

**¿ELECTRICIDAD ANIMAL O ELECTRICIDAD ARTIFICIAL? LA CONTROVERSIA
GALVANI – VOLTA; UN REFERENTE PARA ABORDAR LA NATURALEZA
DE LAS CIENCIAS EN LA FORMACIÓN INICIAL DE PROFESORES.**

Tesis de Grado para optar el título de Magister en Docencia de las Ciencias Naturales

DIANA ISABEL OYUELA MATEUS

NEYGER CRISTAL RODRÍGUEZ SÁNCHEZ

Autoras

JULIO ALEJANDRO CASTRO MORENO

ISABEL GARZÓN BARRAGÁN

Directores


UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL

FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

DEPARTAMENTO DE FÍSICA


MAESTRÍA EN DOCENCIA DE LAS CIENCIAS NATURALES

BOGOTÁ, D.C. 2016

 UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL <small>— Educadora de Profesores —</small>	FORMATO	
	RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE	
Código: FOR020GIB	Versión: 01	
Fecha de Aprobación: 10-10-2012	Página 2 de 118	

1. Información General	
Tipo de documento	Trabajo de grado en maestría de profundización
Acceso al documento	Universidad Pedagógica Nacional. Biblioteca Central
Título del documento	¿ELECTRICIDAD ANIMAL O ELECTRICIDAD ARTIFICIAL? LA CONTROVERSIA GALVANI – VOLTA, UN REFERENTE PARA ABORDAR LA NATURALEZA DE LAS CIENCIAS EN LA FORMACIÓN INICIAL DE PROFESORES.
Autor(es)	Oyuela Mateus, Diana Isabel; Rodríguez Sánchez, Neyger Cristal.
Director	Castro Moreno, Julio Alejandro; Garzón Barragán Isabel.
Publicación	Bogotá. Universidad Pedagógica Nacional, 2016. 110p.
Unidad Patrocinante	Universidad Pedagógica Nacional UPN
Palabras Claves	ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS; NATURALEZA DE LAS CIENCIAS (NDC); IMÁGENES DE CIENCIA; FORMACIÓN DE PROFESORES; CONTROVERSIA GALVANI – VOLTA.


2. Descripción
<p>Trabajo de grado donde las autoras dan solución a la pregunta ¿Qué aspectos de la controversia Galvani – Volta posibilitan promover la reflexión sobre las ciencias, en la formación inicial de profesores desde la perspectiva NdC, a través de actividades de enseñanza?; por lo anterior, se acude a la Naturaleza de las Ciencias reconociéndola como la perspectiva didáctica que promueve una reflexión sobre las ciencias valiéndose de disciplinas que tienen como objeto de estudio las ciencias, lo que permite acudir a la controversia Galvani –Volta como suceso histórico que representa aspectos históricos, filosóficos y sociológicos que posibilitan promover dicha reflexión en profesores en formación inicial mediante actividades de enseñanza.</p> <p>También se realizó el análisis de la reflexión sobre el quehacer científico, desarrollada por estudiantes de Licenciatura en Física y de Licenciatura en Biología de la Universidad Pedagógica Nacional, quienes adjudicaron rasgos y características a la actividad científica, al mismo tiempo que consolidaron, fortalecieron o replantearon su imagen de ciencia.</p>

 UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL Educación de calidad	FORMATO	
	RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE	
Código: FOR020GIB	Versión: 01	
Fecha de Aprobación: 10-10-2012	Página 2 de 118	

3. Fuentes

Para la elaboración de esta tesis se consultaron un total de 62 referencias bibliográficas que incluyen libros, capítulos de libros, artículos y tesis entre los que se encuentran:

- Escritos relacionados con el estado actual de la perspectiva NdC y su importancia en los procesos de formación inicial de profesores, como: 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; TAMAYO, O. E., & ORREGO, M. (2005). Aportes de la naturaleza de la ciencia y del contenido pedagógico del conocimiento para el campo conceptual de la educación en ciencias. *Educación y Pedagogía*, 17(43), 13 – 25; ABD - EL - KHALICK, F. (2012). Teaching with and about nature of science, and science teacher knowledge domains. *Science & Education*, 22, 2087 – 2107; GARCÍA CARMONA, A., VÁZQUEZ ALONSO, Á., & MANASSERO, M. (2001). 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; ACEVEDO, J. (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*, Vol 5(2), 134-169.
- Documentos tendientes a la vinculación de las controversias en la enseñanza de las ciencias, de los cuales se señalan: LATOUR, B. (1991). *Pasteur y Puchet heterogénesis de la historia de las ciencias*. En M. Serres, *Historia de las ciencias*, 477-502. Madrid: Editores Cátedra; NAHUM, K. (2001). Scientific controversies in teaching science: the case of Volta. *Science & Educación*, 10, 33 – 49; PABÓN, T. (2015). La Controversia Científica en la formación inicial de profesores. Un fundamento para la comprensión de la ciencia y su enseñanza. Directores Albarracín, M & Mayoly L. Tesis de Maestría en Educación, Universidad Distrital de Colombia.
- Ejemplares que contemplan una versión de la controversia Galvani – Volta, en los que prevalece a: PERA, M. (1992). *The ambiguous frog: The Galvani-Volta controversy on animal electricity*. USA. Princeton Legacy Library; RUDOMIN, P. (1998). *La controversia Galvani – Volta sobre la electricidad animal*. Colegio Nacional, México. Poner referencia completa, es un capítulo de libro.
- Textos que soportan aspectos de la justificación como de la metodología de trabajo, y libros de texto de nivel universitario que fueron soporte del planteamiento del problema debido a que permitieron identificar la ausencia de actividades que guíen una reflexión sobre el quehacer científico

 UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL <i>Formando al Profesional</i>	FORMATO	
	RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE	
Código: FOR020GIB	Versión: 01	
Fecha de Aprobación: 10-10-2012	Página 3 de 118	

4. Contenidos

Los contenidos básicos de esta tesis son:

- Un marco teórico, que muestra el estado actual, los límites y el compromiso de esta tesis con relación a la perspectiva NdC, la formación de profesores bajo esta perspectiva y los beneficios de incluir controversias científicas en la enseñanza.
- El marco metodológico en el que se resaltan las fases de investigación que exponen los métodos y técnicas usadas con el fin de dar solución al problema.
- La transformación de la controversia Galvani – Volta en objeto de estudio.
- Los aspectos históricos, filosóficos y sociológicos de la controversia Galvani – Volta y sus implicaciones en los procesos de formación inicial de profesores.
- Actividades de enseñanza para promover la reflexión sobre las ciencias desde la perspectiva NdC.
- El análisis de resultados de la implementación de las actividades de enseñanza en estudiantes de Licenciatura en Física y de Licenciatura en Biología de la Universidad pedagógica Nacional.
- Reflexiones finales, proyecciones y límites como conclusiones de esta tesis.

5. Metodología

Se reconoce la investigación cualitativa como la metodología que permite dar solución al problema de investigación.

- La técnica de investigación documental admite la reestructuración y formulación del problema.
- La técnica de análisis y tipología textual aprueba el proceso de conversión de la controversia Galvani – Volta en objeto de enseñanza y aprendizaje para los procesos de formación inicial de profesores.
- La elección de aspectos históricos, filosóficos y sociológicos de la controversia Galvani – Volta se realiza desde los fundamentos teóricos que ofrece la perspectiva NdC, la cual aprueba la vinculación a la enseñanza de las disciplinas que tienen como objeto de estudio las ciencias.
- Las actividades de enseñanza se elaboran desde las orientaciones que dan el Seminario Organización de los Fenómenos Físicos de la Maestría en Docencia de las Ciencias Naturales de la Universidad Pedagógica Nacional, dirigido por los profesores Isabel Garzón y Jimmy Ramirez; además, se tiene en cuenta el enfoque de la perspectiva NdC, que aboga por una reflexión explícita.

- El análisis de las reflexiones que sobre la actividad científica hicieron 20 profesores en formación de Licenciatura en Física y 24 profesores en formación de Licenciatura en Biología de la Universidad Pedagógica Nacional en la implementación se basó en los preceptos de la NdC. Los instrumentos de recolección de información necesarios para el análisis de la implementación, fueron audios, videos y escritos.

6. Conclusión

Históricos, Filosóficos y Sociológicos son los aspectos derivados de la controversia Galvani – Volta, que desde la perspectiva NdC, posibilitan promover la reflexión sobre las ciencias en la formación inicial de profesores a través de actividades de enseñanza. Esto se concluye, luego de la implementación y análisis de las reflexiones que sobre el quehacer científico hicieron los estudiantes de Licenciatura en Física y de Licenciatura en Biología de la Universidad pedagógica nacional; contribuyendo a que los profesores en formación inicial consoliden, fortalezcan o replanteen su imagen de ciencia.

Elaborado por:	Oyuela Mateus, Diana Isabel; Rodríguez Sánchez, Neyger Cristal.
Revisado por:	Sandoval Osorio, Sandra; Sanchez Bonell, David.

Fecha de elaboración del Resumen:	22	02	2016
--	----	----	------

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	1
1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	
1. Planteamiento del problema.	4
1.1.1 Imagen de ciencia que tienen los profesores en formación inicial.	4
1.1.2 Imágenes de ciencia promovidas en los libros de texto que suelen ser consultados por los profesores en formación inicial.	7
1.2 Formulación del problema.	9
1.3 Justificación.	9
1.4 Antecedentes.	13
1.5 Objetivos.	21
1.5.1 Objetivo General.	21
1.5.2 Objetivos Específicos.	21
2. MARCO TEÓRICO	
2. Naturaleza de las ciencias.	22
2.1. Descripción de la NdC en la literatura revisada.	22
2.1.2 Limitantes de la NdC como perspectiva didáctica.	27
2.1.3 Descripción de la perspectiva NdC promovida en esta tesis.	29
2.2 Formación de profesores en la perspectiva NdC.	31
2.2. Habilidades y destrezas que adquiere un profesor formado en la perspectiva NdC.	31
2.3 Controversias científicas en la enseñanza de las Ciencias.	34
3. MARCO METODOLÓGICO.	
3. Fases de la Metodología de investigación.	38

4. TRANSFORMACIÓN DE LA CONTROVERSIA GALVANI – VOLTA EN OBJETO DE ESTUDIO.	46
5. ASPECTOS DE LA CONTROVERSIA GALVANI – VOLTA PARA PROMOVER LA REFLEXIÓN SOBRE LAS CIENCIAS, DESDE LA PERSPECTIVA NdC EN LA FORMACIÓN INICIAL DE PROFESORES.	
5. Aspectos de la controversia Galvani – Volta, que posibilitan promover la reflexión sobre las ciencias.	60
5.1. Aspectos históricos de la controversia Galvani – Volta	61
5.1.2 Aspectos filosóficos de la controversia Galvani – Volta	62
5.1.3 Aspectos sociológicos de la controversia Galvani – Volta	64
5.2 Características de la controversia Galvani – Volta enmarcadas en los aspectos históricos, filosóficos y sociológicos.	68
6. ACTIVIDADES DE ENSEÑANZA PARA PROMOVER LA REFLEXIÓN SOBRE LAS CIENCIAS DESDE LA PERSPECTIVA NdC EN LOS PROCESOS DE FORMACIÓN INICIAL DE PROFESORES.	
6. Actividades de enseñanza.	68
7. IMPLEMENTACIÓN DE LAS ACTIVIDADES EN EL AULA	
7.1 Propósito de las actividades implementadas en el aula.	74
7.2 Caracterización de la implementación.	75
7.2. Caracterización de los espacios académicos donde se llevó a cabo la implementación.	75
7.2.2 Momentos de la implementación.	75
7.3 Análisis y resultados de la reflexión sobre aspectos históricos, filosóficos y sociológicos de la controversia Galvani – Volta en la implementación.	76
7.3. Aspectos históricos.	76
7.3.2 Aspectos filosóficos.	80
7.3.3 Aspectos sociológicos.	83
8. CONCLUSIONES	
8.1 Reflexiones finales.	85
8.2 Proyecciones.	89
8.3 Límites.	90

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	92
ANEXOS	98

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Fig. 1. Experimento inicial de Galvani.	47
Fig. 2. Experimento de Galvani “Contracciones a distancia”	48
Fig. 3. Experimento de las barandillas de Galvani.	50
Fig. 4. Experimentos en el laboratorio de Galvani.	51
Fig. 5. Analogía de Galvani, entre la botella de Leyden y el músculo inervado.	52
Fig. 6. Experimento de Volta: contacto entre metales diferentes en una rana entera.	54
Fig. 7. Experimentos de Volta: conexión del arco y la botella al nervio crural de la rana	55
Fig. 8. Experimento de Aldini. Contracciones del músculo de la rana con un sólo metal.	56
Fig. 9. Máquina electrostática de Wimshurst.	69
Fig. 10. Botella de Leyden.	70

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Registro de algunos de los libros que se asume son consultados por los profesores en formación de Licenciatura en Biología y Licenciatura en Física.	8
Tabla 2. Momentos en los que se dividieron las sesiones de implementación	75

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. Tabla de testimonios obtenidos en las actividades realizadas con los profesores en formación en Licenciatura en Física durante el momento .	98
Anexo 2. Tabla de testimonios obtenidos en las actividades realizadas con los profesores en formación de Licenciatura en Física durante el momento 3.	101
Anexo 3. Tabla de testimonios obtenidos en las actividades realizadas con los profesores en formación de Licenciatura en Biología durante el momento 3.	107
Anexo 4. DVD con animaciones de experiencias de la controversia Galvani –Volta	110

INTRODUCCIÓN

¿Qué es enseñar?, es una pregunta que a diario nos hacemos quienes estamos inmersos en un contexto educativo, y sin importar la respuesta que se dé, seguramente enseñar ciencias va más allá de lo que en la inmediatez del tiempo se logre responder; ahora bien, si nos detenemos a pensar, enseñar ciencias es comparable con la sensación que al entrar en una selva se percibe, al inicio espinosa, pero cuando por ella se trasiega, nuevas experiencias bajo la inmensa vegetación se encuentran.

Una analogía permite decir, que tanto en la selva como en la enseñanza de las ciencias diversos caminos se pueden seguir, cubiertos por hojas secas, el rocío baña las estepas y gotas de lluvia a grandes lianas refresca; así mismo, los pájaros vuelan sin cesar y los micos en las ramas se atreven a saltar, mientras el sol imponente se presta a acompañar aquel episodio que nos conduce a soñar.

Es el caminante quien decide el sendero por donde transitar, y así en la enseñanza es posible avanzar, tropezando con una reflexión que sobre la actividad científica se invita a consolidar. Entonces la perspectiva Naturaleza de las ciencias, a dicha reflexión nos lleva, y en la pedagogía, aparece la historia, la filosofía y la sociología, disciplinas que estudian la ciencia en su existir, para que un maestro pueda apropiarse una imagen de ciencia con la que va a convivir y a unos niños dirigir.

Bajo rocas escondidas, se asoman unas ranas desprevenidas, emergiendo en la selva una gran controversia, con la que se sugiere emprender la reflexión que un profesor en formación va a sostener. Galvani - Volta protagonizan y una historia materializan, lo que obliga a entender que la actividad científica es más que tener un resultado para aprender.

En la aventura selvática de la enseñanza, profesores van con confianza, dando pasos fijos el camino muestra regocijo. Por esto, formando profesores debemos seguir, para orientar la aventura que deben vivir, y en las universidades se les debe decir que enseñar ciencias es un reto que hay que asumir, por la Colombia que queremos ver surgir.

La Maestría en Docencia de las Ciencias Naturales, en la gran selva se encuentra y a renovar la educación en ciencias nos enfrenta. Celestina del destino que un día forjó, un nuevo camino que con ahínco se emprendió. Hoy bajo la orientación de dos aventureros damos a conocer el resultado que nos llevó a arborecer la enseñanza de las ciencias desde la perspectiva NdC.

La tesis se estructura para que el lector pueda comprender cada uno de los capítulos que se le invita a leer, en el capítulo 1 la descripción de la problemática constituida, y un marco teórico en el capítulo 2 se estima, como el sustento de planteamientos y acciones que a este trabajo anima.

Por su parte en el capítulo 3, una metodología muestra el proceder, de una investigación que en diferentes fases se quiso hacer. Los siguientes capítulos muestran una armonía porque entre objetivos y trabajo se encuentra sintonía. La transformación de la controversia Galvani – Volta como una ilusión, en el capítulo 4 muestra su función, como objeto de estudio para los profesores en formación.

Históricos, filosóficos y sociológicos son los aspectos que en el capítulo 5 fueron referidos, atendiendo a la pregunta de investigación que se había emprendido, estos aspectos orientaron las actividades que en el capítulo 6 se plantearon. Posteriormente en el capítulo 7 con

la implementación y el análisis se quiere responder, a las conclusiones y proyecciones que en el capítulo 8 usted podrá ver.

Finalmente, los invitamos a leer esta investigación que lo llevará a comprender, los aspectos de la controversia Galvani – Volta que en profesores posibilita promover, una reflexión sobre las ciencias desde la perspectiva NdC.

1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Planteamiento del problema

1.1.1 Imagen de ciencia que tienen los profesores en formación.

Cuando nos adentramos en los procesos enseñanza y aprendizaje que se desarrolla en la escuela, específicamente en lo que se refiere a la enseñanza de las ciencias naturales, se hace evidente el protagonismo que tiene el profesor como orientador de trabajo en el aula, donde usualmente establece sus prácticas pedagógicas desde la imagen¹ que por creencia, experiencia o formación tiene de ciencia.

Según diversos estudios (Fernández et al., 2002; Furió et al., 2001; UNESCO, 2005; Guisasola et al., 2007; Chade, 2014), se ha detectado en un gran número de profesores una imagen reduccionista y deformada de la ciencia, que se manifiesta porque la mayoría de los profesores continúan enseñando ciencias mediante métodos tradicionales, en donde predomina la transmisión de contenidos conceptuales, con la exclusión de los procesos de generación del conocimiento (Duschl citado por Tamayo & Orrego, 2005). Sin embargo, en este trabajo se prescinde del uso de los apelativos “reduccionista” y “deformada” debido a que expresan un juicio negativo a la imagen de ciencia que tienen los profesores, la cual no se pretende caracterizar como errónea, puesto que concierne a rasgos de la actividad científica que los

¹ En el presente documento, la imagen de ciencia corresponde a los rasgos que se adjudican a la ciencia para caracterizarla.

docentes han adquirido a través de diversas fuentes, entre las que se destacan los libros, la enseñanza que sus profesores les impartieron, los medios de comunicación y en general la difusión social, estos rasgos pueden corresponder con algunas ideas de corrientes filosóficas como el positivismo, realismo, relativismo y pragmatismo, entre otras.

Entonces, la problemática radica en que en algunos de los procesos de formación de profesores no se fomenta una reflexión de la imagen de ciencia adoptada, lo que puede generar que el profesor en ejercicio no reconozca dicha imagen, no tenga argumentos claros para justificar su adopción o no evalúe su incidencia en las prácticas de enseñanza.

Publicaciones como el libro titulado “Temas de Historia e Filosofia da Ciência no Ensino” (Peduzzi, 2012), corroboran que un gran número de profesores en formación no explicitan la imagen de ciencia que admiten debido a la poca inclusión de cursos referentes a la historia, filosofía y sociología de las ciencias. En esta tesis se estima que la dificultad no radica únicamente en omitir estos cursos; también, en la ausencia de reflexiones profundas por parte de los profesores en formación en torno a aspectos históricos, filosóficos y sociológicos de la actividad científica.

Estudios en didáctica (UNESCO, 2005), declaran que muchos de los profesores adoptan una ciencia ahistórica, vinculada a una noción sesgada de la historia que relata hechos sin reconocer los procesos, cambios y consecuencias de la construcción y evolución del conocimiento científico, es decir, al tener en cuenta esta idea de historia, se desconocen los obstáculos tanto sociológicos como epistemológicos y los problemas que en su momento se pudieron o no solucionar, lo que incluye una ciencia aproblemática en la enseñanza, que muestra el conocimiento como una construcción arbitraria, prescindiendo de dificultades e impedimentos,

fomentando la percepción de una ciencia terminada que oculta las limitaciones y perspectivas abiertas del conocimiento actual.

El desarrollo del conocimiento científico se muestra como fruto de un crecimiento lineal, puramente acumulativo, que ignora las crisis y las reformas profundas en la actividad científica, sin tener en cuenta los complejos procesos de cambio que han tenido lugar en la ciencia (UNESCO, 2005).

Fernández et al. (2002) afirma que una concepción ampliamente difundida en el profesorado corresponde a percibir la ciencia como verdad absoluta, que se devela mediante una secuencia de etapas definidas y rígidas, mostrando la existencia de un método científico infalible y único.

La imagen de la ciencia como conocimiento independiente del sujeto que lo produce, de las prioridades y las experiencias que dictan hacia dónde y cómo los científicos dirigen su trabajo, conlleva suprimir la influencia de los intereses particulares o generales de diferentes organizaciones, que delimitan el rumbo y las repercusiones de las investigaciones científicas (Chade, 2013).

Otra imagen corresponde a una ciencia descontextualizada, descrita desde la simplificación de las relaciones entre el quehacer científico y los contextos en los que fue elaborado. Esta simplificación impide esclarecer los problemas que el conocimiento científico intenta responder, los medios técnicos de los que dispone y la participación de las preocupaciones de la época en la actividad científica (UNESCO, 2005).

1.1.2 Imágenes de ciencia promovidas en los libros de texto que suelen ser consultados por los profesores en formación inicial.

En los procesos de formación inicial de profesores, algunos libros de nivel universitario además de ser una fuente fundamental de conocimiento, transmiten imágenes de ciencia; estos libros generalmente presentan sólo una exposición del saber, una serie de conceptos finales y estáticos, suprimen el carácter argumentativo del conocimiento científico y se rigen por la lógica interna de las ciencias; sin cuestionar al lector acerca de qué es la ciencia, cómo funciona internamente, cómo se desarrolla, cuál es el origen de los conocimientos, cuál es su grado de fiabilidad, cómo se obtuvieron, qué implicaciones tiene el juicio de los pares, para qué se utilizan comúnmente los conocimientos, qué beneficios aportan a la sociedad, y otras cuestiones relacionadas con la NdC (Carlino, 2003; Garritz, 2006).

Particularmente, para este trabajo se revisaron algunos libros encontrados en bibliotecas principales de Bogotá: Biblioteca Luis Ángel Arango, Biblioteca Virgilio Barco, Biblioteca de la Universidad Pedagógica Nacional, Biblioteca de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, a las cuales tienen acceso profesores en formación; por tanto, se asume que los libros revisados pueden ser consultados por los estudiantes de Licenciatura en Biología y Física para abordar temáticas relacionadas con la electricidad, en los que se encontró que su presentación no va dirigida exclusivamente a los profesores, que omiten componentes históricos, filosóficos y sociológicos pertenecientes a la controversia Galvani-Volta sobre electricidad animal y electricidad artificial, y que en general prescinden de aspectos de la NdC.

En los libros revisados someramente, que se asume usan los profesores de biología (Villem et al. 1998; Overmire 2001; Hill et al. 2006; Audesirk et al. 2008; Cunningham & Klein, 2009) se evidenció que la electricidad en los animales se vincula a procesos fisiológicos de la actividad neuronal, y que un gran número de libros de nivel universitario de física son hechos para ingenieros (Serway & Jewett, 2001; Tipler & Mosca, 2008; Holliday et al. 2002; Ohanian & Markert, 2007; Hewitt & Wolf, 2008) y optan por publicar la explicación de la electricidad desde la noción actual de carga eléctrica (Ver Tabla).

Además, se identificó en los libros de texto la ausencia de actividades que guíen una reflexión sobre el quehacer científico, y que permitan a un profesor en formación inicial reconocer, consolidar, fortalecer o replantear la imagen de ciencia adoptada.

En consonancia con lo anterior, y admitiendo que los libros de texto son uno de los pilares básicos sobre los que se sustenta la acción docente en cualquier nivel educativo y que tienen una incuestionable influencia en el trabajo de los profesores y alumnos en el aula (Perales & Jiménez, 2002), se detecta una problemática en los procesos de formación inicial de profesores de ciencias, debido a la falta de estrategias que promuevan la reflexión sobre el quehacer en ciencias en los libros de texto.

Tabla 1

Libro	Autor	Año de publicación	País y/o Ciudad de publicación	Editorial
Física para ciencias e ingeniería con física moderna Vol 2	Serway, Raymond; Jewett, John.	1992	México	McGraw-Hill
Física para la ciencia y la tecnología Vol 2	Tipler, Paul; Mosca, Gene.	1985	Barcelona, España	Reverte

Física Vol 2	Halliday, David; Resnick, Robert; Krane, Kenneth.	1977	México, Ciudad de México	Continental
Física para ingeniería y ciencias Vol 2.	Ohanian, Hans; Marker, John.	1989	México	McGraw-Hill interamericana
Física Conceptual	Hewitt, Paul; Wolf, Phillip.	2004	México	Prentice Hall México
Biología	Villee, Claude.	1998	Argentina, Buenos Aires	Interamericana
Biología	Overmire, Thomas.	2003	México, Ciudad de México	Limusa
Fisiología Animal	Hill, Richard; Wyse, Gordon; Anderson, Margaret.	2006	España Madrid	Panamericana
Biología: La vida en la Tierra	Audesirk, Teresa; Audesirk, Gerald; Byers, Bruce.	2008	México	Pearson Education
Fisiología Veterinaria	Cunningham, James; Klein, Bradley.	2009	España	Elsevier

Nota. Registro de algunos libros que se asume son consultados por los profesores en formación de Licenciatura en Biología y Licenciatura en Física.

1.2 Formulación del problema

La problemática que tienen los procesos de formación inicial de profesores, se configuró en la falta de estrategias que promuevan una reflexión sobre el quehacer científico, especialmente en los libros de texto. Lo anterior, permitió plantear actividades con una estructura que oriente a los profesores a adjudicar y justificar rasgos del quehacer científico, con el fin de que reconozcan, consoliden, fortalezcan o replanteen su imagen de ciencia, a partir de la

reflexión en torno a aspectos históricos, filosóficos y sociológicos de la controversia Galvani – Volta.

La pregunta que orienta la presente tesis es:

¿QUÉ ASPECTOS DE LA CONTROVERSI GALVANI – VOLTA POSIBILITAN PROMOVER LA REFLEXIÓN SOBRE LAS CIENCIAS, EN LA FORMACIÓN INICIAL DE PROFESORES DESDE LA PERSPECTIVA NDC, A TRAVÉS DE ACTIVIDADES DE ENSEÑANZA?

1.3 Justificación

Esta tesis presenta un aporte fundamental a la educación colombiana, en la medida en que está proyectada desde las pretensiones establecidas tanto por el Ministerio de Educación Nacional (MEN) como por la Maestría en Docencia de las Ciencias Naturales (MDCN) de la Universidad Pedagógica Nacional.

En los Estándares Básicos de Competencias en Ciencias Naturales, el MEN propone que el estudio de las ciencias debe dejar de ser el espacio en el que se acumulan datos de forma mecánica, para abrirse a la posibilidad de sumergirse en un diálogo que permita la construcción de nuevos significados (MEN, 2004); por lo tanto, un profesor formado en la perspectiva NdC no sólo garantizaría la construcción de nuevos significados, sino también contribuiría a formar ciudadanos y ciudadanas capaces de asombrarse, observar, analizar y trasladar las reflexiones a ámbitos más amplios que abarquen su contexto real.

Para el MEN (2004) no basta ofrecer a los estudiantes las herramientas conceptuales y metodológicas propias de las ciencias naturales, también se debe fortalecer la búsqueda de

alternativas de solución a problemáticas; para lo cual es importante forjar en niños, niñas y jóvenes una postura crítica. En esta dirección, la perspectiva NdC favorecerá que el profesor en formación potencialice habilidades que le permitan caracterizar y justificar rasgos del quehacer científico, fortaleciendo su acción pedagógica para que desde la reflexión sobre la ciencia contribuya a forjar en los estudiantes la postura crítica a la que hace mención el MEN.

El programa de MDCN (2009) tiene una amplia intención en centrar las discusiones en el campo de la Educación en Ciencias desde los ámbitos epistemológico, disciplinar, pedagógico, y ético – político. Dichos ámbitos se articulan con el problema que aborda esta tesis, en el sentido en que la finalidad de la MDCN radica en buscar espacios de reflexión que aporten a mostrar un carácter dinámico del conocimiento científico.

En este sentido, una finalidad de dicha reflexión para la MDCN es conducir a que los profesores en formación transformen la imagen de ciencia en la que se asume el conocimiento científico como producto terminado, debido a que esta imagen implica una relación de exterioridad del sujeto con el conocimiento que se produce, generando seres consumidores que dependen de la producción de esos conocimientos en otros contextos (MDCN, 2009). Mientras, que en esta tesis se acude a la reflexión sobre el quehacer científico con el propósito de orientar a los profesores en formación inicial a adjudicar y justificar rasgos a la ciencia, para contribuir a que reconozcan, consoliden, fortalezcan o replanteen su imagen de ciencia.

Para abordar problemáticas en la enseñanza la MDCN propone la vinculación de la epistemología y la historia, no como simples ayudas didácticas para el desarrollo de las actividades, sino como elementos centrales para abordar análisis conceptual crítico y la propia dinámica de la ciencia (MDCN, 2009). Lo anterior se relaciona con la NdC, ya que esta fomenta

la reflexión sobre el quehacer científico desde la intersección de la historia, filosofía y sociología de las ciencias.

Atendiendo al propósito de la MDCN de vincular la historia de las ciencias, y aceptando que una controversia se convierte en un marco de estudio de los procesos de la dinámica científica (Vallverdú et al., 2005). En esta tesis, se acude a la controversia Galvani – Volta como el suceso histórico, que representa las ciencias y constituye una fuente de conocimiento, en los procesos de formación inicial de profesores.

Igualmente, desde las reflexiones en el ámbito disciplinar que se desarrollaron en la MDCN, se determinó la pertinencia que tiene abordar la Controversia Galvani-Volta en la formación de profesores, debido a que es un contenido que no implica la distinción entre Biología, Química y Física, aprobando la realización de actividades que puedan ser abordadas con docentes en formación de cualquiera de estas ciencias.

En cuanto a los seminarios que corresponden al ámbito pedagógico y didáctico en la MDCN, brindaron los elementos que favorecieron la construcción e implementación de actividades diseñadas en esta tesis, para promover la reflexión sobre las ciencias desde la perspectiva NdC. Consolidando de este modo la construcción de estrategias y alternativas para la práctica de enseñanza.

Finalmente, el ámbito ético-político de la MDCN proporcionó la capacidad de proyectar la elaboración de las actividades, no únicamente con fines de abordar la NdC, también con el objetivo de guiar a los profesores en formación a examinar el sentido de la escuela y la enseñanza de las ciencias en la actualidad.

1.4 Antecedentes

A continuación se presenta una serie de documentos que guardan relación con el problema que se aborda en este trabajo, divididos en tres áreas; la primera, acude a textos relacionados con el estado actual de la NdC y su importancia en los procesos de formación inicial de profesores; la segunda área, atiende a escritos sobre la vinculación de las controversias en la enseñanza de las ciencias; y la tercera, expone ejemplares que contemplan una versión histórica de la controversia Galvani – Volta.

En la primer área, se encuentra el docente investigador Agustín Adúriz Bravo quien alude a la NdC como “un conjunto de ideas metacientíficas con valor para la enseñanza de las ciencias naturales”. Dicha alusión se puede encontrar en algunos artículos, dentro de los que se destacan: *¿Qué naturaleza de la ciencia hemos de saber los profesores de ciencias? Una cuestión actual de la investigación didáctica* del año 2005, *La epistemología en la formación de profesores de ciencias* del año 2006 y el capítulo uno de su libro titulado: *Una introducción a la Naturaleza de la ciencia, la epistemología en la enseñanza de las ciencias naturales*, publicado en el año 2005.

Para Adúriz (2005), una de las innovaciones didácticas más importantes en los últimos diez años, ha sido la incorporación de las llamadas metaciencias a la enseñanza de las ciencias, fundamentalmente en los procesos de formación inicial de profesores. Con el término metaciencias, Adúriz se refiere a la epistemología, historia de la ciencia y sociología de la ciencia, como disciplinas que tienen por objeto de estudio la ciencia, sus alcances y límites.

La epistemología como metaciencia destacada por Adúriz, permite una reflexión teórica por excelencia sobre la ciencia, aportando en la construcción de una imagen crítica sobre el funcionamiento científico; la historia es una fuente de episodios que provee una ambientación para pensar sobre la ciencia y la sociología llama la atención frente a las visiones tradicionales de la ciencia.

Por lo anterior, Adúriz es un antecedente de este trabajo, ya que se acepta que las disciplinas que tienen como objeto de estudio las ciencias son primordiales desde la perspectiva NdC, y aunque en esta tesis no se hace uso del término “metaciencias”, se reconoce su importancia para promover en los profesores en formación una reflexión sobre qué es el conocimiento científico y cómo se elabora, reflexión que se considera va a irrumpir el imaginario de ciencias de los profesores.

De la misma manera Óscar Tamayo y Mary Orrego defienden en la enseñanza, una reflexión sobre la actividad científica desde las disciplinas que toman como objeto de estudio las ciencias, debido a que dichos autores concluyeron que algunos profesores poseen una comprensión elemental de cómo opera la ciencia, porque probablemente no se están enseñando los orígenes del conocimiento científico. No obstante, cabe anotar que Tamayo y Orrego no pretenden formar especialistas en historia, filosofía y sociología.

Entonces, para Tamayo y Orrego el concepto NdC se ubica en la intersección de campos como la historia, la filosofía y la sociología de la ciencia, por lo que admiten que incluir la perspectiva NdC en los procesos de enseñanza y aprendizaje ayuda a que los profesores mejoren su comprensión de los conocimientos científicos, reconociendo una visión dinámica y no estática de la ciencia. Lo anterior, se encuentra registrado en el artículo: *Aportes de la naturaleza de la*

ciencia y del contenido pedagógico del conocimiento para el campo conceptual de la educación en ciencias, publicado en el año 2005.

Aunque Tamayo y Orrego aceptan que la perspectiva NdC guía a los profesores a describir de manera adecuada la ciencia a sus estudiantes, en esta tesis se incentiva que los profesores en formación reflexionen sobre la ciencia, al mismo tiempo que adquieren habilidades para orientar a sus estudiantes a pensar sobre el quehacer científico y a admitir la convivencia de diversas descripciones de la ciencia en el aula.

Tamayo y Orrego, al igual que Fouad Abd El Khalick, impulsan en el campo de la educación en ciencias una articulación entre la NdC y el enfoque del contenido pedagógico del conocimiento (CPC) propuesto por Shulman (citado por Tamayo & Orrego, 2005). En la versión inicial Shulman define este enfoque como una amalgama especial entre la materia objeto de estudio, la pedagogía y la didáctica; y pese a que el CPC ha tenido gran acogida en didáctica y diversas modificaciones, no se promueve en esta tesis.

En el artículo titulado *Teaching with and about nature of science, and science teacher knowledge domains* escrito en el año 2003, Khalick reconoce las habilidades que adquiere un profesor mediante la articulación de la NdC y el CPC, dentro de las que se encuentran: la ventaja para utilizar enfoques eficaces, la destreza para promulgar ambientes de aprendizaje, la facilidad para replantear determinadas características de la enseñanza tradicional y especialmente la capacidad para dirigir una reflexión sobre el quehacer científico; sin embargo, en el presente trabajo se considera que estas habilidades también pueden ser adquiridas por los profesores en formación, únicamente desde la enseñanza con la NdC.

Además, Khalick hace énfasis en que la NdC no es un conjunto de pasos que indican a un profesor cómo enseñar ciencias, sino es una perspectiva que al orientar una reflexión, apoya a los docentes en formación a desarrollar comprensiones justificadas sobre la generación y validación del conocimiento científico.

A partir de lo anterior esta tesis promueve la reflexión sobre el quehacer científico, y considera fundamental la afirmación de Khalick acerca de que la inclusión de la historia, filosofía y sociología de las ciencias en la enseñanza, es necesaria pero no suficiente para la comprensión de la NdC, por lo que se requiere una reflexión explícita del quehacer científico orientada desde preguntas puntuales como: ¿Qué es el conocimiento científico?, ¿Qué hacen los científicos?, ¿Qué es una ley científica?

Aceptar la necesidad de una reflexión en la enseñanza de la NdC para la formación de profesores, es una idea que también adoptan García, Vázquez y Manassero, quienes a partir de una revisión de la literatura de la última década aseguran, en su artículo titulado *Estado actual y perspectivas de la enseñanza de la naturaleza de la ciencia: una revisión de las creencias y obstáculos del profesorado* publicado en el año 2011, la existencia de una escasa comprensión de la NdC entre el profesorado de ciencias, que se puede remediar con la inclusión de cursos de formación de profesores que aborden: las características de la actividad científica, situaciones de controversia originadas en la construcción del conocimiento científico y aspectos relativos a la historia y filosofía de la ciencia.

Vincular las controversias originadas en la construcción del conocimiento científico a la formación inicial y permanente de los profesores, es una de las estrategias que se acoge en esta

tesis con el fin de que se llegue a la reflexión del quehacer científico que se promueve desde la NdC, como un componente fundamental en la formación inicial y permanente de profesores.

En el año 2008 a través del artículo *El estado actual de la naturaleza de la ciencia en la didáctica de las ciencias*, José Antonio Acevedo recopiló investigaciones en didáctica señalando las diferentes definiciones que soporta el término NdC y las características que se le han otorgado. Esto orientó el estudio documental a partir del cual se estableció la postura que esta tesis defiende de la perspectiva NdC.

Siendo la NdC una perspectiva contemporánea que continúa en construcción, Acevedo et al. (2005) en el texto *Naturaleza de la ciencia y educación científica para la participación ciudadana. Una revisión crítica*, expone la descripción de la NdC en didáctica desde un punto de vista crítico, pero en una posición que favorece la inclusión de la NdC a la enseñanza, lo que contribuyó a que las autoras de esta tesis reconocieran y plantearan los límites de la perspectiva NdC.

Acevedo ha aportado a la construcción del marco conceptual sobre el cual se soporta la enseñanza de la NdC; sin embargo, su propósito y metodología de trabajo difieren a los de esta tesis, porque su objetivo principal no es promover que la reflexión del quehacer científico se materialice en la justificación de los rasgos que se adjudican a la ciencia, sino encontrar los consensos y disensos sobre los rasgos que determinan el quehacer científico, como lo muestran los artículos que hizo junto a Vázquez y Manassero: *Consensos sobre la naturaleza de la ciencia: aspectos epistemológicos del 2007* y *Consensos sobre la naturaleza de la ciencia: evidencias e implicaciones para su enseñanza del 2001*.

Asumiendo la idea de que las controversias científicas son una fuente de conocimiento que representa el quehacer científico y permiten abordar la enseñanza de la NdC, se funda la segunda área que divide los antecedentes y que atiende autores y escritos sobre la vinculación de las controversias en la enseñanza de las ciencias. Al respecto, el filósofo, sociólogo y antropólogo Frances Bruno Latour en su documento *Pasteur y Pouchet: Heterogénesis de la historia de las ciencias*, publicado en 1991, sustenta que las controversias ofrecen una puerta abierta para conocer el tipo de trabajo desarrollado en la ciencia, y califica como inaccesible y fría la descripción de la ciencia que se hace a nivel general o por difusión social.

Así como en esta tesis la controversia Galvani – Volta es un objeto de estudio para abordar la NdC en las aulas de formación de profesores, la controversia Pasteur y Pouchet escrita por Bruno es objeto de estudio en escenarios como el seminario de Pedagogía I en la MDCN de la Universidad Pedagógica Nacional.

Así mismo, el artículo publicado en el año 2001 y titulado *Scientific controversies in teaching science: the case of Volta* del autor Nahum Kipnis, es un antecedente del presente trabajo que justifica la introducción de las controversias científicas en la enseñanza, puesto que proporcionan la posibilidad de presentar el trabajo científico y los factores que determinan la elección de una teoría sobre otra. No obstante, Nahum no estuvo interesado exclusivamente en promover la reflexión sobre la ciencia en la formación de profesores, su propósito se concentró en exponer la controversia sobre la electricidad animal y artificial como una fuente pertinente para generar discusiones en clases de ciencias, alrededor de las teorías científicas, su construcción y relación con los experimentos.

Otra pretensión de Nahum al vincular la controversia Galvani-Volta a la enseñanza, radica en brindar aportes a la comparación entre el quehacer científico y otras actividades humanas como las controversias políticas o los procedimientos judiciales. Sin embargo, este trabajo dista de la afirmación de Nahum frente a que las controversias proporcionan directrices en la construcción de las investigaciones en el aula.

Según Nahum, las controversias científicas en la enseñanza pueden facilitar discusiones sobre el papel del experimento en el quehacer científico, aporte que impulsó la elección del trabajo experimental como característica para abordar los aspectos históricos, filosóficos y sociológicos de la controversia Galvani – Volta.

Un antecedente en Colombia, es la tesis de grado del programa de Maestría en Educación, de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, realizada por Teo Fabián Pabón Guevara, titulada: *La Controversia Científica en la formación inicial de profesores. Un fundamento para la comprensión de la ciencia y su enseñanza*, publicada en el año 2015.

Pabón construyó una propuesta que permite la comprensión de las ciencias y su enseñanza, fundamentada en el vínculo entre la controversia científica y la NdC, alrededor de la minería en Colombia, promoviendo que los profesores en formación realicen una reflexión profunda sobre los valores y supuestos inherentes relacionados con el conocimiento científico, abarcando una diversidad de aspectos como la forma en que se construye la ciencia y su funcionamiento interno y externo; sin dar por fija la importancia de la enseñanza de las ciencias sino que se justifique su utilidad y conveniencia para la formación de ciudadanos.

Esta tesis comparte con Pabón la idea de que en el ambiente educativo, las controversias presentan una forma de entender cómo se construye y se desarrolla la ciencia, posibilitando la

construcción de argumentos que permiten explicar el trabajo de los científicos. Pero, mientras en este trabajo se valora la controversia Galvani – Volta como un contexto histórico que representa las ciencias, para Pabón existe un punto de encuentro entre las controversias científicas y los postulados de la NdC, que no sólo posibilitan que el profesor en formación aprenda ciencias sino también comprenda y reflexione sobre la actividad científica.

En la tercera área se destaca; el libro titulado *The ambiguous frog: The Galvani-Volta controversy on animal electricity*, escrito por el filósofo, historiador y político Marcello Pera en el año 1986 como principal antecedente de este trabajo de grado, el cual aporta una versión de la controversia llevada a cabo por el fisiólogo Luigi Galvani y el físico Alessandro Volta en torno a la electricidad animal y electricidad artificial.

Marcello Pera describe la controversia Galvani – Volta valiéndose de preguntas, cuestiones, supuestos, hipótesis, experimentos, teorías y otros elementos que la identifican, de los cuales se seleccionaron las problemáticas, el trabajo experimental y los conceptos como las tres características que posibilitan promover en la formación de profesores una reflexión en torno a aspectos históricos, filosóficos y sociológicos de las ciencias.

Cabe acotar, que el artículo *La controversia Galvani – Volta sobre la electricidad animal* escrito en 1998 por Pablo Rudomín basado en el libro de Marcello Pera, es un soporte para este trabajo gracias a que describe las investigaciones sobre la electricidad en preparaciones animales, revelando diferentes experimentos y explicaciones que dan cuenta de las ideas desarrolladas por los personajes involucrados en la polémica.

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo General

Identificar los aspectos de la controversia Galvani – Volta que posibilitan promover la reflexión sobre las ciencias, en la formación inicial de profesores desde la perspectiva NdC, a través de actividades de enseñanza.

1.5.2 Objetivos Específicos

- Elaborar una versión de la controversia Galvani - Volta como objeto de estudio para procesos de enseñanza y aprendizaje en la formación inicial de profesores, considerando en particular el libro “The ambiguous frog: the Galvani – Volta controversy on animal electricity” de Marcello Pera.
- Analizar la controversia Galvani – Volta, para profundizar en los aspectos que posibilitan promover la reflexión sobre el quehacer científico y sus implicaciones en los procesos de formación inicial de profesores.
- Diseñar actividades de enseñanza soportadas en los aspectos de la controversia Galvani – Volta, que promuevan en los profesores en formación la reflexión sobre el quehacer científico, desde la perspectiva NdC.
- Implementar las actividades de enseñanza, con el fin de caracterizar someramente los testimonios de profesores en formación inicial, sobre la reflexión de algunas características de las ciencias

2. MARCO TEÓRICO

El capítulo 2 concreta el marco teórico; atendiendo en primer lugar, a la postura de NdC sobre la que se soportan los planteamientos de este trabajo, construida a partir de la técnica de investigación documental de la literatura existente en didáctica de las ciencias naturales. Posteriormente, se hace mención a los profesores en formación inicial como la población a la que van dirigidas las actividades de enseñanza. Y por último, se referencian determinados autores para describir las controversias científicas y su vinculación a la enseñanza.

2.1 Naturaleza de las ciencias

2.1.1 Descripción de la NdC en la literatura revisada

En los últimos años ha sido posible reconocer el creciente nacimiento de varias perspectivas que incluyen la historia, la filosofía y la sociología de las ciencias en la enseñanza, en los siguientes apartados se hace referencia exclusivamente a la perspectiva NdC.

Al describir el término NdC no es oportuno fragmentarlo en las palabras que lo constituyen, puesto que tanto la palabra naturaleza como la palabra ciencia presentan dificultad y desacuerdo al definir las. Por tanto, describir la NdC es una labor compleja que ha establecido consensos y disensos, dentro de la comunidad de didactas, fundamentales en la comprensión de las características que determinan la perspectiva NdC.

En primer lugar, para referirse a la definición de NdC, es necesario precisar que esta perspectiva tuvo su inicio en una serie de investigaciones que se realizaron para analizar las ideas que sobre el quehacer científico sostenían estudiantes, profesores, científicos y público en general (Adúriz, 2008), pero fue sólo hasta 1998 que McComas y Olson propusieron por primera

vez el uso del concepto NdC, para referirse a las reflexiones, hechas en ámbito de la educación, en torno al trabajo científico y las reacciones de la sociedad frente a los desafíos de la ciencia (Tamayo & Orrego, 2005).

En la actualidad diversos artículos presentan una definición de la NdC que integran la idea inicial de McComas y Olson. Por ejemplo, Khalick y Lederman (2000a) definen la NdC como un área extensa y multidisciplinar, que se nutre de aportes de diversas corrientes de investigación sobre las características de la ciencia, en particular las epistemológicas, es decir la forma específica en que se obtiene el conocimiento científico, junto con los valores y creencias que lo sustentan. Esta definición se complementa en el año 2012, cuando Khalick agrega que la NdC tiene como objetivo ayudar a los estudiantes a desarrollar concepciones acerca de la generación y validación del conocimiento científico.

Echevarría, Longino, Collins y Ziman (citados por Acevedo et al., 2007a) consideran que la NdC trata de todo aquello que caracteriza la construcción del conocimiento científico, haciendo referencia tanto a los supuestos subyacentes (consecuencia del carácter humano), como a los valores, contextos, influencias y limitaciones de la ciencia. Así mismo Ryan y Aikenheid afirman que la NdC abarca el significado de la ciencia, supuestos, invenciones conceptuales, métodos y construcciones propias del conocimiento elaborado.

Adúriz (2005b) caracteriza la NdC como un conjunto de contenidos metacientíficos con valor para la educación. Sin embargo, las definiciones más aceptadas por los expertos en didáctica, según un estudio de Amador y Adúriz (2012), son las presentadas por Acevedo et al. (2007a) y Guisasola y Morentin (2007), explicitadas respectivamente a continuación: 1) La NdC es un metaconocimiento sobre la ciencia que surge de las reflexiones interdisciplinarias realizadas

desde la filosofía, la historia y la sociología de la ciencia. 2) La NdC comprende aspectos de diferentes áreas de conocimiento como la historia, la sociología y la filosofía de la ciencia con el propósito de explorar qué es la ciencia, cómo trabajan los científicos como grupo social y cómo la propia sociedad se enfrenta y reacciona ante los problemas derivados de la ciencia.

Después de resaltar algunas definiciones de NdC plasmadas por diferentes autores, y a pesar de que todos coinciden en que la NdC es una perspectiva que busca llevar a la educación la reflexión sobre los rasgos de la actividad científica, es posible considerar que la definición de NdC es un disenso en la comunidad de especialistas en didáctica.

De este modo, promover la reflexión sobre el quehacer científico es otra característica que describe la perspectiva NdC y que conduce a aceptar, en el ámbito de la enseñanza, la existencia de diversas reflexiones sobre la ciencia, lo que implica que el propósito de la NdC no puede consistir en determinar una única caracterización del quehacer científico para impartirlo en los estudiantes; pero, desde la perspectiva NdC sí es posible plantear parámetros que orienten una adecuada reflexión sobre la ciencia, entre los que varios autores han considerado fundamental, la vinculación de un contexto que exponga aspectos históricos, filosóficos y sociológicos para soportar la reflexión (Adúriz, 2005b).

La historia, filosofía y sociología de las ciencias catalogadas metaciencias por Adúriz (2005b), aunque heterogéneas, son semejantes en el sentido en que el conocimiento científico puede ser un objeto de estudio en común (Irzik y Nola citados por Leden et al., 2013). Sin embargo, la selección de las metaciencias que deben estar vinculadas a la reflexión promovida por la NdC, es un disenso en didáctica.

Algunos autores sostienen la idea de una NdC que hace referencia a la comprensión de los aspectos epistemológicos, sociológicos y hasta psicológicos implicados o que fundamentan las actividades y procedimientos de la ciencia (Driver et al., citado por García et al., 200); otros muestran la NdC como la intersección de la historia, la filosofía, la sociología y la psicología de la ciencia (Tamayo & Orrego, 2005); mientras que en el 2001 Vázquez et al., exponen la complejidad del término NdC porque aglutina una diversidad de aspectos relacionados con la filosofía, la sociología y la historia de la ciencia; y Adúriz (2005a) otorga protagonismo a la epistemología considerando que la contribución principal a la reflexión del quehacer científico, viene de la epistemología.

En muchos documentos consultados sobre investigación en didáctica hay un consenso de enfoques que proponen incluir tanto implícita como explícitamente la reflexión sobre el quehacer científico en los currículos, a través de la perspectiva NdC (Acevedo, 2009).

El enfoque que propone la reflexión implícita sugiere que se puede conseguir una comprensión de la NdC de modo indirecto mediante una enseñanza basada en la adquisición de destrezas y habilidades en los procesos de las ciencias, involucrando a los estudiantes en actividades de indagación científica. En este enfoque se asume que los estudiantes pueden llegar a conseguir un conocimiento sobre el quehacer científico mediante una metodología basada en “hacer ciencia” en la escuela y sin necesidad de hacer referencias explícitas a aspectos de la NdC (Lawson citado por Acevedo, 2009)

Y el enfoque que promueve la reflexión explícita sobre la ciencia recomienda afrontar las imágenes de las ciencias mediante la planificación “en vez de esperar obtener un efecto como producto secundario” de los modelos implícitos de enseñanza de las ciencias (Akindehin citado

por Acevedo, 2009). El enfoque explícito dirige la enseñanza hacia aspectos de la NdC utilizando los aspectos históricos, filosóficos y sociológicos de las ciencias. Por ejemplo, se asume que los alumnos pueden percibir aspectos del quehacer científico en las controversias científicas, las cuales tienen un papel significativo en el aprendizaje de la NdC. Sin embargo, para el enfoque explícito es fundamental que la enseñanza se oriente a partir de preguntas puntuales sobre los aspectos de la ciencia, tales como: ¿Qué es el conocimiento científico?, ¿Qué hacen los científicos?, ¿Qué es una ley científica? (Adúriz, 2005b; Khalick, 2012).

Reconociendo dichos enfoques, es posible interpretar un disenso que se enmarca en las finalidades que para algunos autores puede llegar a tener la NdC en la enseñanza; en primer lugar, ciertos autores promueven la alfabetización científica para todos, que desarrolla valores y actitudes importantes para la comprensión de un mundo cada vez más impregnado de ciencia y tecnología (Acevedo et al., 2005); y en segundo lugar, hay quienes pretenden con la NdC incentivar en la comunidad educativa el desarrollo de una reflexión sobre los rasgos del conocimiento científico promoviendo una visión crítica de la ciencia (Tamayo & Orrego, 2005).

A pesar de lo anterior, la inclusión de la perspectiva NdC en el currículo se ha llevado a cabo a través del ejercicio de seleccionar rasgos de la ciencia desde consensos parciales, que se han justificado con estudios en los que profesores, historiadores, filósofos y sociólogos de las ciencias determinan ideas que sobre el conocimiento científico deberían enseñarse (Vázquez et al., 2001).

Finalmente, es conveniente acotar que enseñar desde la NdC implica reconocer las particularidades que subyacen a la población en la que se va abordar esta perspectiva, siendo este otro consenso que se evidencia en las investigaciones de los didactas.

2.1.2 Limitantes de la NdC como perspectiva didáctica.

A continuación se presentan algunos aspectos de la NdC que constituyen cuestionamientos sobre la perspectiva, y trazan limitantes para su incorporación en la educación en ciencias.

1. Se suele asignar a la filosofía el estudio del significado de la palabra naturaleza, debido a que este término ha sido importante para especialistas de esta disciplina, especialmente para los antiguos griegos; por ejemplo, la filosofía de Aristóteles gira en torno a este concepto derivándolo de la caracterización de los seres naturales; como el principio y causa del movimiento y reposo de las cosas (Salgado, 2012). A pesar de que Aristóteles y muchos estudiosos han otorgado diversas concepciones a la palabra naturaleza, la definición más difundida en los diccionarios filosóficos hace referencia al ser propio de las cosas, idea que se aproxima al concepto de esencia de los seres u objetos con independencia de su capacidad para cambiar o convertirse en otra cosa (Echeaoven, 2015). Bajo esta idea de naturaleza se cuestiona la pertinencia del apelativo naturaleza de las ciencias (NdC) para la perspectiva.

Valiéndose del sentido filosófico que aquí se presenta de la palabra naturaleza, es posible hacer frente a dicho cuestionamiento considerando que para la perspectiva didáctica NdC, la palabra naturaleza no está dirigida a esencialidades de la ciencia, sino que únicamente hace referencia a los rasgos o características metodológicas y procesuales que a través de una reflexión personal y argumentada puede concederse a la ciencia en un ámbito educativo (Khalick & Lederman, 2000b).

También es posible evitar el limitante que genera el apelativo naturaleza, estimando que la perspectiva NdC ha sido designada con otras denominaciones como: “ideas sobre la ciencia” (Osborne et al., 2003) y “actitudes hacia la ciencia” (Vásquez y Manassero, 1995).

2. Como se indicó en el numeral ..., diferentes autores coinciden en afirmar que las visiones de ciencia que tienen algunos estudiantes y profesores constituyen una problemática para la enseñanza, a la cual se ha pretendido dar solución proponiendo cursos que abordan las características de la actividad científica, situaciones de controversia originadas en la construcción del conocimiento científico, o aspectos relativos a la historia y filosofía de la ciencia en los procesos de formación inicial de profesores (García et al., 2001).

Aun así, algunos estudios revelan que la problemática continúa existiendo, lo que lleva a suponer que la solución que se plantea con los cursos no se está acatando o no es suficiente para garantizar la enseñanza de las características del conocimiento científico. Entonces, la persistencia de los defensores de la NdC por determinar las visiones “deformadas” de ciencia, se somete a crítica porque se limita únicamente a diagnosticar las visiones “deformadas” de ciencia, y los principales obstáculos que impiden a los profesores vincular en su enseñanza contenidos sobre los rasgos de las ciencias.

3. Investigaciones relacionadas con la perspectiva NdC se han interesado por mostrar que la enseñanza de las ciencias apenas proporciona ocasión a los estudiantes de familiarizarse con las características del trabajo científico; como consecuencia de esto, las concepciones de los estudiantes, e incluso de los mismos profesores, acerca del quehacer científico no difieren de las visiones ingenuas adquiridas por impregnación social. Sin embargo, se puede establecer una crítica a un gran número de autores (Furió et al., 2001; Porlán et al., 1997; Fernández et al., 2002) que concluyen sucintamente que dichas visiones tienen raíces positivistas o de otros

enfoque filosófico; esta última aseveración implica asegurar que las visiones son de un determinado paradigma filosófico, estableciendo la igualdad entre este y el pensamiento ingenuo sobre las ciencias, lo que puede acarrear una descalificación y simplificación de dichos enfoques. Por lo anterior, se sugiere omitir este tipo de calificaciones, y en su lugar vincular a la enseñanza de las ciencias una profundización en los planteamientos no sólo del positivismo, sino de cualquier enfoque desde el cual se pueda analizar la imagen de ciencia.

2.1.3 Descripción de la perspectiva NdC promovida en esta tesis.

Después de revisar la literatura que describe y reconoce los limitantes de la NdC, se opta por concretar las características de esta perspectiva, sobre las cuales se fundamenta la problemática, desarrollo y resultados de esta tesis.

En el presente documento se emplea el término NdC para hacer referencia a la perspectiva didáctica que promueve en el ámbito de la educación, una reflexión sobre el quehacer científico, soportada en aspectos históricos, filosóficos y sociológicos de las ciencias, y desarrollada a través de preguntas similares a: ¿Qué es la ciencia? ¿Cómo se trabaja científicamente? ¿Cómo actúan los científicos? ¿Cómo se comporta la sociedad frente a los desarrollos científicos? ¿Cómo se valida el conocimiento en la comunidad científica? ¿Cómo se transforma la ciencia a lo largo del tiempo? ¿Qué implicaciones tienen los saberes científicos en la sociedad?, entre otras.

Por otro lado, se percibe la reflexión sobre el quehacer científico como una forma de conocimiento que depende del sujeto que la elabora y es entendida como una actividad de pensamiento que la NdC vincula a la enseñanza, para considerar y analizar aspectos sobre la ciencia; por tanto, para esta tesis la reflexión tiene su expresión material en los rasgos,

características y juicios que los profesores en formación adjudican y argumentan sobre el quehacer científico.

No obstante, la reflexión sobre el conocimiento científico que se promueve en esta tesis se orienta desde aspectos históricos, filosóficos y sociológicos derivados de la controversia Galvani – Volta. Considerando que la historia contribuye a responder la pregunta de qué ocurre con la ciencia en el tiempo y es una fuente inagotable de episodios paradigmáticos de creación de contenidos con variados niveles de complejidad; la filosofía, apunta a determinar qué es la ciencia y cómo se elabora; y la sociología de la ciencia caracteriza la cuestión de cómo se relaciona la ciencia con la sociedad y cómo se organizan los científicos como grupo social (Adúriz, 2005).

El propósito de vincular estas disciplinas no es el de formar especialistas en historia, filosofía y sociología sino de promover la reflexión del quehacer científico desde un contexto conceptual determinado, con el fin de orientar a los docentes a reconocer, consolidar, fortalecer o construir una visión propia de las ciencias.

En las actividades de enseñanza diseñadas en esta tesis, se emplea el enfoque que promueve una reflexión explícita sobre la ciencia y que conduce a fortalecer el conocimiento científico en los estudiantes y, al mismo tiempo, a defender una perspectiva argumentativa y crítica sobre el funcionamiento de la ciencia.

Se promueve una reflexión explícita en la medida en que las actividades enfrentan a los docentes en formación a preguntas directas y puntuales sobre características de las ciencias representadas en la controversia Galvani – Volta, propiciando análisis enmarcados en aspectos históricos, filosóficos y sociológicos del quehacer científico.

La NdC como perspectiva didáctica resalta la importancia de educar en la pluralidad y no desde adoctrinamientos hacia un modelo concreto que defina la ciencia, porque la complejidad del conocimiento es tan grande, que se caracteriza por gozar de la convivencia de diversos modelos de ciencia en un dinamismo permanente; en el que cualquier reflexión sobre el trabajo científico es limitada, parcial y está en competencia con otras reflexiones también parciales (Rudolph citado por García et al., 2001).

La pluralidad de reflexiones y visiones de las ciencias es un asunto generado por varias situaciones y contextos que han determinado la manera como un sujeto o grupo de sujetos se piensa la ciencia, es así como se reconocen múltiples connotaciones de la actividad científica que han trascendido y consolidado escuelas y corrientes.

Los pensamientos sobre la ciencia que declaran escuelas filosóficas como la positivista, relativista, realista y pragmática, constituyen un ejemplo de los múltiples rasgos que se han adjudicado a las ciencias y la importancia de reconocer que todos en sus propios marcos conceptuales se hacen válidos. Así que no es necesario que en la perspectiva NdC se establezcan rasgos del quehacer científico para transmitir y adoctrinar a los estudiantes.

2.2 Formación de profesores en la perspectiva NdC

2.2.1 Habilidades y destrezas que adquiere un profesor formado en la perspectiva NdC.

A lo largo de la historia son muchos los apelativos que se le han venido otorgando al profesor; como el de ser un transmisor de conceptos, orientador de procesos o guía en la construcción de conocimientos de los estudiantes; sin embargo, independientemente del papel que se le atribuya, siempre ha sido y continúa siendo un sujeto fundamental en los procesos de

enseñanza y aprendizaje. Por lo anterior, la NdC propende porque el profesor en formación reflexione sobre la misma ciencia con el propósito de que reconozca, consolide, fortalezca o construya una representación propia de la ciencia, al mismo tiempo adquiere mayor profundidad en los contenidos científicos y desarrolla o potencializa habilidades que le permitirán orientar procesos de enseñanza-aprendizaje desde la perspectiva NdC.

Aludiendo al planteamiento del problema de este trabajo, se acepta que un gran número de profesores describe la ciencia desde las concepciones que adquiere por difusión social, por lo tanto, lograr una imagen de ciencia argumentada a través de una reflexión sin una fuente de conocimiento que represente la actividad científica es dificultoso e improbable. Entonces, la NdC sugiere la vinculación de documentos que ilustren investigaciones científicas, cuestiones sociocientíficas y en general contextos históricos apoyados de interpretaciones elaboradas por especialistas en filosofía y sociología, que develen lo que se gesta en y alrededor de la actividad científica, al tiempo que admite un acercamiento a los aspectos históricos, filosóficos y sociológicos que inciden positivamente en la formación del profesor.

Por ejemplo, los análisis históricos, filosóficos y sociológicos de las controversias científicas proporcionan un marco teórico desde el cual el profesor puede identificar los intereses personales, éticos, culturales y políticos que están a la base de la ciencia humanizada, generando una ampliación de su pensamiento reflexivo, crítico y argumentativo. La historia, filosofía y sociología también admiten una profunda comprensión de los contenidos de las ciencias, y principalmente favorecen la reflexión en torno a aspectos como: el desarrollo, la evolución, la constancia la transformación y la validación del conocimiento, el rol del experimento, la metodología de la actividad científica y el papel del científico, lo que tiene un valor intrínseco

para la formación del profesor puesto que le conduce a determinar rasgos específicos de la ciencia para construir una imagen estructurada y coherente de la actividad científica.

Una habilidad más adquirida por el profesor formado desde la perspectiva NdC, es reconocer que cualquier reflexión hecha sobre la actividad científica es una representación parcial de la misma, en este sentido el docente trabaja no para transmitir las conclusiones de su reflexión sobre la ciencia y hacer que otros las adquieran, sino por el contrario para orientar a los estudiantes a reflexionar y a construir una imagen de las ciencias que también será parcial, tendrá que convivir con otras y su consistencia estará sometida a justificación. En efecto, enseñar ciencias desde la NdC exige construir ambientes de aprendizaje y estrategias didácticas a través de los cuales los análisis históricos, filosóficos y sociológicos de los eventos científicos, se trasladen al nivel de la población de estudiantes en la que se aborde la reflexión sobre la ciencia. De este modo, un requisito fundamental para el diseño de planes de enseñanza, es la conversión que el profesor debe realizar de los episodios científicos en objetos de aprendizaje, garantizando las condiciones necesarias para involucrar al estudiante en la reflexión y así promover la capacidad de sustentar las concepciones de las ciencias que alcanzan.

En este trabajo se considera improductiva la vinculación de la historia, la filosofía y la sociología de las ciencias en los procesos de formación inicial de profesores, sin una planificación de estrategias con intenciones de conducir a una reflexión desde la NdC. No obstante, es necesario señalar que la intención de las estrategias no consiste en otorgarle rasgos específicos a la ciencia en los que debe concluir el conocimiento de los estudiantes, sino establecer objetivos que lleven a la reflexión de aspectos históricos, filosóficos y sociológicos que se pueden abordar desde la controversia Galvani – Volta, y que permiten a los profesores fortalecer su imagen de ciencia.

Algunas características presentadas en este apartado están estrechamente vinculadas a lo que en la literatura se conoce como el enfoque explícito para la enseñanza de la NdC.

Para ilustrar lo escrito anteriormente, se acude a la controversia Galvani – Volta como el episodio que representa la actividad científica; particularmente al análisis histórico, filosófico y sociológico que presentó en 1992 el especialista Marcello Pera en el libro *The ambiguous frog: The Galvani-Volta controversy on animal electricity*.

2.3 Controversias científicas en la enseñanza de las ciencias.

A continuación, se explicitan los aportes de las controversias científicas a la enseñanza de las ciencias, fundamentados desde referentes que conceden a estos hechos históricos la característica de representar el trabajo científico

Adúriz e Izquierdo (2002) afirman que la vinculación de las controversias científicas en la educación ayuda a los profesores a explicitar, comunicar y estructurar sus ideas acerca de la naturaleza del quehacer científico y, consecuentemente, puede derivar en una mejora de su desempeño profesional.

Por tanto, se considera que al abordar las controversias no sólo se incorporan conocimientos científicos en la formación de profesores, también se valoran análisis de historiadores, filósofos y sociólogos, desde los cuales se pueden justificar los rasgos que se adjudican a las ciencias. En este sentido, la enseñanza de las ciencias desde la NdC a través de las controversias científicas se plantea como una alternativa conceptual y metodológica que brinda a los docentes la oportunidad de desarrollar habilidades argumentativas, que los conducen a justificar los rasgos que determinarán su imagen de las ciencias (Vallverdú et al., 2005).

Dada la importancia que tienen las controversias para la enseñanza de las ciencias desde la NdC, es necesario determinar de manera general qué caracteriza una controversia científica. Para esto, se considera principalmente lo descrito por Dascal (1995) y Kitcher (2000).

Para Kitcher (2000) una controversia involucra defensores de diferentes posiciones que interactúan de manera compleja, definición que se complementa con la establecida por el Diccionario de la RAE (2015): en donde se menciona que una controversia es una discusión de opiniones contrapuestas entre dos o más personas.

Además, para comprender las controversias científicas es necesario precisar que en la comunidad científica no sólo se desarrolla una práctica de consenso, sino una diversidad de prácticas individuales multidimensionales que involucran compromisos cognitivos de un científico y características como: un lenguaje específico, un conjunto de preguntas significativas, una agrupación de esquemas explicativos, un cúmulo de declaraciones aceptadas, trabajo experimental, instrumentos, evaluaciones de la autoridad, cánones metodológicos y declaraciones sobre la forma en que los proyectos científicos se relacionan con el bienestar humano (Kitcher, 2000).

Según Vallverdú et al., (2005) el inicio de una controversia está asociado a un disenso alrededor de las características de la práctica científica. Al respecto, Kitcher (2000) afirma que gran parte del debate en las controversias científicas consiste en encontrar soluciones a los problemas planteados y, en muchas ocasiones, generar estrategias de solución con las refutaciones y planteamientos del rival.

Cabe señalar, que las controversias no quedan confinadas a los problemas iniciales que las motivan, sino que se amplían rápidamente tanto en extensión como en

profundidad, y es posible que en el curso de una controversia los problemas iniciales sean abandonados hasta el punto de que la controversia puede clausurarse con la adopción de una de las posiciones opuestas (Dascal, 1995).

Por su parte Nahum (2001), ratifica que las controversias científicas en la enseñanza facilitan discusiones sobre el papel del experimento en las ciencias, porque brindan aportes históricos, filosóficos y sociológicos para que los profesores en formación inicial, alcancen comprensiones sobre el trabajo experimental en el quehacer científico.

Dascal (1995) advierte que en el curso de la expansión de los problemas de la controversia, los contendientes cuestionan presupuestos básicos de sus adversarios, ya sean estos fácticos, metodológicos o conceptuales, rescatando el aspecto hermenéutico correspondiente a la cuestión de la interpretación correcta de los datos, del lenguaje, de las teorías y de los métodos. En una controversia se reconoce como los contendientes se acusan de presentar incorrectamente las tesis del otro, de emplear un lenguaje ambiguo, de no contestar a las objeciones y de no centrarse en el verdadero problema que hay que resolver, ya sea en una fase de la controversia o en general.

Partiendo de las características de una controversia científica, que resaltan Dascal (1995), Kitcher (2000) y Nahum (2001), en este trabajo se otorga relevancia a las problemáticas, el trabajo experimental y los conceptos científicos como características de la controversia Galvani – Volta, que permiten plantear actividades para procesos de reflexión en la formación inicial de profesores desde la NdC.

Lo anterior presupone que vincular la controversia Galvani – Volta a los procesos de formación de profesores genera una apropiación de conocimiento científico en el aula, como

elemento constructor que permita replicar controversias en los procesos de enseñanza y aprendizaje. Abordar las controversias en la enseñanza de las ciencias desde la perspectiva NdC, potencializa la reflexión como habilidad clave para mejorar la educación y promover en los profesores una imagen de la ciencia propia.

3. MARCO METODOLÓGICO

A continuación se explica la metodología desarrollada para plantear y dar solución al problema de investigación al que se hace referencia en esta tesis; en primer lugar, se describe la técnica que se utilizó tanto para esbozar el problema como para examinar la respectiva documentación que permitió construir el marco teórico; luego, se expone el proceso de adaptación de la controversia Galvani – Volta como objeto de estudio para procesos de enseñanza y aprendizaje, que junto a las implicaciones de los aspectos históricos, filosóficos y sociológicos posibilitaron realizar actividades para abordar la reflexión en los procesos de formación inicial de profesores; y finalmente, se presenta en detalle la implementación de las actividades con el fin de caracterizar someramente los testimonios realizados por los profesores en formación inicial.

Para mejor comprensión del lector se muestra la metodología seguida en fases de investigación; no obstante, cabe aclarar que las fases no tuvieron una organización lineal, sino que se realizaron simultáneamente con el fin de cumplir los objetivos inicialmente propuestos.

3.1 Fases de la metodología de investigación

Para alcanzar los objetivos propuestos en el presente trabajo, se llevó a cabo una investigación cualitativa debido a que se caracteriza por una relación de diálogo paulatino con el objeto de estudio. Esto quiere decir, que el método se adapta en razón de las características particulares de aquello que se pretende estudiar, lo cual implica que conserva un carácter

provisional y su sentido es dado o se encuentra al finalizar el proceso (Dávila citado por UAH, 2014).

Para Pérez Serrano (citado por Colmenares, 2008) la investigación cualitativa es considerada “como un proceso activo, sistemático y riguroso de indagación dirigida, en la que se toman decisiones sobre lo investigable en el campo de estudio. Por lo tanto, un investigador cualitativo debe realizar una descripción detallada de situaciones, eventos, personas, interacciones, reflexiones, entre otros elementos que se dan en el proceso de investigación.

Se describen seis fases de investigación, que se despliegan desde el reconocimiento y reestructuración de una situación problema, la elaboración de un plan de acción que conlleve a su solución hasta la reflexión de resultados con miras a fortalecer la acción educativa.

Primera fase de investigación

En esta etapa se recurrió a la técnica de investigación documental cualitativa (Ramírez & Zuerg, 2012), haciendo uso de diversas fuentes como artículos de revista, tesis de grado y libros que delimitaron el objeto de estudio y la importancia del problema que se pretende abordar. Particularmente, se identificó una problemática en torno a las visiones de ciencia que por difusión social adquieren los profesores y que orientan las prácticas educativas. Sin embargo, dicha revisión documental condujo a establecer una postura de lo detectado por los autores consultados y a reestructurar el problema de estudio, focalizándolo en la ausencia de reflexiones sobre el quehacer científico que impide consolidar una imagen de ciencia en los profesores en formación inicial.

Se efectuó lectura y análisis de documentos en los que se encontró diversas perspectivas que promueven en la educación la reflexión sobre el quehacer científico, optando de esta manera por la perspectiva NdC. Posteriormente, se exploró tanto en planteamientos de diferentes autores como en consensos y disensos alrededor de esta perspectiva, lo que finalmente condujo a consolidar una postura que se constituye en parte del fundamento teórico.

En la investigación documental no se halló conceptualización acerca de la reflexión que promueve la NdC, exigiendo que en esta tesis se determinara qué es reflexionar sobre el quehacer científico y cómo se hace tangible en los testimonios de los profesores en formación inicial.

Segunda fase de investigación

Luego de plantear el problema, se inicia un plan de acción que consiste en la elección de un hecho histórico científico que actúa como representación de la ciencia en ambientes educativos, con el fin de abordar la reflexión sobre el quehacer científico desde la NdC en los procesos de formación inicial de profesores; por lo anterior, se acudió al libro “The ambiguous frog: The Galvani-Volta controversy on animal electricity”, escrito por Marcello Pera, quien plasma una versión de la controversia Galvani – Volta. Cabe señalar, que se encontró la necesidad de hacer una revisión superflua de los manuscritos de Volta con el fin de comprender mejor algunas situaciones mostradas por Pera en su libro.

Paralelamente, se elaboró una investigación documental de la descripción y características que diferentes autores otorgan a las controversias científicas, destacando los aportes que estos episodios históricos brindan a la enseñanza de las ciencias.

Para elaborar una versión de la controversia Galvani - Volta como objeto de estudio en la enseñanza y aprendizaje de la formación inicial de profesores, se acudió a recomendaciones sobre los procesos de lectura y escritura, que han establecido expertos como Daniel Cassany, Umberto Eco y Estanislao Zuleta, en la técnica de análisis y tipología textual. Especialmente, se aceptaron los planteamientos elaborados por Daniel Cassany, debido a que se concentran en la educación.

La lectura del libro *The ambiguous frog: The Galvani-Volta controversy on animal electricity* demandó establecer la relación entre texto, lectoras y autor, para lo que Cassany (2004) sugiere diez claves que se utilizaron para coordinar la lectura e interpretación del libro de Marcello Pera.

Para Cassany (2004) los textos tienen mucha información y diversidad de objetivos, por esto la manera en que se leyó el libro de Marcello Pera estuvo determinada por el propósito de convertir la controversia Galvani - Volta en objeto de estudio para el ámbito educativo. También, se indagó sobre el autor, se identificó su propósito, se describió el género discursivo y el tipo de información que aporta el texto, concluyendo que la profesión de Marcello Pera y sus análisis en historia y filosofía brindan aspectos de la controversia en estas disciplinas y su preparación como político esclarece aspectos sociológicos de las ciencias.

Hacer explícito lo oculto de un texto es otra clave que formula Cassany (2004), y que se desarrolló en la lectura del libro de Marcello Pera, en la medida en que fue necesario suponer y detectar elementos implícitos que aportan a la comprensión de algunas experiencias de la controversia. Del mismo modo, se consideró la jerarquía informativa, es decir, se delimitó la información que se destaca y la que se minimiza.

Documentos originales de Galvani, Volta y otros científicos del siglo XVIII fueron las fuentes de información de Marcello Pera, lo que facilitó descubrir las interconexiones que dan cuenta de los referentes sobre los que escribió el autor. Además, se estableció diálogo con Rudomín, a través del resumen basado en su lectura del libro *The ambiguous frog: The Galvani-Volta controversy on animal electricity*.

Finalmente, se cumplió la clave que indica deducir qué hacer después de leer el libro, por lo que se desarrollaron las etapas de producción de la controversia Galvani - Volta que se convirtió en objeto de enseñanza para profesores en formación inicial, que según Cassany (1995) corresponden a la pre-escritura, redacción y revisión.

En la pre-escritura se emplearon técnicas como escritura libre, mapas mentales y mapas conceptuales, para recolectar y generar ideas sobre los aspectos históricos, filosóficos y sociológicos que se deseaban plasmar de la controversia Galvani – Volta; adicionalmente, se adecuó el tono y el estilo, reconociendo los profesores de ciencias en formación inicial como la población a la que se destinó el escrito.

Para la etapa de redacción se delimitó una estructura interna y externa, constituyendo los párrafos como unidades de introducción, desarrollo o conclusión en la controversia. Y por último, se revisó el escrito completo con el objetivo de precisar el lenguaje, la coherencia y la cohesión.

Tercera fase de investigación

La elección de los aspectos históricos, filosóficos y sociológicos de la controversia Galvani – Volta que dan solución a la pregunta problema, se extraen debido a que los

fundamentos teóricos de la perspectiva NdC certifican la importancia de vincular a la enseñanza las disciplinas que tienen como objeto de estudio las ciencias, lo que se facilitó porque Marcello Pera se basó en sus estudios en historia, filosofía y política para plasmar su versión de la controversia Galvani – Volta.

Igualmente, la fundamentación teórica de las controversias científicas enmarcada en el capítulo dos, fue la base para tomar los problemas, el trabajo experimental y los conceptos como las características de las que se logró mayor descripción en la controversia Galvani – Volta, y que posibilitan abarcar los aspectos históricos, filosóficos y sociológicos de las ciencias en los procesos de formación inicial de profesores.

Cuarta fase de investigación

Las actividades realizadas para promover en procesos de formación inicial de profesores una reflexión sobre las ciencias, se estructuraron con relación a los aspectos y características de la controversia Galvani – Volta y se plantearon divididas en tres momentos.

En cuanto a las actividades del momento , se constituyeron bajo algunos criterios del seminario Organización de los Fenómenos Físicos de la MDCN de la Universidad Pedagógica Nacional, orientado por la profesora Isabel Garzón y el profesor Jimmy Ramírez; quienes basan su propuesta curricular en actividades de tipo experimental abordadas mediante situaciones problemáticas.

El segundo momento, se construyó atendiendo a las directrices que las investigaciones sobre la perspectiva NdC ofrecen, en cuanto a abordar episodios históricos en contextos educativos para construir ambientes de aprendizaje, y el conjunto de preguntas del momento tres

tiene su origen en el enfoque de la NdC que aboga por una reflexión explícita a través de preguntas puntuales y directas sobre las características de las ciencias.

Quinta fase de investigación

Las actividades diseñadas se implementaron en la Universidad Pedagógica Nacional de Bogotá, Colombia; en profesores en formación de tercer semestre de Licenciatura en Física, en la materia de Electromagnetismo I, y en profesores en formación de quinto semestre de Licenciatura en Biología, en la materia Autorregulación. Esta implementación se realizó con la intención de obtener la materialización de la reflexión que sobre el quehacer científico desarrollaron dichos profesores.

La implementación de dichas actividades se llevó a cabo de la misma manera como se organizaron, es decir abordando los tres momentos, en el primero se ejecutaron situaciones problemáticas y experimentales en las cuales se acercó a los profesores en formación inicial al contexto conceptual y experimental de la controversia Galvani – Volta; el segundo momento corresponde a la lectura de la versión de la controversia Galvani – Volta, ilustrada por animaciones que destacan algunos de los experimentos realizados por dichos científicos; y el tercer momento consistió en la reflexión de la actividad científica, a la luz de los cuestionamientos sobre aspectos históricos, filosóficos y sociológicos de algunas características de la controversia Galvani – Volta.

Es preciso mencionar, que los estudiantes de Licenciatura en Física realizaron los tres momentos planteados mientras que los estudiantes de Licenciatura en Biología únicamente llevaron a cabo los momentos dos y tres, debido al tiempo dispuesto por los titulares de cada espacio académico.

En los momentos uno y tres se establecieron grupos de trabajo, mientras que el momento dos se realizó de manera individual observando posteriormente las animaciones de los experimentos. En el análisis de la implementación se hace referencia a estos grupos usando las convenciones GF_n y GB_n , donde GF corresponde al grupo de física, GB grupo de biología y n al número del grupo, que varía entre 1 y 5. Para hacer alusión a los testimonios de los profesores en formación se utilizan los códigos PN GF_n y PN GB_n , en el que P hace referencia a la pregunta que contestaron los estudiantes y N al número de pregunta que varía de 1 a 18. Cuando se aplican los códigos PA GF_n y PA GB_n , el testimonio hace parte de las intervenciones de los estudiantes en las preguntas que se agregaron en la implementación.

Sexta fase de investigación

Los testimonios de los profesores en formación inicial se obtuvieron a través de escritos hechos por los estudiantes al respaldo de las guías en las que se plasmaban las actividades y de audios y videos grabados en computadores, cámaras y celulares. Para analizar estos testimonios se acudió a los aspectos teóricos de la NdC.

Se usaron técnicas como audios, videos y material escrito para recolectar información, que contribuyen a conocer mejor el problema y darle solución parcial desde la reflexión e interpretación de resultados.

Los testimonios de los profesores en formación inicial se transcribieron sin modificaciones considerando los aportes y escritos obtenidos en cada momento y actividad, se organizaron en tablas en correspondencia con la pregunta elaborada y un comentario basado en la interpretación de las autoras de la presente tesis (Ver anexos).

En el análisis de la implementación se desarrollaron consideraciones que establecen la relación entre los resultados obtenidos y el marco teórico, alcanzando deducciones que hacen parte de las conclusiones de esta tesis y fortalecen las investigaciones en la perspectiva NdC.

4. TRANSFORMACIÓN DE LA CONTROVERSIA GALVANI – VOLTA EN OBJETO DE ESTUDIO.

La controversia entre Galvani y Volta se gesta en la necesidad de dar una explicación al origen del fluido que estaba causando contracciones en los músculos de las patas de una rana; Pues mientras Galvani supuso un fluido interno al animal, Volta lo refutó manifestando que el origen de dicho fluido era externo, atribuyendo el movimiento del fluido eléctrico una diferencia de metales. ¿Cómo inició?, ¿Qué tipo de experimentos realizaron los dos científicos?, ¿Cómo reaccionó la comunidad científica? Y ¿Cómo termina esta disputa? Son sólo algunos de los interrogantes que se pueden responder luego de la lectura de la versión de la controversia Galvani – Volta que se encuentra a continuación y que debe su estructura a la versión original elaborada por Marcello Pera, presentada en su libro “*The ambiguous frog: The Galvani-Volta controversy on animal electricity*”²

Durante el siglo XVIII, algunos fisiólogos como Luigi Galvani estaban acostumbrados a observar contracciones en varios animales muertos; uno de ellos era la rana, la cual preparaban de manera especial separándole una porción de médula de su canal espinal dejando sólo los nervios crurales³ conectados a sus extremidades, luego dicha preparación era ubicada en una placa de vidrio. Uno de los extremos conductores de una máquina eléctrica era conectado a la médula espinal y el otro extremo conductor se conectaba a un cuadro de Franklin (cuadro conductor), para posteriormente hacer girar la máquina. Luego de varios giros, los fisiólogos levantaban con un cuerpo aislante el extremo conductor que estaba unido a la médula espinal

² Gran parte de la información de la versión de la controversia Galvani – Volta que se presenta en el capítulo 4 es extraída del libro “*The ambiguous frog: The Galvani-Volta controversy on animal electricity*”, y todos los científicos referenciados fueron citas de Marcello Pera.

³ El nervio crural es un tejido ubicado en los músculos inferiores de los animales (patas), proporcionando sensibilidad a esta parte del cuerpo; también es conocido como nervio femoral.

evitando la descarga de la rana, ponían el extremo de un arco metálico en la superficie del cuadro de Franklin mientras que el otro extremo del arco tocaba la médula espinal. Entonces, se obtenían quince contracciones y distensiones de las patas de la rana, correspondientes a quince contactos simultáneos entre el cuadro, arco y rana (Fig. 1).

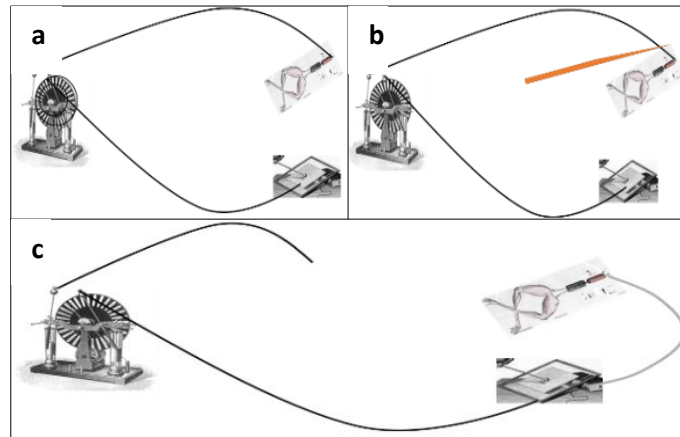


Fig.1.. Experimento inicial de Galvani: a) Máquina eléctrica con sus extremos conductores, uno hacia el cuadro de Franklin y el otro hacia el nervio crural de una rana preparada. b) Separación del conductor que va a la rana con un material aislante. c) unión del cuadro de Franklin con el nervio de la rana, mediante un arco conductor. Recuperado y adaptado de <http://www.museocabrerapinto.es/quienes-somos>

Galvani explicó las contracciones observadas considerando la salida de un fluido eléctrico de la rana sobrecargada a la superficie del cuadro de Franklin. Desde este fenómeno fue imposible para Galvani determinar la naturaleza del fluido, que fluyó hasta que se restauró el equilibrio entre rana y cuadro, así que el fisiólogo se preguntó: ¿Era un fluido externo que se acumulaba y confinaba por los nervios de la rana, especialmente en la médula espinal? o ¿Era un fluido que se originaba en las partes internas de los nervios de la rana y que se excitaba por causas externas para viajar por el arco metálico hasta la superficie del cuadro de Franklin?

Mientras Galvani intentaba dar solución a los anteriores cuestionamientos se encontró, por accidente, que si alguien acercaba un dedo a la máquina electrostática generando una chispa

y al mismo tiempo otra persona acercaba un bisturí al nervio crural de una preparación colocada sobre una placa de vidrio, sin tocar al nervio, se producía una contracción muscular. Si repetía la misma maniobra sin que la otra persona produjera la chispa no había contracción muscular, es decir se trataba de "contracciones a distancia" (Fig. 2).

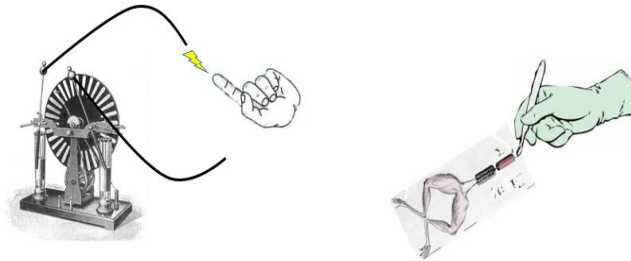


Fig. 2. Experimento de Galvani "contracciones a distancia". Recuperado y adaptado de Pera, 1992 y

<http://www.museocabrerapinto.es/quienes-somos>

Sin embargo, algunos físicos coincidieron en que la percepción de Galvani en torno al experimento de contracciones a distancia era exagerada, desmedida y se pudo haber evitado sólo si Galvani hubiese sido competente en electricidad. Por ejemplo, Jean François y Dominique Arago argumentaron que el fenómeno observado por Galvani "si le hubiera ocurrido a un físico experto familiarizado con las propiedades del fluido eléctrico, apenas habría atraído su atención, ya que la explicación se encuentra convenientemente en las leyes ordinarias de la influencia de las atmósferas eléctricas"(citado por Pera, 1992).

Tanto los físicos como Galvani asumían que la contracción de la pata de la rana se presentaba por el movimiento del fluido eléctrico. Los físicos pensaban que este movimiento era causado por las atmósferas eléctricas, vistas como áreas de aire electrificado. No obstante, Galvani, a diferencia de los físicos, definía las atmósferas eléctricas como estratos de fluido que se liberan de un cuerpo cargado (como el conductor de la máquina) y refutaba a los físicos

afirmando que las atmósferas eléctricas del conductor de la máquina no podían ser las responsables de las contracciones, porque experimentalmente él observó que a pesar de poner el conductor durante mucho tiempo en la rana, las patas no se contraían.

Galvani generó una variación del experimento de contracciones a distancia; cubrió la rana con material aislante (azufre) excepto en una pequeña parte, percibió que las contracciones de la pata de la rana se seguían presentando, específicamente observó que la contracción producida por la primera chispa era semejante a la producida por otras chispas, aún a una distancia de seis pies (aproximadamente 1.83 metros), distancia a la cual ya no se transmite la atmósfera eléctrica generada por el conductor de la máquina.

Con el convencimiento de que las atmósferas eléctricas no eran las responsables de la contracción de la pata de la rana, Galvani formuló su propia explicación a través de dos corolarios; en el primero planteó, que la verdadera causa del fenómeno de las contracciones a distancia es un fluido altamente sutil, que existe en los nervios, se excita por el impacto, vibración e impulso de la chispa y se comunica tanto al aire, como al cristal y otras partes exteriores a la rana; y, con el segundo corolario, que dicho fluido era inherente al animal.

Este último corolario determinó la hipótesis que Galvani sustentó hasta el fin de sus días, defendiendo la existencia de una electricidad animal desde la aceptación de un fluido interno específico de los organismos vivos; denominado por sus antecesores fluido nervioso, al que Galvani caracterizó como una mezcla de fluido eléctrico y un vapor tenue secretado en el cerebro que fluye a través de los nervios.

Respecto al problema de investigación que Galvani tenía inicialmente sobre la naturaleza del fluido que producía las contracciones en los músculos de la rana, planteó que dicho fluido

eléctrico es interno al animal y se excita a través de la chispa. Sin embargo, este fisiólogo no tuvo los elementos suficientes para sustentar su teoría frente a la comunidad científica, por lo tanto cualquier planteamiento era tan sólo un supuesto.

En el crepúsculo de un día de septiembre de 1786, fuera de su laboratorio a campo abierto, Galvani observó por accidente movimientos espontáneos, irregulares y frecuentes de una rana preparada a la cual le perforó la médula espinal con un gancho de hierro y la suspendió sobre una barandilla de hierro, las contracciones se produjeron en el instante en el que los ganchos tocaron la barandilla y la rana se excitaba con la frecuencia que el gancho se pulsaba (Fig. 3).

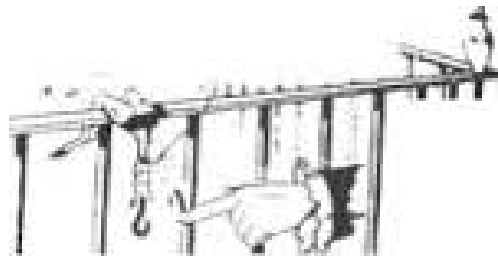


Fig. 3. Experimento de las barandillas de Galvani. Tomada de Pera, 1992.

Esta experiencia hizo que Galvani dudara sobre el planteamiento de la necesidad de una chispa para producir la contracción del músculo de la rana, puesto que la preparación estaba a campo abierto y las contracciones dependían del contacto entre gancho y baranda; por lo tanto Galvani, para asegurarse que nada externo especialmente la electricidad de las nubes le afectara, repitió la experiencia de las barandillas, ahora en el laboratorio y sin ningún tipo de fuente eléctrica, observando que igualmente se producían las contracciones.

Fundamentado en la experiencia de la barandilla, Galvani preparó una rana de la manera usual, con una mano la tomó de la médula espinal para ubicarla verticalmente poniendo las patas

sobre la superficie de un cuadro de oro (o de plata), con la otra mano cogió un cuerpo metálico para tocar el cuadro, en ese instante las patas de la rana empezaron a elevarse de tal modo que cada vez que Galvani hacia el contacto la rana parecía saltar.

Así mismo, el asistente de Galvani fijó un gancho de hierro en la médula espinal de una rana preparada, posteriormente la sostuvo de una pata en posición vertical sobre un cuadro de oro; cuando el gancho y también la pata opuesta tocaban el cuadro, el músculo se contraía haciendo que la pata se levantara. Empero, la pata se cayó nuevamente y el fenómeno persistió durante algún tiempo, observando varias contracciones musculares (Fig. 4).



Fig. 4. Experimentos en el laboratorio de Galvani: a) rana preparada ubicada de manera vertical sobre un cuadro de oro. b) rana preparada con un gancho metálico en la médula, sostenida de manera vertical sobre el gancho en el cuadro de oro.

Recuperado y adaptado de Pera, 992 y <http://www.museocabrerapinto.es/quienes-somos>

Dos nuevos corolarios fueron el resultado que postuló Galvani de los anteriores experimentos; en el primer corolario, sostuvo que el fenómeno de la contracción depende de una descarga entre el nervio y el músculo de la rana mediante un arco conductor; en el segundo corolario, Galvani planteó que la descarga se da porque existe un desequilibrio eléctrico entre la superficie externa (músculo) e interna (nervio) de la rana.

Galvani concibió una analogía del músculo inervado de la rana con la botella de Leyden (Fig. 5); asemejó el metal externo de la botella con el músculo y el metal interno con el nervio;

asegurando que en ambos casos hay un desequilibrio entre las partes externas e internas que se anula cuando se ponen en contacto a través de un arco conductor. A partir de dicha analogía Galvani reafirmó la existencia de una electricidad animal intrínseca, además admitió que la causa que generó la excitación del fluido no era externa (chispa) sino interna (desequilibrio entre dos partes de la rana).

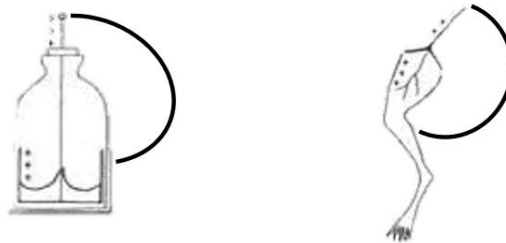


Fig. 5. Analogía de Galvani, entre la botella de Leyden y el músculo inervado de la rana Tomado de Pera, 992.

Según Marcello Pera, en el *Libro de Memorias* publicado por Galvani el 30 de octubre de 1786, es posible vislumbrar dos enfoques metodológicos que fueron utilizados por este fisiólogo a lo largo de todo su trabajo. Es posible afirmar que Galvani postuló y evaluó una serie de hipótesis a partir de dos criterios metodológicos, que se presentarán brevemente de la siguiente manera:

El primer criterio consistió en hacer uso de pruebas experimentales directas para sustentar la validez de las hipótesis, desde este juicio Galvani aprobó la hipótesis de la electricidad animal suponiendo un desequilibrio de fluido eléctrico entre el nervio y el músculo. Pero desaprobó las hipótesis que atribuyeron la causa de las contracciones a las atmósferas eléctricas y aquellas que declaraban un desequilibrio del fluido eléctrico en el mismo nervio.

El segundo criterio consistió en hacer uso de los argumentos de plausibilidad y pruebas teóricas indirectas para validar las hipótesis, desde este razonamiento Galvani invalidó la

electricidad de los metales iguales o diferentes y la electricidad de los no conductores como causas de las contracciones musculares en la rana.

Las hipótesis de Galvani cubrieron un espectro de todas las posibles soluciones a los cuestionamientos sobre el origen y la excitación del fluido eléctrico animal. Galvani fue tan sagaz que tomó las leyes de los físicos para fortalecer la hipótesis de la electricidad animal y formular ideas que aunque rechazó posteriormente fueron adoptadas por Volta.

En marzo de 1792, Galvani envió su documento (*Commentarius*) a don Bassiano Carminati, quien inmediatamente dio a conocer los experimentos y resultados a Volta. La forma de proceder que asumió Volta frente al trabajo de Galvani estuvo determinada por dos criterios metodológicos; el criterio de aceptación, desde el cual consideró que las únicas hipótesis aceptadas debían ser las que tenían una confirmación directa y pública; y el criterio de preferencia o relevancia con el que pautó que si una hipótesis explicaba un experimento no debía introducirse una nueva.

Volta estudió y reprodujo los experimentos de Galvani, inicialmente admitió una electricidad intrínseca en la rana y agregó conclusiones que la complementaban, como la de una carga mínima necesaria para generar la contracción. No obstante, su metodología y curiosidad desviaron su atención hacia la función del arco conductor y en general de los metales en el fenómeno, desatendiendo el estudio fisiológico de la rana.

Volta puso dos metales (una placa de estaño y una moneda de plomo), cada uno en una parte diferente del cuerpo de una rana muerta y entera (sin preparar) y observó contracciones al unir los dos metales con un arco conductor (Fig. 6). Este y otros experimentos similares, llevaron a que Volta considerara el arco conductor de naturaleza bimetálica como una condición necesaria

para el movimiento del fluido eléctrico en las contracciones, y no simplemente como un instrumento indicador de desequilibrio entre dos partes de la rana como lo planteó Galvani.

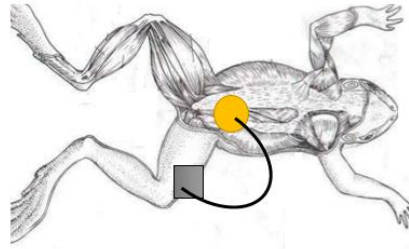


Fig. 6. Experimento de Volta: contacto entre dos metales diferentes en una rana entera. Recuperado y adaptado de <http://es.slideshare.net/richardchavez22/sistema-muscular-en-a-n-f-i-b-i-o-s>

Volta empezó a cuestionarse acerca de si el arco conductor bimetálico era un agente meramente pasivo, o era un agente activo que perturbaba el estado de reposo o equilibrio del fluido eléctrico animal, haciendo que este fluido entrara a través de un metal (A) y saliera por un metal (B), estableciéndose una corriente originada por la acción de metales diferentes en rugosidad, suavidad, flexibilidad u otras características.

Mientras Galvani hizo descansar su teoría particularmente en la característica conductora de los metales, Volta hizo alusión a una posible fuerza electromotriz que le da al contacto de dos metales diferentes la facultad de excitar el fluido eléctrico.

Otro de los experimentos de Galvani que también llamó la atención de Volta, consistió en que las contracciones de la pata de la rana se obtuvieron incluso cuando los dos extremos del arco conductor se ponían sobre el nervio, lo que indicaba que el desequilibrio yacía en el solo nervio, no entre nervio y músculo. Este experimento era contrario al hecho de que se producían las contracciones mediante la conexión con el arco conductor de la médula espinal a otras fibras, como las tendinosas, musculares y cutáneas. Así que Galvani decidió declarar como

intrascendente el experimento y continuar explicando el fenómeno a través de la analogía entre la botella de Leyden y el músculo inervado.

El experimento anterior, despreciado por Galvani, inspiró a Volta a colocar dos anillos de metal únicamente en el nervio, de tal forma que quedara una pequeña parte del nervio descubierta entre los anillos. Posteriormente, Volta conectó cada uno de los extremos de la botella de Leyden en cada uno de los anillos; cuando la botella se descargó, las patas de la rana se contrajeron, a pesar de que el fluido eléctrico se limitó a una pequeña parte del nervio. Esta era otra razón para que Volta dudara de las conclusiones de Galvani, porque si el fluido eléctrico pasaba sólo por el nervio, la analogía entre la botella de Leyden y el músculo inervado no era precisa. Además, el experimento implicaba que el fluido era excitado por un desequilibrio del solo nervio o por la fuerza electromotriz (Fig. 7).

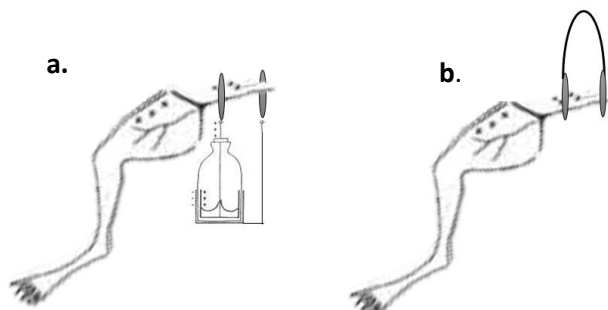


Fig. 7. Experimentos de Volta conexión del arco y la botella al nervio crural a) conexión de cada sección de la botella de Leyden a los anillos metálicos ubicados en el nervio crural de la rana. b) conexión de cada extremo del arco conductor a los anillos metálicos ubicados en el nervio crural de la rana. Recuperado y adaptado de Pera, 1992.

La idea de que el contacto entre metales disimiles era la causa del movimiento del fluido eléctrico, fue fortalecida por Volta al formular la Teoría Especial de Contacto Metálico, desde la cual consideró que el fluido eléctrico animal era perturbado y sacado de su reposo por dos metales diferentes en contacto que actuaban como motores eléctricos.

La diferencia en las posturas de Galvani y Volta hizo que se formaran campos opuestos. Algunos científicos adoptaron la hipótesis de la electricidad animal y se convirtieron en críticos de la electricidad por contacto de metales disimiles, como Giovanni Aldini (sobrino de Galvani), Lazzaro Spallanzani, Eusebio Valli y Alexander Von Humboldt. Mientras que otros científicos se convirtieron en partidarios de la electricidad artificial de Volta y en críticos de Galvani, como Giovacchino Carradori, Bassiano Carminati, Richard Fowler, Felice Fontana y Tiverio Cavallo. Volta aún no tenía pruebas suficientes para refutar por completo la hipótesis de electricidad animal de Galvani, y sus experimentos no mostraron que los metales diferentes siempre eran necesarios para las contracciones. Por el contrario, los galvanistas atacaron la teoría de contacto metálico o electricidad artificial de Volta a través de pruebas que refutaban la necesidad de un contacto bimetálico en las contracciones.

Aldini ubicó un recipiente de vidrio sobre otro, puso la médula espinal de una rana preparada en el recipiente superior que estaba lleno de mercurio y tenía un agujero en la parte inferior, este agujero se podía abrir libremente para permitir el paso de una gota de mercurio desde el recipiente superior hasta el inferior donde estaba el músculo. Cuando esto sucedió, se produjeron contracciones, aun cuando el arco era de mercurio, un solo metal (Fig. 8).

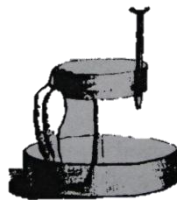


Fig. 8. Experimento de Aldini. Contracciones del músculo de la rana con un sólo metal. Tomado de Pera, 1992.

Pero Volta, en su defensa estimó, que en los arcos de un único metal siempre debía haber una mínima diferencia imperceptible. De esta manera, Volta violó su principio de aceptación, puesto que su afirmación fundó una hipótesis que no estaba sustentada en pruebas directas.

Galvani y sus seguidores no se daban por vencidos y lograron producir contracciones sin recurrir a los conductores de primera clase como lo muestra el trabajo de Valli, quien preparó una rana de la manera usual, y puso su pulgar izquierdo en la parte superior de los músculos del animal, mientras que con la mano derecha dobló una pata de la rana hasta la espina dorsal, formando una especie de arco con la misma rana. Cada vez que Valli hacía esto estaba tentado a decir que el animal se le escapaba, porque las patas de la rana se contraían.

La conclusión de Valli fue muy explícita y crítica; existe la electricidad en un estado de desequilibrio en los músculos, en los nervios o en ambos, puesto que se observan movimientos sin la ayuda de metales. Por tanto, los metales no son motores de electricidad, no son los que causan el desequilibrio, ni los que poseen una virtud mágica secreta.

Por su parte, Galvani con los experimentos de “contracciones sin metales” determinó la necesidad de un arco artificial o natural, y afirmó que las contracciones exhibían la electricidad animal; mientras Volta pensaba que las contracciones musculares revelaban la fuerza electromotriz del contacto de metales diferentes.

Galvani reconoció que una máquina especial debe ser capaz de producir y conservar el desequilibrio eléctrico al interior del animal. De esta manera usó una vez más la analogía con la botella de Leyden, para declarar que la electricidad animal contiene dos electricidades que están divididas y aisladas dentro del animal, y tan aferradas que no se escapan. Por tanto al contrario de lo que dijo Volta, sí era preciso comparar la rana con la botella de Leyden.

Volta admitió que su teoría especial de contacto entre metales diferentes había sido genuinamente desmentida por las conclusiones y experimentos de los galvanistas; sin embargo, lejos de considerar estos experimentos contrarios y devastadores, hizo uso de ellos para reformular sus hipótesis y construir la teoría general de electricidad por contacto.

Entonces, Volta aceptó la importancia de retractarse frente a la idea de que en las contracciones de la rana se hacía necesario el contacto de dos metales diferentes. Pero seguía argumentando y discutiendo, porque para él el fluido eléctrico no estaba en desequilibrio dentro del animal como lo sostenían los galvanistas, por el contrario consideraba que el fluido recibía una fuerza generada por el contacto entre conductores, es decir, la electricidad era excitada por una causa extrínseca, un agente externo, y de ninguna manera por un principio de la fuerza inherente en el animal.

Volta explicó que en el experimento de Valli el contacto entre los nervios, músculo y el líquido que se encontraba entre ellos (sangre o agua con sal) generaban una fuerza electromotriz, y el fluido eléctrico era puesto en movimiento. Por tanto, Volta generalizó su teoría afirmando que no era necesario acudir a una hipótesis como la electricidad animal, porque el desequilibrio se encontraba en el contacto de conductores diferentes, sin importar su clase.

Esta conclusión y la muerte de Galvani fomentaron el hecho de que Volta se concentrara en la elaboración de diversos circuitos que mostraban el fluido eléctrico en movimiento a partir del contacto de conductores; en uno de estos circuitos apiló y alternó discos de cobre y zinc de igual tamaño intercalando entre ellos trozos de paño húmedo; Volta descubrió que al conectar por medio de un arco de metal, el cobre y el zinc ubicados cada uno en un extremo, lograba que

se moviera el fluido eléctrico a través del arco. Esto lo impulsó a construir un artefacto conocido actualmente como pila voltaica.

5. ASPECTOS DE LA CONTROVERSIA GALVANI – VOLTA PARA PROMOVER LA REFLEXIÓN SOBRE LAS CIENCIAS, DESDE LA PERSPECTIVA NDC, EN LA FORMACIÓN INICIAL DE PROFESORES

La controversia Galvani – Volta es un suceso histórico irrepetible, no reproducible en el tiempo, y para esta tesis tiene la particularidad de actuar como objeto de estudio en procesos de enseñanza y aprendizaje, en el que los profesores en formación inicial pueden identificar e interpretar el proceder de personajes como las ranas, los científicos y la sociedad italiana; la función de instrumentos dentro de los que se destacan el arco conductor, la botella de Leyden y la máquina eléctrica; la descripción del trabajo experimental que estuvo alrededor de las contracciones de los músculos de la pata de la rana y el papel de medios de comunicación como corolarios, cartas y en general documentos redactados por Galvani y Volta.

En consecuencia, el presente capítulo está dedicado a presentar ventajas, que brindan a la reflexión del quehacer científico, los aspectos históricos, filosóficos y sociológicos de la Controversia Galvani – Volta, para lo cual fue fundamental el análisis e interpretación que hizo de este suceso Marcello Pera. Esto proporciona una profundización en la descripción de los aspectos que constituyen la respuesta a la pregunta problema de esta tesis, para posibilitar promover la reflexión sobre las ciencias desde la perspectiva NdC, en la formación inicial de profesores, a partir de actividades de enseñanza.

5. Aspectos de la controversia Galvani – Volta que posibilitan promover la reflexión sobre las ciencias.

5.1 Aspectos históricos de la controversia Galvani - Volta

Por lo que se refiere a los aspectos históricos de la controversia Galvani – Volta, se estima que proveen no sólo las problemáticas en que se vieron inmersos los Galvanistas y Físicos, sino las conclusiones y estrategias con que se superaron, esto contribuye a que los profesores en formación inicial, alcancen comprensiones sobre el origen y características del conocimiento y pensamiento científico (Adúriz, 2005b).

A partir de los aspectos históricos, es posible determinar que la causa del movimiento de fluido eléctrico en los músculos de la rana, fue atribuida inicialmente por Galvani a las atmósferas eléctricas, idea que más tarde cambió por un desequilibrio interno en el animal; posteriormente, Volta atribuyó esta causa a la diferencia de metales, pero luego dijo que el movimiento de fluido en la rana se debía al contacto entre conductores disimiles. Explicaciones de este tipo, ofrecen a los profesores en formación la oportunidad de reflexionar sobre lo ocurrido con los planteamientos de los científicos a lo largo de la controversia, lo que les demanda recurrir a contenidos y metodologías desarrollados en el siglo XVIII.

De esta manera, los profesores en formación inicial se relacionan con los contenidos de la controversia Galvani – Volta y con las experiencias, eventos y situaciones que vivieron y enfrentaron sus personajes, esto conduce a la estructuración de rasgos sobre el quehacer científico que requieren de una contextualización para que sean significativos en los procesos de enseñanza actuales. Además, ayuda a los profesores a reconocer explicaciones y dificultades de

aprendizaje en los alumnos, que pueden ser similares a las que desarrollaron los Galvanistas y Físicos durante la controversia (Khalick & Lederman, 2000a).

5.2 Aspectos filosóficos de la controversia Galvani - Volta

Aludir a los aspectos filosóficos encontrados en la controversia Galvani – Volta, remite a las dimensiones ontológica, epistemológica y bioética, desde las cuales se constituyó un núcleo de preguntas que conduce a los profesores en formación inicial a hacer un esfuerzo de abstracción y reflexión en torno al significado, desarrollo, validación y justificación del conocimiento científico (Adúriz, 2005a; Acevedo et al., 2007a; Khalick, 2012).

La dimensión epistemológica favorece que los profesores en formación identifiquen eventos que evidencian pautas, criterios, modelos y políticas empleados por Galvanistas y Físicos para generar y validar conocimiento alrededor de la electricidad (Adúriz, 2005b). Un evento correspondiente a lo mencionado, es la analogía construida por Galvani, entre la botella de Leyden y la pata de la rana, que fue fundamental en las explicaciones que el fisiólogo elaboró sobre el desequilibrio eléctrico interno en el animal; sin embargo, Volta rechazó esta analogía y construyó sus explicaciones desde otros supuestos.

Por otra parte, en la controversia Galvani – Volta existen numerosas experiencias que conducen a que los profesores en formación inicial, generen interpretaciones y justificaciones alrededor del papel que puede tener el trabajo experimental en el quehacer científico (Nahum, 2001). Un ejemplo, se puede ilustrar con la experiencia vivida por Galvani, cuando conectó los dos extremos del arco conductor únicamente en el nervio crural de la rana, obteniendo hipótesis que rechazó porque no concordaban con los planteamientos que había elaborado; no obstante, Volta retomó la experiencia y las hipótesis para controvertir las ideas del fisiólogo.

Pese a que en la controversia Galvani – Volta se analizaba el mismo fenómeno de las contracciones en los músculos de la pata de la rana, la dimensión epistemológica facilita diferenciar las observaciones y planteamientos de Galvanistas y Físicos, permitiendo que los profesores en formación inicial reconozcan la pluralidad de explicaciones alrededor de un tema, así como las creencias e intereses sobre los que estos planteamientos se soportan (Khalick & Lederman, 2000a).

Por otra parte, desde la dimensión ontológica de la controversia Galvani - Volta, los profesores en formación pueden reseñar la electricidad como una entidad elaborada por la ciencia, reflexionando sobre su existencia y relación con otras entidades (Adúriz, 2005b; Acevedo et al., 2007a).

Los términos fuerza electromotriz y teoría de contacto son también ejemplos de entidades creadas en el ambiente de la controversia, y muestran la necesidad, que tuvieron los Galvanistas y Físicos, de representar, comunicar y explicar ideas en torno a la electricidad; formando así, una estructura conceptual que configura una realidad determinada.

Los elementos ontológicos de la controversia Galvani – Volta, también favorecen que los profesores en formación inicial otorguen una identidad a la ciencia, porque al estudiar el quehacer de los Galvanistas y Físicos se devela un modelo de trabajo en la ciencia, que se puede comparar con otras actividades del quehacer humano (Tamayo & Orrego, 2005).

En la perspectiva de los elementos bioéticos de la controversia Galvani - Volta, enunciar las ranas sacrificadas en el siglo XVIII en pro del desarrollo de la investigación sobre la electricidad animal y artificial, encamina a los profesores en formación inicial a reflexionar que

no todo lo que es técnicamente posible es éticamente correcto, aunque tenga un gran aporte al conocimiento científico.

5.3 Aspectos sociológicos de la controversia Galvani - Volta

Finalmente, los aspectos sociológicos encontrados en la controversia Galvani – Volta no garantizan en mayor medida que los profesores en formación inicial puedan detectar la relación entre el quehacer científico con la sociedad, pero si pueden identificar la organización de la comunidad científica y la constitución del discurso científico.

Acevedo et al. (2007a) afirma que entre las cuestiones relativas a los aspectos de sociología interna de la ciencias se incluyen las características de los científicos (motivaciones, valores, ideologías y capacidades), la influencia del género en la ciencia (escasa representación de las mujeres) y la elaboración del conocimiento científico en una comunidad social (colectivización, controversias, decisiones científicas, comunicación, competencias profesionales, interacciones sociales de los científicos, influencia de individuos singulares e influencia nacional).

El acontecimiento de 1792 en el que Galvani envió su documento (*Commentarius*) a don Bassiano Carminati, quien inmediatamente dio a conocer los experimentos y resultados a Volta, devela un ejemplo a los profesores en formación inicial, del proceder de los científicos como grupo social y sus formas internas de socialización.

Incluso, los profesores en formación inicial tienen la facultad de percibir en la controversia, la influencia de algunas vivencias personales de los Galvanistas y los Físicos en el quehacer científico, a través de experiencias como lo ocurrido con la crítica que recibió Galvani

porque sus pensamientos sobre atmósferas eléctricas no coincidían con las leyes de la electricidad de la época.

5.2 Características de la controversia Galvani – Volta enmarcadas en los aspectos históricos, filosóficos y sociológicos

En el marco teórico (Capítulo II) se hizo mención a las características que Kitcher (2000), Dascal (1995) y Nahum (2001) señalan de las controversias científicas, entre las que se destacan los personajes, los problemas, la metodología, el trabajo experimental, un lenguaje específico, y una forma de clausurar. En esta tesis se seleccionaron las problemáticas, el trabajo experimental y los conceptos como las tres características de las que se logró mayor descripción, en la versión de la controversia Galvani – Volta hecha por Marcello Pera y que se encierran en el marco global que ofrecen los aspectos históricos, filosóficos y sociológicos.

Las problemáticas se eligieron como una característica para elaborar las actividades de enseñanza, debido a que Kitcher (2000) afirma que gran parte del debate en las controversias científicas consiste en encontrar soluciones a los problemas planteados y, en muchas ocasiones, generar estrategias de solución con las refutaciones y planteamientos del rival.

Lo expresado por Kitcher se ilustra en la Controversia Galvani – Volta a través de los aspectos históricos, filosóficos y sociológicos asociados a las problemáticas planteadas y desarrolladas por los Galvanistas y Físicos, las cuales presenta Marcello Pera mediante preguntas, cuestiones y dificultades en torno a un problema inicial y estructural que consistía en investigar la naturaleza del fluido eléctrico que causaba la contracción de algunos músculos en la pata de una rana.

Por su parte Dascal (1995), atribuye un carácter dinámico a los problemas que presenta una controversia, que se evidencia en la controversia Galvani – Volta puesto que de la problemática inicial y estructural se originaron nuevos problemas dentro de los que se encuentran: ¿Qué tipo de fuerza o principio provoca las contracciones de la rana? ¿Cuál es la naturaleza de la fuerza que provoca las contracciones? ¿Cuál es la función del arco conductor en la contracción de los músculos de la rana? ¿Son los metales de igual o de diferente naturaleza, los que causan el movimiento de flujo eléctrico para que se produzca la contracción muscular?

El trabajo experimental fue otra característica seleccionada para elaborar las actividades de esta tesis, pues según Kitcher (2000) pertenece a los aspectos de las prácticas de las ciencias y es aceptado por la comunidad científica, por tal razón puede ser representado por algunos sucesos inmersos en las controversias científicas. Por ejemplo, la controversia Galvani-Volta se distingue por tener abundantes sucesos que muestran como los Galvanistas y Físicos realizaban su trabajo experimental, alrededor de encontrar la naturaleza del fluido que causaba las contracciones en la rana.

Lo anterior, fue apoyado por Nahum (2001) quien considera que las controversias científicas, en particular la de Galvani-Volta, posibilitan reflexiones y discusiones en el aula, desde los aspectos históricos, filosóficos y sociológicos y sobre el trabajo experimental, facilitando la comprensión de los mecanismos internos y metodologías de las ciencias.

Dascal (1995) afirma que no hay una controversia propiamente dicha sin que por lo menos dos de las personas involucradas empleen el lenguaje para dirigirse una a la otra, a partir del cual se establecen confrontación de opiniones, argumentos y teorías en los cuales los conceptos son una característica primordial.

La descripción que Marcello Pera hace del contenido conceptual plasmado en las opiniones, argumentos, teorías, hipótesis y supuestos de los Galvanistas y Físicos, favoreció constituir los conceptos como tercera característica que orienta la reflexión, en torno a los aspectos históricos, filosóficos y sociológicos en los procesos de formación inicial de profesores.

De esta manera, se concluye que las actividades de enseñanza elaboradas en esta tesis se estructuraron a partir de los aspectos históricos, filosóficos y sociológicos, vinculados a las problemáticas, trabajo experimental y conceptos de la controversia Galvani – Volta.

6. ACTIVIDADES DE ENSEÑANZA PARA PROMOVER LA REFLEXIÓN SOBRE LAS CIENCIAS, DESDE LA PERSPECTIVA NATURALEZA DE LAS CIENCIAS, EN LOS PROCESOS DE FORMACIÓN INICIAL DE PROFESORES

En este capítulo se presentan actividades de enseñanza, elaboradas a partir de los aspectos históricos, filosóficos y sociológicos de la controversia Galvani – Volta. Estas actividades actúan como referente para abordar la reflexión sobre el quehacer científico desde la perspectiva NdC, en la formación de profesores.

6. Actividades de enseñanza.

A continuación se despliega una secuencia de actividades de enseñanza, estructurada de tal manera que le permite al docente en formación vivenciar, observar y describir experiencias, socializar desde los cuestionamientos sugeridos, con el propósito de que reflexione sobre las ciencias.

MOMENTO 1

En la época de la controversia, ya eran conocidos los métodos de electrificación de cuerpos, principalmente el método de fricción que dio lugar a la construcción de máquinas electrostáticas utilizadas por Galvani y Volta para electrificar los cuerpos presentes en los montajes de sus experimentos.

- 1.** Frote una barra de PVC con papel, tela o lana y acérquela a objetos sólidos (livianos), líquidos y gases.

- Describa detalladamente el procedimiento seguido y los efectos percibidos.
- Basado “solamente” en lo observado ¿Cómo interpreta los efectos percibidos?

Argumente su respuesta.

La máquina electrostática de Wimshurst (Fig. 9) fue significativa en varios de los experimentos realizados por Galvani y Volta; consiste en un instrumento que electrifica los cuerpos, a través de la fricción de unas escobillas de cobre con las láminas de metal adheridas a unos discos de polietileno.

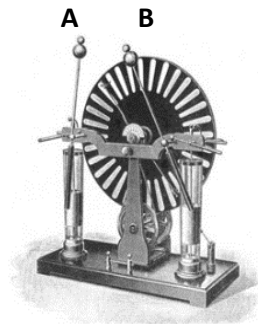


Fig. 9. Máquina electrostática de Wimshurst. Imagen tomada de El Museo del IES Canarias Cabrera Pinto. 2012

https://www.upct.es/seeu/as/divulgacion_cyt_09/Libro_Historia_Ciencia/web/wimshurst.htm

2. Separe los extremos conductores de la máquina electrostática señalados en la fig. 9 como A y B, coloque un dedo en medio de los dos conductores sin tocarlos y posteriormente gire varias veces la palanca.

- Describa detalladamente la reacción obtenida.
- ¿Qué explicación da a la reacción obtenida?
- ¿Quién o qué causa la reacción? ¿Usted o la máquina?

La Botella de Leyden (Fig. 10) es un dispositivo que consiste en un recipiente de vidrio, con hojas de estaño o aluminio en su interior conectadas a una varilla metálica que atraviesa la botella y termina en una esfera que sale a la superficie. La parte exterior de la botella está

cubierta hasta cierta altura con una hoja de estaño, que por la presencia del vidrio está completamente aislada de la parte interior.



Fig. 0. Botella de Leyden tomada de El Museo del IES Canarias Cabrera Pinto. 2012

https://www.upct.es/seeu/_as/divulgacion_cyt_09/Libro_Historia_Ciencia/web/wimshurst.htm

3. Electrifique la botella de Leyden conectando su esfera a un extremo de la máquina eléctrica mientras le da vueltas a la palanca de la máquina. Posteriormente construya un arco con su mano de tal manera que la parte exterior de la botella se conecte a su dedo meñique y su dedo pulgar se acerque, sin contacto, a la esfera de la botella.

- Describa lo que percibió en la experiencia.
- ¿Qué explicación daría usted al funcionamiento de la botella de Leyden?

En el siguiente video se ilustra la preparación y contracción de las patas de una rana a la manera de Galvani y Volta; sin embargo, en la experiencia del video lo que se conecta directamente a los músculos de la rana es una batería eléctrica actual, experiencia que difiere considerablemente a las elaboradas por Galvani y Volta.

Pese a que el video se usa de manera ilustrativa, se considera que atenta contra los aspectos éticos de la vida. (<https://www.youtube.com/watch?v=Mulbf9W72ng>)

- Qué comentario hace usted. Acerca de recurrir a seres vivos como las ranas para el trabajo científico.
 - Galvani y Volta diseccionaban ranas con fines científicos. ¿Qué opinión le genera esta práctica?
4. ¿Cuál es la relación entre la experiencia realizada por usted y la experiencia visual?

MOMENTO 2

1. Leer la versión de la controversia Galvani – Volta (Capítulo 4)
2. Observe cada una de las animaciones correspondientes a los “Experimentos de Galvani y Volta” y discútalas.
3. Analice y discuta las siguientes preguntas, con el fin de reflexionar en torno a tres aspectos de la ciencia representados en la controversia Galvani – Volta:

MOMENTO 3

1. ¿Por qué se puede afirmar que el episodio histórico Galvani - Volta es una controversia?
2. ¿Qué aspectos de la controversia Galvani – Volta, la hacen ver como una controversia científica?
3. ¿Cuál era la preocupación de Galvani que lo condujo a trabajar con la contracción de la rana?
4. ¿Qué generó la controversia entre Galvani y Volta?
5. ¿Cuál fue el problema que orientó la controversia Galvani-Volta?
6. ¿Qué estrategias usaron Galvani – Volta para solucionar el problema?

7. ¿Qué papel atribuyó Galvani al experimento en el que puso el arco conductor únicamente en el nervio crural de la rana?
8. ¿Qué papel atribuyó Volta al experimento en el que puso el arco conductor únicamente en el nervio crural de la rana?
9. En qué radica la diferencia entre el papel atribuido por Galvani al experimento en el que puso el arco conductor únicamente en el nervio crural de la rana, al papel atribuido por Volta a ese mismo experimento.
10. ¿Qué propició el experimento en el que el arco se hacía entre pata y nervio de la rana en los planteamientos de Galvani?
11. ¿Qué propició el experimento en el que el arco se hacía entre pata y nervio de la rana en los planteamientos de Volta?
12. ¿Qué características le asigna usted al trabajo experimental realizado por Galvani y Volta durante la controversia?
13. ¿Qué conceptos científicos encuentra en la controversia Galvani-Volta?
14. Compare la descripción elaborada por Galvani de uno de los conceptos anteriores, con la descripción elaborada por Volta.
15. Analice y discuta el papel que tuvo el concepto anteriormente seleccionado durante la controversia.
16. ¿Qué diferencias y similitudes tiene el concepto de electricidad animal de Galvani y el de electricidad artificial de Volta?
17. ¿Qué características asigna usted a un concepto científico después de analizar el papel de los conceptos en la controversia Galvani-Volta?

18. ¿Qué rasgos le adjudica a la ciencia luego de haber analizado los aspectos de la controversia Galvani – Volta? Justifique cada rasgo.

Preguntas u orientaciones adicionales⁴ durante la implementación (PA):

- Con una pregunta redacte el problema que tenía Galvani al iniciar la controversia
- ¿Qué es el trabajo experimental?
- ¿Qué es un concepto científico?
- ¿Qué diferencia hay entre un concepto científico y un término que no es concepto científico?
- ¿Qué implicaciones tienen las controversias en la enseñanza de las ciencias?
- Otorgue uno o más rasgos a las ciencias y justifique su intervención

⁴ En la implementación de las actividades con los estudiantes de la Universidad Pedagógica Nacional, fue necesario añadir preguntas para obtener testimonios de los profesores en formación más explícitos

7. IMPLEMENTACIÓN DE ACTIVIDADES EN EL AULA

7.1 Propósito de las actividades implementadas en el aula

El propósito de las actividades implementadas, consiste en orientar al docente en formación a visualizar la representación de la ciencia en un hecho histórico como la Controversia Galvani – Volta, y a reflexionar en torno a dicha representación para identificar rasgos del quehacer científico, que conlleven al profesor a considerar su imagen de ciencia, justificando e interiorizando sus propias conclusiones.

Cabe aclarar que las autoras de este material no pretenden señalar rasgos de la ciencia para transmitirlos a un grupo de profesores en formación, por el contrario sólo delimitan: las problemáticas, el trabajo experimental y los conceptos como las características de la controversia Galvani – Volta, en torno a las cuales el aprendiz reflexiona sobre los aspectos históricos, filosóficos y sociológicos de las ciencias, y participa de la convivencia de diferentes reflexiones en el aula.

7.2 Caracterización de la implementación

La implementación de las actividades de enseñanza se llevó a cabo en profesores de formación inicial de la Universidad Pedagógica Nacional de tercer semestre de Licenciatura en Física, en el espacio de la materia Electromagnetismo I; y de quinto semestre de Licenciatura en Biología en el espacio de la materia Autorregulación; con el fin de analizar los testimonios respecto a las justificaciones de los rasgos que los docentes en formación atribuyen al quehacer científico, como materialización de una reflexión sobre la ciencia.

Las actividades realizadas se dividieron en tres momentos, cuyo propósito se muestra en la (tabla 2), cabe aclarar que por cuestiones de tiempo sólo se implementaron completos, los momentos dos y tres en los estudiantes de Licenciatura en Biología.

7.2.1 Caracterización de los espacios académicos donde se llevó a cabo la implementación

Institución: *Universidad Pedagógica Nacional, Facultad de Ciencia y Tecnología, Departamento de Física.*

Programas: *Licenciatura en física – Licenciatura en biología.*

Seminario en física: *Electromagnetismo I, semestre III, 20 estudiantes*

Seminario en Biología: *Autorregulación, semestre V, 24 estudiantes*

Número de sesiones realizadas con estudiantes de Licenciatura en Física: *2 sesiones*

Número de sesiones realizadas con estudiantes de Licenciatura en Biología: *1 sesión*

7.2.2 Momentos de la implementación

Tabla 2

MOMENTO	DESCRIPCIÓN	PROPÓSITO
	<p>Consiste en una serie de actividades experienciales relacionadas con la electrostática, en donde el profesor en formación se familiariza con algunos de los instrumentos usados y de los procedimientos realizados por Galvani y Volta, al mismo tiempo que emite hipótesis ante los fenómenos observados.</p> <p>Estas experiencias son elaboradas en grupos de trabajo, pues la socialización se considera esencial a la hora de generar explicaciones.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Contextualizar los experimentos de la controversia Galvani – Volta, en un ambiente educativo. • Reconocer algunos de los instrumentos usados y de los procedimientos elaborados por Galvani y Volta.

2	<p>Lectura de la controversia Galvani – Volta, al mismo tiempo que se observan animaciones que ilustran los experimentos llevados a cabo por estos científicos.</p> <p>Socialización de las diapositivas que muestran un modelo de lo que fueron los experimentos de Galvani y Volta.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Conocer la controversia que se dio entre Galvani y Volta, en torno a la electricidad animal y electricidad artificial.
3	<p>Análisis de la controversia Galvani – Volta, mediante la discusión de preguntas que abordan algunos aspectos de la ciencia representados en la controversia.</p> <p>Para la discusión de preguntas se organizan grupos de trabajo, en donde por cuestiones de tiempo se dividen los aspectos a analizar, se acota que la socialización se considera esencial a la hora de generar explicaciones.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Identificar y justificar en la controversia Galvani – Volta rasgos del quehacer científico, que permiten ver la controversia como una representación de la ciencia.

Nota. Momentos en los que se dividieron las sesiones de implementación.

7.3. Análisis y resultados de la reflexión sobre aspectos históricos, filosóficos y sociológicos de la controversia Galvani – Volta en la implementación

Pese a que todos los momentos de implementación fueron cruciales para analizar la materialización de la reflexión desarrollada por los licenciados en física y biología, en los siguientes párrafos se hace énfasis en las justificaciones a los rasgos que los profesores en formación adjudicaron a la ciencia y que evidencian la reflexión del quehacer científico, en relación a los aspectos históricos, filosóficos y sociológicos de la controversia Galvani – Volta.

7.3.. Aspectos históricos de la controversia Galvani –Volta.

Los aspectos históricos de la controversia Galvani – Volta concedieron, a los profesores en formación, enfocar su reflexión en torno a la posibilidad de comprender el desarrollo del quehacer científico que brinda la controversia como episodio histórico. Esto lo declaran P9 GF₂, P9 GF₃ y P9 GF₅, respuestas que se ajustan a la propuesta de Latour de estudiar el proceso de elaboración de la ciencia y no sólo sus teorías o resultados como productos terminados.

Los profesores en formación inicial formularon concepciones sobre lo que es una controversia, en la que se resalta P1-P2 GF₁ opinando que *“es una controversia porque existían puntos contrarios entre los dos científicos”*. Dicha concepción es similar a la expresada por autores como Latour, quien describe las controversias como situaciones donde los autores discrepan o se ponen de acuerdo sobre sus desacuerdos, conformando un conjunto de relaciones heterogéneas. Sin embargo, se resalta lo enunciado por P9 GF₂, *“la controversia no es una guerra de quién tiene la verdad, sino se trata de una cooperación en la que se unen aportes para llegar a un mejor conocimiento”*, considerando que es una concepción innovadora. Las descripciones dadas por los profesores en formación concuerdan con las elaboradas por autores como Vallverdú et al. (2005), y Kitcher (2000) quienes dan conceptualizaciones de las controversias, debido a que estos episodios han sido uno de sus objetos de estudio.

P1-P2 GB₂, P1-P2 GB₃, P1-P2 GB₄, P2 GF₄, P5 GF₅ son testimonios orales y escritos de los profesores en formación, en los que es posible determinar que la elaboración de hipótesis, teorías, experimentos, problemas, el uso de un lenguaje y un método, se señalan como características que al igual que Dascal (1995), Kitcher (2000) y Nahum (2001) afirmaron, dan identidad a las controversias científicas.

Los profesores en formación inicial establecieron otras características de la controversia Galvani – Volta que la hace científica, no registradas en el marco teórico de esta tesis, entre las que se encuentran; la influencia de la carga teórica de los científicos en la observación, mencionada en el testimonio P2 GF₄; y la elaboración de argumentos e interpretaciones en la necesidad de explicar, mencionada en P1-P2 GF₅.

Particularmente, para las problemáticas como característica de la ciencia, se plantearon P3 a P6, con el fin de cuestionar a los profesores en formación inicial sobre el problema estructurante de la controversia Galvani - Volta. En la respuesta a estas preguntas pocos grupos, en los que sobresale GB_1 y GF_3 coincidieron en que la causa del movimiento del fluido eléctrico que generaba las contracciones en músculos de la pata de la rana, fue la problemática que orientó el trabajo de los Galvanistas y Físicos. Y un gran número de grupos atribuyeron el problema inicial y estructurante de la controversia a la causa de las contracciones musculares en la pata de la rana, ejemplo de esto son los testimonios de GB_5 , GF_1 y GF_2 .

Para Aduriz (2005b) los aspectos históricos en la enseñanza de las ciencias, brindan la ventaja de identificar la tipología o dimensión conceptual, procedimental o actitudinal de los problemas que han tenido los científicos en diferentes épocas. Concepción que se ve reflejada en los testimonios de los profesores en formación inicial, en los que se aproximan a reconocer ideas o preguntas que justificaron era el problema que Galvanistas y Físicos tenían en el siglo XVIII.

Sin embargo, los profesores en formación inicial también reflexionaron alrededor de las estrategias y soluciones con las que Galvanistas y Físicos superaron el problema estructurante y otras problemáticas que se derivaron de este.

Para determinados profesores en formación inicial las estrategias con las que Galvani y Volta solucionaban los problemas eran las mismas, ya que la controversia radicaba únicamente en la diferencia de disciplinas en la que cada científico se desenvolvía (P6 GF_1). Mientras que otros profesores en formación inicial, consideraron que las estrategias que estos científicos usaron eran diferentes, atribuyéndole a Galvani un trabajo experimental que daba veracidad a hipótesis y a Volta un trabajo concentrado en la comparación de materiales (P6 GF_3).

La vinculación de la historia a la enseñanza que propone la NdC, busca que los estudiantes comprendan y analicen lo ocurrido con el conocimiento y prácticas de las ciencias; es decir, los aspectos históricos permiten que los profesores en formación puedan determinar si existe constancia en las características de la ciencia o como expresan Tamayo y Orrego (2005) una evolución o cambio de estas. Conforme a lo anterior, se interpreta que los profesores en formación enuncian que existió un cambio de los planteamientos dados en la controversia, acerca del movimiento del fluido eléctrico en la rana, al respecto P5 GF₃ asegura que *“Por un lado Galvani afirmaba la existencia de un fluido en el animal y la relación músculo - nervio; mientras que Volta afirmaba con base a sus experimentos que era necesaria la existencia de objetos conductores, para llegar a evidenciar un movimiento o contracción de la rana”*, distinto de P9 GF₂ que expresan que a lo largo de la controversia los Galvanistas y Físicos *“no tenían posturas totalmente opuestas, sino complementarias la una y la otra”*.

En conclusión, desde esta tesis se valora la necesidad para la educación en general que señalaron García, Vázquez y Manacero en el 200, de un trabajo riguroso y constante que vincule más aspectos de la historia de las ciencias en cursos de formación de profesores, de tal forma que la historia de las ciencias sirva como contexto para abordar la NdC y no quede reducida a mero academicismo (Acevedo, 2007b). Se particulariza en lo anterior, debido a que P8 GB₅ relaciona la controversia Galvani – Volta con la descripción actual del impulso nervioso, pero no justifica sus afirmaciones y P8 GF₁ asegura que la controversia Galvani – Volta es la base de las teorías del electromagnetismo, sin considerar otros episodios históricos.

Desde los resultados de la implementación, también se destacan respuestas del momento (Ver P1GF₄, P3 GF₅, P7 GF₃ en anexos) que muestran una similitud entre las ideas de los profesores en formación y las de Galvanistas y Físicos del siglo XVIII; concretamente, el

testimonio P7 GF₃ que afirma “*Así la rana puede compararse con la botella de Leyden, pero la botella no tiene estructura biológica que permita el movimiento de la botella*”, se acerca a la analogía elaborada por Galvani entre la Botella de Leyden y la pata de la rana. En relación a esto, Khalick & Lederman (2000a) sostienen que las ideas de los estudiantes son análogas a las de los científicos cuando justifican el conocimiento que generan; según este autor, en ambos casos se requiere de un discurso racional, de sentido común y de capacidad para valorar los argumentos.

7.3.2. Aspectos filosóficos de la controversia Galvani –Volta.

Por lo que se refiere a los aspectos filosóficos, Khalick (2012) sostiene que abordados desde la perspectiva NdC, tienen como objetivo ayudar a los estudiantes a desarrollar concepciones acerca de la generación y validación del conocimiento científico. La afirmación de Khalick fue patente en el análisis que los profesores en formación realizaron sobre la controversia Galvani – Volta, y se reconoce en P8 GF₂, P8 GF₅, P8 GB₃ y P8 GB₄ declaraciones alrededor de la validación del conocimiento y quehacer científico. Hay que señalar, que P8 GB₃ sostiene que las teorías científicas son discutibles hasta que no se validen y en cuanto a los GF profundizaron alrededor de los criterios y métodos que los científicos usaron para validar el conocimiento. Por ejemplo; P8 GF₂ asegura que Galvani y Volta al experimentar validaron respuestas de una explicación teórica, mientras que P8 GF₅ considera que Gavani y Volta se validaron mutuamente, a través de la controversia que tuvieron.

En la controversia Galvani – Volta existen numerosas experiencias, que conducen a que los profesores en formación inicial generen interpretaciones y justificaciones alrededor del papel que puede tener el trabajo experimental en el quehacer científico. Respecto a esta característica, los estudiantes presentaron diversas reflexiones: P7 GB₂ aseguró que el experimento comprueba

los supuestos de los científicos, P7 GB₂ haciendo referencia al experimento en el que puso el arco conductor únicamente en el nervio crural de la rana, manifestó que “sirvió a Galvani para confirmar la hipótesis del fluido eléctrico animal”, P2 GF₄ sostuvo que el trabajo experimental es un trabajo riguroso y bastante detallado y P8 GB₁ mencionó que en la controversia se hacían nuevos experimentos para complementar y refutar explicaciones; estas concepciones expresadas por los profesores en formación, atienden a la propuesta de Nahum en la que considera que las controversias científicas, en particular la de Galvani-Volta, posibilitan reflexiones y discusiones en el aula sobre el trabajo experimental, facilitando la comprensión de los mecanismos internos y metodologías de las ciencias.

Por otra parte, una generalidad en los profesores en formación inicial, fue considerar que Galvani y Volta tenían el mismo objeto de estudio, cuenta de esto da el testimonio de P2 GF₂ al plantear que “*los dos científicos trabajaron sobre los mismos experimentos*”; simultáneamente, se puede observar que los profesores en formación inicial reconocen en la controversia una pluralidad de planteamientos sobre el mismo objeto de estudio, que les exigía a los científicos defender sus posiciones, sirve de modelo P2 GF₄ que expresó: “*Cada científico defendía sus argumentos, Volta observando los metales conductores y Galvani dándole importancia al fluido que estaba dentro del animal*”.

En esta tesis, los aspectos filosóficos abarcan la dimensión epistemológica, desde la cual se puede suponer que los estudiantes se aproximaron a atribuir significado y origen a entidades elaboradas en las ciencias, en las que predominan los conceptos. Al respecto, GF₄ en P7 aseveró “*una característica importante de los conceptos, es que según nuestros conocimientos le damos una u otra interpretación, aunque esto es más una cuestión lingüística; no obstante, su origen es*

un intento de definir algo de manera universal". Este tipo de reflexiones corresponde a la declaración de Acevedo et al., 2007a, acerca de que abordar la perspectiva NdC desde los aspectos epistemológicos, debe ser posterior al reconocimiento de una serie de elementos básicos, dentro de los que se encuentra una descripción simple a los conceptos como característica de las ciencias.

En diversas investigaciones entre las que se destacan las realizadas por Acevedo et al. (2007) sobre consensos de la NdC, la dimensión ontológica ha develado ideas alrededor de la relación que los estudiantes establecen entre el conocimiento científico y la verdad. Particularmente en la investigación del 2007b que desarrollaron Acevedo et al, a partir de un cuestionario, encontraron que los estudiantes expresan relaciones como "Muchos modelos científicos son verdaderos para la vida. Su objetivo es mostrarnos la verdad o enseñarnos algo sobre ella". Resultados similares se encontraron en la implementación de actividades elaboradas en esta tesis, puesto que los profesores en formación inicial se soportaron en los aspectos ontológicos de la controversia Galvani – Volta para plantear relaciones entre ciencia y verdad. Dos respuestas que muestran testimonios al respecto son P8 GF₂ estableciendo que "La ciencia busca la verdad de los fenómenos naturales, a través de una explicación que dé cuenta de lo que rige el universo" y por otra parte P8 GB₃ asegura que "la ciencia es la aproximación a la verdad pero no la verdad absoluta, siempre hay un cuestionamiento a una hipótesis y al mirar un resultado hay más preguntas como se ve en la controversia, un problema genera otro problema".

Desde los aspectos filosóficos de la controversia Galvani – Volta, fue posible que los profesores en formación inicial abordaran la dimensión bioética en sus reflexiones, respecto al quehacer científico que con seres vivos especialmente con ranas, llevaron a cabo Galvanistas y físicos del siglo XVIII. Los testimonios de P7 y P8 del momento, evidencian que los profesores

en formación inicial otorgaron una apreciación ética a lo ocurrido con las ranas en la controversia Galvani – Volta.

7.3.. Aspectos sociológicos de la controversia Galvani –Volta.

Aludiendo a los aspectos sociológicos de la controversia Galvani – Volta, los profesores en formación inicial otorgaron un comportamiento determinado a los científicos, acción que se encuentra en concordancia con preguntas como ¿quiénes son los científicos?, ¿cómo trabajan los científicos como grupo social? y ¿cómo la propia sociedad se enfrenta y reacciona ante los problemas derivados de la ciencia?, que según Guisasola y Morentin (2007) se resuelven a partir de los aspectos sociológicos en la perspectiva NdC. Algunos de los testimonios de los profesores en formación inicial que revelan el comportamiento de los científicos en la controversia Galvani – Volta son: *“los Galvanistas y Físicos defendían argumentos”* (P2 GF₄); *“Ambos científicos estaban proporcionando evidencias de diversas maneras y eso hace que se convierta en científico, además usaron un método que pudo ser base para los científicos siguientes”*, (P2 GF₅). Este último testimonio da sustento a lo que dice Ryan y Aikenheiad, quienes afirman según Acevedo (2005) que la NdC abarca el análisis del método o métodos propios del conocimiento científico.

Para los aspectos sociológicos, Khalick y Lederman (2000a) sostienen que desde la perspectiva NdC se puede considerar las creencias y los supuestos que tienen los científicos en los cuales sustentan el conocimiento. Es el caso de los profesores en formación de GF₄ quienes detectaron en P7 que “Galvani creía que los nervios conducían electricidad a los músculos” y “Galvani pensó en que existía un desequilibrio entre el nervio y el músculo”; así mismo, GF₂ en P7 reconoció que “Volta atribuyó el fenómeno al metal conductor que se tiene en el

experimento”. Lo anterior atañe al objetivo de abordar la reflexión sobre la ciencia con todo aquello que caracteriza la construcción del conocimiento científico, haciendo referencia tanto a los supuestos subyacentes que son consecuencia del carácter humano de los científicos, como a los valores, contextos, influencias y limitaciones de la ciencia (Echevarría, Longino, Collins y Ziman, citados por Acevedo et al., 2007a)

En general, se deduce que a los profesores en formación a quienes se les orientaron las actividades de enseñanza, lograron la reflexión promovida en esta tesis y su materialización en la adjudicación de rasgos y características a las ciencias. No obstante, se acepta que las preguntas e indicaciones inicialmente planteadas requieren de una dirección más explícita para obtener testimonios de los profesores en formación más explícitos, puesto que a lo largo de la implementación se añadieron una cantidad de preguntas y orientaciones (ver capítulo 6)

CONCLUSIONES

8.1. Reflexiones finales.

Con la convicción de mostrar el aporte realizado a la educación colombiana, especialmente en lo que respecta a la enseñanza y aprendizaje de las ciencias naturales; en este apartado, se dan a conocer las conclusiones finales a las que se llegó durante el proceso que condujo a la solución del problema de investigación.

La falta de reflexión sobre el quehacer científico por parte de los profesores en formación inicial, está soportada en las investigaciones realizadas desde la perspectiva NdC, y fue una razón fundamental para que esta tesis se concentrara en responder la pregunta ¿Qué aspectos de la controversia Galvani – Volta posibilitan promover la reflexión sobre las ciencias desde la perspectiva NdC, en la formación inicial de profesores, a partir de actividades de enseñanza? Se hace hincapié en que las conclusiones a las que se llegaron se circunscriben dentro de los términos que la pregunta de investigación establece.

Los aspectos históricos, filosóficos y sociológicos de la controversia Galvani – Volta corresponden a la solución general de la pregunta problema, y se seleccionaron desde la orientación que otorga la perspectiva NdC de vincular a la enseñanza las disciplinas que tienen como objeto de estudio las ciencias. Las implicaciones y beneficios que cada aspecto tiene sobre la reflexión del quehacer científico, se determinaron a partir de la literatura y la implementación de las actividades de enseñanza, realizada en licenciados en física del curso electromagnetismo II y licenciados en biología del curso autorregulación de la Universidad Pedagógica Nacional.

Los aspectos históricos de la controversia Galvani – Volta proporcionaron en los profesores en formación inicial comprensiones sobre la descripción y características de la actividad científica, en la medida en que reconocieron las problemáticas a las que se enfrentaron los Galvanistas y Físicos y las estrategias que emplearon para darles solución; igualmente, estos aspectos llevaron a que los profesores detectaran lo ocurrido con los planteamientos tanto de Galvani como de Volta al transcurrir el tiempo en la controversia, familiarizándose de esta manera con los contenidos del siglo XVIII acerca de la electricidad y las experiencias que marcaron la disputa.

La reflexión alrededor de los aspectos filosóficos condujo a los profesores en formación inicial a realizar un ejercicio de abstracción sobre el significado, desarrollo, validación y justificación del conocimiento científico. Desde la dimensión epistemológica, los docentes en formación evidenciaron pautas, criterios, modelos, políticas empleadas por Galvanistas y Físicos para generar y validar conocimiento, al mismo tiempo que establecieron las diferencias entre observaciones y planteamientos de los científicos en la controversia, reconociendo una pluralidad de explicaciones.

Del mismo modo, la dimensión ontológica de la controversia Galvani – Volta hizo que los profesores en formación inicial se aproximaran a reflexionar sobre la existencia de las construcciones científicas, estableciendo una somera relación entre verdad y conocimiento; sin embargo, en la implementación de esta tesis no hay evidencias en los testimonios escritos y orales de los profesores respecto a la comparación de la ciencia con otros quehaceres humanos.

En cuanto a los aspectos sociológicos de la controversia Galvani - Volta, se determina que fueron un insumo para que los profesores en formación inicial detectaran características de la

organización social que identifica la comunidad científica, comprendiendo el proceder de Galvani y Volta, sus formas internas de socialización, algunas de sus vivencias personales, creencias y supuestos que influenciaron la controversia.

Pese a que las implicaciones y beneficios de vincular los aspectos históricos, filosóficos y sociológicos a la enseñanza se presentan individualmente, los testimonios de los profesores en formación inicial permiten deducir que múltiples eventos de la controversia Galvani – Volta fijan implícitamente una relación entre los aspectos, este hecho corresponde al planteamiento de que las reflexiones sobre el quehacer científico desde la perspectiva NdC, se ubican en la intersección de las disciplinas que tienen como objeto de estudio las ciencias.

Es oportuno esclarecer, que para esta tesis en particular, la reflexión del quehacer científico corresponde a una forma de conocimiento que depende del sujeto que la elabora y es una actividad de pensamiento, que tuvo su expresión material en los rasgos y características que los profesores en formación inicial adjudicaron y justificaron sobre el quehacer científico.

Con el fin de profundizar en las reflexiones finales, se muestran las metas que emergieron a lo largo del desarrollo y solución de la pregunta problema, en sintonía con los objetivos específicos planteados en el capítulo.

Respecto al primer objetivo específico, se puede afirmar que la versión de la controversia Galvani – Volta, construida a partir del libro “*The ambiguous frog: The Galvani-Volta controversy on animal electricity*,” de Marcello Pera y plasmada en el capítulo 4 de esta tesis; es declarada un objeto de estudio para los procesos de enseñanza, en la medida en que fue un insumo para representar aspectos históricos, filosóficos y sociológicos de las ciencias y al mismo tiempo estructurar actividades para la formación inicial de profesores. Dicha versión, también es

un objeto de estudio para procesos de aprendizaje de profesores, quienes la admiten como una representación del quehacer científico desde la cual soportan reflexiones sobre la actividad científica.

El análisis de la controversia Galvani – Volta proporcionó la profundidad en la caracterización y descripción de los aspectos históricos, filosóficos y sociológicos, haciendo tangibles en cada situación de la controversia las implicaciones y beneficios que acarrearán para la enseñanza y aprendizaje de las ciencias naturales, dando de esta manera cumplimiento al segundo objetivo específico.

Con relación al tercer objetivo específico, las actividades de enseñanza realizadas e implementadas cumplieron con los propósitos establecidos, lo cual se determinó a partir de la interpretación de los testimonios orales y escritos de los profesores en formación. En cuanto a las experiencias planteadas para el primer momento, se consiguió contextualizar a los profesores en formación inicial sobre el trabajo experimental de los científicos en la controversia; las animaciones y el video del segundo momento de implementación, llevó a los profesores en formación inicial a clarificar las ideas leídas en la versión de la controversia; y en el tercer momento, la mayoría de preguntas planteadas para abordar la reflexión sobre las ciencias fueron acertadas. Sin embargo, se evidenció la importancia de establecer más preguntas que conduzcan a una reflexión explícita en los profesores, debido a la necesidad de añadir nuevas preguntas en la implementación para abordar determinados aspectos de la controversia y para lograr especificidad en los testimonios de profesores en formación inicial.

Finalmente, se concluye que a los profesores en formación a quienes se les orientaron las actividades de enseñanza, lograron la reflexión promovida en esta tesis y su materialización en la

adjudicación de rasgos y características a las ciencias. No obstante, se reconoce la demanda de diferentes estrategias para la formación inicial de profesores, con objetivos similares a los de este trabajo, para concretar la meta de profesores con apropiación de una imagen de ciencia que dirija sus prácticas educativas.

8.2. Proyecciones

Reconociendo el MEN como la organización que dirige y aprueba los procesos de educación en Colombia, se propone plantear estrategias que establezcan correspondencia entre los requerimientos del MEN, los planteamientos de la MDCN, perspectivas innovadoras como la NdC y sobretodo con la realidad de la práctica educativa colombiana. Lo anterior, no implica aceptar como correcto todo lo instaurado por el MEN, la propuesta consiste en unir las fuerzas posibles para contribuir a mejorar la educación del país.

Por otro lado, la formación inicial de los profesores requiere más trabajos que esclarezcan las implicaciones de los aspectos históricos, filosóficos y sociológicos en la enseñanza de las ciencias, contrarrestándolas y profundizándolas con las diferentes posturas sobre las ciencias que han emergido en los paradigmas de la filosofía. Con el propósito de promover la reflexión sobre el quehacer científico que dignifica los procesos de enseñanza y aprendizaje de las ciencias.

Alcanzar la materialización de la reflexión sobre el quehacer científico hasta el punto en que los profesores consoliden su imagen de ciencia, es una meta que requiere de esfuerzo y dedicación, por tanto se invita a desarrollar más proyectos, materiales educativos y libros que complementen la educación inicial que se imparte a los profesores.

8.2. Límites

Pese a que la presente tesis limita la justificación de su aporte sólo a algunos requerimientos del MEN, considerando la formación que pueden impartir en el aula los profesores que han adquirido habilidades en la enseñanza de las ciencias desde la perspectiva NdC, la importancia y relevancia de este trabajo se altera, por el obstáculo que presenta la falta de estándares que incluyan la reflexión sobre el quehacer científico en la educación colombiana.

Por otra parte, se puede afirmar que los seminarios de la MDCN fueron un soporte conceptual en el estudio de los aspectos históricos, filosóficos y sociológicos que enriqueció el desarrollo de la pregunta problema; aun así, la NdC no es una perspectiva difundida en los programas de la maestría, puesto que se promueven otras perspectivas o enfoques. No obstante, la NdC constituye un límite de este trabajo, porque es esta perspectiva la que orienta la estrategia con la que se vinculan la historia, filosofía y sociología en la enseñanza de las ciencias que aquí se imparte, a pesar de las múltiples perspectivas presentes en la didáctica.

Se acudió a la controversia Galvani – Volta como la representación de las ciencias debido a que la NdC sugiere que se estudie el quehacer científico a través de episodios históricos. Sin embargo, se debe asumir que la controversia Galvani – Volta es una representación parcial de la ciencia, que muestra características de la actividad científica del siglo XVIII y omite rasgos de las ciencias en otras épocas, como la actual.

Además, se optó por la versión de la controversia Galvani – Volta elaborada por Marcello Pera, sin desconocer que documentos originales y otros textos pueden revelar más detalles sobre

lo ocurrido en la controversia. Esta decisión fue impulsada porque Pera desarrolla en su versión análisis desde las disciplinas que tienen por objeto de estudio las ciencias, no obstante para concretar el desarrollo de la pregunta problema se otorgó prioridad a los aspectos históricos, filosóficos y sociológicos en la reflexión del quehacer científico que se promueve en esta tesis, abandonando aspectos como los psicológicos, religiosos, políticos y culturales.

El análisis de la implementación se limitó únicamente a un conjunto de testimonios de profesores en formación inicial de licenciatura en física y biología de la Universidad Pedagógica Nacional, lo que generó la omisión de algunos aportes que no atañen a los objetivos de esta tesis. Así mismo, el tiempo y extensión en los que se desarrolló la implementación impidieron la consolidación de una imagen de ciencia por parte de los docentes.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABD-EL-KHALICK, F. & LEDERMAN, N. (2000a). Improving science teachers' conceptions of the nature of science: A critical review of the literature. *International Journal of Science Education*, 22 (7), 665–701.
- ABD-EL-KHALICK, F. & LEDERMAN, N. G. (2000b). The Influence of History of Science Courses on Students' Views of Nature of Science. *Journal of research in science teaching*, 37(10), 1057 - 1095.
- ABD - EL - KHALICK, F. (2012). Teaching with and about nature of science, and science teacher knowledge domains. *Science & Education*, 22, 2087 - 2107.
- ACEVEDO, J., MANASSERO, M., ACEVEDO, P., OLIVA, M., PAIXAO, M., & VASQUEZ, A. (2004). Naturaleza de la Ciencia, Didáctica de las Ciencias, Práctica Docente y Toma de Decisiones Tecnocientíficas. *III Seminário Ibérico CTS no ensino das Ciências*.
- ACEVEDO, J., VÁZQUEZ, A., Martín, M., ACEVEDO, P., PAIXAO, M. & MANASSERO, M. (2005). Naturaleza de la ciencia y educación científica para la participación ciudadana: Una revisión crítica. *Revista Eureka Sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 2(2), 121-140.
- ACEVEDO, J., VÁZQUEZ, A., 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, A., MANASSERO, M. A. y ACEVEDO, P. (2007b). Consensos sobre la naturaleza de la ciencia: aspectos epistemológicos. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 4(2), 202-225.

- ACEVEDO, J. (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*, Vol 5(2), 134-169.
- ACEVEDO, J. (2009). Enfoques explícitos versus implícitos en la enseñanza de la naturaleza de la ciencia. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 6(3), 355-386.
- ADÚRIZ, A. & IZQUIERDO, M. (2002). Acerca de la didáctica de las ciencias como disciplina autónoma. *Revista Electronica de Enseñanza de las Ciencias*, 1(3), pp. 130-140.
- ADÚRIZ, A. (2005a). ¿Qué naturaleza de la ciencia hemos de saber los profesores de ciencias?: Una cuestión actual de la investigación didáctica. *En Tecné, Episteme y Didaxis*, número extra, 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. (2006). La epistemología en la formación de profesores de ciencias. *Revista Educación y Pedagogía*, 18(45), 27-36.
- ADÚRIZ, A. (2008). Epistemología para el profesorado de física: Operaciones transpositivas y creación de una “metaciencia escolar”. IX SIEF-Simposio de Investigación en Educación en Física, Universidad Nacional de Rosario, Argentina.
- AMADOR, R & ADÚRIZ, A. (2012). Consensos y disensos en torno al concepto de naturaleza de la ciencia (nos) en la comunidad iberoamericana de didáctica de las ciencias. *Revista científica*, No. 15, 30-46.
- AUDESIRK, T., AUDESIRK, G. & BYERS, B. (2008). *Biología: La vida en la tierra*. Mexico. Pearson.
- CARLINO, P. (2003). Leer textos científicos y académicos en la educación superior: Obstáculos y bienvenidas a una cultura nueva. *Uni-pluri/versidad*, 3(2), 1-9.

- CASSANY, D. (2004). Leer para Sophia. Consultado en: http://www.academia.edu/2976081/Leer_para_Sophia.
- CASSANY, D. (1995). La cocina de la escritura. Barcelona: Anagrama. p. 21-22.
- COLMENARES, E. & PIÑERO, L. (2008). La investigación acción. Una herramienta metodológica heurística para la comprensión y transformación de realidades y prácticas socio-educativas. *Revista de Educación Laurus*, 14(27), 96-114.
- CHADE, O. (2014). Superación de las visiones deformadas de las ciencias a partir de la incorporación de la historia de la física a su enseñanza. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 11(1), 34 - 53.
- CUNNINGHAM, J. & KLEIN, B. (2009). *Fisiología Veterinaria*. Elsevier. Barcelona, España.
- DASCAL, M. (1995). Epistemología, controversias y pragmática. *Isegoría, revista filosófica, moral y política*, 12, 8-43
- ECHEAOVEN, J. (2015). Diccionario de Filosofía, breve definición de los términos filosóficos fundamentales. Editorial Edinumen. Consultado en: <http://www.e-torredebabel.com/>
- FERNÁNDEZ, I., GIL, D., CARRASCOSA, J., CACHAPUZ, A., & PRAIA, J. (2002). Visiones deformadas de la ciencia, transmitidas por la enseñanza. *Enseñanza de las ciencias*, 20(3), 477 - 488.
- FURIÓ, C., VILCHES, A., GUIASOLA, J., & ROMO, V. (2001). Finalidades de la enseñanza de las ciencias en la secundaria obligatoria. ¿Alfabetización científica o preparación propedeutica? *Enseñanza de las ciencias*, 19(3), 365 - 376.
- GARCÍA CARMONA, A., VÁZQUEZ ALONSO, Á., & MANASSERO, M. (2001). 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.
- GARRITZ, A. (2006). Naturaleza de la ciencia e indagación: cuestiones fundamentales para la educación científica del ciudadano. *Revista iberoamericana de educación*. N.º 42, 127-152.

- GARZÓN, I. & RAMÍREZ, J (2014). *Seminario organización de los fenómenos físicos*. Maestría En Docencia De Las Ciencias Naturales, Universidad Pedagógica Nacional.
- GUISASOLA, J. & MORENTIN, M. (2007). ¿Comprenden la naturaleza de la ciencia los futuros maestros y maestras de Educación Primaria? *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 6(2), pp. 246-262.
- GUISASOLA, J., ZUBIMENDI, J., ALMUDI, J., & CEBERIO, M. (2007). Propuesta de enseñanza en cursos introductorios de física en la universidad, basada en la investigación didáctica: siete años de experiencia y resultados. *Enseñanza de las ciencias.*, 25(1), 91 - 106.
- HEWITT, P. & WOLF, P. (2008). *Conceptual Physics Fundamental*. USA, Addison-Wesley Publishing Company.
- HILL, R. W., WYSE, G. A., & ANDERSON, M. (2006). *Fisiología Animal*. Madrid: Editorial Médica Panamericana.
- HALLIDAY, D., RESNICK, R. y KRANE, K. S. (2002). *Physics, volume two*. New York: John Wiley and Sons.
- HIDALGO, J. & FERRER, A. (2012). Avaliando a inserção da temática natureza da ciência na disciplina de história e filosofia da ciência para graduandos em física na UFRN. EN PEDUZZI, L., MARTINS, A., & FERREIRA, J. *Temas de História e Filosofia da Ciência no Ensino*. UFRN, Brasil.
- KITCHER, P. (2000). *Patterns of Scientific Controversies*. En EDS MACHAMER, P; PERA, M & BALTAS, A. *Scientific Controversies*. Pp 21-39. NewYork, Oxford University Press.
- LATOUR, B. (1991). *Pasteur y Puchet heterogénesis de la historia de las ciencias*. En M. Serres, *Historia de las ciencias*, 477-502. Madrid: Editores Cátedra.
- LEDEN, L., HANSSON, L., REDFORS, A., & IDELAND, M. (2013). Why, when and how to teach nature of science in compulsory school – teachers’ views. Consultado [en:http://www.esera2013.org.cy/proposal-view.2/?abstractid=988](http://www.esera2013.org.cy/proposal-view.2/?abstractid=988).

- MINISTERIO DE EDUCACIÓN NACIONAL. (2004). Estandares Básicos de competencias en Ciencias Naturales y Ciencias Sociales. Colombia. Consultado en: http://www.mineducacion.gov.co/1621/articles-81033_archivo_pdf.pdf.
- MORENO, A. (2006). Atomismo versus energetismo: Controversia científica a finales del siglo XIX. *Revista enseñanza de las ciencias.*, 24(3), 411-428.
- NAHUM, K. (2001). Scientific controversies in teaching science: the case of Volta. *Science & Educación*, 10, 33 - 49.
- OHANIAN, H. & MARKERT, J. (2007). Physics for engineers and scientists. USA: W. W. Norton and Company.
- OSBORNE, J., SIMON, S., & COLLINS, S. (2003). Attitudes towards science: A review of the literature and its implications. *International Journal of Science Education*, 25(9), 1049 - 1079.
- OVERMIRE, T. (2001). *Biología*. México: Limusa.
- PABÓN, T. (2015). La Controversia Científica en la formación inicial de profesores. Un fundamento para la comprensión de la ciencia y su enseñanza. Directores Albarracín, M & Mayoly L. Tesis de Maestría en Educación, Universidad Distrital de Colombia.
- PERA, M. (1992). The ambiguous frog: The Galvani-Volta controversy on animal electricity. USA. Princeton Legacy Library.
- PERALES, J. & JIMENEZ, J. (2002). Las ilustraciones en la enseñanza aprendizaje de las ciencias. Análisis de libros de texto. *Enseñanza de las ciencias.*, 20(3), 369 - 386.
- PORLAN, R., RIVERO, A., & MARTÍN DEL POZO, R. (1997). Conocimiento profesional y epistemología de los profesores I. Teoría, métodos e instrumentos. *Enseñanza de las ciencias*, 15(2), 155-171.
- REAL ACADEMIA ESPAÑOLA, RAE. (2015). Diccionario de la lengua española. Consultado en: <http://www.rae.es/>
- RUDOMIN, P. (1998). La controversia Galvani – Volta sobre la electricidad animal. Colegio Nacional, México. Poner referencia completa, es un capítulo de libro
- SALGADO, S. (2012). La filosofía de Aristóteles. Series Historia de la Filosofía 2. Cuadernos Duererías.
- SERWAY, R. A. y JEWETT, J. W. (2010). Physics for Scientist and Engineers. USA. Cengage Learning.

- TAMAYO, O. E., & ORREGO, M. (2005). Aportes de la naturaleza de la ciencia y del contenido pedagógico del conocimiento para el campo conceptual de la educación en ciencias. *Educación y Pedagogía*, 17(43), 13 - 25.
- TAMAYO, Ó. E., SANCHEZ, C. A., & BURITICÁ, O. C. (2010). Concepciones de Naturaleza de la Ciencia en profesores de educación básica. *Revista Latinoamericana de estudios educativos*, 6(1), 133 - 169.
- TIPLER, P. A. y MOSCA, G. (2008). *Physics for scientists and engineers*. New York: W. H. Freeman and Company.
- UNESCO. (2005). *¿Cómo promover el interés por la cultura científica? una propuesta didáctica fundamentada para la educación científica de jóvenes de 15 a 18 años*. Santiago de Chile, : Oficina Regional de Educación de la UNESCO para América Latina y el Caribe.
- UNIVERSIDAD ALBERTO HURTADO, UAH. (2014). Investigación cualitativa. Documento para dirigir taller de Investigación Cualitativa, 1 – 40. Chile.
- UNIVERSIDAD PEDAGOGICA NACIONAL. (2009). Propuesta Maestría en Docencia de las Ciencias Naturales. Colombia.
- VALLVERDÚ, J. (2005). ¿Cómo finalizan las controversias? Un nuevo modelo de análisis: la controversia histórica de la sacarina. *Revista CTS*, 2(5), 19-50.
- VÁZQUEZ, A., ACEVEDO, J., MANASSERO, M., & ACEVEDO, P. (2001). Cuatro Paradigmas básicos sobre la Naturaleza de la Ciencia. *Argumentos de razón técnica*, 135 - 176.
- VÁZQUEZ, A. y MANASSERO, M. (1995). Actitudes relacionadas con la ciencia: una revisión conceptual. *Enseñanza de las Ciencias*, 13, 337-346.
- VILLE, C. (1998). *Biología*. Buenos Aires, Argentina: Mc Graw Hill. 322 -331.

ANEXOS

Anexo 1 . Tabla de testimonios obtenidos en las actividades realizadas con los profesores en formación en Licenciatura en Física durante el momento 1.

Actividad	Elemento de discusión	Registro de testimonios grupales	Comentario
<p>Frote una barra de PVC con papel, tela o lana y acérquela a objetos sólidos (livianos), líquidos y gases.</p>	<p>. Basado “solamente” en lo observado ¿Cómo interpreta los efectos percibidos? Argumente su respuesta.</p>	<p>GF1: “<i>La barra de PVC queda cargada positivamente, y esto hace que se repela con cuerpos como papel y agua</i>”.</p> <p>GF4: “<i>Se evidencia una fuerza entre la interacción de los cuerpos</i>”.</p> <p>GF5: “<i>Al frotar la barra de PVC y acercarla a objetos livianos, se van a atraer o repeler dependiendo del material; así mismo, vemos que con unos objetos se atraen o se alejan más que con otros</i>”.</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Los profesores en formación confieren a la barra de PVC una carga, caracterizándola como positiva pese a que reconocen que positivo y negativo sólo es una convención – Los profesores en formación caracterizan el fenómeno como una fuerza entre los cuerpos, sin embargo no asumen que dicha fuerza es un artefacto teórico y no es parte del fenómeno observado. – Los profesores en formación usan en sus explicaciones conceptos propios de su disciplina.
<p>Separe los extremos conductores de la máquina electrostática señalados en la fig. como A y B, coloque un dedo en medio de los dos conductores sin tocarlos y posteriormente gire varias veces la palanca.</p>	<p>2. Describa detalladamente la reacción obtenida.</p> <p>3. Que explicación da a la reacción obtenida.</p> <p>4. ¿Quién o qué causa la reacción? ¿Usted o la máquina?</p>	<p>GF1: “<i>La percepción fue sentir como la carga se transfiere de un punto a, a un punto b, produciéndose así la sensación de descarga eléctrica</i>”.</p> <p>GF2: “<i>La reacción obtenida se debe a un desequilibrio de la carga entre el generador y el dedo</i>”.</p> <p>GF3: “<i>La reacción obtenida se debe a reflejos que se producen en el cuerpo</i>”.</p> <p>GF4: “<i>La reacción es causada por la fuente que entra en interacción con el dedo</i>”.</p> <p>GF5: “<i>Los músculos tienen terminaciones nerviosas, y es por allí donde va la carga que hace dar un impulso al cerebro</i>”.</p>	<p>Los profesores en formación en su mayoría se valen de conceptos previos de física y biología para dar una explicación al fenómeno observado.</p>

		GF₅: “Las acciones voluntarias actúan mediante impulsos eléctricos que se generan por la interacción entre los dos cuerpos, siempre que uno esté en <i>desequilibrio</i> ”.	
Electrifique la botella de Leyden conectando su esfera a un extremo de la máquina eléctrica mientras le da vueltas a la palanca de la máquina. Posteriormente construya un arco con su mano de tal manera que la parte exterior de la botella se conecte a su dedo meñique y su dedo pulgar se acerque, sin contacto, a la esfera de la botella.	5. Describa lo que percibió en la experiencia. 6. ¿Qué explicación daría usted al funcionamiento de la botella de Leyden?	GF: “Se produce una descarga eléctrica en la mano, cuando se hace el arco entre la parte interior y exterior de la botella. El cuerpo humano actúa como polo a tierra porque la botella tenía un <i>desequilibrio</i> y la mano la hace volver la botella a su estado neutro”. GF₂: “La carga almacenada de la botella se descarga al poner la mano y esto produce una chispa y una sensación de dolor. La mano establece un puente entre la parte interna y la externa de la botella”. GF₃: “De la experiencia tres se describe una electrificación, donde la mano actúa como conductor de electricidad, cuando se acerca la mano de tal modo que el meñique toque la botella y el pulgar toque la esfera superior, la electricidad condensada es transferida a la mano, lo que hace que sufra una <i>contracción nerviosa</i> ”.	Algunos de los profesores en formación describen su experiencia y explican el funcionamiento de la botella de Leyden de manera similar a como se ve en la controversia Galvani – Volta, comprendiendo un <i>desequilibrio</i> entre la parte interna y externa de la botella.
En el siguiente video se ilustra la preparación y contracción de las patas de una rana a la manera de Galvani y Volta; sin embargo, en la experiencia del video lo que se conecta directamente a los músculos de la rana es una batería eléctrica actual, experiencia que difiere considerablemente a las elaboradas por Galvani y Volta.	7. ¿Qué comentario hace usted. Acerca de recurrir a seres vivos como las ranas para el trabajo científico? 8. Galvani y Volta diseccionaban ranas con fines científicos. ¿Qué opinión le genera esta práctica?	GB1: “Aunque la <i>disección de ranas se hace con fines investigativos, se reconoce que es un ser vivo, que tiene reacciones a los estímulos externos que la afectan</i> ”. GB₃: “Desde las ciencias que estudien los seres vivos, se hace importante el reconocimiento de sus tejidos y órganos; sin embargo hoy en día hay simulaciones que reemplazan las disecciones de seres vivos, e impide someterlos a estos procesos”. GF₂: “Aunque es un trabajo muy cruel con los anfibios, las ranas también son	El recurrir a seres vivos con fines científicos es una práctica con la que un gran número de profesores en formación no están de acuerdo; sin embargo, resaltan el protagonismo que las ranas tuvieron en la controversia.

	<p>9. ¿Cuál es la relación entre la experiencia realizada por usted y la experiencia visual?</p>	<p><i>protagonistas de los logros de Galvani y Volta en la ciencia”.</i></p> <p>GF₄: <i>“En el siglo XVIII a diferencia de ahora eran legales las disecciones y eso permitió el avance de muchas teorías en la ciencia”.</i></p> <p>GF₁: <i>“Los músculos de la rana se contraen porque se les pasa corriente mediante la batería y esto sugiere que el cuerpo funciona mediante impulsos eléctricos”.</i></p> <p>GF₁: <i>“Al someter la rana a dos cargas, el cuerpo del animal sirve como un conductor de corriente”.</i></p> <p>GF₂: <i>“Lo que causa la contracción de la rana es la interacción entre la rana y la batería o en el caso de la experiencia en el salón la interacción entre el generador y la mano, porque si el generador está sólo no se evidencia nada y lo mismo ocurre con la mano. Esto indica que debe existir un desequilibrio”.</i></p> <p>GF₂: <i>“La rana en el video es utilizada como puente conductor, y por su estructura biológica; músculos, huesos y forma del cuerpo, permite que al someterla a una diferencia de potencial se evidencie el movimiento de sus músculos”</i></p> <p>GF₃: <i>“Así la rana puede compararse con la botella de Leyden, pero la botella no tiene estructura biológica que permita el movimiento de la botella”.</i></p> <p>GF₃: <i>“Del video se puede decir que la rana sufrió contracciones musculares, estirando y encogiendo sus extremidades a causa de los pulsos eléctricos que se le aplicaban tocándola con los cables conectados a una fuente”.</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> - Los profesores en formación consideran que la rana es tan sólo un conductor, pensamiento similar al que en un momento tuvo Volta. - Los profesores consideran que el desequilibrio y la interacción eléctrica entre dos cuerpos son necesarios para evidenciar la contracción muscular. - Los profesores en formación establecen una analogía entre la botella de Leyden y la rana, similar a lo que pretendía Galvani en el siglo XVIII.
--	--	--	---

		<p>GF₄: “Podemos observar que al ser afectada con electricidad, sus nervios se contraen o tensionan haciendo que esta mueva sus patas inconscientemente”.</p> <p>GF₅: “Una de las terminales del cable están unidas a la rana y esa descarga es la que causa la reacción”.</p>	
--	--	--	--

Anexo 2. Tabla de testimonios obtenidos en las actividades realizadas con los profesores en formación de Licenciatura en Física durante el momento 3.

Elemento de discusión	Registro de los testimonios grupales	Comentario
<p>1. ¿Por qué se puede afirmar que el episodio histórico Galvani - Volta es una controversia?</p> <p>2. ¿Qué aspectos de la controversia Galvani – Volta, la hacen ver como una controversia científica?</p>	<p>GF₁: “Se puede afirmar que este episodio es una controversia porque se refutaron ideas, porque existían puntos contrarios entre los dos científicos, porque cada científico logró encontrar cosas que afirmaban con sus teorías y experimentos”.</p> <p>GF₂: “Los dos científicos hicieron los mismos experimentos y les dieron resultados similares, lo que generó la controversia era que cada uno explicaba los fenómenos observados de acuerdo a su forma de pensar”.</p> <p>GF₃: “Cada científico interpretó de manera diferente los resultados a sus experimentos, pues Galvani era fisiólogo y Volta físico, lo que vio Galvani no lo vio Volta porque sus ramas eran distintas. Galvani al ser fisiólogo veía el fenómeno desde el comportamiento del cuerpo humano y Volta desde las causas que la producían”.</p> <p>GF₄: “Cada científico defendía sus argumentos; Volta observando los metales conductores y Galvani dándole importancia al fluido que estaba dentro del animal”.</p> <p>GF₅: “Ambos científicos estaban proporcionando evidencias de diversas maneras y eso hace que se convierta en científico, además se empleó el método científico de forma diferente en Galvani y Volta y esto la hace ver como controversia científica”.</p>	<ul style="list-style-type: none"> – En los testimonios orales y escritos de los profesores en formación, es posible determinar que a la base de la controversia existe un problema al cual se le pretende dar solución. – En los testimonios orales y escritos de los profesores en formación, es posible establecer que se identifican aspectos de una controversia científica como experimentos, hipótesis, carga teórica de la observación, argumentos diversos en la necesidad de explicar y el uso de un método científico. – La defensa de un lenguaje propio de acuerdo a la disciplina teórica de cada científico, y la no existencia de un único método compartido por Galvani – Volta; son ideas que es posible extraer de los testimonios de los profesores en formación.
<p>3. ¿Cuál era la preocupación de Galvani que lo condujo a trabajar con la contracción de la rana?</p>	<p>GF: “La preocupación principal se basa en qué agente influía en la contracción de la rana; es decir un agente interno o externo”.</p> <p>GF₃: “Los primeros cuestionamientos y preocupaciones de Galvani se basaron en demostrar objetivamente de qué dependía el fluido eléctrico de la rana y de dónde a dónde se generaba”.</p>	<p>En los testimonios orales y escritos de los profesores en formación, Se puede percibir que diversos estudiantes atribuyen el problema de la controversia a la causa de la contracción de las patas de la rana; lo que muestra el reconocimiento de un problema en la controversia, por</p>

		parte de los profesores.
4. ¿Qué generó la controversia entre Galvani y Volta?	<p>GF1: “La controversia se generó por la formación que tenían cada uno de los científicos, es decir en los aspectos físicos y fisiológicos; en el caso de Galvani utilizó los músculos y los nervios; Volta no lo vio necesario, más bien optó por contacto entre metales”.</p> <p>GF1: “La polémica fue entre las teorías de electricidad animal (Galvani) y la electricidad artificial (Volta). Volta se asentaba a decir que las contracciones de las patas de la rana se basaba en el contacto de metales no iguales, y esto generaba la aparición de corriente eléctrica la cual se transmitía por la pata de la rana y generaba contracciones”.</p> <p>GF3: “La controversia fue generada por el hecho de que cada uno de estos científicos tenía puntos de vista diferentes y trataba de explicar y representar este tipo de fenómenos desde su campo de trabajo, por esta razón podemos evidenciar dos enfoques uno físico y otro fisiólogo”.</p>	Se puede reconocer que los profesores en formación atribuyen a la diferencia disciplinar entre Galvani – Volta, un aspecto fundamental de generación de la controversia.
5. ¿Cuál fue el problema que orientó la controversia Galvani-Volta?	<p>GF1: “Se podría decir que lo que forjó la controversia entre Galvani – Volta fue descubrir qué es lo que genera la reacción en las patas de la rana; la descarga sobre la rana y las propiedades que la rana tiene para aceptarla o la rana sobre la descarga y las propiedades que la descarga tiene para generarse”.</p> <p>GF1: “El problema fundamental era que lo que para uno era electricidad animal, para el otro era artificial; por lo tanto era necesario saber qué era lo que causaba las contracciones”.</p> <p>GF3: “El hecho de que la rana presentara contracciones sin una razón o interacción evidente. Por un lado Galvani afirmaba la existencia de un fluido en el animal y la relación musculo – nervio; mientras que Volta afirmaba en base a sus experimentos que era necesaria la existencia de objetos conductores, para llegar a evidenciar un movimiento o contracción de la rana”.</p> <p>GF3: “Cuando se pide a los estudiantes que resuman el problema de la controversia Galvani -Volta en una pregunta, los estudiantes plantearon cuestionamientos como: ¿Qué hacía mover la rana?, ¿Qué influencia tenía la electricidad? y ¿Cómo era el funcionamiento de</p>	<ul style="list-style-type: none"> – En los testimonios orales y escritos de los profesores en formación se reconoce variedad de problemas que se desprenden del problema catalogado como central, correspondiente a que impulsaba el fluido en la rana. – El reconocimiento del problema de la controversia Galvani – Volta generó en los profesores en formación ubicarse en dos problemas que a pesar de que son distintos relacionados; el primero consiste en aquello que generaba las contracciones de la rana y el segundo, está relacionado con la naturaleza del fluido que causa la contracción, reconociendo la existencia de un problema a la base de la controversia.

	<i>la máquina artificial o biológica?</i>	
6. ¿Qué estrategias usaron Galvani y Volta para solucionar el problema?	<p>GF1: <i>“Las estrategias fueron principalmente las experiencias similares pero con conclusiones diferentes; fue fundamental la base teórica”.</i></p> <p>GF1: <i>“Cada uno utilizó estrategias similares, Galvani se basaba en hacer uso de todas sus pruebas experimentales, de esta forma demostrar la veracidad de su hipótesis, después de descubrir que no toda contracción es generada por una chispa, planteó que había un desequilibrio del fluido eléctrico entre el nervio y el músculo de la rana y otra estrategia que utilizó fue utilizar “pruebas teóricas indirectas”, esto quiere decir que se basaba en supuestos no visuales para explicar su teoría. Por su parte Volta se basó en la comparación de materiales, aun así sin refutar totalmente a Galvani ya que él también estaba de acuerdo con lo del fluido eléctrico, para Galvani este fluido eléctrico era necesario en el momento de generar una contracción, dependiendo de una condición necesaria para generar el movimiento del fluido en las patas de la rana, entonces Galvani también sustentó experimentalmente esta hipótesis y sus soportes teóricos fueron más fuertes”.</i></p> <p>GF3: <i>“Galvani desarrolló experimentos sin presencia de objetos eléctricos con lo cual confirmo su hipótesis de la existencia de un fluido en el animal que permitiera las contracciones, por otra parte Volta formuló basándose en sus experimentos que la presencia de objetos eléctricos era necesaria como estímulo para generar una contracción en la rana, aunque tiempo después Galvanistas dañaron la hipótesis de Volta y este tuvo que reformular su hipótesis y adaptarla a las nuevas evidencias presentadas”.</i></p>	Un gran número de profesores en formación coincide en que una de las estrategias que usaron Galvani – Volta para dar solución al problema de investigación fueron los experimentos.
7. ¿Qué papel atribuyó Galvani al experimento en el que puso el arco conductor únicamente en el nervio crural de la rana?	<p>GF2: <i>“Galvani dijo que se causaba un desequilibrio entre el fluido interno y la relación musculo – nervio”.</i></p> <p>GF4: <i>“Galvani creía que los nervios conducían electricidad a los músculos, provocando espasmos cuando el circuito se cerraba con el arco bimetálico que actuaba simplemente como conductor del fluido, de esta manera Galvani pensó en que existía un desequilibrio entre el nervio y el musculo, donde percibe la existencia de una electricidad que genera las contracciones de la pata de la rana”.</i></p>	Se puede determinar que las explicaciones dadas por Galvani al experimento en el sólo nervio, son reconocidas por los profesores en formación.

<p>8. ¿Qué papel atribuyó Volta al experimento en el que puso el arco conductor únicamente en el nervio crural de la rana?</p>	<p>GF₂: <i>“Volta atribuyó el fenómeno a la importancia del metal conductor que se tiene en el experimento”.</i> GF₄: <i>“Al reproducir los experimentos de Galvani, Volta dedujo que era necesario una carga mínima para generar la contracción, sin refutar la hipótesis de la electricidad intrínseca de Galvani. Volta estudió la reacción de la rana poniendo dos conductores y de esto atribuyó a las placas bimetálicas las cuales son necesarias para el movimiento del fluido eléctrico”.</i></p>	<p>Se puede determinar que las explicaciones dadas por Volta al experimento en el sólo nervio, son reconocidas por los profesores en formación.</p>
<p>9. ¿En que radica la diferencia entre el papel atribuido por Galvani al experimento en el que puso el aro conductor únicamente en el nervio crural de la rana, al papel atribuido por Volta en ese mismo experimento?</p>	<p>GF₂: <i>“No son posturas totalmente opuestas, son complementarias la una y la otra, Galvani atribuye la acción eléctrica a los músculos y nervios para mover el fluido eléctrico interno de la rana y Volta atribuye principalmente este movimiento a las placas conductoras generadoras de las contracciones”.</i></p>	<p>Algunos de los profesores en formación perciben los experimentos y las explicaciones de Galvani y Volta como complementarias, lo que supone indicar que encuentran semejanzas más que diferencias en el trabajo de Galvani y Volta.</p>
<p>0. ¿Qué propició el experimento en el que el arco se hacía entre pata y nervio de la rana en los planteamientos de Galvani?</p>	<p>GF₄: <i>“Una analogía entre el funcionamiento del cuerpo de la rana y la botella de Leyden”.</i></p>	<p>Los profesores en formación valoran las hipótesis y argumentos de Galvani.</p>
<p>. ¿Qué propició el experimento en el que el arco se hacía entre pata y nervio de la rana en los planteamientos de Volta?</p>	<p>GF₂: <i>“Volta planteaba que el desequilibrio que causaba el movimiento de la rana era por acción de los metales, a las cuales el adjudicaba el fenómeno por la diferencia del material entre ellos”.</i> GF₄: <i>“Al hacer esto, Volta observó que cuando la botella de Leyden se descargó las patas de la rana se contrajeron sin importar que el fluido eléctrico sólo fue limitado al nervio de la rana, diferente a lo que afirmaba Galvani en cuanto a la necesidad del nervio y músculo para generar el movimiento del fluido eléctrico”.</i></p>	<p>Los profesores en formación valoran las hipótesis y argumentos dados por Volta.</p>
<p>2. ¿Qué características le asigna usted al trabajo experimental realizado por Galvani y Volta durante la controversia?</p>	<p>GF₂: <i>“La característica principal sería en las conclusiones de tal experimentación, puesto que cada uno planteó su explicación en función a sus fundamentos teóricos”.</i> GF₄: <i>“Es un trabajo riguroso y bastante detallado en cuanto al procedimiento experimental e invención del conocimiento en el electromagnetismo, ya que la controversia es bastante cautivante y enseña a argumentar una hipótesis o teoría”.</i></p>	<p>En los escritos de los profesores en formación es posible establecer que consideran significativo en el trabajo experimental de Galvani y Volta la carga teórica disciplinar de los científicos involucrados.</p>
<p>3. ¿Qué conceptos científicos encuentra en la controversia Galvani-Volta?</p>	<p>GF₅: <i>“Galvani usa conceptos como fluido eléctrico y desequilibrio provocado por una causa interna”.</i> GF₅: <i>“Volta usa conceptos como fluido eléctrico, desequilibrio dado por una causa externa y electricidad artificial”.</i> GF₅: <i>“Nervios crurales, extremos conductores,</i></p>	<p>En los testimonios de los profesores en formación, se observa que tienen en cuenta los mismos conceptos tanto en las explicaciones de Galvani como en las de Volta; lo que indica que consideran importante un lenguaje específico a la hora de dar</p>

	<i>medula espinal, electrostática, contracción muscular, fluido eléctrico, atmosferas eléctricas, fluido nervioso, electricidad animal, electricidad intrínseco, electricidad artificial, desequilibrio del fluido, naturaleza bimetálica, fuerza electromotriz, arco conductor, musculo inervado, metales disimiles”.</i>	explicaciones sobre un mismo fenómeno.
4. Compare la descripción elaborada por Galvani de uno de los conceptos anteriores, con la descripción elaborada por Volta.	GF₅ : <i>“Para Galvani el fluido eléctrico es inherente al animal y este se encuentra en desequilibrio natural; mientras que Volta decía que para que el fluido eléctrico entrara en desequilibrio se requería un agente externo”.</i>	Los profesores en formación mencionan la diferencia de descripciones realizadas por Galvani y Volta, en torno a cómo se activa el fluido eléctrico para generar las contracciones en la pata de la rana, usan algunos de los conceptos que consideraron en la pregunta anterior.
5. Analice y discuta el papel que tuvo el concepto anteriormente seleccionado durante la controversia.	GF₅ : <i>“El grupo de profesores en formación que le correspondió esta pregunta optó por no contestarla”.</i>	
6. ¿Qué diferencias y similitudes tiene el concepto de electricidad animal de Galvani y el de electricidad artificial de Volta?	GF₅ : <i>“La electricidad animal daba cuenta de la excitación intrínseca del flujo eléctrico que fluía dentro de la rana”.</i>	Los profesores en formación consideran el papel del concepto de electricidad animal y artificial como relevante en la controversia; sin embargo, no conceden diferencias y similitudes con la electricidad artificial.
7. ¿Qué características asigna usted a un concepto científico después de analizar el papel de los conceptos en la controversia Galvani-Volta?	GF₅ : <i>“Una característica importante de los conceptos, es que según nuestros conocimientos le damos una u otra interpretación, aunque esto es más una cuestión lingüística; no obstante, su origen es un intento de definir algo de manera universal”.</i>	Los profesores en formación determinan que ante un concepto hay una interpretación diferente de acuerdo a quien lo define, no se basan en la controversia sino en sus conocimientos anteriores.
8. ¿Qué rasgos le adjudica a la ciencia luego de haber analizado los aspectos de la controversia Galvani – Volta? Justifique cada rasgo.	GF₁ : <i>“La controversia Galvani – Volta le adjudica grandes rasgos a la ciencia, sobre todo yace una nueva corriente científica como lo es el electromagnetismo, ya que gracias a esto Volta unos años después crea la pila y de allí se derivan muchas más hipótesis y teorías acerca de cómo la electricidad se comporta”.</i> GF₂ : <i>“El método utilizado por Galvani y Volta para llevar a cabo la solución de sus hipótesis sirve como modelo de investigación e innovación en la ciencia, ya que el experimentar y validar las respuestas en conjunto con una explicación teórica se vuelve la base para los próximos científicos”.</i> GF₂ : <i>“Un rasgo de la ciencia es el interés por el conocimiento, tratar de explicar y refutar, darse cuenta que la ciencia es historia, que cambia, que evoluciona”.</i> GF₃ : <i>“En la búsqueda de la verdad de los fenómenos naturales es necesaria una</i>	<ul style="list-style-type: none"> – Para esta tesis, se considera relevante la materialización de la reflexión que hacen los grupos GF a GF₅; sin embargo, es importante aclarar que dicha materialización no se encuentra únicamente en los rasgos que los profesores en formación otorgan al quehacer científico, sino también en las justificaciones y argumentos que los complementan. – De acuerdo a los testimonios dados por los profesores en formación, es posible establecer que algunos de los rasgos coinciden con las visiones de las ciencias que en el planteamiento del problema de esta tesis se asumieron como adquiridas por

	<p><i>explicación, que dé cuenta de lo que rige el universo”.</i></p> <p>GF₄: <i>“En la controversia y en la ciencia es notoria la presencia de debates, lo que hace que el conocimiento se diversifique”.</i></p> <p>GF₅: <i>“La controversias son parte del desarrollo de la ciencia. Galvani – Volta se valieron del uno y del otro para explicar el desarrollo de empresas en la ciencia”.</i></p>	<p>difusión social, y otros rasgos coinciden con los aceptados en los consensos de la NdC.</p> <ul style="list-style-type: none"> – Se puede establecer que el desarrollo de un método, la elaboración de hipótesis y el trabajo experimental son características que los profesores en formación atribuyen al quehacer científico. – Se puede determinar que un rasgo que atribuyen los profesores en formación desde sus testimonios orales y escritos a la ciencia, es la percepción de una ciencia no estática sino cambiante en el tiempo, porque afirman que evidencian una serie de diferencias entre los trabajos de Galvani, los de Volta y los aceptados actualmente. – Los estudiantes asumen en el quehacer científico la elaboración de explicaciones de los fenómenos. – En el testimonio del profesor en formación perteneciente a se adjudica a la ciencia la característica de ser controvertida porque en ella se presentan problemáticas y diferentes soluciones. – En los testimonios de los profesores se menciona que la ciencia no es individual sino colectiva.
<p>9. ¿Qué importancia tienen las controversias en la enseñanza de las ciencias naturales?</p>	<p>GF₁: <i>“Las controversias son importantes en el aula de clase... Uno en el aula de clase no hace las investigaciones pero uno si hace es que se comprenda de una mejor manera los eventos científicos naturales, nos ayuda a entender porque nos ayuda a escuchar las ideas de otras personas y podemos discutir las ideas para tomar las que le sirvan para uno”.</i></p> <p>GF₂: <i>“Yo veo la controversia más que una controversia es una cooperación, no es ver la ciencia como una guerra si usted tiene la verdad, es mirar que es lo que usted tiene y que tengo para llegar a un mejor conocimiento”</i></p> <p>GF₃: <i>“La controversia es uno de los puntos fundamentales en el cual el desarrollo de la</i></p>	<p>Los profesores en formación reconocen la importancia de las controversias para la enseñanza de las ciencias; sin embargo en algunos testimonios es posible ver que los profesores en formación hacen descripciones sobre la controversia.</p>

	<p><i>ciencia empieza a tener un significado en la educación... es importante por ejemplo analizar cómo antes veían la caída de los cuerpos”</i></p> <p>GF₅: <i>“Las ciencias sociales se integran con las ciencias para analizar el desarrollo de la cultura. Hay cosas que desde la física y la biología implican cosas sociales”.</i></p>	
--	--	--

Anexo 3. Tabla de testimonios obtenidos en las actividades realizadas con los profesores en formación de Licenciatura en Biología durante el momento 3.

Elemento de discusión	Registro de respuestas de los estudiantes	Comentario
<p>1. ¿Por qué se puede afirmar que el episodio histórico Galvani - Volta es una controversia?</p> <p>2. ¿Qué aspectos de la controversia Galvani – Volta, la hacen ver como una controversia científica?</p>	<p>GB: <i>“Porque Galvani estaba tratando de explicar los eventos con la rana desde el campo de la biología y Volta desde el campo de la física, era como una pelea disciplinar”.</i></p> <p>GB₂: <i>“Lo primordial es la parte experimental, realizaban experimentos para comprobar lo que estaban asumiendo, lo que hacía que el otro refutara generándose la controversia”.</i></p> <p>GB₃: <i>“El uso de bases teóricas ya consolidadas en el campo científico, el lenguaje como el de atmosferas eléctricas, los científicos se basaban en hechos comprobados”.</i></p> <p>GB₄: <i>“La hipótesis, las preguntas, el problema de las contracciones o de dónde dependía el fluido”.</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> – Los profesores en formación centran el problema de la controversia en la diferencia disciplinar entre Galvani y Volta. – Se reconoce el experimento como un aspecto fundamental en la controversia; se puede percibir que los profesores en formación le adjudican al experimento el papel de comprobar hipótesis. – El uso de conceptos establecidos, es una característica que atribuyen los profesores en formación a las explicaciones. – Problemas, hipótesis y preguntas son aspectos que se reconocen en una controversia científica.
<p>3. ¿Cuál era la preocupación de Galvani que lo condujo a trabajar con la contracción de la rana?</p>	<p>GB₁: <i>“Desde la fisiología Galvani necesitaba explicar que el movimiento de la pata de la rana, iba más allá del paso de una conducción de energía, sino que relacionaba el paso de un fluido”.</i></p> <p>GB₁: <i>“Galvani desde un punto de vista fisiológico quería explicar que el impulso nervioso va más allá de un paso de electricidad de una conducción eléctrica, sino que es más un proceso biológico activo, por lo que el problema eran las</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> – Algunos de los profesores en formación señalan como preocupación de Galvani el origen del fluido que producía la contracción; otros profesores encuentran la preocupación en las contracciones, percibiendo un problema a la base de la controversia. – Los profesores en formación vinculan conocimientos actuales de su disciplina para mostrar la preocupación de Galvani.

	contracciones, el movimiento.	
4. ¿Qué generó la controversia entre Galvani y Volta?	GB1: <i>“Teniendo en cuenta que los dos científicos eran de dos disciplinas distintas, hizo que se generara un debate muy fuerte en torno a que disciplina se acercaba más a las hipótesis planteadas a partir de la experimentación”.</i>	En el testimonio se considera que la controversia fue generada debido a la diferencia disciplinar de los científicos.
5. ¿Qué estrategias usaron Galvani y Volta para solucionar el problema?	GB1: <i>“Galvani usó varios experimentos variando situaciones que podrían haber afectado el fluido eléctrico y Volta con dos metales diferentes logró la contracción de la rana”.</i>	El experimento es considerado por los profesores en formación una estrategia para solucionar el problema.
6. ¿Qué papel atribuyó Galvani al experimento en el que puso el arco conductor únicamente en el nervio crural de la rana?	GB2: <i>“Galvani vio un desequilibrio entre el medio interno y medio externo, haciendo una analogía con la botella de Leyden”.</i> GB2: <i>“Galvani ve una carga eléctrica animal”.</i> GB2: <i>“El experimento sirvió para confirmar la hipótesis del fluido eléctrico animal”.</i>	<ul style="list-style-type: none"> – Se puede determinar que las explicaciones dadas por Galvani al experimento en el sólo nervio, son reconocidas por los profesores en formación. – Algunos profesores en formación atribuyen al experimento la característica de corroboración de hipótesis.
7. ¿Qué papel atribuyó Volta al experimento en el que puso el arco conductor únicamente en el nervio crural de la rana?	GB2: <i>“Volta no ve el desequilibrio internamente, Volta ve una carga eléctrica artificial”.</i> GB2: <i>“El experimento sirvió para comprobar que necesitaba una fuerza interna que movía la rana”.</i>	<ul style="list-style-type: none"> – Se puede determinar que las explicaciones dadas por Volta al experimento en el sólo nervio, son reconocidas por los profesores en formación. – Algunos profesores en formación atribuyen al experimento la característica de corroboración de hipótesis.
8. ¿Qué rasgos le adjudica a la ciencia luego de haber analizado los aspectos de la controversia Galvani – Volta? Justifique cada rasgo.	GB1: <i>“Cada vez se hacían nuevos experimentos para complementar o refutar las explicaciones; lo que indica que la ciencia no es estática; además ya se tenían unos conocimientos previos y con esto trataban de buscar nuevas hipótesis.”</i> GB2: <i>“La ciencia como tal no es independiente, no es sola, es conjunta y una disciplina depende de la otra, sola no se puede sustentar se requiere miradas de otras ciencias”.</i>	<ul style="list-style-type: none"> – Los profesores en formación atribuyen a la ciencia la característica de ser cambiante no estática. – Desde la controversia los profesores en formación, justifican la necesidad de valerse de disciplinas que en la enseñanza se ven como separadas para dar explicaciones. – Para los estudiantes una característica del quehacer científico es la diversidad de

	<p>GB₂: <i>“La ciencia está abierta al debate, no es única sino hay diversos puntos de vista que sirven a una nueva generación”.</i></p> <p>GB₃: <i>“La ciencia está basada en teorías que aún no están comprobadas, siempre se van a discutir hasta que no se demuestre su validación”.</i></p> <p>GB₃: <i>“Se comprende que la ciencia es la aproximación a la verdad pero no la verdad absoluta, siempre hay un cuestionamiento a una hipótesis y al mirar un resultado hay más preguntas como se ve en la controversia, hay una cadena de preguntas nunca acaba, un problema genera otro problema”.</i></p> <p>GB₄: <i>“La ciencia siempre está buscando validar lo que genera una duda, como se ve en el texto a partir de las experimentaciones se generan nuevos supuestos que requieren de nuevas experimentaciones”.</i></p> <p>GB₅: <i>“La ciencia tiene historia, en la controversia se ve que el problema dio origen a lo que hoy se habla como impulso nervioso”.</i></p>	<p>puntos de vista.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Los profesores en formación señalan la presencia de teorías en la ciencia; sin embargo, se aprecia que no son totalmente válidas. - Los estudiantes establecen que la ciencia se caracteriza por problemas que generan otros, nuevos cuestionamientos, y nuevas hipótesis, rotulando la característica de no tener la verdad absoluta. - En los testimonios de los profesores se reconoce el experimento como una forma de validar la ciencia. - Desde la controversia Galvani Volta, los profesores en formación atribuyen la característica de ser histórica, ya que de alguna manera da una base a lo que hoy se conoce.
--	--	--

Anexo 4. DVD con animaciones de experiencias de la controversia Galvani –Volta