistemológicos subyacentes se modifican sólo a largo plazo. Basados en esta aparente característica refractaria, Bommel et al. (2015) postulan una estrategia de base para ayudar a todos los estudiantes a expresar sus puntos de vista sobre el conocimiento y el aprendizaje, con recopilación activa de conocimiento y desarrollo de una actitud favorable respecto al aprendizaje a lo largo de toda su vida.

CAPÍTULO 7

CONCLUSIONES

Del análisis de documentos puede mencionarse que en el caso de los programas de Didáctica y Epistemología existen contradicciones varias a través del texto (de menor entidad en el segundo), en tanto que en Química predomina una visión acumulativa, sólo atenuada por el necesario recorte de contenidos programáticos de acuerdo al tiempo asignado al curso. Esta realidad probablemente se extienda a la comparación de otras materias específicas de química en sí, y el resto de las didácticas y asignaturas relacionadas con Ciencias de la Educación. Es muy probable que un buen número de profesores busque satisfacer directrices curriculares o institucionales. Sin embargo, en la mayor parte de los programas, el trasfondo epistémico de estas decisiones no se presenta explícitamente. El análisis cualitativo realizado muestra que el abordaje epistemológico no está lo suficientemente integrado a los documentos curriculares y sería deseable un enfoque más significativo de estos aspectos. En estos documentos, tanto a nivel de la Didáctica como del área Química se advierte además la fuerte presencia del método (en especial sus componentes de observación y experimentación, reduciendo a un segundo plano el planteo de hipótesis y otros elementos que involucran acciones de carácter más “teórico”, por ejemplo). De este modo lo metodológico actúa como elemento de demarcación, delimitando y definiendo la práctica científica en sí.

Por su parte, para cumplir con el objetivo de relevar las concepciones epistemológicas postuladas sin caer en declaraciones escolarmente adaptadas (bien inducidas o informadas), se ha presentado una gran necesidad de desambiguación de ejemplos y preguntas, constituyendo restricciones importantes para el éxito de la implementación de esta investigación cuya validación externa requiere mucho más trabajo, sobre todo en lo que refiere a la enseñabilidad de ciertos aspectos epistemológicos, donde la influencia de la didáctica predominará sobre otras áreas de la formación, determinando la noción de que las teorías a enseñar deben ser las más aceptadas o las que se sustentan en evidencias más sólidas (dicho de otro modo, aquellos dogmas de la comunidad científica actual). Si bien el uso de preguntas más abiertas y su posterior interpretación permitieron una mayor fiabilidad, aumentó la complejidad del análisis y resultó aplicable en función del reducido número de individuos, limitando de algún modo su valor estadístico o representatividad, con lo cual disminuye la posibilidad de generalización.

Con todo, puede advertirse, a partir de la presentación de resultados y su discusión, que la mayor parte de las respuestas de los estudiantes corresponden a formas híbridas que oscilan entre convicciones de carácter positivista y otras que pertenecen con frecuencia a la

nueva filosofía de la ciencia u otras vertientes más contemporáneas, donde estas últimas dos categorías aparecen representadas de manera equitativa. Se consolida asimismo una tendencia al interior de estos híbridos, donde las concepciones más positivistas suelen tener menos elementos ajenos a esta corriente, de modo que puede afirmarse que los mayores mosaicos (la mayor fragmentación, el mayor nivel de hibridación, etc.) se encuentran entre las concepciones post-positivistas, las cuales casi siempre están bastante contaminadas de elementos positivistas, donde por momentos también se combate al inductivismo, la acumulación, el error y el papel de la observación en la producción de nuevo conocimiento, lo cual los acerca al racionalismo crítico. En línea con esta comprobación, entre las concepciones que podrían considerarse más “puras” hay un claro predominio positivista en detrimento de otras escuelas. La situación es similar en los nuevos ingresantes (al inicio y finalización del primer año) y en las otras categorías analizadas (recursantes y alumnos con formaciones previas, por ejemplo). Respecto a los estudiantes de cuarto, la mayor parte de los cuales no ingresaron a la institución inmediatamente después de su formación secundaria, hay evidencias de que el componente positivista aumenta moderadamente.

Entre los pocos docentes que definen explícitamente una postura clara de adhesión epistemológica o cierto nivel de compromiso epistémico, predomina la nueva filosofía de la ciencia (en especial Kuhn). Sin embargo, se ha visto que las concepciones de los estudiantes usualmente no se corresponden con esta posición ni con las directivas de los programas vigentes.

En términos generales, para la mayor parte de los estudiantes, su parcial contextualismo responde quizás a la apropiación de un lema más que a una respuesta convencida, en tanto que en relación al componente positivista se exhibe con mayor firmeza. El efecto de la formación y experiencia docentes es aumentar el bagaje técnico pero no induce demasiados cambios en la concepción epistémica bajo las condiciones actuales.

Los resultados obtenidos marcan una incidencia en las concepciones anteriores de los profesores; sin embargo, se debe enfatizar que no se sabe cómo incidirá en las prácticas efectivas de enseñanza, ya que estas están muy arraigadas en docentes que incluso cuentan con escasos años de ejercicio. Es así que por ejemplo, los estudiantes sólo distinguen débilmente ciencia pura y aplicada y tecnología. Además, a pesar de que se reconoce la pluralidad de las ciencias, aspectos como la unicidad, la reducción de unas ciencias a otras y la posibilidad de comunicación inmediata entre ellas siguen estando presentes. Con escasas excepciones, el proceso de producción asociado a la actividad científica es lineal, reconociéndose a lo sumo su discontinuidad ocasional. Tampoco se visualiza con claridad el papel de la ciencia integrado a la cultura, más allá de la importancia de la cultura científica (la que suele verse algo disociada del resto del panorama cultural).

Resaltan los resultados en torno a aspectos relacionados de una u otra forma con la consideración del método científico en sí, diferencias entre hechos y consecuencias o el abordaje de procesos como la inferencia y la exploración y la necesidad de su enseñanza, así como las vagas referencias a la intersubjetividad de la ciencia, o a los procesos involucrados en la permanencia, el cambio y la evolución del conocimiento científico. Para los estudiantes la ciencia tiene valor explicativo prioritario, como también lo sugieren por momentos los documentos curriculares (en especial del área Química) siendo la verdad científica un propósito que se posibilita con la aplicación rigurosa y objetiva del método. En este caso, existe una mezcla de explicaciones finalistas y mecanicistas, con predominio de estas últimas. Se refiere a mecanismos, en menor medida a probabilidades y en tercer lugar a conexiones no estructurales.

El componente de perseguir la verdad para alcanzar el bien común es un rasgo distintivo que remite de cierto modo al *ethos* positivista. Para muchos de los consultados, en efecto, se visualiza a la investigación ideal como separada de creencias personales, e independiente de los valores sociales y prejuicios. Se reconoce la carga teórica pero la misma no se conecta explícitamente con la formación en un determinado paradigma, con lo cual el peso de la verdad científica continúa siendo el mismo entre los estudiantes (considérese la mención de la posibilidad de una observación absolutamente objetiva, por ejemplo). El discurso didáctico establecido predomina sin contrapeso, tanto en lo referente a la rigidez con la que se considera el conocimiento establecido (rara vez mencionado como tentativo y provisional, aunque se proponga enseñarlo como tal) como la pretendida infalibilidad de su base epistémica. Si bien se pueden encontrar respuestas que reconocen que el método científico en efecto no es único, a la hora de su aplicación a la resolución de problemas resulta la única herramienta que mencionan como válida, en conjunto con la observación sistemática y objetiva. A la hora de enseñar, a su vez, es extendido recurrir a un pequeño conjunto de estrategias establecidas como exitosas por terceros, si bien las justificaciones de su empleo son muy variadas, revelando una multiplicidad de propósitos conceptuales. Los alumnos le reconocen un papel restringido a la imaginación y uno un poco mayor, aunque relativo, a la creatividad, en especial en cuarto año, pero no la desvinculan de los principios lógicos de la ciencia ni de la fiabilidad del producto, la necesidad de la mayor objetividad o la unidad metodológica.

En cuanto a la validez, se continúa mencionando al método, la verificación o refutación, sobre otras alternativas de intervención menos racional de las comunidades (bajo la forma de establecer regulaciones, acuerdos y parámetros que se identifican como naturales e indiscutidos). De esta forma, la responsabilidad que se pide de la sociedad es mayor que la responsabilidad exigida a la ciencia, pues esta última es más neutral. En este marco resulta difícil hallar reflexiones complejas sobre el papel de las hipótesis auxiliares

implícitas, si bien se puede reconocer la importancia adjudicada todavía a los experimentos cruciales o las pruebas por refutación, más allá de la invocación del ajuste a los datos como elemento decisivo (realismo ingenuo). Los procesos de producción de conocimiento se caracterizan, para los estudiantes, por la objetividad y la comprobación (apelaciones a la materialidad y el método, en definitiva), en tanto que las tareas educativas se reconocen como reproductivas, término del que los docentes formadores se desmarcan. En este sentido la comprobación más valorada, casi en exclusividad, es de corte experimental y se reconoce su preeminencia así a nivel de procesos de producción como en la transmisión de conocimiento. Las nociones de progreso por acumulación y determinismo también se encuentran bastante presentes en la mayor parte de los discursos de los estudiantes.

En tanto el discurso sobre la materialidad de la ciencia y sus entidades “descubiertas” se adscribiría a un realismo metafísico (ajuste a los datos) y el predominio de la justificación metodológica más allá del sentido común al realismo abductivo (excepto para el componente que privilegia lo experimental), en el caso particular de la conceptualización de los modelos científicos, se establece una retórica acerca de la representación exitosa en términos de ajuste a la realidad (realismo de la entidad) y a menudo su reemplazo se establece (lo mismo que el de otras entidades teóricas) por la única razón del avance de las técnicas. Los modelos se conceptualizan casi como de existencia concreta, como representaciones que remodelan o reproducen las características de la realidad (identificación del mecanismo explicativo con los procesos materiales). A pesar de ello, también se reconoce parcialmente como actividad realizada, el consenso, la indagación, el error y la naturaleza cambiante de los mismos, según nuevas evidencias y aportes que responden a los propósitos de diseño (en general asociados a la resolución de problemas, pero con mediación de parte de la observación). Con todo, la visión de los estudiantes está más centrada en teorías que en modelos. Los estudiantes, tanto ingresantes como avanzados, visualizan a la ciencia como un conjunto de teorías establecidas más que un conjunto de modelos consensuados, aunque el análisis de este punto no es concluyente, ya que además no se distinguen con claridad las diferencias entre entidades teóricas, más allá de considerar que todas poseen funciones descriptivas. En este sentido, la posibilidad de invención de una teoría se manifiesta sólo como un proceso de interpretación de hechos experimentales descubiertos por los científicos, y en tanto que son los hechos, las interpretaciones no pueden ser muy variadas.

La distinción entre los contextos de descubrimiento y justificación se advierte en el discurso de los estudiantes tanto durante la segunda etapa de entrevistas en primer año como en cuarto. La necesidad de establecer el contexto original se presenta, sin embargo, de manera anecdótica, en línea con un subjetivismo personal o laudiano, manifestando el interés por la difusión y la enseñanza, por contraposición a los documentos curriculares, donde subyace la intención de que contribuya a una narrativa de mayor profundidad. A la

hora de enseñar, sólo surgen con fuerza las características psicológicas y sociológicas de los alumnos, con independencia del contenido y del contexto en sentido epistémico. De ahí que las estrategias de enseñanza de poblaciones socioeconómicamente desfavorecidas o frente a estudiantes con intereses no científicos se aborden de manera fundamentalmente asistencialista.

Tanto en los documentos curriculares analizados como en las declaraciones de todos los actores, el área Epistemología en términos estrictos no parece revestir un acentuado interés práctico. Por tanto no se reconoce como prioritaria en la formación, más allá de los contenidos de naturaleza de la ciencia tratados a nivel de la Didáctica, y bajo su particular enfoque de “definición” que a menudo se contrapone al enfoque de “reflexión” al que propenden las materias del área epistemológica, discrepancia que genera una desarticulación del trayecto formativo en sí. La Epistemología no se encuentra entre las áreas de interés para los estudiantes y la mayoría de los docentes, al menos en el mismo nivel que la Didáctica (con mayor incidencia en Montevideo) o la Química (de mayor incidencia en el Interior). En el caso de Mora (2015), entre muchos otros autores que llevan adelante el análisis de documentos curriculares particulares, se hallan evidencias de una tensión entre los paradigmas e ideas del equipo que diseñó la propuesta, y la racionalidad de las líneas de acción institucionales que muchas veces exigen una enseñanza – y aprendizaje – centrada en temas y conocimientos legitimados desde vertientes específicas de las ciencias de la educación, siendo en este caso la epistemología un dato cuya alineación se asume tácitamente. Estas concepciones y tensiones son constitutivas y subyacen también en el caso de los documentos analizados en esta oportunidad.

Mientras que la edad, al contrario de la formación previa, parece estar relacionada de manera directa con el peso del positivismo en general, la experiencia docente tiene un efecto de interpretación más compleja, ya que si bien incrementa el contextualismo para algunos aspectos de la enseñanza y la producción, consolida posiciones realistas ingenuas o abductivas en lo que refiere a los asuntos paradigmáticos de método científico y materialidad de entidades teóricas.

En suma, las categorías surgidas antes y después de la realización de las dos entrevistas, muestran una realidad que se repite y que refleja debilidad por parte de los futuros docentes sobre aspectos esenciales de la actividad científica, como la importancia de la reformulación de modelos a la luz de nuevos datos o evidencias y considerando que una meta de la educación en ciencias es el desarrollo de capacidades científicas relacionadas con la recolección y uso de evidencias así como el desarrollo de actitudes científicas. En tanto la conceptualización de la naturaleza de la química se muestra confusa, la formación docente en química parece no resolver de manera eficaz esta dificultad. La formación tan sólo parece establecer una orientación por fines y uniformizar estrategias metodológicas y técnicas (no

necesariamente alineadas a lo conceptual y a veces no alineadas entre sí) a medida que se avanza en la carrera. Estas finalidades y estrategias, que no necesariamente se alinean con lo conceptual, no superan la modalidad de entrenamiento y se mantienen concepciones de carácter empírico-positivista en lo que refiere a negociación social, descubrimiento y explicación científica, características de las entidades de la ciencia y peculiaridades de los científicos, objetividad, y en especial método.

Por otro lado, los esfuerzos aislados así como los avances en el reconocimiento de la carga teórica de las observaciones chocan con la barrera de un método que continúa siendo demarcatorio en múltiples aspectos y con una formación en servicio de cariz normativo que se introduce más tempranamente en el caso particular del profesorado de química, abriendo la puerta a nuevas interacciones que a menudo desvirtúan o diluyen los efectos positivos de la formación docente. En la literatura con frecuencia se ha indicado que la comprensión de todos los aspectos mencionados es sumamente importante en la educación en ciencias, pero la comprensión de los mismos, probablemente, no es propiciada por una estructura curricular altamente jerárquica y fragmentada. En este panorama, no sorprende que en esencia las posiciones de los estudiantes continúen siendo híbridos de distinta naturaleza. No obstante, como se discute, la concepción que se sustenta en estos temas, aunque parece tener influencia sobre la concepción declarativa de la práctica no necesariamente influenciará la práctica concreta.

A pesar de ello, la discusión y diagnóstico preliminar presentados inducen a pensar en la necesidad de una fuerte presencia de la epistemología en el *curriculum* de formación de futuros docentes – como disciplina y también como contenido transversal – buscando moderar esta visión heredada aún vigente en prácticamente todos los colectivos, tal vez a partir de la consideración de una ciencia modelizadora y con capacidades predictivas, en clave de complejidad y dinamismo. De ahí la importancia de la generación de escenarios que admitan la discusión y lleven a la reestructuración y la ruptura, o al menos al debilitamiento (o la asunción argumentada) de dichas posturas previas. El objetivo no debería ser adoctrinar, sino analizar las alternativas.

Los docentes egresados de estos procesos formativos deben ser profesionales autónomos y comprometidos con un marco teórico que sustenten de manera consciente. Docentes aptos para la identificación precisa de obstáculos (materiales, espaciales, temporales y epistemológicos). En efecto, las creencias de los docentes son un espejo que traduce y explica sus propias prácticas y pensamiento pedagógico, pero a menudo esta correlación está mediada por factores complejos. Y ya sea que se valore un proceso o un producto, que se evalúe para clasificar, certificar, regular, o formar, la alineación entre concepciones y prácticas resulta no sólo deseable, sino imprescindible.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS⁵⁰

- Abd-El-Khalik, F. (2001) Embedding nature of science instruction in pre-service elementary science courses: abandoning scientism, but... *Journal of Science Teacher Education*, 12(3), 215-233.
- Abd-El-Khalik, F. (2005) Developing deeper understandings of nature of science: the impact of a philosophy of science course on pre-service science teachers' views and instructional planning. *International Journal of Science Education*, 27(1), 15-42.
- Abd-El-Khalik, F., Bell, R.L., Lederman, N.G. (1998) The nature of science and instructional practice: making the unnatural natural. *Science Education*, 82, 417-36.
- Acevedo, J. A. (2004) Reflexiones sobre las finalidades de la enseñanza de las ciencias: educación científica para la ciudadanía. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las ciencias*, 1(1), 3-16.
- Acevedo, J. A. (2007a) Una selección de artículos sobre decisiones tecnocientíficas y enseñanza de las ciencias (I). *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 4(1), 195-201.
- Acevedo, J. A. (2007b) Una selección de artículos sobre decisiones tecnocientíficas y enseñanza de las ciencias (II). *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las ciencias*, 4(2), 358-363.
- Acevedo, J.A. (2008) El estado actual de la naturaleza de la ciencia en la didáctica de las ciencias. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 5, 134-69.
- Acevedo, J. A., Vázquez, Á., Manassero, M., Acevedo, P. (2007a) Consensos sobre la naturaleza de la ciencia: fundamentos de una investigación empírica. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las ciencias*, 4(1), 42-66.
- Acevedo, J.A., Vázquez, Á., Manassero, M.A., Acevedo, P. (2007b) Consensos sobre la naturaleza de la ciencia: aspectos epistemológicos. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 4, 202-25.
- Acevedo, J.A., García-Carmona, A., Aragón, M. del M. (2016) Un caso de historia de la ciencia para aprender naturaleza de la ciencia. *Eureka*, 13(2), 408-22.
- Acland, A. (2012) *Una propuesta didáctica basada en un enfoque histórico-epistemológico del experimento de Michelson y Morley y de sus vínculos con la teoría de la relatividad especial*. Tesis de Maestría. Montevideo: Universidad de la República.
- Adúriz, A. (2001) *Integración de la epistemología en la formación del profesorado de ciencias*. Tesis doctoral. Bellaterra: Universitat Autònoma de Barcelona.
- Adúriz, A. (2005a) ¿Qué naturaleza de la ciencia hemos de saber los profesores de ciencias?: Una cuestión actual de la investigación didáctica. *Tecné, Episteme y Didaxis*, Número extraordinario, 23-33.
- Adúriz, A. (2005b) *Una introducción a la naturaleza de la ciencia: la epistemología en la enseñanza de las ciencias naturales*. Buenos Aires: Fondo de Cultura Económica.
- Adúriz, A. (2007) La naturaleza de la ciencia en la formación de profesores de ciencias naturales. En: Gallego Badillo, R., Pérez Miranda, R., Torres de Gallego, L.N. (comps.) *Didáctica de las ciencias. Aportes para una discusión*. Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional.
- Adúriz, A. (2008) Áreas de investigación en la didáctica de las ciencias experimentales: La naturaleza de la ciencia. En: C. Merino Rubilar, A. Gómez Galindo, A. Adúriz (coords.) *Áreas y estrategias de investigación en la didáctica de las ciencias experimentales*. Bellaterra: Servei de Publicacions de la UAB.
- Adúriz, A., Izquierdo, M. (2002) Directrices para la formación epistemológica del futuro profesorado de ciencias naturales. En: G.A. Perafán, A. Adúriz (comps.) *Pensamiento y conocimiento de los profesores: Debate y perspectivas internacionales*. Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional.
- Adúriz-Bravo, A., Izquierdo, M. (2009) A research-informed instructional unit to teach the Nature of Science to pre-service science teachers. *Science and Education*, 18, 1177-1192.
- Adúriz, A., Godoy, E., Iglesias, M., Bonan, L., González Galli, L. (2006) Las imágenes de ciencia y de científico en una propuesta de educación inclusiva para todos y todas. En: F. T. Añaños (coord.), J. García Mínguez, M. Bedmar Moreno, I. Montero García (eds.) *Educación Social: Formación, Realidad y Retos*. Granada: Grupo Editorial Universitario.
- Adúriz-Bravo, A., Amador, R., Inzillo, L., Peresan, L., Plaza, M.V., Pujalte, A. and Lombardi, O. (2011) Teachers' conceptions about science: A perspective from realism. *11th International IHPST and 6th Greek History, Philosophy and Science Teaching Joint Conference. Science and Culture: Promise, Challenge and Demand*. Tesalónica, Grecia.
- Aikenhead, G.S., Ryan, A.G. (1992) The development of a new instrument: "Views on Science-Technology-Society" (VOSTS). *Science Education*, 5(76), 477-91.

⁵⁰ Texto principal y apéndices

Álvarez, P., Squire, L. R. (1994) Memory consolidation and the medial temporal lobe: a simple network model. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 91(15), 7041-7045.

Amador, R. Y., Adúriz Bravo, A. (2013a) A qué epistemología recurrir para investigar sobre la enseñanza de las ciencias. *Revista Virtual EDUCyT*, 3.

Amador, R. Y., Adúriz, A. (2013b) Consensos y disensos en torno al concepto de naturaleza de la ciencia (NOS) en la comunidad iberoamericana de didáctica de las ciencias. *Revista Científica*, (15), 30-46.

Amador, R. Y., Adúriz, A. (2014) Afirmaciones epistemológicas con “alta carga teórica” que pueden tener incidencia en la didáctica de las ciencias: un estudio comparativo. *Ciência&Educação*, 20(2), 433-447.

Amador, R. Y., Adúriz, A. (2015a) Caracterización de la actividad científica desde dos tópicos epistemológicos: representación y juicio. Actas IV Jornadas de Enseñanza e Investigación Educativa en el campo de las Ciencias Exactas y Naturales Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación. Universidad Nacional de La Plata.

Amador, R. Y., Adúriz, A. (2015b) Propuesta para caracterizar la actividad científica de la química desde el tópico epistemológico de “contextos”. Actas IV Jornadas de Enseñanza e Investigación Educativa en el campo de las Ciencias Exactas y Naturales Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación. Universidad Nacional de La Plata.

American Association for the Advancement of Science. AAAS (1993) *Benchmarks for science literacy*.

Andrews, P. (2007) The curricular importance of mathematics: A comparison of english and hungarian teachers' espoused beliefs. *Journal of Curriculum Studies*, 39(2), 317-318.

Andrews, P., Hatch, G. (1999) A new look at secondary teachers' conceptions of mathematics and its teaching. *British Educational Research Journal*, 25(2), 203-223.

Andrews, P., Hatch, G. (2000) A comparison of Hungarian and English teachers' conceptions of mathematics and its teaching. *Educational Studies in Mathematics*, 43(1), 31-64.

ANEP (2003a) Ajuste Diseño Curricular. Documento con Propuestas de Salas Docentes de los CeRPs.

ANEP (2003b) Actas de la Reunión con la Sala de Directores de los Centros. Centro de Capacitación y Perfeccionamiento Docente.

ANEP (2004a) Acta No. 71, Res. No. 53. Diseño curricular 2005. Centros Regionales de Profesores – Documento Final.

ANEP (2004b) Acta No. 71, Res. No. 53. Planes Proceso 1er. Año.

ANEP/CIFRA (2003) Informe Investigación Impacto de los CeRPs.

ANEP (2004c) El sistema periódico. Propuesta programática para el nuevo diseño.

ANEP (2004d) Didáctica. Propuesta programática para el nuevo diseño.

ANEP (2004e) La naturaleza de la materia y sus transformaciones. Propuesta programática para el nuevo diseño.

ANEP (2004f) Taller de Laboratorio. Propuesta programática para el nuevo diseño.

ANEP (2004g) Química Experimental. Propuesta programática para el nuevo diseño.

ANEP (2004h) La química de la vida; los compuestos del carbono y los procesos metabólicos. Propuesta programática para el nuevo diseño.

ANEP (2004i) Taller de Sistematización del Campo Profesional.

ANEP (2004j) Didáctica I.

ANEP (2004k) Epistemología.

ANEP-CFE (2007a) Acta No. 63, Res. No. 67. Sistema Único Nacional de Formación Docente (SUNFD) 2008 – Documento Final.

ANEP-CFE (2007b) Proyección de contenidos. SUNFD.

ANEP-CFE (2007c) Programa de teoría del conocimiento y epistemología.

ANEP-CFE (2007d) Programa de Introducción a la Didáctica (Química).

ANEP-CFE (2007e) Programa de Bioquímica (Química).

ANEP-CFE (2007f) Programa de Didáctica II (Química).

ANEP-CFE (2007g) Programa de Taller de Diseño de Actividades Experimentales (Química).

ANEP-CFE (2007h) Programa de Didáctica I (Química).

ANEP-CFE (2007i) Proyección de contenidos de Didáctica (Química).

ANEP-CFE (2007j) Programa de Química General I (Química).

ANEP-CFE (2007k) Programa de Didáctica III (Química).

ANEP-CFE (2007l) Programa de Metodología de la Investigación (Química).

ANEP-CFE (2007m) Programa de Química Orgánica I (Química).

ANEP-CFE (2007n) Programa de Química Orgánica II (Química).

ANEP-CFE (2007ñ) Programa de Fisicoquímica I (Química).

ANEP-CFE (2007o) Programa de Fisicoquímica II (Química).

ANEP-CFE (2007p) Programa de Química Ambiental y Toxicológica (Química).

- ANEP-CFE (2007q) Programa de Química General II (Química).
- ANEP-CIFRA (2004) Estudio del impacto de la formación de los egresados de los Centros Regionales de Profesores (CERP) en la primera etapa de su ciclo profesional.
- Aparicio, J.J., Rodríguez Moneo, M. (2000) Los estudios sobre el cambio conceptual y las aportaciones de la psicología del aprendizaje. *Tarbiya*, (26), 13-30.
- Apostolou, A., Koulaidis, V. (2010) Epistemology and science education: a study of epistemological views of teachers. *Research in Science and Technological Education*, 28, 149-166.
- Ariza, Y., Adúriz, A. (2012) La 'Nueva Filosofía de la Ciencia' y la 'concepción semántica de las teorías científicas' en la Didáctica de las Ciencias Naturales. *Revista de Educación en Ciencias Experimentales y Matemática*, 2, 81-92.
- Artigalás, I., Esquivel, M., Maciel, C. (2004) *El impacto de la formación en la práctica*. Informe del estudio exploratorio sobre la formación docente inicial y la práctica del profesor novel en el egresado del CERP del Este.
- Ascanio, M.A., Pérez, E., Ojeda, E., Delgado, C. (2004) Uso de la Grounded Theory en el proceso de modificación de concepciones sobre la actividad científica que tienen los docentes en formación. *Revista de Investigación*, 24, 59-89.
- Astolfi, J. P. (1999) *El error, un medio para enseñar*. Madrid: Díada.
- Bachelard, G. (1938/2000) *La formación del espíritu científico*. México: Editorial Siglo XXI.
- Barnett, J., Hodson, D. (2001). Pedagogical context knowledge: Toward a fuller understanding of what good science teachers know. *Science Education*, 85(4), 426-453.
- Barnett, R., Parry, G., Coate, K. (2001) Conceptualising curriculum change. *Teaching in higher education*, 6(4), 435-49.
- Baser, M. (2006) Fostering conceptual change by cognitive conflict instruction on students' understanding of heat and temperature concepts. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 2(2), 96-144.
- Bastidas, C. (2011) La epistemología de la complejidad en el desarrollo crítico de la humanidad. *Cuadernos del CENDES*, (77), 93-105.
- Bauer, M., Schoon, I. (1993) Mapping variety in public understanding of science. *Public Understanding of Science*, 2(2), 141-155.
- Beane, J. A. (1995) Introduction: What is a coherent curriculum? En: Beane, J. A. (ed.) *Toward a Coherent Curriculum*. Alexandria, Virginia: Association for Supervision and Curriculum Development.
- Beardslee, D., O'Dowd, D. (1961) The College-Student Image of the Scientist. *Science*, 133 (3457).
- Bell, R., Abd-El-Khalik, F., Lederman, N. G., McComas, W. F., Matthews, M. R. (2001). The nature of science and science education: A bibliography. *Science and Education*, 10(1-2), 187-204.
- Bello, S. (2004) Ideas previas y cambio conceptual. *Educación Química*, 15(3), 210-18.
- Bennássar, A., Vázquez, A., Manassero, M. A., García, A. (2010) Introducción: Educación científica y naturaleza de la ciencia. En: Bennássar, A. (Ed.), *Ciencia, tecnología y sociedad en Iberoamérica: Una evaluación de la comprensión de la naturaleza de la ciencia y tecnología*. Organización de Estados Iberoamericanos.
- Ben-Zvi, N., Gai, R. (1994) Macro and micro-chemical comprehension of real-world phenomena: classroom knowledge versus the experience of the senses. *Journal of Chemical Education*, 71(9), 730-734, 1994.
- Bernstein, B. (1989). *Clases, códigos y control I*. Buenos Aires: Ediciones Akal.
- Beswick, K. (2005) The beliefs/practice connection in broadly defined contexts. *Mathematics Education Research Journal*, 17(2), 39-68.
- Beswick, K. (2012) Teachers' beliefs about school mathematics and mathematicians' mathematics and their relationship to practice. *Educational Studies in Mathematics*, 79(1), 127-147.
- Billeh, V. Y., Hassan, O. E. (1975) Factors affecting teachers' gain in understanding the nature of science. *J. Res. Sci. Teach.*, 12, 209-219.
- Birgin, A. (2015) Formación de maestros en América Latina: algunos problemas y perspectivas para este tiempo. *Nodos y nudos*, 4(39), 29-37.
- Birgin, A., Charovsky, M.M. (2013) Trayectorias de formación de futuros profesores en un territorio fragmentado. *Pedagogía y saberes*, (39), 33-48.
- Bliss, J., Ogborn, J., Grize, F. (1979). The analysis of qualitative data. *European Journal of Science Education*, 1(4), 427-440.
- Bliss, J., Monk, M., Ogborn, J., y Black, P. (1983). *Qualitative data analysis for educational research: A guide to uses of systemic networks*. London: Croom Helm.
- Bodzin, A., Gehringer, M. (2001). Breaking Science Stereotypes. *Science and Children*, 38(4), 36-41.
- Bolívar, A. (2002) ¿De nobisipsissilemus?: Epistemología de la investigación biográfica-narrativa en educación. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 4(1).

- Bolívar, A., Domingo, J. (2006) La investigación biográfica y narrativa en Iberoamérica. *Forum*, 7(4), 1-43.
- Bommel, M. van, Boshuizen, H.P.A., Kwakman, K. (2015) Appreciation of a constructivist curriculum for learning theoretical knowledge by social work students with different kinds and levels of learning motivation. *International Journal of Educational Research*, 71, 65-74.
- Borges, I.M., Pires, D.M., Delgado-Iglesias, J. (2017) Ciência-tecnologia-sociedade-ambiente nos documentos curriculares portugueses de ciencias. *Cadernos de Pesquisa*, 47(165), 998-1015.
- Bourdieu, P. (2003) *El oficio de científico*. Barcelona: Anagrama.
- Bransford, J.D., Brown, A. L., Cocking, R.R. (2000) *How People Learn. Brain, Mind, Experience, and School*. Washington: National Academy Press.
- Bransford, J.D., Vye, N.J. (1989/1997) Una perspectiva sobre la investigación cognitiva y sus implicancias para la enseñanza. En: L.B. Resnick, Klopfer, L.E., *Curriculum y cognición*. Buenos Aires: Aique.
- Briceño M.T. (2009) El uso del error en los ambientes de aprendizaje. *Revista de Teoría y Didáctica de las Ciencias Sociales*, (14), 9-28.
- Brown, H.J. (1984) *La nueva filosofía de la ciencia*. Madrid: Tecnos.
- Brown, J.S., Collins, A., Duguid, P. (1989) Situated cognition and the culture of learning. *Educational Researcher*, 18, 32-41.
- Brush, L. R. (1979). Avoidance of science and stereotypes of scientists. *Journal of Research in Science Teaching*, 16(3), 237-241.
- Bryce, T., Gray, D. (2004). Tough acts to follow: the challenges to science teachers presented by biotechnological progress. *International Journal of Science Education*, 26(6), 717-733.
- Buaraphan, K. (2009). Preservice and in-service science teacher's responses and reasoning about the nature of science. *Educational Research and Reviews*, 4(11), 561-581.
- Bunge, M. (1975) Ontología y ciencia. *Diánoia*, 21(21), 50-59.
- Bunge, M. (1980) *Epistemología. Curso de actualización*. Barcelona: Ariel.
- Cabra, F., Marín, D.L. (2015) Formar para investigar e innovar: tensiones y preguntas sobre la formación inicial de maestros en Colombia. *Revista colombiana de educación*, (68), 149-71.
- Cacioppo, J.T., Petty, R.E. (1982) The need for cognition. *Journal of personality and social psychology*, 42(1), 116-31.
- Cacioppo, J.T., Petty, R.E., Feinstein, J.A., Jarvis, W.B.G. (1996) Dispositional differences in cognitive motivation: the life and times of individuals varying in need for cognition. *Psychological Bulletin*, 119(2), 197-253.
- Caetano, H., Neto, A. (2005) Natureza e ensino da ciência: investigando as concepções de ciência dos professores. *Enseñanza de las ciencias*, (Número Extra. VII Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias), 1-5.
- Cakmakci, G., Tosun, O., Turgut, S., Orenler, S., Sengul, K., Top, G. (2011). Promoting an inclusive image of scientists among students: Towards research evidence based practice. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 9(3), 627-655.
- Camilloni, A. (2001a) Prólogo. En: A. Camilloni (Comp.) *Los obstáculos epistemológicos en la enseñanza*. Barcelona: Gedisa.
- Camilloni, A. (2001b) Constructivismo y educación. En: M. Carretero, J.A. Castorina y R. Baquero (Comp.), *Debates constructivistas*. Madrid: Aique.
- Campanario, J., Otero, J. (2000) Más allá de las ideas previas como dificultades del aprendizaje: las pautas de pensamiento, las concepciones epistemológicas y las estrategias metacognitivas de los alumnos de ciencias. *Enseñanza de las ciencias*, 18(2), 155-169.
- Caravita, S., Halldén, O. (1994) Re-framing the problem of conceptual change. *Learning and instruction*, 4(1), 89-111.
- Cardozo, N., Chaparro, N., Erazo, E. (2006) Una revisión sobre la naturaleza de las concepciones de ciencia. *Itinerantes*, 4, 95-101.
- Carey, S. (1988) Conceptual differences between children and adults. *Mind and Language*, 3(3), 167-181.
- Carey, S. (2000) Science education as conceptual change. *Journal of Applied Developmental Psychology*, 21(1), 13-19.
- Carnap, R. (1936) Testability and meaning. *Philosophy of Science*, 3(4), 419-71.
- Carullo, J. C. (2002) *La percepción pública de la ciencia: El caso de la biotecnología*. Red Regional de Bioseguridad (RNBio). Programa de Biotecnología para América Latina y el Caribe (BIOLAC).
- Casanova, M.A. (2012) El diseño curricular como factor de calidad educativa. *Revista iberoamericana sobre calidad, eficacia y cambio en educación*, 10(4), 7-20.

- Castelló, M., Bañales, G. y Vega, N.A. (2011) Leer múltiples documentos para escribir textos académicos en la universidad: o cómo aprender a leer y escribir en el lenguaje de las disciplinas. *Pro-Posições*, 22(1), 97-114.
- Chambers, D. W. (1983). Stereotypic images of the scientist: The draw-a-scientist test. *Science Education*, 67(2), 255-265.
- Chamizo, J.A., Castillo, D., Pacheco, I. (2012) La naturaleza de la química. *Educación química*, 298-304.
- Chamizo, J.A., Garritz, A. (2013) Hacia una reconstrucción del *currículum* de la química. En: C.C. Silva, M.E. Brzezinski (Org.), *Aprendendo ciencia e sobre sua natureza*. San Carlos: Tipographia.
- Charalambous, C. Y., Panaoura, A., Philippou, G. (2009) Using the history of mathematics to induce changes in preservice teachers' beliefs and attitudes: Insights from evaluating a teacher education program. *Educational Studies in Mathematics*, 71(2), 161-180.
- Chen, S. (2006a) Development of an instrument to assess views of nature of science and attitudes toward teaching science. *Science Education*, 90(5), 803-19.
- Chen, S. (2006b) Views on science and education (VOSE) questionnaire. *Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching*, 7(2), 1-19.
- Cheng, M. M. H., Chan, K. W., Tang, S. Y. F., Cheng, A. Y. N. (2009) Pre-service teacher education students' epistemological beliefs and their conceptions of teaching. *Teaching and Teacher Education*, 25(2), 319-327.
- Chevallard, Y. (1998) *La transposición didáctica. Del saber sabio al saber enseñado*. Madrid: Aique.
- Chi, M. T. H., Slotta, J., de Leeuw, N. (1994) From things to processes: A theory of conceptual change for learning science concepts. *Learning and Instruction*, 4(1), 27-43.
- Chi, M. T. H. (2008) Three types of conceptual change: belief revision, mental model transformation, and categorical shift. En: S. Vosniadou (Ed.), *International Handbook of Research on Conceptual Change*. New York: Routledge.
- Chin, C. A., Brewer, W. F. (1993) The role of anomalous data in knowledge acquisition. *Review of Educational Research*, 63(1), 1-49.
- CFE (2015a) Censo de Estudiantes del Consejo de Formación en Educación (CFE), realizado por el mismo subsistema entre noviembre de 2014 y febrero de 2015.
- CFE (2015b) Elementos a tener en cuenta en una reflexión sobre *currículum*. Comisión permanente de estructura curricular, Asamblea Técnico Docente, Setiembre de 2015.
- CFE (2016a) Acta No. 46, Res. No. 17. Fundamentos y Orientaciones de la Propuesta 2017.
- CFE (2017b) Perfil del Educador en Química. Documento de trabajo.
- CFE (2017c) Secciones del Departamento Académico de Química. Documento de trabajo.
- CFE (2017d) Eje I. La identidad de los profesionales de la educación y perfiles de egreso. Documento de trabajo.
- CFE (2017e) Eje II. Organización curricular. Documento de trabajo.
- CFE (2017f) Eje III. Ingreso, evaluación y requisitos para la obtención del título. Documento de trabajo.
- CFE (2017g) XXIV Asamblea Nacional Extraordinaria de Docentes del Consejo de Formación en Educación. 13-15 de setiembre de 2017.
- CFE (2018a) Propuesta de Malla Curricular Creditizada (Química). 27 de febrero de 2018.
- CFE (2018b) Acta de la Sala Nacional de Delegados del Departamento de Química. 27 de febrero de 2018.
- CFE (2018c) Propuesta de Malla Curricular Creditizada (Química). 24 de abril de 2018.
- CFE (2018d) Acta de la Sala Nacional de Delegados del Departamento de Química. 24 de abril de 2018.
- CFE (2018e) Acta de la Sala Nacional de Delegados del Departamento de Química. 2 de julio de 2018.
- CFE (2018f) Acta de la Sala Docente de la Sección de contenidos Inter-Transdisciplinar. 23 de julio de 2018.
- CFE (2018g) Taller de Enseñanza de la Epistemología. Área Sociológica. Documento de Trabajo del 27 de julio de 2018.
- Clough, M. P. (2007) Teaching the nature of science to secondary and post-secondary students: Questions rather than tenets. *The pantaneto forum*, 25, 31-40.
- Coburn, W. W. (2000) The nature of science and the role of knowledge and beliefs. *Science and Education*, 9, 219-246.
- Colén, M.T., Jarauta, B., Castro, L.C. (2016) El aprendizaje reflexivo en la formación inicial de maestros. *Revista complutense de educación*, 27(1), 179-98.
- Correa, A. (2009) El cambio de sentido en la ciencia desde la revolución epistemológica. *A Parte Rei*, (62), 43-53.

- Correa, C. A., Perry, M., Sims, L. M., Miller, K. F., Fang, G. (2008) Connected and culturally embedded beliefs: Chinese and US teachers talk about how their students best learn mathematics. *Teaching and Teacher Education*, 24(1), 140-153.
- Cortassa, C. (2012). *La ciencia ante el público*. Buenos Aires: Eudeba.
- Cotham, J. C., Smith, E. L. (1981) Development and validation of the conceptions of scientific theories test. *J. Res. Sci. Teach.* 18, 387-396.
- Chrysostomou, M., Philippou, G. (2010) Teachers' epistemological beliefs and efficacy beliefs about mathematics. *Procedia Social and Behavioral Sciences*, 9, 1509-1515.
- Daza, S.F., Arrieta, J.R. (2006) Los conceptos sobre ciencia y trabajo científico y sus implicaciones en la elaboración de los programas de ciencias naturales. *TEA*, (20), 80-95.
- De Andrea, A., Gómez, A. (2003) Una experiencia sencilla de física en el aula y su utilidad en el aprendizaje alternativo. *Alambique*, 37. pp. 99-105.
- DeBoer, G. E. (2000) Scientific literacy: Another look at its historical and contemporary meanings and its relationship to science education reform. *Journal of research in science teaching*, 37(6), 582-601.
- Defago, A.E., Ithuralde, R.E. (2018) El Diseño curricular de química del ciclo superior de la educación secundaria en la provincia de Buenos Aires, Argentina. *Eureka*, 15(1), 1203-16.
- Demirbaş, M. (2009) The relationships between the scientist perception and scientific attitudes of science teacher candidates in Turkey: A case study. *Scientific Research and Essays*, 4 (6), 565-576.
- De Miguel Díaz, M., Alfaro Rocher, I.J., Apodaca Urquijo, P., Arias Blanco, J.M., García Jiménez, E., Lobato, F., Fraile, C., Pérez Boullosa, A. (2006) *Modalidades de Enseñanza Centradas en el Desarrollo de Competencias Orientaciones para Promover el Cambio Metodológico en el Espacio Europeo de Educación Superior*. Oviedo: Ediciones Universidad de Oviedo.
- Desaulniers, M.C., Montplaisir, L.M., Offerdahl, E.G., Cheng, F.-C., Ketterling, G.L. (2010) Comparison of the views of the nature of science between natural science and non-science majors. *CBE-Life Science Education*, 9, 45-54.
- Descartes, R. (1960) *Discourse on Method and Meditations*. New York: Liberal Arts Press.
- Díaz, C.A., Ariza, Y., Adúriz, A. (2016) La filosofía de la química como referencia epistemológica en la construcción de una "naturaleza de la ciencia" para la formación del profesorado de química. *Campo Abierto*, 35, 59-68.
- Díaz-Barriga, Á. (1997) La explicación científica. En: Hoyos Medina, C. (coord.), *Epistemología y objeto pedagógico*. México: Plaza y Valdés.
- Di Bello, M. (2015) Utilidad social de conocimientos científicos, grupos de investigación académicos y problemas sociales. *Cuestiones de sociología*, (12), 2-18.
- Diéguez-Lucena, A. (2006) Why does Laudan's confutation of convergent realism fail? *Journal for general philosophy of science*, 37, 393-403.
- Diestro, A., Valle, J.M. (2015) Hacia una política educativa supranacional europea basada en la dimensión europea de la educación. *Bordón*, 67(1), 101-16.
- Dogan, N., Abd-El-Khalik, F. (2008) Turkish Grade 10 Students' and Science Teachers' Conceptions of Nature of Science: A National Study. *Journal of Research in Science Teaching*, 45, 1083-1112.
- Doll, W. E. (2008). Complexity and the Culture of Curriculum. *Educational Philosophy and Theory*, 40(1), 190-212.
- Driver, R., Leach, J., Miller, Scott, P. (1996) *Young people's images of science*. Bristol: Open University Press.
- Duarte, S.M. (2015) Calidad de la participación, la percepción del contexto y el éxito académico de los estudiantes en diferentes orientaciones curriculares. En: Jabonero, M., Bris, M.M., Martínez, A., Bizelli, J.L. (Ed.), *Miradas diversas de la educación en Iberoamérica*. Alcalá: Santillana.
- Duit, R., Treagust, D.F. (2003) Conceptual change: a powerful framework for improving science teaching and learning. *International Journal of Science Education*, 25(6), 671-88.
- Duit, R., Treagust, D. F., Widodo, A. (2008) Teaching science for conceptual change: Theory and practice. En: S. Vosniadou (Ed.), *International handbook of research on conceptual change*. New York: Routledge.
- Durán, R., Landaeta, P., Orellana, O., Espinoza, R. (2008) Interpretación del tiempo en Ilya Prigogine a partir de Aristóteles, Newton, Zubirí, Bergson y García Bacca. *Konvergencias, filosofía y consultas en diálogo*, (17), 171-191.
- Duschl, R. A. (1985) Science education and philosophy of science: Twenty-five years of mutually exclusive development. *School science and mathematics*, 85(7), 541-555.

- Duschl, R. (2008) Science education in 3part harmony: Balancing conceptual, epistemic and social learning goals. En: J. Green, A. Luke, G. Kelly (Eds.), *Review of research in education*. Washington: AERA.
- Echeverría (1998) *Filosofía de la Ciencia*. Madrid: Akal.
- Eliade, M. (1983) *Herreros y alquimistas*. Madrid: Alianza Editorial.
- Emdin, C. (2012) Reality pedagogy and urban science education: Towards a comprehensive understanding of the urban science classroom. *Second international handbook of science education*. Springer: Netherlands.
- Ens, R.T., Stiegler, M. (2015) Formación de los profesores para jóvenes y adultos: un análisis de las directrices curriculares. *Praxis educativa*, 10(1), 127-52.
- Erduran, S. (2014) Beyond Nature of Science: The Case for Reconceptualising 'Science' for Science Education. *Science Education International*, 25(1), 933-111.
- Ernest, P. (1989) The knowledge, beliefs and attitudes of the mathematics teacher: A model. *Journal of Education for Teaching*, 15(1), 13-33.
- Ertekin, E., Dilmaç, B., Yazici, E., Peker, M. (2010) The relationship between epistemological beliefs and teaching anxiety in mathematics. *Educational Research and Review*, 5(10), 631-636.
- Espinoza, M. (2003) Dos contribuciones sobre la estabilidad y el determinismo en los sistemas. *Límite*, (10), 5-32.
- Estany, A. (1993) *Introducción a la filosofía de la ciencia*. Barcelona: Crítica.
- Estany, A., Izquierdo, M. (1990) La evolución del concepto de afinidad analizada desde el modelo de S. Toulmin. *Llull*, 13, 349-78.
- European Commision (2016) *Education and training monitor 2016: Cyprus*. European Union: European Commission.
- EURYDICE (2011) *Science education in Europe: national policies, practices and research*. Bruselas: EACEA.
- Evans, J.S.B.T., Barston, J.L., Pollard, P. (1983) On the conflict between logic and beliefs in syllogistic reasoning. *Memory and cognition*, 11(3), 295-306.
- Felbrich, A., Kaiser, G., Schmotz, C. (2012) The cultural dimension of beliefs: An investigation of future primary teachers' epistemological beliefs concerning the nature of mathematics in 15 countries. *ZDM Mathematics Education*, 44(3), 355-366.
- Fensham, P. J. (1985) Science for all: a reflective essay. *Journal of curriculum studies*, 17(4), 415-435.
- Fenstermacher, G.D. (1989) Tres aspectos de la filosofía de la investigación sobre la enseñanza. En: M. Wittrock, *La investigación de la enseñanza*. Barcelona: Paidós.
- Fernandes, I. M., Pires, D. (2013) As inter-relações CTSA nos manuais escolares de ciências do 2º CEB. *Euser: Revista de Educação*, 5(2), 35-47.
- Fernandes, I. M., Pires, D., Villamañan, R. (2014) Educación científica con enfoque CTSA: construcción de un instrumento de análisis de las directrices curriculares. *Formación Universitaria*, 7(5) 23-32.
- Fernández, A. (1990) *Orden y caos*. Barcelona: Prensa científica.
- Fernández, I, Gil, D., Carrascosa, J., Cachapuz, A. y Praia, J (2002) Visiones deformadas de la ciencia transmitidas por la enseñanza. *Enseñanza de las Ciencias*, 20(3), 477-488.
- Fernández-González, M. (2013) La formulación química en la formación inicial del profesorado. *Eureka*, 10, 678-93.
- Feyerabend, P. (1981) *Tratado contra el método*. Madrid: Tecnos.
- Figuroa, L. (2006) Formación docente: complejidad y profesionalización. *Ethos*, 35, 19-39.
- Finkel, D. (2008) *Dar clase con la boca cerrada*. Valencia: Publicacions de la Universitat de Valencia.
- Fleck, L. (1979) En: T. J. Trenn, R. K. Merton (Eds.), *The genesis and development of a scientific fact*. Chicago: University of Chicago Press.
- Flores, J., Caballero, M.C., Moreira, M.A. (2013) Ideas epistemológicas sobre la naturaleza de la ciencia de docentes en formación de biología y de química. *Curriculum*, 26, 101-33.
- Fondevila, B.L. (2001) Indeterminación cuántica e irreversibilidad entrópica. *Ágora*, 20(2), 157-82.
- Fourez, G. (1997) *Alfabetización científica y tecnológica: acerca de las finalidades de la enseñanza de las ciencias*. Buenos Aires: Colihue.
- Fung, Y. Y. (2002) A comparative study of primary and secondary school students' images of scientists. *Research in Science & Technological Education*, 20(2), 199-213.
- Furió, M. (1994) Tendencias actuales en la formación del profesorado de ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 12, 188-199.
- Furió, C., Vilches, A., Guisasola, J. y Romo, V. (2001). Finalidades de la enseñanza de las ciencias en la Secundaria Obligatoria. ¿Alfabetización científica o preparación propedéutica? *Enseñanza de las Ciencias*, 19(3), 365-376.
- Gadamer, H.-G. (1999) *Verdad y método*. Salamanca: Sígueme.

Galagovtsky, L., Bekerman, D. (2009) La química y sus lenguajes: un aporte para interpretar errores de los estudiantes. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 8(3), 952-975.

Galagovtsky, L.R., Rodríguez, M.A., Stamatí, N., Morales, L.F. (2003) Representaciones mentales, lenguajes y códigos en la enseñanza de ciencias naturales. *Enseñanza de las ciencias*, 21(1), 107-21.

Galagovtsky, L.R., Bekerman, D., Di Giacomo, M.A., Alf, S. (2014) Algunas reflexiones sobre la distancia entre “hablar química” y “comprender química”. *Ciênc. Educ.*, Bauru, 20(4), 785-799.

Galagovtsky, L.R., Giudice, J. (2015) Estequiometría y ley de conservación de la masa: una relación a analizar desde la perspectiva de los lenguajes químicos. *Ciênc. Educ.*, 21(1), 85-99.

Gallego, A. (2007) Imagen popular de la ciencia transmitida por los cómics. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 4 (1), 141-151.

Gallegos, L., Bonilla, M. (2009). Las concepciones sobre la naturaleza de la ciencia y la transformación de la práctica docente. *Enseñanza de las Ciencias*, Número Extra VIII Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias, Barcelona.

García, R. (1994) Interdisciplinariedad y sistemas complejos. En: E. Leff, (Comp.), *Ciencias Sociales y Formación Ambiental*. Barcelona: Gedisa.

García, M.B., Vilanova, S.L. (2008) Las representaciones sobre el aprendizaje de los alumnos de profesorado. *REIEC*, (2), 27-34.

García, M.B., Vilanova, S.L. (2010) Cuestiones de dominio y concepciones epistemológicas en docentes universitarios de ciencias. *REIEC*, (1), 27-34.

García, M.B., Vilanova, S.L., Martín, S. (2013) Concepciones epistemológicas y enseñanza de las ciencias. En: C.C. Silva, M.E. Brzezinski (Org.), *Aprendendo ciencia e sobre sua natureza*. San Carlos: Tipographia.

García-Carmona, A., Vázquez, A., Manassero, M. A. (2011) Estado actual y perspectivas de la enseñanza de la Naturaleza de la Ciencia: Una revisión de las creencias y obstáculos del profesorado. *Enseñanza de las Ciencias*, 29 (3), 403-412.

García Pérez, F.F. (2000) Los modelos didácticos como instrumento de análisis y de intervención en la realidad educativa. *Revista bibliográfica de geografía y ciencias sociales*, (207), 1-10.

Gardner, H. (2000) *La educación de la mente y el conocimiento de las disciplinas*. Barcelona: Paidós.

Garegae, K. G. (2016) Teachers' professed beliefs about the nature of mathematics, its teaching and learning: Inconsistencies among data from different instruments. *Philosophy of Mathematics Education Journal*, 30, 1-18.

Garritz, A. (2014) Creencias de los profesores, su importancia y cómo obtenerlas. *Educación química*, 25(2), 88-92.

Garro, H.A. (2010) Dialéctica de paradigmas dentro de la teoría evolutiva. *Fundamentos en humanidades*, (1), 163-76.

Gibbons, M. (1999) Science new social contract with society. *Nature*, 402, 81-4.

Gibbons, M., Limoges, C., Nowotny, H., Schwartzman, S., Scott, P., Trow, M. (1997) *La nueva producción del conocimiento*. Barcelona: Pomares.

Giere, R. (1992) *La explicación de la ciencia*. México: CNCT.

Gil, R.L. (2001) *La actividad metacognitiva como desencadenante de procesos autorreguladores en las concepciones y prácticas de enseñanza de los profesores de ciencias naturales*. Tesis doctoral. Bellaterra: Universitat Autònoma de Barcelona.

Gilbert, D., Treagust, D. F. (2009) *Multiple representations in chemical education*. Dordrecht: Springer.

Gilbert, J. K., Osborne, R. J., Fensham, P. (1982) Children's science and its implications for teaching. *Science Education*, 66, 625-633.

Gilbert, J., Boulter, C., Elmer, R., (2000) Positioning Models in Science Education and in Design and Technology Education in Gilbert, J.K. y Boulter, C.J. (eds). *Developing Models in Science Education*. Dordrecht: Kluwer.

Gil Pérez, D. (1998) El papel de la educación ante las transformaciones científico-tecnológicas. *Revista Iberoamericana de Educación*, 18, 69-90.

Giraldo-Paredes, H. (2013) Karl Popper: la explicación en la disciplina histórica. *Entramado*, 9(2), 204-11.

Glavich, E., Ibáñez, R., Lorenzo, M. y Palma, H. (1998) *Notas introductorias a la filosofía de la ciencia. I. La tradición anglosajona*. Buenos Aires: Eudeba.

Gokulsing, K. (1997) University education in England and the principle of performativity, in: K.M. Gokulsing, C. Da Costa (Eds) *Usable Knowledge as the Goal of University Education*. Lewiston: Edwin Mellen Press.

- Gómez, S., Franchi, M., Tarantini, M., Bonán, L., Adúriz, A. y Meinardi, E. (2004) Escuelas con poblaciones en riesgo social: Proyecto de intervención e investigación en el área de ciencias naturales, en Bocalandro, N., Mateu, M., Ibarra, E. y Botto, J. (eds.). *La educación en biología: Para una nueva relación entre ciencia, cultura y sociedad*. Córdoba: ADBiA.
- Gómez, P., Velasco, C. (2017) Complejidad y coherencia de los documentos curriculares colombianos. *Revista colombiana de educación*, (73), 261-81.
- González, M.J., Gómez, P., Restrepo, Á.M. (2015) Usos del error en la enseñanza de las matemáticas. *Revista de educación*, (370), 71-95.
- Gorghiu, G., Draghicescu, L.M., Cristea, S., Petrescu, A.-M., Gorghiu, L.M. (2015) Problem-Based Learning – An efficient learning strategy in the science lesson context. *Procedia Social and Behavioral Sciences*, 191, 1865-70.
- Guerra, C. (2004) Laboratorio y batas blancas en el cine. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 1(1), 52-63.
- Guerra-Ramos, M.T. (2013) Representaciones sobre los procedimientos científicos en el discurso de los docentes de ciencias de secundaria. En: C.C. Silva, M.E. Brzezinski (Org.), *Aprendendo ciencia e sobre sua natureza*. San Carlos: Tipographia.
- Guilar, M.E. (2009) Las ideas de Bruner: de la revolución cognitiva a la revolución cultural. *Educere*, 13(44), 235-241.
- Guntzel, M., Maciel, M.E., Galiatzi, M. do C. (2015) Análisis textual discursivo en proceso: investigando la percepción sobre el aprendizaje de profesores y futuros graduados en química. *Campo abierto*, 34(2), 125-40.
- Gutiérrez-Braojos, C., Martín-Romera, A., Salmerón-Pérez, H., Casasempere, A., Fernández-Cano, A. (2017) Análisis temático de la investigación educativa soportada por Grounded Theory. *Bordón*, 69(1), 83-102.
- Guzzetti, B., Snyder, T., Glass, G., Gamas, W. (1993) Promoting conceptual change in science: a comparative metaanalysis of instructional interventions from reading education and science education. *Reading Research Quarterly*, 28, 116-159.
- Gwinbi, E. Monk, M. (2003) A study of the association of attitudes to the philosophy of science with classroom contexts, academic qualification and professional training, amongst a level biology teachers in Harare, Zimbabwe. *International Journal of Science Education*, 25, 469-488.
- Habermas, J. (1988) *La lógica de las ciencias sociales*. Madrid: Tecnos.
- Hacking, I. (1996) *Representar e Intervenir*. México: Paidós/UNAM.
- Hacking, I. (2001) *La construcción social de qué*. Barcelona: Paidós.
- Haidar, A. H. (1999) Emirates pre-service and in-service teachers' views about the nature of science. *International Journal of Science Education*, 21, 807-822.
- Haidar, A. H. (2000) Professors' views on the influence of arab society on science and technology. *Journal of Science Education and Technology*, 9, 257-273.
- Handal, B., Herrington, A. (2003) Mathematics teachers' beliefs and curriculum reform. *Mathematics Education Research Journal*, 15(1), 59-69.
- Hanson, N.R. (1958/1977) *Patrones de descubrimiento*. Madrid: Alianza.
- Haraway, D. (1988) Situated knowledges. *Feminist studies*, 13(3), 575-99.
- Hashweh, M. Z. (1996) Effects of Science Teachers' Epistemological Beliefs in Teaching. *Journal of Research in Science Teaching*, 33(1), 47-63.
- Haynes, R. (2003) From alchemy to artificial intelligence. *Public Understanding of Science*, 12(3), 243-254.
- Hempel, C.G. (1989) *Filosofía de la ciencia natural*. Madrid: Alianza.
- Hempel, C.G. (1996) *La explicación científica*. Barcelona: Paidós.
- Henao, B.L., Stipcich, M.S., Moreira, M.A. (2011) La educación en ciencias desde la perspectiva epistemológica de Stephen Toulmin. *Lat. Am. J. Phys. Educ.*, 5(1), 232-248.
- Hermelin, D. (2011) Un contexto para la comunicación pública de la ciencia y la tecnología en Colombia: de las herencias euro-céntricas a los modelos para la acción. *Co-herencia*, 8(14), 231-260.
- Hernández, R., Fernández, C., Baptista, P. (2006) *Metodología de la investigación*. México: McGraw Hill.
- Hesse, M. (1980) *Revolutions and reconstructions in the philosophy of science*. Brighton: Harvester.
- Hidalgo, C. (2005) Paralelos entre los descubrimientos científicos y el descubrimiento de América por Cristóbal Colón. En: Gregorio Klimovsky (comp.). *Los enigmas del descubrimiento*. Buenos Aires: Alianza.
- Hipkins, R., Barker, M., Bolstad, R. (2005) Teaching the 'nature of science': modest adaptations or radical reconceptions? *International Journal of Science Education*, 27, 243-254.

- Hobbs, J. R. (1985) *On the coherence and structure of discourse*. Informe técnico. Stanford: Center for the Study of Language and Information (CSLI).
- Hodson, D. (1993). In search of a rationale for multicultural science education. *Science Education*, 77(6), 685-711.
- Hodson, D. (1998). Science fiction: The continuing misrepresentation of science in the school curriculum. *Curriculum studies*, 6(2), 191-216.
- Hofer, B.K., Pintrich, P.R. (2002) *Personal epistemology: the psychology of beliefs about knowledge and knowing*. Mahwah: Erlbaum.
- Howitt, D. (2010) Qualitative data analysis: grounded theory development. En: D. Howitt (Ed.), *Introduction in qualitative methods in psychology*. Harlow: Pearson.
- Hoyos, C. (1997) Epistemología y discurso pedagógico. En: Hoyos Medina, C. (coord.), *Epistemología y objeto pedagógico*. México: Plaza y Valdés.
- Hugo D., Adúriz, A. (2003) Algunos elementos teóricos para la investigación del conocimiento profesional del profesorado de ciencias naturales acerca de la naturaleza de la ciencia. En: Adúriz, A. Perafán, G.A. y Badillo, E. (comp.). *Actualización en didáctica de las Ciencias Naturales y las Matemáticas*. Sta. Fe de Bogotá: Magisterio.
- Hume, D. (2004) *Investigación sobre el entendimiento humano*. Madrid: Istmo.
- Idoyaga, I., Lorenzo, G. (2018) Avances en el entendimiento del rol de los gráficos en la enseñanza y el aprendizaje de la física en la universidad. *Revista de enseñanza de la física*, 30, 119-26.
- Izquierdo, M. (1996) Relación entre la historia y la filosofía de la ciencia y la enseñanza de las ciencias. *Alambique*, 8, 7-21.
- Izquierdo, M. A. (2006) Una química para la educación del ciudadano. En: Quintanilla, M. y Adúriz, A. (Ed.). *Enseñar ciencias en el nuevo milenio. Retos y perspectivas*. Santiago: Universidad Católica de Chile.
- Izquierdo, M. (2017) Atando cabos entre contexto, competencias y modelización. *Modelling in Science Education and Learning*, 10(1), 309-325.
- Izquierdo, M., Estany, A., Adúriz, A. (2002) Una propuesta para estructurar la enseñanza de la Filosofía de la Ciencia para el profesorado de Ciencias en formación. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 20(3), 465-476.
- Izquierdo, M., Adúriz, A. (2003) Epistemological foundations of school science. *Science & Education*, 12(1), 27-43.
- Jiménez-Buedo, M., Ramos, I. (2009) Más allá de la ciencia académica. *Arbor*, 185(738), 721-37.
- Jiménez-Tenorio, N., Oliva, J.M. (2016) Aproximación al estudio de las estrategias didácticas en ciencias experimentales en formación inicial del profesorado de Educación Secundaria. *Eureka*, 13(1), 121-36.
- Johnson, N. F. (2007) Two's company, three is complexity: A simple guide to the science of all sciences. En N. Johnson (Ed.), *Simply Complexity: A clear guide to complexity theory*. Oxford: OneworldPubns Ltd.
- Johnstone, A. H. (2000) Teaching of chemistry: logical or psychological? *Ioannina*, 1(1), 9-15.
- Johnstone, A. H. (2010) You cant't get there from here. *Journal of Chemical Education*, 87(1), 22-29, 2010.
- Jones, M. G. and Carter, G. (2007) Science Teacher Attitudes and Beliefs. En: Sandra K. Abell y Norman G. Lederman (eds.), *Handbook of Research on Science Education*. Mahwah: Lawrence Erlbaum Associates.
- Junqueira, P. (2011) Cómo Hume se volvió escéptico. *Revista internacional de filosofía*, (52), 71-84.
- Kardanova, E., Ponomaryova, A., Safuanov, I., Osin, E. (2014) Comparative study of secondary school mathematics teachers' beliefs and practices in Russia, Estonia and Latvia. *Educational Studies*, 2, 1-30.
- Karmiloff-Smith, A. (1992) *Beyond modularity*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Kaya, E., Erduran, S. (2013) Integrating Epistemological Perspectives on Chemistry in Chemical Education: The Case of Concept Duality, Chemical Language, and Structural Explanations. *Science and Education*, 22, 1741-1755.
- Klimovsky, G. (1994) *Las desventajas del conocimiento científico*. Buenos Aires: A-Z Editora.
- Klopfer, L., and Cooley, W. (1961) *Test on Understanding Science*. Princeton: Educational Testing Service.
- Koenen, A.-K., Dochy, F., Berghmans, I. (2015) A phenomenographic analysis of the implementation of competence-based education in higher education. *Teaching and Teacher Education*, 50, 1-12.
- Kuhn, T.S. (1962/1971) *La estructura de las revoluciones científicas*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Kuhn, T.S. (1996) *La tensión esencial. Estudios selectos sobre la tradición y el cambio en el ámbito de la ciencia*. Buenos Aires: Biblos.

- Kuhn, T.S. (2002) Conmensurabilidad, comparabilidad y comunicabilidad. En: Kuhn T. S., *El camino desde la estructura*. Barcelona: Paidós.
- Kunda, Z., Thagard, P. (1996) Forming impressions from stereotypes, traits and behaviors. *Psychological Review*, 103(2), 284-308.
- Lakatos, I. (1971) History of science and its rational reconstructions. En: R. Buck, R. Cohen (Eds.), *Boston Studies in the Philosophy of Science*. Reidel: Dordrecht.
- Lakatos, I. (1976) *Proofs and Refutations*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Lakatos, I. (1989) *La metodología de los programas de investigación científica*. Madrid: Alianza.
- Laudan, L. (1993) *La ciencia y el relativismo*. Madrid: Alianza.
- Laudan, L. (1977) *Progress and its problems*. Berkeley: University of California Press.
- Laudan, L. (1996) *Beyond positivism and relativism: theory, method, and evidence*. Boulder: Westview.
- Lawson, A. E., Thompson, L. D. (1988) Formal reasoning ability and misconceptions concerning genetics and natural selection. *Journal of Research in Science Teaching*, 25(9), 733-746.
- Leach, J. (2006) Epistemological perspectives in research on teaching and learning science. *Research on epistemology: bridging disciplinary boundaries and theoretical perspectives*. Symposium. American Educational Research Association, San Francisco.
- Leach, J. T., Scott, P. H. (2008) Teaching for conceptual understanding: an approach drawing upon individual and sociocultural perspectives. En: S. Vosniadou (Ed.), *International Handbook of Research on Conceptual Change*. New York: Routledge.
- Leal, A., Velásquez, A.F. (2013) Concepciones sobre la naturaleza de la ciencia en un grupo de docentes en formación en ciencias naturales de la Universidad del Tolima. *Revista Praxis*, 9, 8-17.
- Lederman, N.G. (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, 916-29.
- Lederman, N. G., O'Malley, M. (1990) Students' perceptions of tentativeness in science: Development, use, and sources of change. *Science Education*, 74, 225-239.
- Lederman, N.G., Abd-El-Khalik, F., Bell, R.L., Schwartz, R.S. (2002) Views of Nature of Science Questionnaire: Toward Valid and Meaningful. *Journal of Research in Science Teaching*, 39, 497-521.
- Lee, E.A., Choe, S.-U. (2003) Development of the test instrument to assess student progress in understanding nature of science: based on AAAS Benchmarks for Science Literacy. *Journal of Korean Earth Science Society*, 24, 93-99.
- Lee, E.A., Choi, S.-H. (2003) Scientifically gifted students conceptions of nature of science. *Journal of Korean Earth Science Society*, 24, 100-7.
- Lerman, S. (1990) Alternative perspectives of the nature of mathematics and their influence on the teaching of mathematics. *British Educational Research Journal*, 16(1), 53-61.
- Leung, F. K. S. (2006) The impact of information and communication technology on our understanding of the nature of mathematics. For the Learning of Mathematics. *An International Journal of Mathematics Education*, 26(1), 29-35.
- Levinas, M.L., Carretero, M. (2010) Conceptual change, crucial experiments and auxiliary hypotheses. A theoretical contribution. *Integr. Psych. Behav.* 44, 288-98.
- Liang, L. L., Chen, S., Chen, X., Kaya, O. N., Adams, A. D., Macklin, M., Ebenezer, J. (2008) Assessing preservice elementary teachers' views on the nature of scientific knowledge: a dual-response instrument. *Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching*, 9, 1-20.
- Liang, L. L., Chen, S., Chen, X., Kaya, O. N., Adams, A. D., Macklin, M., Ebenezer, J. (2009) Preservice teachers' views about nature of scientific knowledge development: an international collaborative study. *International Journal of Science and Mathematic Education*, 7, 987-1012.
- Lim, L., Tan, M., Saito, E. (2019) Culturally relevant pedagogy: developing principles of description and analysis. *Teaching and teacher education*, 77, 43-52.
- Lin, J.-W., Yen, M.-H., Liang, J.-C., Chiu, M.-H., Guo, C.-J. (2016) Examining the factors that influence students' science learning processes and their learning outcomes: 30 years of conceptual change research. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 12(9), 2617-2646.
- Litman, J. A., Huckins, T. L., Russon, R. K. (2005) Epistemic curiosity, feeling-of-knowing, and exploratory behaviour. *Cognition and Emotion*, 19(4), 559-582.
- Litwin, E. (1998) El campo de la didáctica: la búsqueda de una nueva agenda. En: de A. Camilloni, M.C. Davini, G. Edelstein, E. Litwin, M. Souto, y S. Barco (Comp.), *Corrientes didácticas contemporáneas*. Buenos Aires, Argentina: Paidós.
- Liu, S.-Y., Lederman, N. G. (2002) Taiwanese gifted students' views of nature of science. *School Science and Mathematics*, 102, 114-123.

Liu, S-Y.Lederman, N. G. (2007) Exploring prospective teachers' worldviews and conceptions of nature of science. *International Journal of Science Education*, 29, 1281-1307.

Liu, S., Tsai, C. (2008) Differences in the scientific epistemological views of undergraduate students. *International Journal of Science Education*, 30, 1055–1073.

López, D.M. (2013) Presencia de la visión ahistórica y aproblemática de la ciencia en la enseñanza del concepto elemento químico. En: C.C. Silva, M.E. Brzezinski (Org.), *Aprendendo ciencia e sobre sua natureza*. San Carlos: Tipographia.

Loureiro, S. *Análisis de las concepciones de ciencia que subyacen a los procesos educativos en el área científico-tecnológica*. Tesis de Maestría, Facultad de Química, Universidad de la República, Uruguay, 2011.

Luft, J. A., Roehrig, G. A. (2007) Capturing Science Teachers' Epistemological Beliefs: The Development of the Teacher Belief Interview. *Electronic Journal of Science Education*, 11(2).

Ma, H. (2009) Chinese Secondary School Science Teachers' Understanding of the Nature of Science Emerging from Their Views of Nature. *Research in Science Education*, 39, 701-724.

Macedo, B., Katzkowicz, R., Quintanilla, M. (2005) *La educación de los derechos humanos desde una visión naturalizada de la ciencia y su enseñanza: aportes para la formación ciudadana*. VII Congreso Internacional de Enseñanza de las Ciencias. Granada, España.

Majad, M.A. (2015) Aportes para una revisión bibliográfica sobre la teoría y praxis del *currículum* educativo. *Ensayos pedagógicos*, 10(2), 167-79.

Manassero, M.A., Vázquez, A., Acevedo, J. A. (2003) *Cuestionario de Opiniones sobre Ciencia, Tecnología y Sociedad (COCTS)*. Princeton: Educational Testing Service.

Manassero, M.A. (2013) Innovar la educación en ciencias a través de enseñar y aprender acerca de la naturaleza de ciencia y tecnología. *Enseñanza de las Ciencias*, Número extra, 2103-2108.

Marín, N. (1999) Delimitando el campo de aplicación del cambio conceptual. *Enseñanza de las Ciencias*, 17(1), 79-92.

Marín, N., Soto, C. (2012) Evaluación de la investigación sobre cambio conceptual y concepciones alternativas. Una aproximación al estado actual de la didáctica de las ciencias. *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias*, 9(1), 78-92.

Marín, N., Benarroch, A., Mansoor, N. (2013) Revisión de consensos sobre naturaleza de la ciencia. *Revista de Educación*, 361, 117-140.

Martín, E. (2000) ¿Puede ayudar la teoría del cambio conceptual a los docentes? *Tarbiya*, (26), 31-50.

Martín, M. L. (2007) *Análisis histórico y conceptual de las relaciones entre la inteligencia y la razón*. Tesis Doctoral, Facultad de Psicología, Universidad de Málaga, España.

Martínez, N.R. (2013) Las creencias de los profesores universitarios sobre evaluación del aprendizaje. *Diálogos*, (12), 45-66.

Martínez, M.S., De Longhi, A.L. (2013) Identificación y categorización de dificultades de lectocomprensión en enunciados de problemas de lápiz y papel de estequiometría. *Eureka*, 10(2), 159-70.

Martínez, F., Ortiz, E., González, A., Brito, H. (2009) Antecedentes, iniciadores y fundamentos de los estudios de la complejidad. *Quorum académico*, 6(1), 79-120.

Marton, F. (1981) Phenomenography: Describing conceptions of the world around us. *Instructional Science*, 10(2), 177-200.

Martos, E. y Martos, A. (2012) De los espacios de lectura a los espacios letrados. *Pulso*, 35, 109-29.

Marzábal, A., Rocha, A., Toledo, B. (2015) Caracterización del desarrollo profesional de profesores de ciencias. *Educación química*, 26(2), 117-26.

Massone, A., González, G. (2008) Alfabetización académica. *Revista iberoamericana de educación*, 46(3), 1-5.

Mayorga, M.J., Madrid, D. (2010) Modelos didácticos y estrategias de enseñanza en el Espacio Europeo de Educación Superior. *Tendencias pedagógicas*, (15), 91-111.

McComas, W. F. (1996) Ten Myths of Science: reexamining what we think we know about the nature of science. *School Science and Mathematics*, 96(1), 10-16.

McComas, W. F. (1998). The principal elements of the nature of science: Dispelling the myths. En: W. F. McComas. (Ed.), *The Nature of Science in Science Education*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.

McComas, W. F. (2005) Teaching the Nature of Science: What Illustrations and Examples Exist in Popular Books on the Subject? *Eighth International History, Philosophy and Science Teaching (IHPST) Conference*, Leeds, Reino Unido.

McEwan, H., Egan, K. (1995) *Narrative in teaching, learning and research*. Nueva York: Teachers College Press.

- McGann, M. (2010) Perceptual modalities: modes of presentation or modes of interaction? *Journal of Consciousness Studies*, (17), 72-94.
- Membiela, P. (2001) Una revisión del movimiento CTS en la enseñanza de las Ciencias. En: Membiela, P. (Ed.). *Enseñanza de las Ciencias desde la perspectiva Ciencia-Tecnología-Sociedad. Formación científica para la ciudadanía*. Madrid: Narcea.
- Merino-Rubilar, C., Jara, R., Leyton, P., Paipa, C., Izquierdo, M. (2014) Designing problems to learn chemistry: a toulminian approach. *Procedia of Social and Behavioral Sciences*, 116, 2193-97.
- Meroni, G. *Innovación didáctica en la enseñanza de la química en el nivel de educación media en el Uruguay*. Tesis de Maestría, Facultad de Química, Universidad de la República, Uruguay, 2016.
- Merleau-Ponty, M. (1999) *Fenomenología de la percepción*. Barcelona: Altaya.
- Mora, A. (2015) Cartografías curriculares e imaginarios de la docencia universitaria. *Ensayos pedagógicos*, 10(2), 15-46.
- Mudarra, F. (2001) La naturaleza de las prenociones para la lectura en la enseñanza de la química. *Educere*, (14), 171-75.
- Mura, R. (1993) Images of mathematics held by university teachers of mathematical sciences. *Educational Studies in Mathematics*, 25(4), 375-385.
- Nagel, E. (1961) *La estructura de la ciencia*. Barcelona: Paidós.
- Nersessian, J. (2008) Mental modeling in conceptual change. En: S. Vosniadou (Ed.), *International handbook of research on conceptual change*. New York: Routledge.
- Nola, R. (2012) *Rescuing reason: a critique of anti-rationalist views of science and knowledge*. Dordrecht: Kluwer Academic Press.
- Nola, R., Sankey, H. (2012) *After Popper, Kuhn and Feyerabend: recent issues in theories of scientific method*. Dordrecht: Springer Science.
- Nott, M., Wellington, J., A (2000) Programme for Developing Understanding of the Nature of Science in Teacher Education. En: W. F. McComas (ed.), *The nature of science in science education: rationales and strategies*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Nola, R., Sankey, H. (2014) *Theories of scientific method: an introduction*. New York: Routledge.
- Nowotny, H., Scott, P., Gibbons, M. (2003) "Mode 2 revisited". *Minerva*, 41, 179-94.
- Nunziati, G. (1990) Pour construire un dispositif d'évaluation formative. *Cahiers Pédagogiques*, 280, 47-64.
- Oficina Internacional de Educación de la UNESCO. OIE (2016) *Qué hace a un curriculum de calidad*.
- Osborne, J., Collins, S., Ratcliffe, M., Millar, R. y Duschl, R. (2003). What "ideas-about-science" should be taught in school science? A Delphi study of the expert community. *Journal of Research in Science Teaching*, 40, 692-720.
- Osborne, J., Dillon, J. (2008) *Science education in Europe: critical reflections – A report to the Nuffield Foundation*. London: Nuffield Foundation.
- Padilla, K., Garritz, A. (2014) Creencias epistemológicas de dos profesores-investigadores de la educación superior. *Educación química*, 25(3), 343-53.
- Palmquist, B.C., Finley, F.N. (1997) Preservice Teachers' Views of the Nature of Science during a Postbaccalaureate Science Teaching Program. *Journal of Research in Science Teaching*, 34, 595-615.
- Panaia, M. (2004a) El aporte de las técnicas biográficas a la construcción de teoría. *Espacio abierto*, 13(1), 51-73.
- Panaia, M. (2004b) El aporte del uso de las técnicas biográficas a la construcción de teoría. *Investigaciones sociales*, (13), 335-56.
- Pekdag, B. (2014) Prospective Chemists' and Pre-service Chemistry Teachers' Views about Science-Technology-Society (STS) Issues. *Croatian Journal of Education*, 16(3), 11-53.
- Pellegrino, J.W., Hilton, M.L. (2012) *Education for life and work*. Washington: National Academies Press.
- Pereira, C.M., Kiill, K.B. (2015) La contextualización para estudiantes de la licenciatura en química. Una mirada a la formación inicial de profesores. *Campo abierto*, 34(2), 15-29.
- Pérez, H. J. Á. (2006) *Los hallazgos de las neurociencias y su aplicabilidad a la sala de clases: teoría y práctica*. Montevideo: Santillana.
- Pérez, M.E., Mazzarella, C., Ojeda, E. (2013) Construcción del concepto de modelo científico mediante una estrategia pedagógica en estudiantes. *Revista de investigación*, 37(78), 129-144.
- Perrenoud, Ph. (2010) La formación del profesorado: un compromiso entre visiones inconciliables de la coherencia. *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 68, 103-22.
- Pesa, M.A., Ostermann, F. (2002) La ciencia como actividad de resolución de problemas: la epistemología de Larry Laudan y algunos aportes para las investigaciones educativas en ciencias. *Cad. Bras. Ens. Fis.*, 19, 84-99.
- Piaget, J. (1973) *The child's conception of the world*. St. Albans: Granada.

- Piaget, J. (1970) *Naturaleza y métodos de la epistemología*. Buenos Aires: Proteo.
- Pinochet, J. (2015) El modelo argumentativo de Toulmin y la educación en ciencias: una revisión argumentada. *Ciênc. Educ.* 21(2), 307-27.
- Pintrich, P. R., Marx, R., Boyle, R. (1993) Beyond "cold" conceptual change: The role of motivational beliefs and classroom contextual factors in the process of conceptual change. *Review of Educational Research*, 63(2), 167-199.
- Pontes, A., Poyato, F.J., Oliva, J.M. (2016) Concepciones sobre evaluación en la formación inicial del profesorado de ciencias, tecnología y matemáticas. *Revista Iberoamericana de Evaluación Educativa*, 9(1), 91-107.
- Popper, K. (1995) *La lógica de la investigación científica*. Madrid: Tecnos.
- Popper, K., Adorno, G., Dahrendorf, L., Habermas, J. (2008) *La lógica de las ciencias sociales*. México: Colofón.
- Posner, G. J., Strike, K. A., Hewson, P. W., and Gertzog, W. A. (1982) Accommodation of a scientific conception: toward a theory of conceptual change. *Science Education*, 66, 211-227.
- Pozo, J.I. (1996) *Aprendices y maestros*. Madrid: Alianza.
- Pozo, J.I. (1999) Más allá del cambio conceptual: el aprendizaje de la ciencia como cambio representacional. *Enseñanza de las ciencias*, 17(3), 513-20.
- Pozo, J. I. (2007) *Ni cambio ni conceptual: la reconstrucción del conocimiento científico como un cambio representacional*. *Cambio conceptual y representacional en la enseñanza de la ciencia*. Madrid: OREALC-UNESCO/Universidad de Alcalá.
- Pozo J. I. (2009) Adquirir una concepción compleja del conocimiento: creencias epistemológicas y concepciones de aprendizaje. En: J. I. Pozo y M. Pérez Echeverría (Coords.), *Psicología del aprendizaje universitario: la formación en competencias*. Madrid: Morata.
- Pozo, J.I., Puy Pérez, M. del, Sanz, Á., Limón, M. (1992) Las ideas de los alumnos sobre la ciencia como teorías implícitas. *Infancia y aprendizaje*, 57, 3-22.
- Prieto, T., España, E., Martín, C. (2012) Algunas cuestiones relevantes en la enseñanza de las ciencias desde una perspectiva Ciencia-Tecnología-Sociedad. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 9(1), 71-77.
- Prigogine, I., Stengers, I. (1983) *La nueva alianza*. Madrid: Alianza.
- Prigogine, I. (2004) *Beyond being and becoming*. Nueva York: Wiley.
- Pujalte, A.P. (2014) *Las imágenes de ciencia del profesorado: de la imagen discursiva a la enactiva*. Tesis de Doctorado. Buenos Aires: Universidad Nacional de Quilmes.
- Pujalte, A.P., Adúriz, A., Porro, S. (2015) Las imágenes de ciencia en profesoras y profesores de biología: entre lo que se dice y lo que se hace. *Revista Boletín Biológico*, 9(33), 5-10.
- Pujol, R. (2000) Concepciones sobre modelos científicos de estudiantes de cursos Superiores (8° - 10° semestre) en la mención Química del Instituto Pedagógico de Caracas. *Revista de Investigación*, 47, 49-72.
- Putnam, H. (2013) *Philosophy in an age of science*. Cambridge: Harvard University Press.
- Quevedo, Y.C.P. (2008) Narratives: a mirror of social sensitivity. *HOW*, 15, 125-140.
- Quílez, J. (1997) El principio de Le Chatelier como regla cualitativa: un obstáculo epistemológico en el aprendizaje del equilibrio químico. *Infancia y Aprendizaje*, 78, 73-86.
- Quílez-Pardo, J., Quílez-Díaz, M.A. (2016) Clasificación y análisis de los problemas terminológicos asociados con el aprendizaje de la química: obstáculos a superar. *Eureka*, 13(1), 20-35.
- Rahim, R., Hogan, D., Chan, M. (2012) The epistemic framing of mathematical tasks in Secondary. En: Kaur, B., Toh, T.L. (Ed.), *Reasoning and communication and connections in mathematics*. Singapur: World Scientific Publishing.
- Rastegar, A., Jahromi, R. G., Haghighi, A. S., Akbari, A. R. (2010) The relation of epistemological beliefs and mathematics achievement: The mediating role of achievement goals, mathematics self-efficacy, and cognitive engagement. *Procedia Social and Behavioral Sciences*, 5, 791-797.
- Raymond, A. (1997) Inconsistency between a beginning elementary school teacher's mathematics beliefs and teaching practice. *Journal for Research in Mathematics Education*, 28(5), 550-576.
- Renyi, J. (2000) Hunting the quark: Interdisciplinary curriculum in public schools. En: Wineburg, S.; Grossman, P. (eds.) *Interdisciplinary Curriculum: Challenges to Implementation*. Nueva York: Teachers College Press.
- Richardson, J. (1999) The concepts and methods of phenomenographic research. *Review of Educational Research*, 69(1), 53-82.
- Richardson, L., Simmons, P. (1994) *Self-Q research method and analysis, Teacher Pedagogical Philosophy Interview: Theoretical background and samples of data*. Athens: University of Georgia.
- Rodríguez Moneo, M. (2001) Presentación: estado actual y nuevas direcciones en el estudio del cambio conceptual. *Tarbiya*, (26), 5-12.

- Rodríguez Moneo, M., Huertas, J.A. (2000) Motivación y cambio conceptual. *Tarbiya*, (26), 51-72.
- Rubba, P. A., and Andersen, H. O. (1978) Development of an instrument to assess secondary school students understanding of the nature of scientific knowledge. *Sci. Educ.* 62, 449-458.
- Rubba, P. A. Harkness, W. J. (1993) Examination of preservice and in-service secondary science teachers' beliefs about Science-Technology-Society interactions. *Science Education*, 77(4) 407-431.
- Rubba, P. A., Schoneweg-Bradford, C., Harkness, W. J. (1996) A new scoring procedure for the Views on Science-Technology-Society instrument. *International Journal of Science Education*, 18, 387-400.
- Rudge, D.W., Howe, E.M. (2013) Whither the VNOS. En: C.C. Silva, M.E. Brzezinski (Org.), *Aprendendo ciencia e sobre sua natureza*. San Carlos: Tipographia.
- Ruiz-Huerta Carbonell, J. (2009) Recensión de "Dar clase con la boca cerrada" de Don Finkel. *E-pública: revista electrónica sobre la enseñanza de la economía pública*, (6), 49-60.
- Ryder, J. (2002) School science education for citizenship: strategies for teaching about the epistemology of science. *Journal of curriculum studies*, 34, 637-58.
- Ryder, J. (2015) Being professional: accountability and authority in teachers' responses to science curriculum reform. *Studies in Science Education*, 51(1), 87-120.
- Salomon, G. (2001) *Cogniciones distribuidas*. Buenos Aires: Amorrortu.
- Salter, D., Pang, P., Sharma, P. (2009) Active tasks to change the uses of class time within an outcome based approach to curriculum design. *Journal of University Teaching and Learning Practice* 6(1), 27-38.
- Sánchez, M.C. (2015) La dicotomía cualitativo-cuantitativo: posibilidades de integración y diseños mixtos. *Campo Abierto*, 11 -30.
- Sankey, H. (2016) *Scientific realism and the rationality of science*. Hampshire: Ashgate.
- Saricam, H., Sahin, S. H. (2015) The Relationship between the Environmental Awareness, Environmental Attitude, Curiosity and Exploration in Highly Gifted Students: Structural Equation Modelling. *Educational Process: International Journal*, 4 (1-2), 7-17.
- Schmitt, F. F., Lahroodi, R. (2008) The epistemic value of curiosity. *Educational Theory*, 58(2), 125-148.
- Schoenfeld, A. (1985) Metacognitive and epistemological issues in mathematical problem solving. En: E.A. Silver (Ed.), *Teaching and learning mathematical problem solving: Multiple research perspectives*. Hillsdale: Erlbaum.
- Schommer-Aikins, M., Duell, O. K., Barker, S. (2003) Epistemological beliefs across domains using Biglan's classification of academic disciplines. *Research in Higher Education*, 44(3), 347-366.
- Schommer-Aikins, M., Duell, O. K., Hutter, R. (2005) Epistemological beliefs, mathematical problem-solving beliefs, and academic performance of middle school students. *The Elementary School Journal*, 105(3), 289-304.
- Schommer-Aikins, M., Unruh, S., Morpew, J. (2015) Epistemological belief congruency in mathematics between vocational technology students and their instructors. *Journal of Education and Training Studies*, 3(4), 137-145.
- Schuster, F. (1992) *El método en las ciencias sociales*. Buenos Aires: Centro Editor de América Latina.
- Schwandt, T. (2003) Three epistemological stances for qualitative inquiry: Interpretivism, hermeneutics and social constructionism. En: N. Denzin, Y. Lincoln (Eds.), *The Landscape of Qualitative Research*. Londres: Sage.
- Séris, J.-P. (2013) *La technique*. Paris: PUF.
- Shulman, L.S. (2001) Conocimiento y enseñanza. *Estudios públicos*, 83, 163-96.
- Silva, E. (2003) *Evaluación de Gestión del CERP del Litoral a seis años de su instalación*.
- Simmons, P. E., Emory, A., Carter, T., Coker, T., Finnegan, B., Crockett, D., Richardson, L., Yager, R., Craven, J., Tillotson, J., Brunkhorst, H., Twiest, M., Hossain, K., Gallagher, J., Duggan Haas, D., Parker, J., Cajas, F., Alshannag, Q., McGlamery, S., Krockover, G., Adams, P., Spector, B., La Porta, T., James, B., Rearden, K., Labuda, K. (1999) Beginning teachers: Beliefs and classroomactions. *Journal of Research in Science Teaching*, 36(8), 930-954.
- Sinatra, G. M., Pintrich, P. R. (2003) *Intentional conceptual change*. Hillsdale: Erlbaum.
- Sirois, S., Spratling, M., Thomas, M.S.C., Westermann, G., Mareschal, D., Johnson, M.H. (2014) Compendio de neuroconstructivismo: cómo el cerebro construye la cognición. *Revista argentina de ciencias del comportamiento*, 6(1), 60-81.
- Siso-Pavón, Z.C., Sánchez-Soto, I.R., Cuéllar-Fernández, L.H. (2019) Concepciones metateóricas de profesores de química y su revisión en un itinerario de formación y reflexión. *Educación*, 40(9), 23-47.
- Skott, J. (2013) Understanding the role of the teacher in emerging classroom practices: Searching for patterns of participation. *ZDM Mathematics Education*, 45(4), 547-559.

- Soto, C., Otero, J., Sanjosé, V. (2005) A review of conceptual change research in science education. *Journal of Science Education*, 6(1), 5-8.
- Sperber, D. (1984) Anthropology and psychology: towards an epistemology of representation. *Man*, 20, 1-17.
- Stenhouse, L. (1998) *La Investigación como base de la enseñanza*. Madrid: Morata.
- Strauss, A., Corbin, J.M. (1990) *Basic of qualitative research: grounded theory procedures and techniques*. Thousand Oaks: Sage.
- Strike, K. A., Posner, G. J. (1985) A conceptual change view of learning and understanding. En: L. West, L. Pines (Eds.), *Cognitive structure and conceptual change*. Orlando: Academic Press.
- Strike, K. A., Posner, G. J. (1992) A revisionist theory of conceptual change. En: R. A. Duschl, R. J. Hamilton (Eds.), *Philosophy of science, cognitive psychology, and educational theory and practice*. New York: State University of New York.
- Taber, K. S. (2001) Building the structural concepts of chemistry: some considerations from educational research. *Ioannina*, 2(2), 123-158.
- Taber, K. S. (2008) Towards a curricular model of the Nature of Science. *Science and Education*, 17, 179-218.
- Taber, K. S. (2009) *Progressing Science Education: Constructing the scientific research program into the contingent nature of learning science*. Dordrecht: Springer.
- Taber, K. S. (2016) Teaching about the book of nature: the challenge of demystifying chemistry at school level. *Khimiya/Chemistry: Bulgarian Journal of Science Education*, 25(2), 284-314.
- Talanquer, V. (2006) Commonsense chemistry: a model for understanding students' alternative conceptions. *Journal of Chemical Education*, 83(5), 811-816.
- Tejada, J. (2008) Innovación didáctica y formación del profesorado. En: de la Herrán, A. y Paredes, J. *Didáctica General. La práctica de la enseñanza en Educación Infantil, Primaria y Secundaria*. Madrid: McGraw-Hill/Interamericana.
- Thagard, P. (1992) Adversarial problem solving. *Cognitive science*, 16, 123-49.
- Thagard, P., Verbeurgt, K. (1998) Coherence as constraint satisfaction. *Cognitive Science*, 22(1), 1-24.
- Thagard, P. (2008) Conceptual change in the history of science: life, mind, and disease. En: S. Vosniadou (Ed.), *International Handbook of Research on Conceptual Change*. New York: Routledge.
- Thompson, A. (1984) The relationship of teachers' conceptions of mathematics and mathematics teaching to instructional practice. *Educational Studies in Mathematics*, 15(2), 105-127.
- Thompson, A. G. (1992) Teachers' beliefs and conceptions: A synthesis of the research. En: D. A. Grouws (Ed.), *Handbook of research on mathematics teaching and learning*. New York: Macmillan.
- Tippett, C. D. (2010) Refutation text in science education: A review of two decades of research. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 8(6), 951- 970.
- Toulmin, S. (1958) *The uses of argument*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Treagust, D., Chttlebrough, G., Mamiala, T. (2007) La comprensión de los estudiantes sobre el papel de los modelos científicos en el aprendizaje de las ciencias. *Eureka*, 4(2), 364-366.
- Trinidad, R. (2012) *Creencias sobre la enseñanza de los profesores de química del nivel medio superior*. Tesis de Maestría. UNAM.
- Tsai, C.-C. (2001) Ideas about earthquakes after experiencing a natural disaster in Taiwan: An analysis of students' worldviews. *International Journal of Science Education*, 23, 1007-1016.
- Tsai, C.-C. (2007) Teachers' scientific epistemological views: the coherence with instruction and students' views. *Science Education*, 91, 222-243.
- Tsai, C.-C., Liu, S.-Y. (2005) Developing a multi-dimensional instrument for assessing students' epistemological views toward science. *International Journal of Science Education*, 27, 1621-1638.
- Van Berkel, B., de Vos, W., Verdonk, A. H., Pilot, A. (2000) Normal Science Education and its Dangers: The Case of School Chemistry. *Science and Education*, 9(1-2), 123-159.
- Van den Berg, G., Schulze, S. (2014) Teachers' sense of self amid adaptation to educational reform. *Africa Education Review*, 11(1), 59-76.
- Vázquez, Á., Acevedo, J.M., Manassero, M.A., Acevedo, P. (2006a) Actitudes del alumnado sobre ciencia, tecnología y sociedad, evaluadas con un modelo de respuesta múltiple. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 8, 1-37.
- Vázquez, Á., Acevedo, J.M., Manassero, M.A., Acevedo, P. (2006b) Evaluación de los efectos de la materia CTS de bachillerato en las actitudes CTS del alumnado con una metodología de respuesta múltiple. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 3, 317-48.

- Vázquez, Á., Manassero, M.A., Acevedo, J.A. (2006c) An analysis of complex multiple-choice science-technology-society items: methodological development and preliminary results. *Science Education*, 90, 681-706.
- Vázquez, A., Manassero, M.A. (2012) La selección de contenidos para enseñar naturaleza de la ciencia y tecnología: una revisión de las aportaciones de la investigación didáctica. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 9, 2-31.
- Vázquez, A., Manassero, M.A. (2013) La comprensión de un aspecto de la naturaleza de ciencia y tecnología: una experiencia innovadora para profesores en formación inicial. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 10, 630-48.
- Vázquez, Á., Manassero, M.A., Acevedo, J.A., Acevedo, P. (2007a) Consensos sobre la naturaleza de la ciencia: la ciencia y la tecnología en la sociedad. *Enseñanza Química*, 18, 38-55.
- Vázquez, Á., Manassero, M.A., Acevedo, J.A., Acevedo, P. (2007b) Consensos sobre la naturaleza de la ciencia: la comunidad tecnocientífica. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 6, 331-63.
- Vega, L., Labra, P., Espíndola, C. (2015) Proceso de formación inicial docente con foco en la autorregulación de la gestión para el aseguramiento de la calidad: El caso de la Universidad de la Serena. En: Jabonero, M., Bris, M.M., Martínez, A., Bizelli, J.L. (Ed.), *Miradas diversas de la educación en Iberoamérica*. Alcalá: Santillana.
- Verdugo, J.J. (2017) *Estudio sobre el conocimiento disciplinar y conocimiento didáctico del contenido en ciencias del profesorado de educación primaria en formación inicial*. Tesis de Doctorado. Universitat de Valencia.
- Vergara, C. (2011) Concepciones de evaluación del aprendizaje de docentes destacados de educación básica. *Actualidades investigativas en educación*, 11(1), 1-30.
- Vergara, C. (2012) Análisis de las concepciones de evaluación del aprendizaje de docentes destacados de educación básica. *Revista Iberoamericana de Evaluación Educativa*, 5(3), 249-73.
- Vessuri, H. (2004) La hibridización del conocimiento. *Convergencia*, 11(35), 171-91.
- Vezub, L. (2013) Hacia una pedagogía del desarrollo profesional docente. *Páginas de educación*, 6(1), 95-121.
- Viholainen, A., Asikainen, M., Hirvonen, P. E. (2014) Mathematics student teachers' epistemological beliefs about the nature of mathematics and the goals of mathematics teaching and learning in the beginning of their studies. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 10(2), 159-171.
- Vilanova, S.L., Mateos-Sanz, M. del M., García, M.B. (2011) Las concepciones sobre la enseñanza y el aprendizaje en docentes universitarios de ciencias. *Universia*, 2(3), 53-75.
- Vosniadou, S. (2008) Conceptual change research: an introduction. En: S. Vosniadou (Ed.), *International Handbook of Research on Conceptual Change*. New York: Routledge.
- Vosniadou, S., Brewer, W. F. (1992) Mental models of the earth: A study of conceptual change in childhood. *Cognitive Psychology*, 24(4), 535-585.
- Vosniadou, S., Vamvakoussi, X., Skopeliti, I. (2008) The framework theory approach to the problem of conceptual change. En: S. Vosniadou (Ed.), *International Handbook of Research on Conceptual Change*. New York: Routledge.
- Welch, W. W., and Pella, M. O. (1967) The development of an instrument for inventorying knowledge of the processes of science. *J. Res. Sci. Teach.* 5, 64-68.
- Xenofontos, C. (2014) The cultural dimensions of prospective mathematics teachers' beliefs: Insights from Cyprus and England. *Preschool and Primary Education*, 2(1), 3-16.
- Xenofontos, C. (2018) Greek-Cypriot elementary teacher s' epistemological belief s about mathematics. *Teaching and teacher education*, 70, 47-57.
- Zakaria, E., Murisan, N. (2010) Beliefs about the nature of mathematics, mathematics teaching and learning among trainee teachers. *The Social Sciences*, 5(4), 346-351.
- Zamora, Á., Suárez, J.M., Ardura, D. (2018) El uso de los errores como herramienta del aprendizaje autorregulado en estudiantes de secundaria. *Aula abierta*, 47(2)229-36.
- Zeichner, K. (2010) Nuevas epistemologías en formación del profesorado. Repensando las conexiones entre las asignaturas del campus y las experiencias prácticas en la formación del profesorado en la universidad. *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 68, 123-49.
- Ziman, J. (2003) Ciencia y sociedad civil. *Revista CTS*, 1(1), 177-88.