



La historia y la filosofía de la química en la formación inicial del profesorado de química

The history and philosophy of chemistry in the initial training of chemistry teachers

Mario Quintanilla-Gatica¹, Henry Giovany Cabrera² y Jecsán Zambrano³

Recepción: 12/01/22
Aceptación: 13/08/22

Resumen

Presentamos y discutimos las directrices meta teóricas y metodológicas de una experiencia de innovación que introduce la historia de la ciencia y la filosofía de la ciencia en los cursos de Didáctica de la Química en la formación inicial del profesorado de secundaria, con la finalidad de promover y desarrollar una visión más comprensiva, interesante y valiosa sobre la producción del conocimiento en este campo disciplinar de la ciencia, frente a los actuales y diversos desafíos que nos impone una nueva cultura de la enseñanza de las ciencias. Los resultados revelan una interesante reflexión de cómo la orientación formativa y teórica del profesorado contribuye a una visión más humana de la química, su enseñanza y aprendizaje.

Palabras clave

Historia de la ciencia, formación inicial docente, Talleres de Reflexión Docente (TRD).

Abstract

We present and discuss the meta-theoretical and methodological guidelines of an innovative experience that introduces the history of science and philosophy of science in chemistry didactics courses in the initial training of secondary school teachers. The aim is to promote and develop a more comprehensive, interesting, and valuable vision of the production of knowledge in this disciplinary field of science, in the face of the current and diverse challenges imposed by a new culture of science teaching. The results reveal an interesting reflection on how the formative and theoretical orientation of teachers contributes to a more humane view of chemistry, its teaching and learning.

Keywords

History of science, initial teacher training, Teacher Reflection Workshops (TRD).

¹Universidad Católica de Chile. mquintag@uc.cl

²Universidad del Valle. Colombia. henry.g.cabrera.c@correounivalle.edu.co

³Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación. Chile. jecsan.zambrano2014@umce.cl

Introducción

La Historia de la Química permite identificar y caracterizar los diferentes modelos teóricos de la ciencia que se reconfiguran sistemáticamente con la reconstrucción de sus postulados, lenguajes y métodos, promueve relacionar el conocimiento científico con los problemas y finalidades, la cultura y los valores de una época (Quintanilla, 2020). En lo que corresponde a la formación inicial del profesorado de química, la importancia que tiene el uso de la historia de la ciencia radica en comprender que es el pensamiento químico y promover la reflexión sobre fenómenos químicos en el aula de ciencias, contribuyendo de manera razonable a que el estudiantado se motive por aprender química porque le resulta más cercana, valiosa e interesante para comprenderla.

Lo que nos motiva en esta propuesta es articular de manera virtuosa la Historia de la Ciencia (HC) con la Filosofía de la Ciencia (FC) y la Didáctica de las Ciencias (DC). Han transcurrido 32 años desde que Estany e Izquierdo (1990) nos advertían sobre los supuestos que subyacen a la dinámica entre HC, FC y DC, constituyendo hasta hoy, una cuestión muy debatida, controversial y de interés creciente tanto en círculos de filósofos como de historiadores de la ciencia y *didactólogos* en un componente esencial y relevante para repensar la formación del profesorado de ciencias naturales y el aprendizaje (Izquierdo et al., 2016; Quintanilla, 2017). La vinculación se ha estrechado tanto que, actualmente es tendencia cada vez más frecuente en la fundamentación teórica de las innovaciones de propuestas de secuencias de enseñanza y aprendizaje, así como de su incorporación en la formación inicial del profesorado (Izquierdo et al., 2014).

En este artículo, presentamos una propuesta que, debidamente orientada, puede contribuir a promover esta *tríada virtuosa* HQ-FQ-DQ y que hemos venido trabajando la formación inicial y continua del profesorado de química, centrados en los aportes de estas metaciencias a la enseñanza de química (Leal et al., 2019). El aporte de los estudios meta científicos (HFC) permitirá al alumnado comprender la ciencia como un sistema de conocimiento vivo, que se modifica constantemente en función de nuevas aportaciones, de nuevas preguntas y de dudas razonables que pueden conducir a nuevos descubrimientos.

La Historia y la Filosofía de la Química en la Formación inicial Docente

La HC ha tenido una función específica, importante, en la enseñanza de las ciencias, ya que sirve de introducción al profesorado no especialista que se ‘aproxima’ a ella, mostrando la procedencia y origen del conocimiento científico especializado, cómo se elabora y desarrolla, su relevancia en el marco general de los conocimientos científicos, los retos intelectuales y prácticos a los que se enfrenta la formación y desarrollo profesional del profesorado y sus diferentes, teorías, lenguajes e instrumentos (Chamizo, 2018). El profesorado en formación inicial ha logrado construir diversas concepciones del mundo y de las ciencias, adquiridas a través de sus experiencias, en la química escolar y luego en la formación profesional. Algunos estudios se han orientado hacia las concepciones que tienen estos profesores sobre el uso de modelos en la formación docente, la resolución de problemas científicos escolares y las imágenes o representaciones que ellos han construido sobre la historia de las ciencias (Quintanilla, 2017; Lires, 2022; Quintanilla y Solsona, 2019).

La relevancia de Faraday y Lavoisier en la historia de la ciencia para la enseñanza y la formación del profesorado

En esta propuesta se introduce al Profesorado de Química en Formación (en adelante PQF) en algunas de las controversias históricas relevantes sobre *materia y energía* a partir de la vida y época de Lavoisier y Faraday (aclaramos que en la época de ellos no se discutía sobre materia y energía en los términos que actualmente entendemos). El primero, nació en París en 1743. Hijo de un abogado que ocupaba el cargo de procurador del Parlamento parisino, el Tribunal más importante de Francia, obtuvo el título de nobleza de “Conseiller-Secrétaire”. La madre, que procedía también de una acomodada familia de juristas, murió cuando Lavoisier solo tenía 5 años. Estudió durante 9 años en el Collège Mazarin, y se graduó de abogado. En 1771, Lavoisier se casó con Marie Anne Pierrette Paulé, que entonces tenía 14 años. Se convirtió en su secretaria y ayudante personal, y aprendió inglés para traducirle las publicaciones de Priestley y Cavendish, como también el libro *Essay on phlogiston* de R. Kirwan (Gallego et al, 2015). A diferencia de Lavoisier, Michael Faraday era de origen británico y humilde. Nació en 1791, al sur de Londres y falleció en 1867. Vivió una época de grandes avances científicos, la famosa Revolución Industrial y de la cual, Gran Bretaña, fue el centro gravitatorio en el siglo XIX. Entusiasta, extraordinariamente metódico y creativo que pensaba en términos de imágenes. No fue hasta 1813 cuando Faraday comenzó a “trabajar” en el campo de la ciencia. Su primer jefe y mentor fue el químico Humphry Davy, también británico, y que logró grandes descubrimientos en el campo del electrólisis.

Objetivo General

- Comprender aspectos fundamentales de la historia de la ciencia como estrategia e instrumento de formación y desarrollo profesional y su aporte al aprendizaje de la química escolar (QE).

Objetivos específicos

1. Introducir una experiencia de innovación docente vinculada con la historia de la ciencia en la formación del profesorado de química novel
2. Promover en el PQF el análisis y debate sobre la vida y época de Lavoisier y Faraday y de su valor para orientar el aprendizaje de la química.
3. Analizar las producciones del PQF derivadas de la experiencia de innovación e su proceso de formación y desarrollo profesional y caracterizarlas lo más densamente posible

Metodología e instrumentos

En este trabajo exploratorio y de innovación en la formación del profesorado de química, se adopta un enfoque cualitativo con aproximación interpretativa y naturalista hacia el objeto de estudio (Hernández et al, 2014). Se utilizan tres *dispositivos* (Dp): (a) Un video (Dp1) que ‘ambienta’ de manera documentada y personificada, la vida y época de Lavoisier y Faraday, (b) Pauta de Observación(Dp2) que orienta los registros audiovisuales con

preguntas problematizadoras: Ej: ¿Cómo se genera una pregunta científica?; ¿Cómo se aborda o intenta resolver el problema en una comunidad científica?; ¿Qué tipo de conflictos o disputas aparecen en la comunidad científica? ¿Cómo se enfrentan? ¿cómo se superan? y c) Dispositivo de Evaluación (Dp3) que orienta la reflexión teorizada de la actividad con preguntas específicas tales como ¿Qué ha provocado en mis conocimientos científicos, mi imagen de la ciencia, de la química esta narración histórica? ¿Qué desafíos profesionales me parecen relevantes como profesor de química en formación?, entre otras.

Participaron 14 PQF de octavo semestre de la Universidad Católica de Chile, organizados en 5 grupos de trabajo. La actividad se desarrolló durante 4 sesiones consecutivas durante el primer semestre de 2020 en ambiente remoto. La pauta de observación (D2) orientaba al profesorado para abordar la vida y época de Lavoisier y Faraday sugiriendo aspectos personales, institucionales, culturales y científicos entre otros. El dispositivo de evaluación(D3) promovía una reflexión teorizada respecto a la relevancia de incorporar la HC en la enseñanza (Cabrera, 2015; Izquierdo et al., 2016).

Nuestra finalidad es mostrar al PQF, cómo las ideas, condiciones, contextos, estilos de vida, valores en disputa e instituciones en conflicto en la época de Lavoisier y Faraday fueron determinantes para la emergencia de nuevas teorías, lenguajes e instrumentos en relación con la materia y la energía. A partir de un video que ambienta la época de ambos científicos, se presenta al profesorado de química en formación a la persona ‘no al personaje’, con sus dilemas, angustias, frustraciones, ansiedades e inteligencia creadora en relación con dos conceptos vertebradores o modelos irreducibles en la didáctica de la química: *modelo materia* y *modelo energía*, ampliamente investigados en nuestra área (Perea y Buteler, 2016; Greca y Moreira, 1998).

El debate al que se pretende invitar al PQF requiere de un enfoque histórico-filosófico con base en una visión de la historia de la ciencia profundamente humana inspirada en el racionalismo hipotético o moderado con la intención de no limitarse a una transmisión de información sino a promover habilidades cognitivo lingüísticas (Izquierdo et al., 2016; Quintanilla, 2017).

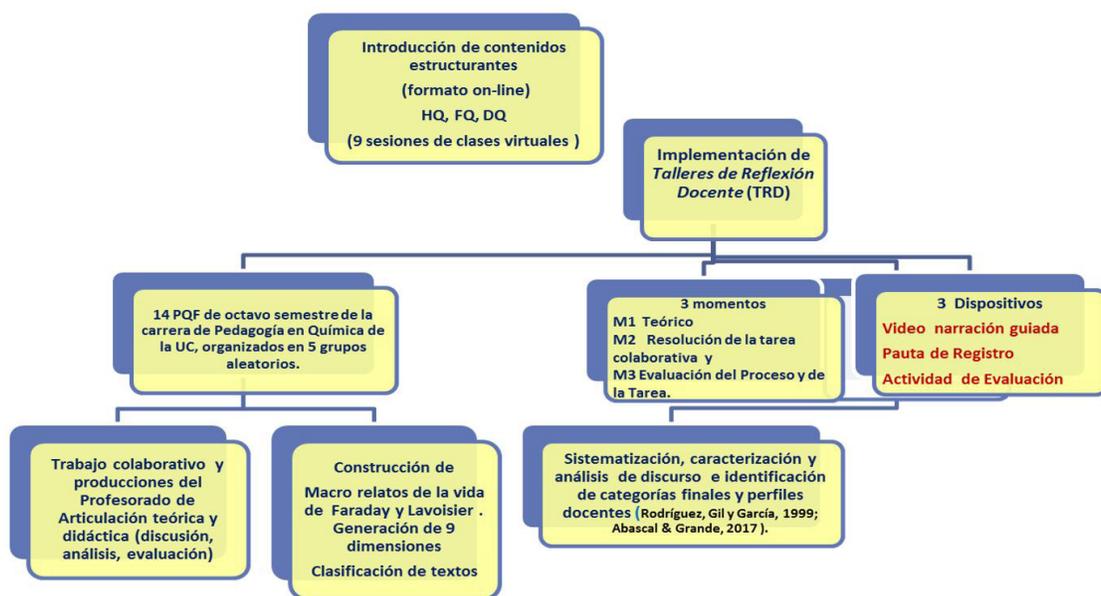


DIAGRAMA 1. Etapas de la intervención didáctica y posterior análisis de datos (elaboración propia).

Descripción de la actividad

La actividad se realiza en formato remoto durante el primer semestre de 2020 (24 clases de 120 min. cada una) debido a la pandemia, para lo cual se implementan *Talleres de Reflexión Docente* (Diagrama 2) organizados en 3 momentos: **i)** Momento Teórico-Informativo (MT1); **ii)** Resolución de la tarea colaborativa (MG2) y **iii)** Evaluación del Proceso y de la Tarea (ME3). En M1 se introducen los aspectos metateóricos, en M2 los estudiantes observan el video y debaten las orientaciones de la Pauta de Observación generando sus producciones escritas y en M3 evalúan la actividad estableciendo relaciones HC/FC/DC (Izquierdo et al., 2014).



DIAGRAMA 2. Orientación metodológica (momentos) de los Talleres de Reflexión Docente.

Resultados

Los datos clasificados, sistematizados y reducidos se analizan en tres niveles según se indica en la Tabla 2 y en tres etapas consecutivas (diagrama 3): *Clasificación, estructuración, reducción y síntesis*.

N	Tipo de análisis	Método /Técnica
N1	Descriptivo estructural por extensión de narrativas.	Análisis de contenido
N2	Análisis estadístico de correspondencias múltiples.	Programa SPSS
N3	Análisis discursivo.	Comparativo constante – Atlas ti

TABLA 2. Niveles y técnicas de análisis de datos.

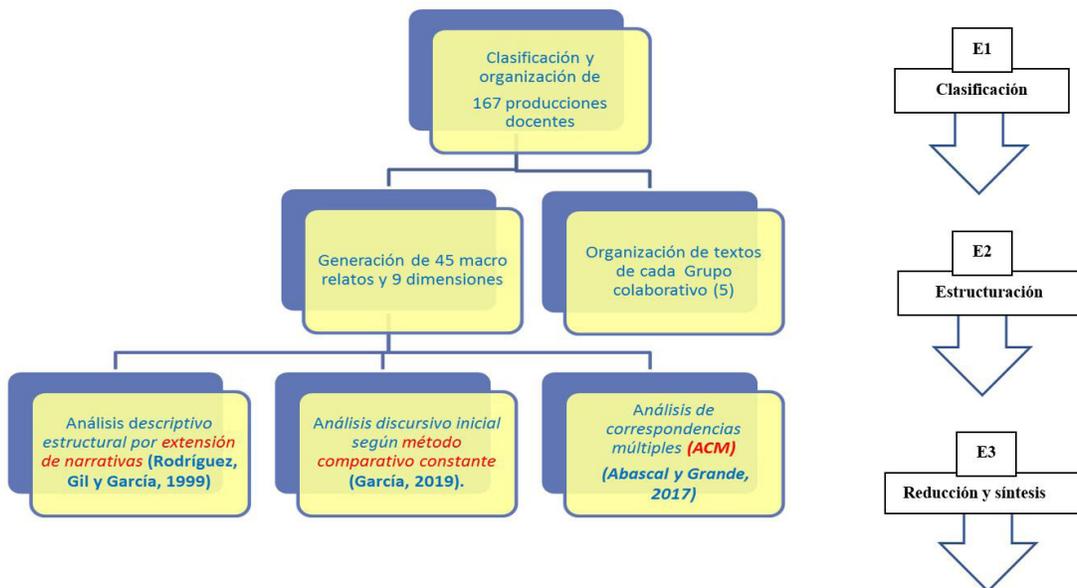


DIAGRAMA 3. Etapas de tabulación, sistematización y análisis de datos.

Primer nivel de análisis (N1) Descriptivo estructural por extensión de narrativas

Se recopilaron las 5 pautas de registro. En cada una, se contabilizó el ‘número de párrafos independientes’ en las diferentes secciones de los dispositivos Dp2 y Dp3. Cada párrafo se consideró ‘unidad textual de análisis’ (UTA) según se indica en la tabla 3.

Grupo	Total UTA Dp2	%	Total UTA Dp3	%	Total UTA Dp2+Dp3	%
G1	44	21.35	5	19.23	49	21,12
G2	53	25.72	7	26.92	60	25.86
G3	44	21.35	8	30.76	52	22.41
G4	30	14.56	4	15.38	34	14.65
G5	35	16.99	2	7.69	37	15.94
Total	206	100	26	100	232	100

TABLA 3. Distribución de narrativas del profesorado según dispositivos.

En consecuencia, se clasificaron, sistematizaron y categorizaron **232 producciones** textuales (UTA), elaboradas por el PQF contenidas en los dos dispositivos (Dp2 y Dp3). Se organizaron primero dentro de cada Grupo las producciones textuales que el PQF destacaba en Dp2 y Dp3, relevando la información de la vida y época de **Lavoisier y/o de Faraday**. Se reconfiguraron 9 dimensiones (D) con distintos énfasis y matices (Tabla 4). Se dispone en total de 45 Macro Relatos Grupales (MRG) de los que se incluyen algunos ejemplos en la Tabla 5. Todos ellos se agruparon por ‘volumen de palabras según’ (UTA) tal y como se indica en la Tabla 6.

Dimensiones emergentes de las producciones del PQF	
D1	Emociones y sentimientos. Relaciones de género
D2	Valores en disputa en el siglo XVIII - XIX
D3	Ciencia e Instituciones en conflicto en la época de Lavoisier y Faraday
D4	Teorías en debate en la época de Lavoisier y Faraday
D5	Metodologías/Instrumentos en la época de Lavoisier y Faraday
D6	Emergencia y resolución de un problema en la Historia de la Ciencia
D7	Generación de preguntas en la Historia de la Ciencia
D8	Aspectos afectivos de la época útiles para ambientar la enseñanza de la química
D9	Relaciones entre la Historia de la ciencia y la enseñanza de la química

TABLA 4. Dimensiones emergentes a partir de las producciones del PQF.

Destaca a ...	Textualidades (UTA)	Notación
Faraday	<i>En épocas antiguas, sólo los caballeros de alta cuna podían acceder a la actividad científica, algo que se encontraba fuera del alcance del joven Faraday, quien no tenía educación formal y trabajaba como encuadernador.</i>	G3-D1
Lavoisier	<i>Durante(...) la monarquía, la libertad estaba condicionada por la cuna, por el origen de las personas, diferenciándose así el pueblo de la elite, es decir, mientras Lavoisier podía elegir ser científico los fines de semana en su laboratorio que, vale decir, armó con la fortuna acumulada producto de los altos impuestos,</i>	G2-D2

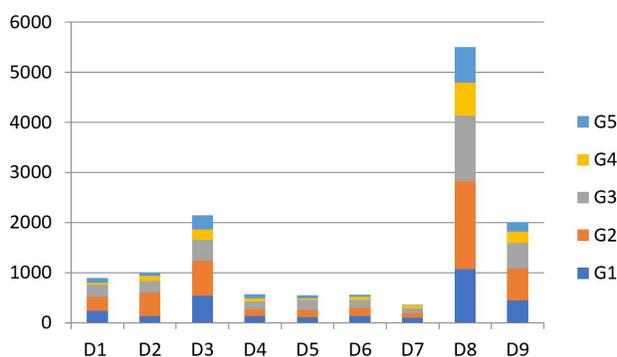
TABLA 5. Ejemplos de MRG producidos por el PQF.

Sistematización estructural (macro relatos)								
Dimensión	G1	G2	G3	G4	G5	T	%	Jerarquía
D1	238	278	242	47	87	892	6.56	5
D2	132	470	234	98	73	1007	7.40	4
D3	542	696	423	203	286	2150	15.81	2
D4	129	142	153	67	76	567	4.17	6
D5	117	140	196	40	56	549	4.03	8
D6	133	171	150	68	41	563	4.14	7
D7	104	93	98	53	10	358	2.63	9
D8	1069	1752	1320	655	707	5503	40.48	1
D9	448	636	508	231	184	2007	14.76	3
Total Palabras	2912	4378	2816	1231	625	13592	100	

TABLA 6. Clasificación y sistematización estructural de macro relatos.

Observamos que **D8** tiene un relato más denso y extenso en todos los MRG al relacionar aspectos *emocionales y valóricos* en disputa que el PQF identifica en la recreación histórica, considerando relevante de *explicar, argumentar y justificar*, así como debatir acerca de las *relaciones humanas* de producción de conocimiento. **D9** emerge como la segunda dimensión interesante y vincula los *ambientes o condiciones* en que se produce el conocimiento en la HC y que considera relevante de introducir en la *química escolar* realizando una ambientación histórica al enseñar temáticas como materia y energía. Finalmente, **D3** es otra de las dimensiones destacadas por el profesorado, reconociendo, analizando y comprendiendo los *conflictos de la comunidad científica y de las instituciones* de la época que están recreadas en la actividad.

GRÁFICO 1. Producciones del PQF acerca de la vida de Lavoisier y Faraday.



Segundo nivel Análisis de correspondencias múltiples

Atendiendo al ‘volumen semántico’ de los macrorrelatos (Tabla 6) se realiza un Análisis de Correspondencias Múltiples (ACM) para analizar las relaciones de dependencia e independencia de un conjunto de variables categóricas a partir de los datos de una tabla de contingencia (Abascal y Grande, 2017), para lo cual las dimensiones, grupos y categorías de relatos (Faraday y Lavoisier) se consideran variables que se transforman en correlaciones (Tablas 7, 8 y 9).

Resumen del modelo de análisis (ACM)					
Ejes o Dimensiones	Alfa de Cronbach	Varianza contabilizada			Observación al valor del nivel
		Total (autovalor)	Inercia	Nivel de variabilidad	
X	0,769	2,601	0,52	52,027	N /medio de variabilidad explicada por el eje X
Y	0,652	2,09	0,418	41,801	N/ medio de variabilidad explicada por el eje Y
Total		4,691	0,938		
Media	0,717	2,346	0,469	46,914	Utilizando ambos ejes se logra explicar un buen nivel de variabilidad total del fenómeno

La media de alfa de Cronbach se basa en la media de autovalor.
 El alfa de Cronbach para cada eje indica que tiene un buen nivel de robustez o confiabilidad para explicar desde allí el fenómeno

TABLA 7. Resumen del modelo estadístico aplicado.

Notación: L = Lectura (Faraday / Lavoisier); CP= Cantidad de palabras; J= Jerarquía; NA = No aplica							
Frecuencia	Categoría	X	Dimensiones	Grupo	L	CP	J
10	D1	0,255	-1,319				NA
10	D2	-0,55	0,804				NA
10	D3	0,881	1,325				NA
10	D4	-1,116	0,928				NA
10	D5	-0,61	-1,827				NA
10	D6	-0,848	0,212				NA
10	D7	-0,848	0,144				NA
10	D8	1,417	-0,048				NA
10	D9	1,417	-0,219				NA
18	G1	0,116		-0,028			
18	G2	0,197		0,186			
18	G3	0,19		0,124			
18	G4	-0,245		-0,079			
18	G5	-0,258		-0,202			
45	Faraday	0,045			0,091		
45	Lavoisier	-0,045			-0,091		
23	< 50 palabras	-0,941				-0,58	
22	Entre 50 y 90 palabras	-0,76				0,63	
45	> 90 palabras	0,852				-0,011	
10	J1	1,417					-0,048
10	J2	0,881					1,325
10	J3	1,417					-0,219
10	J4	-0,55					0,804
10	J5	0,255					-1,319
10	J6	-1,116					0,928
10	J7	-0,848					0,212
10	J8	-0,61					-1,827
10	J9	-0,848					0,144

TABLA 8 Distribución de coordenadas según variables (Lavoisier y Faraday).

TABLA 9. Variables transformadas de correlaciones.

	D	G	L	PG	J
Dimensión	1	0	0	0,672	1
Grupo	0	1	0	0,388	0
Lectura	0	0	1	0,084	0
PG	0,672	0,388	0,084	1	0,672
Jerarquía	1	0	0	0,672	1
Dimensión	1	2	3	4	5
Autovalor	2,601	1,134	1	0,265	0

Notación: (*) PG = PALABRAS_AGRUPADAS

TABLA 10. Medidas discriminantes.

Síntesis	Dimensión		Media
	D1	D2	
Dimensión	0,913	0,94	0,926
Grupo	0,043	0,02	0,031
Lectura	0,002	0,008	0,005
PG	0,731	0,183	0,457
Jerarquía	0,913	0,94	0,926
Total activo	2,601	2,09	2,346
% de varianza	52,027	41,801	46,914

Identificación de perfiles docentes A partir del ACM se identifican dos perfiles del PQF (diagrama 4). Llamaremos **pL-50** al de Lavoisier y **pF+50** al de Faraday. El primero está representado por G4 y G5 quienes se interesaron en profundizar la vida y época de Lavoisier destacando las dimensiones D2, D4, D5, D6 y D7. El perfil pF+50 incluye G1, G2 y G3, quienes profundizan en la vida y época de Faraday, destacando D1, D3, D8 y D9.

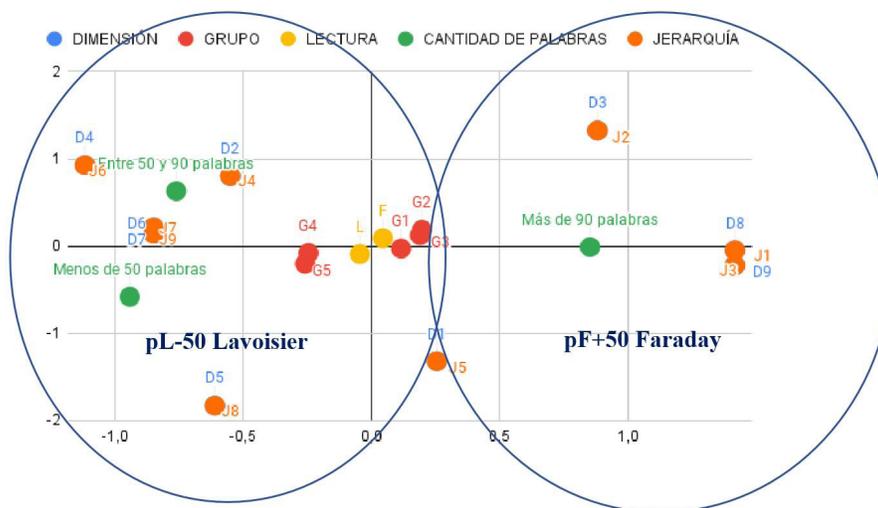


DIAGRAMA 4. Perfiles docentes a partir del ACM.

Tercer nivel de análisis. Análisis discursivo Finalmente exploramos las 232 producciones originales, intentando reconstruir lo que el PQF observa (*escribe*) y *explica* sobre la época de Lavoisier y Faraday. Se utiliza la Teoría Fundamentada, cuyo principal enfoque es la generación de conceptos, hipótesis y proposiciones partiendo directamente de los datos (Rodríguez et al, 1999), de los cuales se interpreta el significado simbólico de las palabras

de los propios sujetos, tratando de caracterizarlos lo más densamente posible. La *estrategia de análisis corresponde al método de la comparación constante*. Codificamos y analizamos los datos utilizando el software Atlas ti en 4 etapas: (i) comparación de los datos derivados de las narrativas; (ii) la integración de cada categoría y sus propiedades o atributos (iii) delimitación de la teoría que comienza a generarse y (iv) proceso de saturación de incidentes correspondientes a cada categoría que nos permite llegar a ‘categorías duras’ configurando así la teoría fundamentada. Se obtienen 14 categorías emergentes que se indican y describen brevemente en la tabla 11 y se ejemplifican algunas, por razones de extensión, en la Tabla 12.

Cn	Categorías emergentes	Breve descripción categorial
C1	Metodologías	Se explica o describe la metodología con la que se abordaron los problemas científicos, desde los instrumentos y técnicas utilizadas hasta las discusiones y técnicas utilizadas.
C2	Modelos teóricos	Relacionados con los modelos teóricos en disputa de la época (electricidad, electromagnetismo, materia y energía), que se tenían que sortear para explicar de mejor manera un problema científico.
C3	Estatus social	Se menciona o explica el estatus social de los científicos, diferenciando entre elite y el pueblo. La principal idea es que la posición social determinaba las oportunidades que tenían para acceder al conocimiento.
C4	Emociones positivas	Derivada del asombro o la creatividad, como respuesta a las observaciones, descubrimientos, comprobación, entre otras condiciones, que formaron parte del desarrollo del pensamiento científico.
C5	Instituciones en conflicto	El rol de las instituciones en el desarrollo de la ciencia. Énfasis en la institucionalidad política y la comunidad científica, asociados a los valores y disvalores, como la honestidad, envidia, entre otros.
C6	Emociones negativas	Asociadas a las recreaciones de vida de los científicos, como la envidia, resentimiento, ira, egoísmo y codicia.
C7	Tensiones Justicia/Libertad/Igualdad	Relaciones existentes en la vida de Lavoisier y Faraday, sobre los contextos que restringen o favorecen el acceso al conocimiento científico.
C8	Contextos	Describe el contexto social, histórico, político y/o económico de la época. Se utiliza como argumento de una idea central o principal. El contexto se vuelve relevante en el relato del PFQ.
C9	Uso del tiempo libre	Se expresa que los científicos su tiempo libre y dinero para su formación científica y autoformación.
C10	Actitud positiva	Se explica que el esfuerzo y la perseverancia son cualidades propias de la actividad científica y en consecuencia de la personalidad del científico.
C11	Generación de preguntas científicas	Se explica y reflexiona sobre cómo se generaron las preguntas científicas. Referencia a las reuniones y discusiones realizadas por las personas que se dedicaban a la ciencia.
C12	Pensamiento y Metodología científica	Referencia a la teoría de los planos del pensamiento científico y/o a la metodología de Toulmin (1977), relacionadas con la generación de las preguntas científicas en la historia de la ciencia.
C13	Religión y ciencia	Reflexiones y análisis entre las controversias del contexto histórico, científico y religioso del S XVII y XIX.
C14	Género y ciencia	Explica el vínculo afectivo y profesional del matrimonio Lavoisier, además del rol de las mujeres al desarrollo de la ciencia.

TABLA 11. Categorías emergentes de las narrativas del profesorado de química en formación.

Cn	Nominación	Producciones docentes	Grupo	Dimensión
C2	Modelos teóricos	<i>(...) en la época de Faraday la electricidad era vista como una sustancia que fluía a través de un cable abriéndose paso.</i>	G1	D3
C3	Estatus social	<i>(...)sólo los caballeros de alta cuna podían acceder a la actividad científica, algo que se encontraba fuera del alcance del joven Faraday, quien no tenía educación formal y trabajaba como encuadernador.</i>	G3	D1
C4	Emociones positivas	<i>Cuando Faraday realiza el experimento con el imán fijo y observa el cable moviéndose alrededor comenta que esta “temblando por dentro” de la emoción.</i>	G2	D1
C5	Instituciones en conflicto	<i>Davy Humphry, (...) acusó a Faraday de plagio y se opuso a que lo admitieran dentro de la Real Sociedad.</i>	G1	D1
C11	Generación de PC	<i>En las reuniones de la Academia de ciencias se replicaban experimentos que eran de amplio debate en la época, (...)De esta manera, se puede apreciar que las preguntas científicas surgen de la curiosidad sobre un fenómeno en específico, la observación de este fenómeno y la socialización de este.</i>	G1	D7
C14	Género y Ciencia	<i>Las mujeres no tenían el mismo estatus que los hombres cuyas aportaciones fueron invisibilizadas. (Marie-Anne Pierrette).</i>	G4-	D3

TABLA 12. Ejemplos de las narrativas que se derivan de las categorías arrojadas por el Atlas ti.

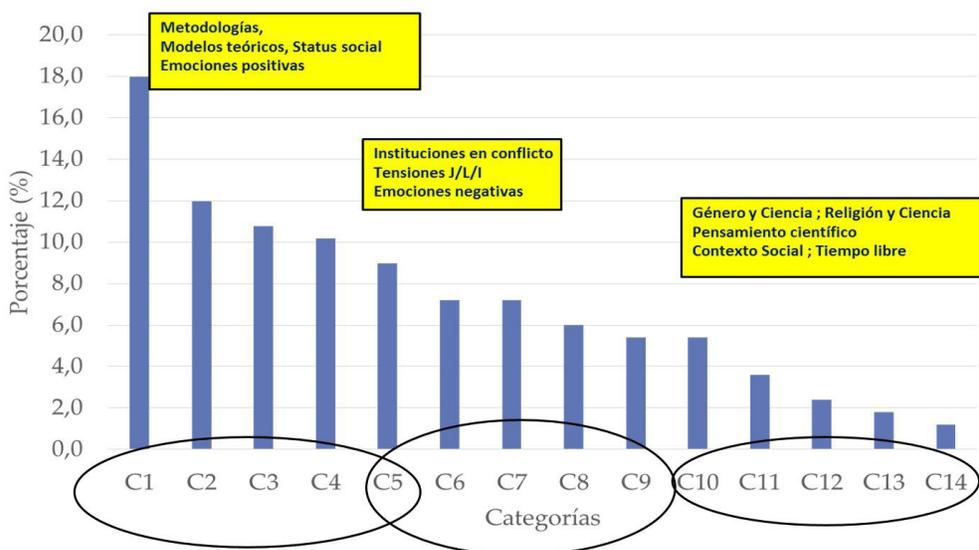


GRÁFICO 2. Frecuencia de categorías emergentes (producciones docentes).

Evaluación de los resultados obtenidos

En las producciones docentes (grafico 1), las dimensiones que obtuvieron mayor valoración (D3, D8 y D9) son significativas y coinciden con Chamizo (2014) quien plantea que en la historia de las ciencias se pueden observar las divergencias y perspectivas opuestas que conllevan a luchas, la búsqueda de “verdades” y que en ocasiones trae consigo la frustración por no alcanzar los objetivos propuestos. Esto es un aspecto importante útil para la enseñanza de la química.

Otro aspecto de los resultados, es la tendencia hacia los contenidos actitudinales y valóricos en la FPQ porque esto permitirá responder a los cambios provenientes de la ciencia y la tecnología, que contribuye a imaginar una sociedad justa, plural, satisfactoria de las aspiraciones y necesidades humanas (Soto y Guzmán, 2003; Solbes, J., y Traver, M. J., 2001; Obaya-Valdivia et al., (2001) plantean que al fortalecer la autoestima, el liderazgo favorece el pensamiento crítico y la creatividad en los PFQ a través de la resolución de problemas de diferente índole, promoviendo y desarrollando la explicación y la argumentación.

Se identificaron 2 perfiles de análisis histórico docente (PAHD) que enfatizan diferentes dimensiones a propósito de la vida y época de Lavoisier y de la vida y época de Faraday. En ambos perfiles, el PQF enfatiza diferentes aspectos que pueden caracterizarse con matices en 9 dimensiones.

Conclusiones

A partir de la experiencia de innovación, observamos que se ponen en juego diferentes procesos complejos de desarrollo profesional que dejan en evidencia representaciones epistemológicas y conocimientos especializados del profesorado acerca de la ciencia, su historia y enseñanza, dimensiones naturales del trabajo educativo en sus aulas. Emergen diferentes criterios para decidir y potenciar el trabajo colaborativo, aproximándose con esta metodología a los aspectos más relevantes y valiosos acerca de la producción de conocimiento en la HC, promoviendo una reflexión teorizada y competencial, para comprender su sentido y valor como estrategia e instrumento de aprendizaje de la química escolar. Tomando como referencia los hallazgos de la tabla 12, se pudo evidenciar que se favorecen las articulaciones teóricas, metodológicas y lingüísticas virtuosas, que contribuyen a superar la visión anacrónica del conocimiento científico, enfatizando su relevancia para la comprensión sobre la producción del conocimiento y la propia reconfiguración teórica del profesorado sobre la enseñanza de las ciencias tanto como su formación y desarrollo profesional. (Quintanilla et al, 2005; Esteban, S., y Peral, F. (2007).

Aún en circunstancias y ambiente de virtualidad debido a la pandemia del COVID-19, que atenúan la participación y el trabajo colaborativo como sería en un ambiente de presencialidad, el PQF se vio genuinamente motivado en una actividad formativa específica, debidamente justificada teóricamente para promover la comprensión de la HC como una estrategia e instrumento de aprendizaje de la química escolar.

Los TRD son una estrategia importante para la formación del profesorado porque contribuyen al análisis de los contenidos científicos, la discusión y el debate en equipo, así como la autoevaluación de sus procesos formativos y la socialización de la experiencia de innovación, explicitada en sus producciones escritas grupales: G1 (...) *en la época de Faraday*

la electricidad era vista como una sustancia que fluía a través de un cable abriéndose paso; G2 Cuando Faraday realiza el experimento con el imán fijo y observa el cable moviéndose alrededor comenta que esta “temblando por dentro” de la emoción.

Es fundamental continuar con estudios que permitan comprender los aspectos fundamentales de la historia de las ciencias como propuesta estratégica para el aprendizaje de la química porque esto servirá como orientación para el diseño e integración de esta metaciencia en la formación del profesorado.

Referencias

- Cabrera Castillo, H. G. (2015). Los modos de representación de modelos en el curso Educación en Química con profesores en formación inicial en Ciencias Naturales. *Revista Eureka Sobre Enseñanza y Divulgación De Las Ciencias*, 12(3), pp. 565-580. <https://revistas.uca.es/index.php/eureka/article/view/2943>
- Cabrera, H., Durán Piamba, S., y Quintanilla, M. (2019). Análisis descriptivo de las concepciones sobre historia de las ciencias en profesores en formación inicial. *Revista Logos, Ciencia y Tecnología*, 11 (2). <https://doi.org/10.22335/rlct.v11i2.482>
- Chamizo, A. y García, J. (2020) Una experiencia en la formación de docentes a partir de la historia y la filosofía de la química. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, vol. 17, núm. 1, pp. 160101-160117, 2020
- Chamizo, A. (2018). *Química General. Una aproximación histórica*. Ediciones UNAM, México.
- Chamizo, J. A. (2014). La historia de la ciencia: Un tema pendiente en la educación latinoamericana. En M. Quintanilla, S. Daza y H. Cabrera (Eds.), *Aportes para una nueva aula de ciencias, promotora de ciudadanía y valores* (Primera ed, pp. 77-100). Bellaterra.
- Estany e Izquierdo (1990). La evolución del concepto de afinidad analizada desde el modelo de S. Toulmin. *Llull*. 13,25; 349-378.
- Esteban, S., y Peral, F. (2007). Controversias científicas en la Química del siglo XIX. *Anales de la Real Sociedad Española de Química*, 103(4), 59-69.
- Gallego, R., Perez, R. Gallego, P. (2015) Del modelo científico del flogisto al modelo de la oxidación. El concepto de frontera. *Educación Química*. 24, 242-249
- Greca, I. y Moreira, M. (1998). Modelos mentales y aprendizaje de física en electricidad y magnetismo. *Enseñanza de las Ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 16 (2), 289-303.
- Hernández, R., Fernández, C., y Baptista, P. (2014). Metodología de la investigación: Roberto Hernández Sampieri, Carlos Fernández Collado y Pilar Baptista Lucio (6a. ed.). México D.F.: McGraw-Hill.
- Izquierdo, M. et al (2014). Una nueva reflexión sobre la historia y filosofía de las ciencias y la enseñanza de las ciencias. En: M. Quintanilla, S. Daza y H. Cabrera (Eds.), *Historia y Filosofía de la Ciencia. Aportes para una nueva aula de ciencias, promotora de ciudadanía y valores* (Primera ed, pp. 77-100). Bellaterra.

- Izquierdo Aymerich, M., García-Martínez, Á., Quintanilla, M. y Adúriz-Bravo, A. (2016). *Historia, Filosofía y Didáctica de las Ciencias: Aportes para la formación del profesorado de ciencias*. <https://doi.org/10.14483/9789588972282>
- Leal, A. y Cabrera, H. (2021) Estado del arte sobre los instrumentos científicos en la enseñanza de las ciencias (2009-2019). Un análisis bibliométrico. *TED*, 43; 311-332. <https://doi.org/10.17227/ted.num49-10271>
- Lires, M. (2022) La historia de la ciencia en la formación del profesorado de ciencias naturales. En: Autor y Adúriz-Bravo (2022) *Enseñanza de las ciencias para una nueva cultura docente. Desafíos y oportunidades*. Ediciones UC (en prensa)
- Obaya-Valdivia, A., Noé, M., y Delgado, G. (2001). Estudio exploratorio de actitudes en la enseñanza experimental. *Educacion Quimica*, 12(1), 38-41.
- Quintanilla, M. (2020). The History and Philosophy of Chemistry (HPC) in Teaching and in the Professional Development of Teachers. In: *Science Research Education in Latin America* (Chap.7, 457- 480).
- Quintanilla, M. y Solsona, N. (2019). *Mujeres, Ciencia y Educación en América Latina*. Ed. Bellaterra. Santiago de Chile www.laboratoriogrecia.cl
- Quintanilla, M. (2017) (coord.). *La historia de la ciencia en la investigación didáctica*. Ed. Bellaterra. Santiago de Chile.
- Quintanilla, M., Izquierdo, M., y Adúriz-Bravo, A. (2005). Avances en la construcción de marcos teóricos para incorporar la historia de la ciencia en la formación inicial del profesorado de ciencias naturales. *Enseñanza de las Ciencias*, Número Extra, 1-4.
- Solbes, J., y Traver, M. J. (2001). Resultados obtenidos introduciendo historia de la ciencia en las clases de física y química: Mejora de la imagen de la ciencia y desarrollo de actitudes positivas. *Enseñanza de las Ciencias*, 19 (1), 151-162.
- Soto, L., y Guzmán, E. (2003). Contenidos actitudinales en educación superior. Razón, pertinencia y evaluación. *Revista ciencias de la educación*, 2 (22), 103-118.