

EL EXPERIMENTO EN LA ENSEÑANZA DE LA BIOLOGÍA.
UN ESTUDIO DE CASO CON LICENCIADOS EN BIOLOGÍA DE TRES INSTITUCIONES
EDUCATIVAS DISTRITALES

JULIÁN ANDRÉS GIRALDO MEJÍA

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA
BOGOTÁ D.C.

2016

EL EXPERIMENTO EN LA ENSEÑANZA DE LA BIOLOGÍA.
UN ESTUDIO DE CASO CON LICENCIADOS EN BIOLOGÍA DE TRES INSTITUCIONES
EDUCATIVAS DISTRITALES

Julián Andrés Giraldo Mejía

Trabajo de Grado para optar al título de Licenciado en Biología

Director:

Carlos Julio Vargas Velandia

Docente del Departamento de Biología

Director Línea de Investigación Biodidáctica y Recursos Educativos

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA
BOGOTÁ D.C.

2016

*A maría, mi madre, recuerdo
vivo en la memoria*

AGRADECIMIENTOS

Son varias las personas que han contribuido en la preparación de este trabajo; pero quiero expresar, en primera medida, un especial agradecimiento al profesor Carlos Julio Vargas Velandia, por las oportunas observaciones y asesorías, por la atenta lectura de todo el escrito, y en general por su trabajo como asesor en esta investigación. Gracias Carlos por ayudarme a plantear y aterrizar mis ideas cuando eran de lo más confusas; gracias por esas tutorías que se convertían en reflexiones de vida ¡para mí, fueron charlas muy amenas!

En segunda medida, quiero agradecer a todos los profesores de biología miembros de las Instituciones Educativas Distritales que hicieron parte de este trabajo. Gracias por compartir tan amablemente sus tiempos, sus anécdotas profesionales y sus espacios de trabajo; sin todo ello, este estudio no hubiese podido ser terminado.

Gracias a la Línea de Investigación Bio-didáctica y Recursos Educativos, al Departamento de Biología y a la Universidad Pedagógica Nacional. Estos espacios y las personas que los componen fueron un referente para mi vida y profesión.

Finalmente, quiero agradecer a mi familia; en particular a mi papá, por acompañarme durante todo este proceso, por su ayuda, por las alegrías, sueños y esperanzas que compartimos.

 UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL <small>Excellence in Education</small>	FORMATO	
	RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE	
Código: FOR020GIB	Versión: 01	
Fecha de Aprobación: 10-10-2012	Página v de 232	

1. Información General	
Tipo de documento	Trabajo de Grado
Acceso al documento	Universidad Pedagógica Nacional. Biblioteca Central
Título del documento	EL EXPERIMENTO EN LA ENSEÑANZA DE LA BIOLOGÍA. UN ESTUDIO DE CASO CON LICENCIADOS EN BIOLOGÍA DE TRES INSTITUCIONES EDUCATIVAS DISTRITALES
Autor(es)	Giraldo Mejía, Julián Andrés
Director	Carlos Julio Vargas Velandia
Publicación	Bogotá. Universidad Pedagógica Nacional, 2016. 232 p.
Unidad Patrocinante	Universidad Pedagógica Nacional
Palabras Claves	ENSEÑANZA DE LA BIOLOGÍA; EXPERIMENTO; EXPERIMENTACIÓN PARA LA ENSEÑANZA DE LA BIOLOGÍA; TRABAJOS PRÁCTICOS.
2. Descripción	
<p>Se desarrolló una caracterización sobre el experimento en las ciencias naturales, en biología y su enseñanza. También, se caracterizaron los supuestos que tienen los maestros de biología, mediante un trabajo de campo, con respecto a las prácticas experimentales para la enseñanza de la ciencia de lo viviente. Una de las finalidades de este trabajo, es hallar elementos de análisis sobre las posibles circunstancias que llevan a un maestro a usar o no dichas prácticas. Este ejercicio de caracterización se adelantó con los licenciados en biología de tres Instituciones Educativas Distritales en la ciudad de Bogotá. Ahora, a partir de un estudio cualitativo-interpretativo, se realizaron siete estudios de caso en total: tres licenciados en biología de la I.E.D. San José Sur Oriental, dos licenciados en biología de la I.E.D. Villa Rica y, dos licenciados en biología de la I.E.D. Guillermo León Valencia.</p>	
3. Fuentes	
<p>Se realizó la revisión de 108 fuentes bibliográficas relacionadas con la experimentación en ciencias naturales, biología y su enseñanza. A continuación se presentan las principales fuentes retomadas:</p> <p>Bernard, C. (1976). <i>Introducción al estudio de la medicina experimental</i>. Barcelona, España: Fontanella.</p> <p>Borges, A. (2002). Novos rumos para o laboratório escolar de ciencias. <i>Caderno Brasileiro de Ensino de Física</i>, 19 (3), 291-313. Recuperado de: https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/6607</p> <p>Bravo, A., Gómez, A., Rodríguez, D., López, D., Jiménez, M., Izquierdo, M., & Sanmartí, N. (2011). <i>Ciencias Naturales en Educación Básica: Formación de Ciudadanía para el Siglo XXI. ¿Por qué y para qué</i></p>	

enseñar ciencias? México, D.F: Secretaría de Educación.

Caamaño, A. (2003). Los trabajos prácticos en ciencias. En M. Jiménez (Coord.), A. Caamaño, A. Oñorbe, E. Pedrinaci & A. de Pro (Ed.), *Enseñar ciencias* (pp.95-118). Barcelona, España: Editorial Graó.

Carrascosa, J., Gil, D., Vilches, A., & Valdés, P. (2006). Papel de la actividad experimental en la Educación científica. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 23 (2), 157-181. Recuperado de la página web: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/6274/12764>

Castro, J. (2013). Conocimiento práctico, historia, filosofía y enseñanza de la biología: el caso de la herencia biológica. *Revista Tecné Episteme y Didaxis: TED*, (34), 103 – 125. Recuperado de la página web: <http://www.scielo.org.co/pdf/ted/n34/n34a07.pdf>

Castro, J., & Valbuena, E. (2007). ¿Qué biología enseñar y cómo hacerlo? Hacia una resignificación de la Biología escolar. *Revista Tecné Episteme y Didaxis: TED*, (22), 126-145. Recuperado de la página web: <http://revistas.pedagogica.edu.co/index.php/TED/article/view/385>

García, M. (2001). Las actividades experimentales en la escuela secundaria. *Revista Perfiles Educativos*, 23 (94), 70-90. Recuperado de: http://www.iisue.unam.mx/perfiles/perfiles_articulo.php?clave=2001-94-70-90

García, E. (2011). *Las prácticas experimentales en los textos y su influencia en el aprendizaje. Aporte Histórico y filosófico en la física de campos* (Tesis de Doctorado). Universidad Autónoma de Barcelona, Barcelona, España.

Gil, D., & Vilches, A. (2006). Educación Ciudadana y Alfabetización Científica: Mitos y Realidades. *Revista Iberoamericana de Educación*, (42), 31-53. Recuperado de: <http://www.rieoei.org/rie42a02.pdf>

4. Contenidos

El documento se encuentra organizado en los siguientes apartados. En primer lugar, en el planteamiento del problema, se presentan diferentes perspectivas sobre la actividad experimental en las Ciencias Naturales, en Biología y su enseñanza; esto con la finalidad de reconocer y darle contexto a la situación problema. La pregunta problema que orienta esta investigación es: ¿Qué caracteriza las concepciones que tienen los licenciados en biología de tres Instituciones Educativas Distritales (I.E.D.) frente a las prácticas experimentales en la enseñanza de la biología? Posteriormente se plantean los objetivos que orientan el desarrollo de la investigación, algunos de ellos son: 1. Caracterizar las concepciones que tienen los licenciados en biología de tres Instituciones Educativas Distritales (I.E.D.) frente a las prácticas experimentales en la enseñanza de la biología; 2. Realizar una aproximación histórica y epistemológica que permita caracterizar al experimento en la enseñanza de las ciencias naturales y la biología; 3. Diseñar, validar y aplicar instrumentos que permitan indagar las concepciones que tienen los licenciados en biología de tres I.E.D. frente al experimento en la enseñanza de la biología; 4. Establecer la relación entre las concepciones que tienen los licenciados en biología frente a la experimentación y la incidencia que éstas tienen en los contextos educativos. En los antecedentes y justificación, se presentan los trabajos y aportes realizados en torno a la experimentación para la enseñanza de las ciencias naturales y la biología, la formación y ejercicio profesional de los licenciados en biología y el saber epistemológico como componente indispensable en esa formación.

En el apartado de Metodología, se expone el enfoque, el paradigma, la estrategia metodológica y los instrumentos para la obtención, sistematización e interpretación de resultados, así como los momentos que conformaron el desarrollo de la investigación. Posteriormente, se presentan en el Marco teórico, los principales fundamentos y aportes referentes a la Epistemología de las Ciencias, la Biología y la Didáctica.

En los Resultados y discusión, se realiza en primer lugar la descripción y la discusión de los resultados obtenidos. Finalmente, se presentan Conclusiones y Proyecciones.

5. Metodología

Este trabajo se desarrolla desde el enfoque cualitativo y el paradigma interpretativo, y, como principal fuente de información, el estudio de casos. Como instrumentos para la recolección de información, se utilizaron entrevistas en profundidad con cada uno de los sujetos estudio de caso, observaciones no participantes de algunas de las actividades que los sujetos estudio de caso se encontraban desarrollando en el contexto, y revisión documental. Para el análisis de la información, se llevó a cabo análisis de contenido en el que a partir de unidades de información, matrices y triangulación se identificaron los principales resultados y se estableció su discusión.

Para este trabajo se diseñaron tres fases de investigación contenidas en ocho etapas:

En la fase uno, Fase Pre-activa, se desarrollaron tres etapas. En la primera de ellas, se consideró y delimitó el problema de investigación, los objetivos y los antecedentes de la situación de estudio. En la segunda etapa, se inicia con una exploración literaria donde se conceptualizan los ejes temáticos con los cuales se complementarán las categorías y sub-categorías de análisis. En la tercera etapa, se elaboran los instrumentos para la recolección de los datos.

La fase dos, Fase interactiva, se desarrolla en tres etapas. En la primera, se inicia con la visita a los sujetos estudios de caso en sus contextos de interacción y, además, se empieza con la recolección de datos. La segunda etapa, corresponde con la sistematización de la información recolectada. En la tercera etapa, se desarrollan los resultados y la discusión.

La fase tres, Fase post-activa, se desarrolla en dos etapas. En la primera de ellas, se concluye con el documento final el cual recoge todos los elementos centrales de la investigación. Finalmente, la última etapa, es la correspondiente a la socialización de los resultados en la Línea de Investigación Biodidáctica y Recursos Educativos.

6. Conclusiones

Primero, reconocer al licenciado en biología, y de ciencias naturales en general, como la clave para el alcance de los objetivos propuestos en el trabajo experimental; pues éstos, en últimas, son los encargados de diseñar y organizar el plan de trabajo y las actividades que definen esta práctica, y, a la vez, son quienes las debe integrar, de forma adecuada, al proceso de enseñanza.

Segundo, se debe comprender, como lo afirma Guilbert y Meloche (citados por Fernández et al., 2005), que la educación científica del siglo XXI exige, como una condición inevitable, modificar la imagen de la naturaleza de la ciencia que tienen los licenciados, dado que ésta, es la que llevan a sus estudiantes.

Tercero, la integración de los trabajos experimentales en la enseñanza de la biología, desde una perspectiva como estrategia que favorece la construcción de conocimiento escolar, es posible y necesaria. Es así, que se debe procurar cambiar, como se ha dicho con anterioridad, la concepción epistemológica de las ciencias y, además, la idea que se tiene de dicha práctica, para dejarla de ver como un simple ejercicio de comprobación, “receta de cocina” o, en el peor de los casos, confundirla con una actividad de observación.

Cuarto, no debemos caer en el extremo de conferirle al trabajo experimental solamente un énfasis metodológico, dejando atrás los componentes teóricos y conceptuales, imposibilitando al estudiante, por consiguiente, para postular hipótesis y proponer autónomamente diseños experimentales alternativos. Así que, como lo plantea Carrascosa et al. (2006) y Gil & Valdés (1996), separar el aprendizaje conceptual del metodológico no puede hacer más que debilitar el aprendizaje de ambos y posiblemente contribuya en que los estudiantes configuren imágenes deformadas de la ciencia.

Quinto, aunque las actividades experimentales son bien valoradas desde las concepciones de los licenciados en biología, se realizan con muy poca frecuencia. En ese sentido, los licenciados no refieren valoraciones negativas respecto de estas actividades; es decir, si bien se plantean algunos obstáculos, no se manifiesta en ningún momento que no sean útiles. Las dificultades más resaltadas, según los licenciados estudio de caso, son las circunstancias externas a la práctica docente.

Sexto, ningún licenciado en biología durante las entrevistas hizo referencia a los experimentos mentales; aun cuando estas prácticas, desde investigaciones sobre enseñanza de las ciencias, son reconocidas como estrategias de enseñanza homologa a los experimentos materiales, que, entre otras cosas, puede suplir las necesidades estructurales y materiales presentes en las I.E.D.

Elaborado por:	Julián Andrés Giraldo Mejía		
Revisado por:	Carlos Julio Vargas Velandia		
Fecha de elaboración del Resumen:	10	06	2016

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. PROBLEMÁTICA DE INVESTIGACIÓN.....	5
2.1. FORMULACIÓN DE LA PREGUNTA PROBLEMA	10
3. OBJETIVOS	11
3.1. Objetivo General	11
3.2. Objetivos Específicos	11
4. ANTECEDENTES.....	12
4.1. Primera categoría de exploración: El experimento en la enseñanza de las Ciencias Naturales, alcances y limitaciones	14
4.2. Segunda categoría de exploración: El experimento en la enseñanza de la Biología.....	19
5. JUSTIFICACIÓN.....	24
6. METODOLOGÍA.....	30
6.1. Consideraciones Generales	30
6.2. Estudio de casos	32
6.3. Criterios de selección para los estudios de caso.....	34
6.4. Instrumentos de Investigación.....	36
6.4.1. Entrevista Individual en profundidad.....	36
6.4.2. Observación no participante y registro de observación	42
6.4.3. Revisión Documental.....	44
6.5. Estrategias para la sistematización e interpretación de resultados.....	46
6.5.1. Análisis de contenido.....	46
6.6. Triangulación	50
6.7. Momentos y fases del trabajo de grado	51
6.7.1. Primero, Fase Pre-activa	52
6.7.2. Segundo, Fase interactiva	53
6.7.3. Tercero, Fase post-activa	54
7. MARCO TEÓRICO.....	56
7.1. Propósitos y estructura de este capítulo	56
7.2. Filosofía, historia y enseñanza de las ciencias	57

7.3.	Filosofía de las Ciencias y Didáctica de las Ciencias	59
7.3.1.	La Naturaleza Positiva de la Ciencia	63
7.3.2.	Hecho Positivo	63
7.3.3.	Hecho Positivo desde el análisis historicista	64
7.3.4.	El Pensamiento Inductivo	65
7.3.5.	El Papel Demostrativo del Experimento.....	67
7.4.	Aportes de la filosofía historicista de las ciencias.....	68
7.4.1.	La Naturaleza de la Actividad Científica.....	68
7.4.2.	Los Sistemas de Representación.....	69
7.5.	Caracterización del experimento en Biología	72
7.5.1.	Biología Funcional y Biología Evolutiva	75
7.6.	La actividad experimental en la enseñanza de las ciencias naturales	81
7.6.1.	Objetivos del trabajo Experimental en la enseñanza de las ciencias	82
7.7.	La experimentación mental en la enseñanza de las ciencias naturales	86
8.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	89
8.1.	Consideraciones generales	89
8.2.	I.E.D. SAN JOSÉ SUR ORIENTAL	90
8.2.1.	Estudio de caso I. El caso de Sofía	92
8.2.2.	Estudio de caso II. El caso de Laura	100
8.2.3.	Estudio de caso III. El caso de Marcos	106
8.2.4.	Integración resultados y discusión en la I.E.D. San José Sur Oriental	112
8.3.	I.E.D. VILLA RICA SEDE A	116
8.3.1.	Estudio de caso IV. El caso de Sandra.....	118
8.3.2.	Estudio de caso V. El caso de Andrés.....	125
8.3.3.	Integración resultados y discusión en la I.E.D. Villa Rica	129
8.4.	I.E.D. GUILLERMO LEÓN VALENCIA.....	133
8.4.1.	Estudio de caso VI. El caso de Milena	134
8.4.2.	Estudio de caso VII. El caso de José.....	140
8.4.3.	Integración resultados y discusión en la I.E.D. Guillermo León Valencia.....	144
9.	DISCUSIÓN DE ASPECTOS GENERALES.....	147
10.	CONCLUSIONES.....	156

11. BIBLIOGRAFÍA.....	159
12. ANEXOS.....	170

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. <i>Revisión de antecedentes clasificados en las categorías de búsqueda.....</i>	13
Tabla 2. <i>Instituciones Educativas y cantidad de licenciados en biología con los que se trabajará</i>	35
Tabla 3. <i>Instituciones Educativas y seudónimos para cada estudio de caso.....</i>	35
Tabla 4. <i>Categorías, sub-categoría y agrupación de preguntas orientadoras para la primera sesión en la entrevista a profundidad con cada sujeto estudio de caso</i>	38
Tabla 5. <i>Categorías, sub-categorías y agrupación de preguntas orientadoras para la segunda sesión en la entrevista a profundidad con cada sujeto estudio de caso</i>	40
Tabla 6. <i>Aspectos orientadores durante las observaciones no participantes.....</i>	43
Tabla 7. <i>Instrumentos y número de personas a quienes fueron aplicados</i>	45
Tabla 8. <i>Códigos y sus significados en las unidades de información.....</i>	48
Tabla 9. <i>Periodos en la Filosofía de las Ciencias. Tomado y adaptado de Pérez (1998, p.2).....</i>	62
Tabla 10. <i>Implicaciones de la imagen “clásica” de las ciencias y el experimento en la educación científica con base en Fernández et al., 2005</i>	153

LISTA DE FIGURAS

Figura No. 1. <i>Triangulación: Interacción entre los métodos de recolección y análisis de información.</i>	51
Figura No. 2. <i>Fases y etapas en el desarrollo de la investigación</i>	55
Figura No. 3. <i>Cuadro sinóptico sobre el experimento en biología desde posturas como la de Bernard (1976).</i>	74
Figura No. 4. <i>Ubicación geográfica de la I.E.D. San José Sur Oriental</i>	90
Figura No. 5. <i>Distribución espacial del laboratorio y elementos en su constitución</i>	92
Figura No. 6. <i>Ubicación geográfica de la I.E.D. Villa Rica</i>	116
Figura No. 7. <i>Distribución espacial del laboratorio y elementos en su constitución</i>	118
Figura No. 8. <i>Ubicación geográfica de la I.E.D. Guillermo León Valencia</i>	133
Figura No. 9. <i>Esquema modelo Hipotético-deductivo</i>	149
Figura No. 10. <i>Esquema modelo Empiro-Inductivista</i>	150

LISTA DE ANEXOS

Anexo número 1. <i>Experimentación en la enseñanza de la Ciencias Naturales</i>	171
Anexo número 2. <i>Experimentación en la enseñanza de la Biología</i>	184
Anexo número 3. <i>Carta solicitud de permisos para la manipulación de datos y garantía de confidencialidad</i>	192
Anexo número 4. <i>Carta de solicitud para la validación de instrumentos</i>	193
Anexo número 5. <i>Matriz de validación para los instrumentos de investigación</i>	194
Anexo número 6. <i>Matriz de resultados para Sofía</i>	195
Anexo número 7. <i>Matriz de resultados para Laura</i>	200
Anexo número 8. <i>Matriz de resultados para Marcos</i>	203
Anexo número 9. <i>Matriz de resultados para Sandra</i>	206
Anexo número 10. <i>Matriz de resultados para Andrés</i>	211
Anexo número 11. <i>Matriz de resultados para Milena</i>	213
Anexo número 12. <i>Matriz de resultados para José</i>	216

1. INTRODUCCIÓN

...la naturaleza del conocimiento científico no es simplemente teórica, ni simplemente una síntesis de la teoría y de la observación empírica, sino más bien una compleja interacción de los componentes teóricos, experimentales, tecnológicos, socioeconómicos e ideológicos.
Marx Wartofsky

Numerosos investigadores en enseñanza de las ciencias y didáctica de las ciencias, entre ellos Hodson (1994), Gil & Valdés (1996), Borges (2002), Castro & Valbuena (2007) y Romero & Aguilar (2013), resaltan la importancia de las actividades experimentales en los procesos de enseñanza como un componente imprescindible en la formación de estudiantes con una imagen coherente de la ciencia y de su conocimiento. Por ejemplo, Romero & Aguilar (2013) valoran significativamente las prácticas experimentales en la enseñanza de las ciencias naturales, puesto que éstas, según ellos, permiten que los estudiantes tengan contacto directo con fenómenos naturales, manipulen materiales y equipos especializados, aprendan a determinar y controlar variables y, a la vez, potencialicen sus habilidades en distintos procesos como la observación, la investigación y la interpretación. Además, comentan Romero & Aguilar (2013), las prácticas experimentales desafían la imaginación y el razonamiento de los estudiantes al ponerlos en situaciones imprevisibles.

En ese sentido, y a grandes rasgos, lo que estos investigadores sobre enseñanza de las ciencias y didáctica de las ciencias quieren señalar, es que el uso de actividades experimentales en el aula de clases facilita en los estudiantes la comprensión de conceptos abstractos (Gil y Valdés, 1996), favorece la construcción del conocimiento científico escolar (Carrascosa, Gil, Vilches, & Valdés, 2006), promueve el desarrollo de habilidades intelectuales y sociales (Malagón, Ayala,

&Sandoval, 2011) y, además, fomenta la promoción de actitudes positivas hacia la ciencia y su aprendizaje (García, 2011 y Romero & Aguilar, 2013).

No obstante, en estas mismas investigaciones, algunos autores indican que en el escenario escolar las actividades experimentales se usan con muy poca frecuencia o, en su defecto, cuando se utilizan, presentan un diseño tipo receta de “*cocina*” con la intención de exhibir algo, que en general, es exhibido por el profesor. Al respecto, García & Calixto (1999) y Moreira & Diniz (2003), señalan que dentro de las principales razones por las que, según ellos, se desarrollan pocas actividades experimentales en el aula de clase, se encuentran: primero, un número excesivo de estudiantes; segundo, la poca disponibilidad de material bibliográfico que especifique algunas de estas actividades; tercero, falta de materiales y recursos para la compra, mantenimiento y sustitución de equipos y; cuarto, tiempos muy reducidos para que el profesor planee y organice sus actividades.

Ahora bien, todos los elementos anteriormente descritos sobre la actividad experimental en la enseñanza de las ciencias naturales son de gran importancia, sobre todo para entender, de forma muy general, las dinámicas que se ciernen sobre esta práctica y su aplicabilidad en los escenarios escolares; pero, también pueden resultar insuficientes a la hora de entender su uso para la enseñanza de la biología, dado que, en algunos casos, las caracterizaciones que se presentan sobre la experimentación son muy generales y no particularizan en el caso de la biología; además, la mayoría de dificultades que se presentan a la hora de llevar las actividades experimentales a los contextos educativos, según algunos autores, son ubicadas en el “*afuera*” de la práctica docente, sin tener en cuenta la importancia y función del licenciado a la hora de enseñar ciencias experimentales. En ese sentido, puede resultar muy importante desarrollar un estudio de caso con diferentes licenciados en biología, con la intención de comprender, de

manera más específica y contextual, la orientación que se le da a las actividades experimentales en la enseñanza de la biología.

Las anteriores consideraciones ponen de manifiesto el interés en esta investigación por comprender las situaciones que, dentro del contexto educativo, conllevan a que los licenciados en biología usen o no las prácticas experimentales en los procesos de enseñanza. En ese sentido, y como aporte para el entendimiento de esta problemática, se estudiarán las concepciones que tienen los licenciados en biología de tres Instituciones Educativas Distritales sobre el experimento, así como su aplicabilidad en el escenario escolar y las posibles dificultades que se presentan, según los licenciados estudio de caso, en el desarrollo de dichas prácticas. Las Instituciones Educativas donde se implementarán los instrumentos de investigación, son algunas con las que la Universidad Pedagógica Nacional mantiene un vínculo por medio de la práctica docente. Así que, en esta investigación, serán los maestros quienes expresen las circunstancias contextuales que los llevan a usar o no las prácticas experimentales para la enseñanza de la biología. Por consiguiente, el desarrollo del presente trabajo de grado tiene como objetivo caracterizar las concepciones que tienen los licenciados en biología de tres Instituciones Educativas Distritales frente a la experimentación.

Ahora, en el plano metodológico para la consecución y desarrollo de este trabajo, y teniendo presente el objetivo anteriormente descrito, se diseñaron tres fases de investigación contenidas en ocho etapas.

En la fase uno, *Fase Pre-activa*, se desarrollaron tres etapas. En la primera de ellas, se consideró y delimitó el problema de investigación, los objetivos y los antecedentes de la situación de estudio. En la segunda etapa, se inicia con una exploración literaria donde se conceptualizan los

ejes temáticos con los cuales se complementarán las categorías y sub-categorías de análisis. En la tercera etapa, se elaboran los instrumentos para la recolección de los datos.

La fase dos, *Fase interactiva*, se desarrolla en tres etapas. En la primera, se inicia con la visita a los sujetos estudios de caso en sus contextos de interacción y, además, se empieza con la recolección de datos. La segunda etapa, corresponde con la sistematización de la información recolectada. En la tercera etapa, se desarrollan los resultados y la discusión.

La fase tres, *Fase post-activa*, se desarrolla en dos etapas. En la primera de ellas, se concluye con el documento final el cual recoge todos los elementos centrales de la investigación. Finalmente, la última etapa, es la correspondiente a la socialización de los resultados en la Línea de Investigación Biodidáctica y Recursos Educativos.

2. PROBLEMÁTICA DE INVESTIGACIÓN

Si la ciencia ejerce en la actualidad una influencia tan profunda sobre la vida social, de la que ha modificado hasta los sistemas de valores, no es solo por causa de las nuevas representaciones que propone de la realidad. Es también, y sobre todo, porque ha producido un conjunto de prácticas, técnicas y máquinas que transforman los modos de vida.
François Jacob. El ratón, la mosca y el hombre.

Según Kuhn (1971), la ciencia tiene una naturaleza histórica y cambiante, de extraordinaria complejidad, que, de acuerdo con el marco de referencia teórico y conceptual que guía cada época, se desarrolla con el propósito de presentar a la sociedad ininterrumpidos avances en la lectura e interpretación del mundo. También, añade dicho autor, que el producto de las diversas modificaciones operadas en la ciencia durante su devenir histórico transforma el mundo, las prácticas que se desarrollan en él y la manera de interpretarlo. Al respecto, Hacking (1996) añade que, en efecto la ciencia es histórica y cambiante, pero, además, práctica, material e intervencionista; e insiste, en que es esta última cualidad la que le permite una interacción permanente con el mundo y, a la vez, su transformación.

Las anteriores consideraciones ponen de manifiesto una ciencia dinámica, desarrollista, que avanza y se transforma con el pasar del tiempo; es más, algunos autores como Fumagalli (1998) y Mellado (2003) señalan que a partir del siglo XX se han producido los cambios más acelerados y trascendentales para la ciencia y, por consiguiente, para el mundo. Todas estas modificaciones, como bien lo dicen Kuhn (1971) y Hacking (1996), repercuten de algún modo en la sociedad alterando intensamente los modos de vida de las personas (Jacob, 2005 y Cajas, 2001). De hecho, nos encontramos en un mundo que depende cada vez más de los adelantos científicos y tecnológicos para su sostenimiento.

En relación con lo anterior, Cajas (2001) señala que: *“la ciencia y la tecnología han dejado de ser parte del discurso de unos pocos académicos para formar parte de la «canasta básica» del ciudadano de a pie. De hecho, para interpretar las noticias diarias se requiere de un conocimiento mínimo en ciencia y tecnología”* (p.243). Estas consideraciones, producto de reflexiones y disertaciones entre especialistas en enseñanza de las ciencias y didactas de las ciencias, conllevan a la frecuente propuesta de promover una *“ciencia para todos”* como elemento básico de la cultura ciudadana (Gil & Vilches, 2006). La escuela sería, por consiguiente, el medio apropiado para tal fin, evocando en principio el derecho que todos tienen por comprender la ciencia o familiarizarse con ella; la intención es encontrar elementos en su desarrollo, que permitan la resolución de problemas en la vida cotidiana y, a la vez, mejorar la calidad de vida de las personas (Reid & Hodson, 1993).

Es aquí donde adquieren protagonismo los actores comprometidos con la enseñanza de las ciencias, porque de ellos depende que se piense una escuela contextualizada con los cambios producidos al interior de la comunidad científica y adaptada a los requerimientos de la sociedad (Romero & Aguilar, 2013). Esto quiere decir, que en la actualidad para los maestros de ciencias naturales se convierte en una responsabilidad evaluar el permanente cambio en el conocimiento científico: conceptos, teorías, leyes, técnicas, y en últimas, la actividad científica propiamente dicha, para adelantar modificaciones pertinentes en los contenidos que se plasman en los currículos escolares. (Ayala, 1992 y Romero & Aguilar, 2013).

No obstante, las necesarias reformas en los métodos de enseñar y concebir la enseñanza de las ciencias, que contemplen los cambios en el quehacer científico, no se han producido. Por ejemplo, hay concepciones acerca de la enseñanza de las ciencias en el escenario escolar, que no han variado desde hace unos 30 años y que influyen marcadamente la manera en que se orienta

su enseñanza. (Furió, Vilches, Guisasola & Romo, 2001 y Pilot, 2000, citados por Meinardi, 2010). En otras palabras, lo anterior quiere decir que muchos de los contenidos que se enseñan no han variado sustancialmente, en numerosas ocasiones se sigue priorizando en conceptos clásicos del siglo XVII y XVIII, aunque se reconozca que sus paradigmas y fundamentos se han controvertido y modificado (Hilborn, 1988 y Schmid, 1984, citados por Romero & Aguilar, 2013). Estas dificultades, revelan la necesidad que tiene la comunidad de maestros de ciencias naturales por desarrollar un análisis crítico sobre las temáticas que se abordan en el área, así como su método de enseñanza, para proponer alternativas efectivas y contextualizadas en un mundo cambiante y una escuela heterogénea.

Uno de los mayores cambios que ha ocurrido al interior de las comunidades científicas, y que es estudiado por filósofos y didactas de las ciencias, es la manera en que se concibe la construcción de conocimiento científico (Adúriz-Bravo, 2001, citado por Mellado, 2003). Estos cambios al interior de las comunidades científicas han originado una nueva imagen de ciencia, donde se le reconoce un carácter histórico y contextual; al mismo tiempo, que se le identifica al nivel de otras actividades culturales (Romero & Aguilar, 2013). Es precisamente, como consecuencia de esta nueva imagen de ciencia, que en las últimas décadas empieza a surgir una tendencia llamada experimental, la cual rápidamente empieza a tener auge y vigencia (Quesada, 2006).

Este nuevo paso, hacia un énfasis en el experimento, resalta la importancia de las condiciones materiales y contextuales en el quehacer del científico, cuestiones como los instrumentos, máquinas y utensilios usados en el laboratorio adquieren protagonismo y logran demostrar que el experimento es esencial para la construcción de conocimiento científico (Quesada, 2006). Autores como Hacking (1996) sostienen que el experimento tiene vida propia y que no está relegado a la teoría. En realidad, esta tendencia defiende el papel de la teoría y del experimento

por igual, considerándoseles como elementos fundamentales para la construcción de conocimiento científico; es más, se declara que ninguno está subyugado al otro.

En este contexto, y de acuerdo al nuevo paradigma, se logra evidenciar que la actividad experimental es fundamental para la construcción de conocimiento científico; por ejemplo, para el caso de la Biología, autores como: Bertoloni (2012), Ankeny & Leonelil (2011), Dawkins (2010), Weber (2005), Caponi (2003) y Coleman (1985) sostienen que el experimento ha sido un elemento fundamental para la construcción de conocimiento biológico. O si no, ¿Qué sería del desarrollo de la genética sin las contribuciones experimentales de Mendel? ¿Cómo habría sido el desarrollo de la teoría de Darwin sobre la Selección Natural sin sus experimentos con orquídeas y palomas?¹ Estos autores reconocen a la biología como una ciencia de carácter experimental y, además, consideran fundamental, como lo concibió Claude Bernard, desarrollar una técnica experimental propia (Canguilhem, 1976, citado por Castro & Valbuena, 2007).

No obstante lo anterior, y teniendo en cuenta que en las comunidades científicas se considera la experimentación junto con la teoría como la base integral de su corpus de conocimiento, se encuentra que en el escenario escolar no hay claridad sobre su aplicabilidad (Meinardi, 2010). Aquí valdría la pena recordar que el común denominador para la enseñanza de las ciencias naturales son los resultados elaborados al interior de las comunidades científicas (conceptos, teorías, métodos, técnicas, procedimientos, etc.), que luego son estandarizados en los currículos escolares para su enseñanza (Malagón et al., 2011). Esto quiere decir, que si en la actualidad se concibe la experimentación como parte sustancial dentro del conocimiento científico y, además, como complemento del saber teórico y conceptual ¿por qué en la escuela solo se profundiza en

¹ Dos artículos muy interesantes que exponen la metodología experimental llevada a cabo por Darwin y Mendel son: Casanueva, M., & Méndez, D. (2008). Teoría y experimento en Genética Mendeliana: una exposición en imágenes. y Cadevall, M. (2009). Darwin naturalista: el caso de la fecundación de las orquídeas.

una de las aristas del conocimiento científico?; en otras palabras, ¿por qué se deja de lado la experimentación y se prioriza en clases teóricas tradicionales?

Estas preguntas empiezan a resaltar el papel preponderante que tiene el maestro de ciencias naturales dentro de esta problemática, y, además, muestran la importancia que tiene reconocer e identificar la relación que establece dicho maestro con el saber que enseña. En ese sentido, se hace oportuno seguir preguntando: ¿Qué circunstancias inciden para que el maestro decida usar o no dichas prácticas?; y aún más, ¿qué imagen de ciencia pueden estar difundiendo las clases teóricas tradicionales ligadas a la exclusión de todo el campo experimental? Estas preguntas se deben analizar teniendo en cuenta que, en la actualidad, uno de los objetivos de la enseñanza en ciencias de acuerdo al Ministerio de Educación Nacional es que los estudiantes desarrollen habilidades científicas dentro de estándares como el de “*saber y saber hacer*” (M.E.N., 2004, p.5). Entonces, ¿por qué dejamos de lado ese saber práctico que, como hemos visto, es fundamental para la resolución de problemas y para la construcción de conocimiento nuevo?

Las anteriores consideraciones demuestran cómo el rol concedido a la experimentación en la enseñanza de las ciencias naturales, y en particular de la biología, se convierte en un caso paradigmático. De manera que, para intentar comprender la situación problemática de esta investigación y, además, posibilitar a futuras investigaciones un antecedente investigativo sobre el tema, se hace fundamental entender y caracterizar las concepciones que tienen los licenciados en biología frente a la experimentación, su aplicabilidad en los escenarios escolares y determinar las circunstancias que los llevan a usar o no dichas prácticas.

Ahora bien, desde estos argumentos que demuestran la complejidad y las contrariedades sobre las prácticas experimentales en la enseñanza de las ciencias naturales y en particular en la biología, el presente proyecto de Trabajo de Grado propone como pregunta de investigación:

2.1.FORMULACIÓN DE LA PREGUNTA PROBLEMA

¿Qué caracteriza las concepciones que tienen los licenciados en biología de tres Instituciones Educativas Distritales (I.E.D.) frente a las prácticas experimentales en la enseñanza de la biología?

3. OBJETIVOS

3.1.Objetivo General

Caracterizar las concepciones que tienen los licenciados en biología de tres Instituciones Educativas Distritales (I.E.D.) frente a las prácticas experimentales en la enseñanza de la biología.

3.2.Objetivos Específicos

- ❖ Realizar una aproximación histórica y epistemológica que permita caracterizar al experimento en la enseñanza de las ciencias naturales y la biología.
- ❖ Diseñar, validar y aplicar instrumentos que permitan indagar las concepciones que tienen los licenciados en biología de tres I.E.D. frente al experimento en la enseñanza de la biología.
- ❖ Establecer la relación entre las concepciones que tienen los licenciados en biología frente a la experimentación y la incidencia que éstas tienen en los contextos educativos.

4. ANTECEDENTES

Un curso de laboratorio en el que todos los experimentos funcionaran sin problemas sería buena tecnología, pero no enseñaría nada de la experimentación.
Ian Hacking

Para el desarrollo de este trabajo de investigación fue necesario plantear la búsqueda de antecedentes de acuerdo a dos categorías de exploración: “*el experimento en la enseñanza de las ciencias naturales, alcances y limitaciones*” y “*el experimento en la enseñanza de la biología*”. La indagación que se realizó, conforme la orientación de las dos categorías pre-establecidas para conformar los antecedentes del presente trabajo, permitieron: por un lado, esbozar un marco de referencia sobre la problemática de investigación y, por otra parte, facilitar un análisis sobre el punto al que han llegado anteriores investigaciones sobre el tema y los posibles vacíos que han quedado.

Al adelantar la revisión documental de antecedentes sobre el tema de investigación para cada una de las categorías, surgieron nuevas variables de búsqueda; éstas vinieron a conformar sub-categorías de exploración. En ese sentido, cada categoría de búsqueda cuenta con una sub-categoría; la intensión de estas nuevas variables, es indagar sobre las posibles dificultades que tienen los maestros de ciencias naturales y biología para implementar actividades experimentales en el aula de clases.

Dentro de los hallazgos, producto de la revisión documental para la constitución de antecedentes en esta investigación, se encuentra que los trabajos que se han desarrollado sobre la experimentación en la enseñanza de la biología están siendo recientemente explorados y, por lo tanto, aún quedan bastantes campos por investigar. La mayoría de estudios sobre el tema son de origen internacional, siendo Brasil un país pionero en la temática. En el caso de Colombia se

encuentran recientes investigaciones en artículos de especialistas en enseñanza de la biología y filosofía de las ciencias, como es el caso de Castro & Valbuna (2007) y Castro (2013). Lo anterior se puede convertir en una invitación para el desarrollo de investigaciones contextualizadas a las circunstancias educativas de Colombia y a la búsqueda de recursos que promuevan una educación científica.

Así las cosas, para la configuración de este apartado en la presente investigación, fue necesario recurrir a varias fuentes de información, entre las que se encuentran: artículos de revistas nacionales e internacionales sobre educación en ciencias (algunos de la Universidad Pedagógica Nacional), libros producto de investigaciones sobre educación en ciencias y trabajos de grado en la modalidad de pregrado, maestría y doctorado. Todas las fuentes que se consultaron para establecer los antecedentes de este trabajo se encuentran organizadas y sistematizadas en la siguiente tabla (Tabla No. 1), donde se precisa: fuente, tipo de fuente, año y categoría de exploración.

Tabla 1. *Revisión de antecedentes clasificados en las categorías de búsqueda*

		AUTOR(ES)	AÑO	LIBRO	ARTÍ.	PONEN.	TESIS ESPE.	TESIS MAES.	TESIS DOCT.
C A T	1	Mordeglia & Mengascini	(2014)		X				
		Pereira	(2014)				X		
		Guzmán & Restrepo	(2013)					X	
		Romero & Aguilar	(2013)	X					
		Malagón, Ayala & Sandoval	(2011)	X					
		Torres	(2011)	X					
		Moreno	(2011)	X					
		Uhlmann & Priemer	(2010)			X			
		Carrascosa, Gil,	(2006)			X			

E G O R Í A S D E E X P L O R A C I Ó N	Pérez, Vilches & Valdés							
	Gusmão	(2005)					X	
	Furió, Payá & Valdés	(2005)	X					
	Pérez	(2001)						X
	García	(2001)		X				
	Hart, Mulhall, Berry, Loughran & Gunstone	(2000)		X				
	García & Calixto	(1999)		X				
	Gil & Valdés	(1996)		X				
	Araújo, Rodrigues & Dias	(Nov., 2013)			X			
	Castro	(2013)		X				
	Amado, Alencar & Leite	(Dic., 2011)			X			
	Castro	(2011)		X				
	Farias, Araújo, Rodrigues & Dias	(Jun., 2011)			X			
	Castro	(2011)		X				
	Keller, Barbosa, Baiotto & Silvia	(Oct., 2011)			X			
	Cháves	(2010)		X				
	Ronqui, Souza & Correia de Freitas	(2009)		X				
	Carmo & Strack	(2008)		X				
	Abou & Godoy	(2007)		X				
	Castro & Valbuena	(2007)		X				
Moreira & Diniz	(2003)	X						

4.1. Primera categoría de exploración: El experimento en la enseñanza de las Ciencias Naturales, alcances y limitaciones

Los documentos que se utilizaron para desarrollar esta categoría dentro de los antecedentes (ver Anexo 1), hacen referencia al uso de experimentos para la enseñanza de las ciencias naturales, alcances y limitaciones; problemáticas relacionadas con el uso de actividades experimentales para la enseñanza de las ciencias naturales, condiciones intrínsecas y extrínsecas que llevan al

maestro a usar o no dichas prácticas y; por último, cualidades en el uso de actividades experimentales para la educación científica.

De acuerdo con los documentos revisados, se encuentra que el uso de actividades experimentales para la enseñanza de las ciencias naturales está adquiriendo en los últimos años importancia y un nuevo impulso (Mordeglia & Mengascini, 2014; Romero & Aguilar, 2013; Malagón, et al., 2011; Carrascosa, et al., 2006 y Pérez, 2001). Esto quiere decir que, en las circunstancias actuales de investigación sobre enseñanza de las ciencias naturales y didáctica de las ciencias, es común ver variados y nutridos estudios sobre las bondades que tiene el uso del experimento para la enseñanza de las ciencias naturales (sobre todo en la física y la química) en contextos escolares (Moreno, 2011; Torres, 2011 y Gusmão, 2005).

La imagen positiva que está generando el uso de dichas prácticas en la enseñanza de las ciencias naturales, se debe: por una lado, a la nueva visión que se tiene del quehacer científico (Pereira, 2014; Romero & Aguilar, 2013 y Carrascosa, et al., 2006). En la actualidad, se entiende que la ciencia es producto de la constante interacción entre la teoría y la práctica; atrás quedaron esas discusiones que sostenían que la única manera de conocer era mediante técnicas inductivas o, que el conocimiento era producto, exclusivamente, de aplicar el método hipotético deductivo (Romero & Aguilar, 2013 y Malagón et al., 2011).

Por otro lado, se reconoce en la actualidad el carácter socio-cultural que tiene la construcción de conocimiento científico; esto quiere decir, que en el presente la ciencia busca crear mecanismos de comunicabilidad entre diferentes comunidades; entiéndase esto último como puentes de comunicación entre grupos de sujetos que pertenecen y no pertenecen al círculo de la ciencia; en

otras palabras, se habla de interacción entre los que hacen y no hacen ciencia (Romero & Aguilar, 2013; Carrascosa, et al., 2006 y Furió, et al., 2005).

Ésta nueva imagen de ciencia, que le otorga reconocimiento a las exigencias metodológicas, epistemológicas y socio-culturales en su quehacer, está transformando la educación, y ello se debe a que, como lo comenta Malagón et al. (2011), los productos, avances y técnicas científicas se estandarizan en los currículos escolares para su enseñanza. Entonces, de acuerdo con Guzmán & Restrepo (2013), Carrascosa, et al. (2006) y Gil & Valdés (1996), los maestros de ciencias naturales deben estar contextualizados sobre los avances y cambios en la concepción científica, para que de ese modo no estén generando en sus estudiantes una visión deformada de la ciencia.

Es de resaltar que en los antecedentes de esta investigación se encontró que, aunque el conocimiento científico y el conocimiento escolar son diferentes (específicamente en lo que se refiere a su proceso de constitución y fin social), se debe tener en cuenta conforme la alfabetización científica que orienta la enseñanza de las ciencias en el siglo XXI, que las metodologías y conceptos científicos que se transformen de acuerdo a los requerimientos educativos no deben presentar una imagen distorsionada de la ciencia. Esto quiere decir, que al llevar metodologías científicas como la experimentación al escenario escolar, se debe cambiar su nivel de complejidad y objetivos, más no se debe transformar la naturaleza de dicha actividad, puesto que con ello se perderían los atributos que estas prácticas podrían facilitar en los contextos educativos.

En ese sentido, autores como Carrascosa, et al. (2006) y García (2001), hacen un llamado de atención para que los maestros que habitualmente conciben la actividad experimental como una simple manipulación, ejercicio de comprobación o, en su defecto, como una receta de “cocina”,

tomen conciencia de sus insuficiencias y de que dichos trabajos pueden difundir, por acción u omisión, una imagen alterada, deformada y empobrecida de la ciencia. Por lo tanto, cuando se refiere al uso de actividades experimentales en la enseñanza de las ciencias naturales, los maestros deben procurar cambiar -conforme lo ha hecho la ciencia- la visión tradicional y simplista que puedan tener de dichas prácticas.

Otro aspecto que se encontró durante la revisión de antecedentes, y que se considera de gran importancia para esta investigación, es una clasificación que propone Carrascosa, et al.(2006) en cuanto a los aspectos que deben tener las prácticas experimentales y que, de la mano con un cambio epistemológico del conocimiento científico del maestro de ciencias naturales, pueden convertir dichas actividades en un escenario de indagación, reflexión, creación y acercamiento al conocimiento científico. Los mencionados autores proponen lo siguiente:

Ruta a seguir para plantear trabajos experimentales en la enseñanza de las ciencias naturales (Carrascosa, et al., 2006, pp.163-165):

1. Presentar situaciones problemáticas abiertas de un nivel de dificultad adecuad (...).
2. Favorecer la reflexión de los estudiantes sobre la relevancia y el posible interés de las situaciones propuestas (...).
3. Potenciar los análisis cualitativos, significativos, que ayuden a comprender y a acotarlas situaciones planteadas (...).
4. Plantear la emisión de hipótesis como actividad central de la investigación científica (...).
5. Conceder toda su importancia a la elaboración de diseños y a la planificación de la actividad experimental por los propios estudiantes (...).
6. Plantear el análisis detenido de los resultados (...).

7. Plantear la consideración de posibles perspectivas (replanteamiento del estudio a otro nivel de complejidad, problemas derivados...).
8. Pedir un esfuerzo de integración que considere la contribución del estudio realizado a la construcción de un cuerpo coherente de conocimientos (...).
9. Conceder una especial importancia a la elaboración de memorias científicas que reflejen el trabajo realizado (...).
10. Potenciar la dimensión colectiva del trabajo científico organizando equipos de trabajo y facilitando la interacción entre cada equipo (...).

Los Diez puntos son tomados de Carrascosa, et al. (2006, pp.163-165).

En síntesis, lo que autores como Romero & Aguilar (2013), Malagón et al. (2011), Uhlmann & Priemer (2010), Carrascosa et al. (2006), Furió et al. (2005) y Hart et al., (2000) presentan en sus investigaciones, es que las prácticas experimentales para la enseñanza de las ciencias naturales, desde un enfoque coherente con el conocimiento científico, constituyen una propuesta de enseñanza basada en la problematización, indagación y acercamiento de la ciencia al contexto educativo. También los autores resaltan el papel del experimento como mecanismo de interacción y activación entre estudiantes, que promueve, entre otras cosas, habilidades procedimentales, actitudinales y conceptuales.

Ahora, no obstante la variada y nutrida bibliografía que se encuentra sobre el beneficio en el uso de actividades experimentales para la enseñanza de las ciencias naturales, también se halló que los maestros se enfrentan con una serie de circunstancias y dificultades que pueden incidir en el uso o no de dichas prácticas. Algunos de los problemas, y que con mayor frecuencia señalan los maestros, van desde el mero desconocimiento del experimento hasta las cualidades locativas de la Institución.

Por ejemplo, en la investigación de García & Calixto (1999), se señala que dentro de las principales causas para no utilizar las actividades experimentales en la enseñanza de las ciencias están: “...*falta de una metodología didáctica que conjugue teoría y experimentación de una manera eficaz; la dificultad que representa para los docentes diseñar, encontrar y aplicar actividades experimentales en sus clases de ciencias naturales, ya sea por la falta de conocimiento de las actividades experimentales, por no contar con los materiales, el espacio y mobiliario adecuados...*” (p.4).

Finalmente, se puede decir que en la primera categoría de exploración para la constitución de antecedentes en esta investigación, se hallaron varios estudios que muestran a las actividades experimentales fuertemente valoradas desde los diseños curriculares vigentes. Sin embargo, algunos artículos sobre el tema también mostraron que dichas actividades se realizan con poca frecuencia. Ninguno de los estudios mostró valoraciones negativas respecto a dichas actividades; es decir, si bien se encuentran obstáculos en el desarrollo de actividades experimentales para la enseñanza de las ciencias naturales, no se manifiesta en ningún momento que no sean útiles. También se encontró que la mayoría de investigaciones sobre el tema ponen de manifiesto como foco de obstáculos para el desarrollo de éstas actividades, las condiciones externas a la práctica docente.

4.2.Segunda categoría de exploración: El experimento en la enseñanza de la Biología

Durante la revisión de antecedentes en esta categoría de exploración (ver Anexo 2), se encontró que la mayoría de estudios realizados tienen por objeto comprender el papel que tiene la actividad experimental en la enseñanza de la biología, su importancia y las implicaciones que dicha práctica tiene para el aprendizaje de los contenidos escolares. También, se logró desarrollar

un borrador sobre las situaciones que, dentro del contexto educativo, pueden incidir para que el maestro determine usar o no dichas prácticas en la enseñanza de la biología.

En ese sentido, autores como Araújo et al. (2013), Keller et al. (2011), Farias et al. (Junio, 2011), Ronqui et al. (2009) y Moreira & Diniz (2003), señalan que el principal beneficio que se puede obtener al utilizar prácticas experimentales en la enseñanza de la biología es reducir aquellas consideraciones, por parte de los estudiantes, que señalan a los conceptos y fenómenos biológicos como abstractos, difíciles de comprender y “*aburridos*”. Los autores en mención, también comentan que la experimentación en la enseñanza de la biología, dirigida desde la problematización y metodologías investigativas, favorece en los estudiantes la construcción de conocimiento de una manera más activa, interesante, que propicia la investigación, el trabajo en equipo y un acercamiento a la realidad.

De acuerdo con lo anterior, Castro (2011), Cháves (2010), Ronqui et al. (2009) y Carmo & Strack (2008) apuntan que la experimentación en la enseñanza de la biología, es la posibilidad que los estudiantes tienen para acercarse directamente, de modo reflexivo y crítico, a fenómenos naturales con los que ellos, en muchos casos, tienen contacto a lo largo de sus vidas. En ese sentido, los autores también señalan que esta metodología de enseñanza de la biología que mantiene a los estudiantes en una actitud activa y receptiva, facilita el aprendizaje de conceptos y fenómenos biológicos, dado que los vuelve más “*reales*”, claros, concretos y comprensibles.

Al respecto, autores como Keller et al. (2011) y Amado et al. (Diciembre, 2011), comentan que enseñar biología desde la experimentación y los trabajos prácticos, permite que los estudiantes tengan una mayor comprensión del mundo de lo vivo y, a la vez, se acerquen a las metodologías propias de la actividad científica, se problematicen y desarrollen investigaciones (enmarcadas en

el conocimiento escolar), desde los contextos educativos. La experimentación es una forma de aprendizaje orientada hacia la interacción directa con los fenómenos, hechos y cosas. Por lo tanto, comentan estos autores, las actividades experimentales estimulan a los estudiantes a observar e intervenir en las observaciones, entender los fenómenos biológicos, describirlos utilizando algún tipo de nomenclatura científica y elaborar explicaciones.

Otro aspecto que señalan los mencionados autores, y que es de importancia en la planeación de actividades experimentales para la enseñanza de la biología, es que dicha actividad siempre debe estar medida por la problematización, la indagación y la búsqueda de explicaciones. Al respecto, Castro & Valbuena (2007) sostienen que en la enseñanza de la biología “...*la experimentación no se debe reducir a la corroboración de una idea ya establecida, ni a la repetición inconsciente de los procedimientos hechos por otros, ni mucho menos, al entretenimiento del estudiante. Lo que interesa es que la experiencia sea problematizada, ya que una práctica aproblemática no es más que una actividad mecánica y sin sentido*” (p.134).

En cuanto a la planeación de actividades experimentales para la enseñanza de la biología, Carmo & Strack (2008) consideran relevante que el maestro se cuestione sobre las circunstancias que guían su proceso de enseñanza desde la didáctica de la biología. Algunas preguntas que dichos autores proponen para que el maestro mantenga contextualizada su práctica docente son: ¿La biología que se enseña es coherente con el momento histórico actual?, ¿cómo el estudiante entiende la biología?, y ¿los estudiantes pueden aprender biología sin hacer experimentos? La intención de los citados autores al proponer estas preguntas se fundamenta en que el maestro problematice su práctica docente conforme el momento histórico en el que se halla, que comprenda que los métodos, prácticas y conceptos del conocimiento científico cambian con el tiempo y que es un deber estar actualizado con dichos cambios para no presentar a sus

estudiantes una imagen distorsionada de la ciencia. Por ejemplo, Castro (2013) comenta que es imprescindible resaltar los contenidos procedimentales y prácticos “...*si se quiere fundamentar una didáctica de la biología que esté más acorde con la naturaleza de la ciencia de lo viviente*” (p.106).

Por otro lado, dentro de las investigaciones consultadas, también se encontró que en la enseñanza de la biología sigue primando, en la mayoría de los casos, las clases teóricas con mínima participación de los estudiantes (Castro, 2013; Keller et al., 2011 y; Abou & Godoy, 2007). Los anteriores autores, citan algunas de las razones que comúnmente atribuyen los maestros de biología para que en la escuela se haga poco uso de la metodología experimental. Estos incluyen razones de carácter organizativo y estructural de la escuela, la mala formación de los docentes, las condiciones de trabajo y los aspectos administrativos a nivel Institucional.

Al respecto, Moreira & Diniz (2003) en su investigación, comentan que la poca actividad experimental en la enseñanza de la biología se debe a la relación que el maestro establece con el saber que enseña. Esto quiere decir que, en muchos casos, los maestros no entienden el papel del experimento en la enseñanza de las ciencias y, además, tampoco están actualizados con las reformas a nivel curricular que resaltan el uso de prácticas y actividades en la formación científica.

En conclusión, las investigaciones que se consultaron en esta segunda categoría de exploración definen a la experimentación en la enseñanza de la biología como un recurso indispensable en la formación científica de estudiantes y maestros. Ésta metodología de enseñanza, que privilegia el aprendizaje desde la práctica (sin desconocer el valor e importancia de la teoría), permite una interacción directa y manipulación de fenómenos naturales, lo que incide en una mayor

comprensión del mundo de lo vivo. También se encontró que la enseñanza de la biología debe ser coherente con el momento actual en el que se desarrolla el conocimiento científico; periodo en el que se resaltan las metodologías de investigación, los trabajos prácticos (incluyendo el experimento) y el saber teórico; en otras palabras, la enseñanza de la biología debe mostrar la estrecha relación que se encuentra entre la teoría y la práctica como elementos fundamentales en la construcción de conocimiento científico.

5. JUSTIFICACIÓN

Vivimos una época en la cual la ciencia y la tecnología ocupan un lugar fundamental en el desarrollo de los pueblos y en la vida cotidiana de las personas. Ámbitos tan cruciales de nuestra existencia como el transporte, la democracia, las comunicaciones, la toma de decisiones, la alimentación, la medicina, el entretenimiento, las artes e, inclusive, la educación, entre muchos más, están signados por los avances científicos y tecnológicos. En tal sentido, parece difícil que el ser humano logre comprender el mundo y desenvolverse en él sin una formación científica básica.

Ministerio de Educación Nacional. Estándares Básicos de Competencias en Ciencias Sociales Y Ciencias Naturales

Para realizar estudios sobre la realidad educativa colombiana desde una perspectiva contextualizada con los requerimientos de la sociedad contemporánea, como lo plantea este trabajo, resulta elemental que el investigador tenga presente las diversas relaciones que se puedan establecer entre los maestros, el saber que enseñan, los estudiantes y las dinámicas orgánicas de cada Institución Educativa. El reconocer las diferentes variables que inciden en los procesos de enseñanza puede resultar fundamental para trabajos investigativos que buscan, dentro de dinámicas coherentes con el momento actual, lanzar propuestas con el objetivo de intentar mejorar *la calidad de la educación* en el país y fortalecer los lazos de comunicabilidad entre la sociedad y la ciencia; sobre todo en el presente, cuando se ha intensificado el debate y controversia sobre dichos tema (Ayala, 2015; García, Maldonado & Rodríguez, 2014 y Barrera, 2014)².

Diferentes autores, entre ellos Ayala (2015), Romero & Aguilar (2013), Meinardi (2010) y Gil & Vilches (2006), resaltan como foco de ineficacia, y por ende baja calidad en la educación, el método tradicional de enseñanza. Por ejemplo, en el caso de la educación en ciencias naturales,

² Los mencionados autores comentan que actualmente Colombia atraviesa por una crisis educativa, donde se demuestra, por medio de evaluaciones internacionales (como las prueba PISA), que tenemos uno de los modelos educativos más deficientes.

objeto de esta investigación, autores como Malagón et al. (2011) y Borges (2002) comentan que los maestros que están utilizando métodos tradicionales de enseñanza generalmente no contemplan, ni se contextualizan, sobre los cambios en el quehacer científico (métodos, técnicas, procedimientos, corpus teórico, etc.), presentando a sus estudiantes, de tal modo, una imagen deformada y empobrecida de la ciencia. Esta imagen de ciencia, que a la larga dificulta la *comprensión* de los contenidos escolares para el área de ciencias naturales, dado que muestra los conceptos, teorías y procedimientos como algo abstracto, sin sentido y utilidad, también se convierte en un obstáculo para la necesaria *comunicación* entre la ciencia y la sociedad.

Comprensión de las ciencias naturales en la sociedad y *comunicación* entre la ciencia y la sociedad, son dos conceptos fundamentales para una generación como la de hoy que depende cada vez más de la ciencia y la tecnología para su sostenimiento, por ejemplo: circunstancias tan esenciales de la vida humana como el transporte, las comunicaciones, la alimentación, la medicina, el entretenimiento y la educación están mediadas por el conocimiento científico (M.E.N., 2003). Así que, si se quieren fortalecer los lazos de *comunicación* y *comprensión* entre la ciencia y la sociedad: primero, se debe resaltar el rol principal que tiene la escuela dentro de la sociedad como medio de apropiación y aproximación progresivo a ese conocimiento científico tan necesario en la actualidad (M.E.N., 2003) y; segundo, se debe mejorar la calidad de la educación, procurando que sean investigaciones contextualizadas, continuas y adaptadas a los requerimientos actuales, quienes guíen dichos cambios y mejoras.

En consecuencia, se debe tener en cuenta, y procurando tener presente una visión de ciencia como sistema abierto en constante construcción y cambio (M.E.N., 2003), que la educación científica es el medio por el cual se puede socializar el conocimiento científico; a la vez que, con objetivos claros y bien definidos, puede proporcionar a los estudiantes las herramientas que les

permitan adaptarse al medio, explorar fenómenos y resolver problemas en un mundo versátil. Lo anterior, el Ministerio de Educación Nacional lo llama “*Saber hacer*”. Éste saber práctico, últimamente es valorado por didactas de las ciencias como método para entender, en el contexto escolar, las condiciones materiales y contextuales del quehacer científico (Quesada, 2006).

La importancia de las actividades prácticas en la educación científica se debe en gran parte: por una lado, a la nueva imagen de ciencia, donde se le otorga protagonismo a las condiciones materiales, contextuales y prácticas en su quehacer y; por otro lado, a la popularización, en las últimas décadas, de ideas progresistas o desarrollistas en el pensamiento educativo. Tales ideas fueron influenciadas por pensadores como: Rousseau, Pestalozzi, Spencer, Dewey, entre otros (Bybbe & De Boer, 1996, citados por Borges, 2002). El propósito central que se dibuja desde ésta perspectiva, corresponde a la implementación de métodos de enseñanza que movilicen a los estudiantes a tener actitudes activas frente al conocimiento, a la vez que se les acerca a metodologías científicas.

Es así que, en el escenario escolar, se hace oportuno empezar a introducir actividades prácticas como elemento indispensable en una formación integral, que contemple a la actividad científica como un tema de discusión y apropiación. Sin embargo, es fundamental, como lo comenta Meinardi (2010), tener claridad sobre las prácticas científicas y su aplicabilidad en los escenarios escolares, para no seguir cometiendo el error de considerar sinónimos a: “*ejercicios prácticos*”, “*trabajo de laboratorio*” y “*experimentos*”; dado cada uno tiene un nivel de complejidad diferente y, además, su uso en el escenario escolar debe obedecer a objetivos particulares. En virtud de lo dicho, este trabajo busca rescatar dentro de todas las posibilidades de trabajos prácticos para la enseñanza de las ciencias naturales al experimento.

En ese sentido, algunas investigaciones que se han desarrollado sobre la enseñanza de las ciencias naturales muestran que, dentro de las prácticas científicas, las actividades experimentales son fundamentales en el escenario escolar como método infalible para mostrar una imagen de ciencia más acorde con el momento histórico actual. Sin embargo, por diversas razones, que aquí nos proponemos averiguar, los maestros siguen priorizando en las clases teóricas tradicionales. Estas problemáticas se intensifican en la enseñanza de la ciencia de lo viviente, donde recientes investigaciones muestran que los maestros de biología tienen dificultades para diferenciar y reconocer la aplicabilidad de las prácticas experimentales en los contextos educativos (Meinardi, 2010).

Por ejemplo, observar y experimentar se consideran la misma práctica, ¡y no lo son! porque observar o ampliar un fenómeno biológico, para hacerlo visible, así sea con instrumentos especializados como el microscopio, no es experimentar; realizar un PCR tampoco es considerado como experimentación (Hacking, 1996). Este trabajo no busca desvirtuar la observación como práctica científica, mucho menos restarle preponderancia en los contextos educativos. La intencionalidad principal es rescatar la experimentación como un “*saber hacer*” por medio del cual los estudiantes pueden construir explicaciones sobre el mundo, intervenir en él y familiarizarse con las prácticas científicas.

Así mismo, en esta investigación se pretende desvirtuar el hecho de considerar al experimento como un instructivo de pasos, similar a una receta de cocina o como un mero elemento verificador de los enunciados teóricos; olvidando que en la actualidad, para las ciencias naturales, el experimento es un elemento indispensable para la construcción de explicaciones sobre fenómenos biológicos y que, en el contexto escolar, orientado por el maestro, puede

proporcionar “...a los alumnos la experiencia del gozo de comprender y explicar lo que ocurre a su alrededor; es decir, ‘leer el mundo’ con ojos de científicos” (Bravo et al., 2011, p.18).

Ahora, ¿cómo conseguir realizar las anteriores reflexiones?, ¿cómo caracterizar lo que maestros de biología consideran como experimento? y, ¿cómo entender la relación que se establece entre el maestro de biología y el saber que enseñan? Los anteriores interrogantes se piensan responder adelantando una caracterización sobre el experimento en las ciencias naturales, en biología y su enseñanza. También, se propone caracterizar los supuestos que tienen los maestros de biología, mediante un trabajo de campo, con respecto a las prácticas experimentales para la enseñanza de la ciencia de lo viviente. Una de las finalidades de tal trabajo, es hallar elementos de análisis sobre las posibles circunstancias que llevan a un maestro a usar o no dichas prácticas. Este ejercicio de caracterización se adelantará con los licenciados en biología de tres Instituciones Educativas Distritales en la ciudad de Bogotá.

En ese sentido, lo que se buscará será conocer en profundidad la relación que establece el maestro de biología con el saber que enseña, el papel que dentro de ese saber ocupan las prácticas experimentales, y las posibles dificultades que se presentan en los contextos educativos para que los maestros de biología decidan usar o no la actividad experimental como método de enseñanza. Aquí vale la pena resaltar que serán los mismos maestros quienes expresen las circunstancias cotidianas que inciden en el uso o no del experimento para la enseñanza de la biología.

¿A quién puede interesar ésta investigación?, ¿qué utilidad tiene?, y ¿por qué puede ser importante? Las respuestas a éstos interrogantes, que se han intentado expresar con los anteriores argumentos, consisten en ampliar la discusión sobre lo que, como tema de actualidad, se viene

discutiendo en la enseñanza de las ciencias naturales. Rescatar a las actividades experimentales para la enseñanza de la biología resulta ser elemental, desde la didáctica de la biología, cuando se quiere estudiar diferentes métodos educativos que puedan acercar las ciencias a la sociedad de una manera coherente y; además, formar ciudadanos con ingenio, creatividad, imaginación, y con capacidades como el pensamiento reflexivo y crítico.

Finalmente, los resultados de esta investigación pueden proporcionar importantes indicadores para comprender la problemática existente en la enseñanza de la biología con respecto al uso de las actividades experimentales. Este trabajo, además, les puede interesar a todos los maestros de biología principalmente, y de ciencias naturales en general, que quieran robustecer y apropiarse de una didáctica de la biología que contemple las problemáticas y circunstancias contextuales del que hacer en la educación.

6. METODOLOGÍA

6.1. Consideraciones Generales

La situación que se pretende abordar en este trabajo de investigación es de carácter complejo, específico y contextual. Es complejo, en tanto que en ella intervienen un número considerable de variables que, en algunos casos, no pueden ser definidas y mucho menos controladas (maestros con diferentes intereses, características, visiones y modos de enseñar) Es específica, porque pretende analizar, en el contexto escolar, la concepción que tienen los maestros de biología sobre las prácticas experimentales y, además, las posibles circunstancias que inciden en el aula para que el maestro use o no dichas actividades. Y por último, es contextual en el sentido que pretende estudiar actores sociales en su contexto de interacción permanente.

En esta investigación se asume que las ideas, supuestos, perspectivas y saberes de los sujetos se manifiestan de alguna manera en sus representaciones externas; de modo que un análisis desde el **enfoque cualitativo** de investigación, sobre lo que maestros refieren, expresan y comunican, ya sea por medio del lenguaje u otro mecanismo, arrojará valiosos elementos que posibilitarán entender la manera en que se concibe la experimentación en biología y su relación con la enseñanza.

En ese sentido, y de acuerdo con Bonilla & Rodríguez (1997), la investigación cualitativa tiende a interesarse en captar la realidad social *“a través de los ojos”* del sujeto que está siendo estudiado. Uno de los elementos más representativos que tiene la investigación cualitativa es la de resaltar la percepción que tiene el sujeto sobre el contexto en el que se desarrolla. El enfoque cualitativo *“...no parte de supuestos derivados teóricamente, sino que busca conceptualizar*

sobre la realidad con base en los conocimientos, las actitudes y los valores que guían el comportamiento de las personas estudiadas” (Bonilla & Rodríguez, 1997, p.86).

Ahora, dado que se quiere explicar en detalle situaciones y problemáticas que surgen de la cotidianidad, las relaciones de intersubjetividad entre los distintos actores sociales (estudiantes, maestros y directivos), la comprensión de lo que se piensa, vive y se construye dentro del contexto escolar, se consideró, y de acuerdo con Arnal, Rincón & Latorre (1992), que una postura desde el **paradigma interpretativo** sería lo más adecuado.

El paradigma interpretativo permite analizar el sentido que tiene la acción de un fenómeno dentro de un contexto; es decir, el significado que pueda tener en un espacio y tiempo específico un determinado fenómeno para un grupo social (Arnal et al., 1992). En nuestro caso, el experimento para la enseñanza de la biología es el fenómeno de interés a investigar, intentando establecer por medio de una caracterización y generalización, las concepciones que tienen los maestros de biología sobre dicha actividad y las posibles razones que tienen para usarlo o no en la enseñanza.

Ahora, para cumplir con los objetivos de este proyecto de investigación, y siendo coherente con el enfoque y paradigma que se plantearon anteriormente, se implementará el **estudio de casos**. La anterior consideración surge toda vez que se requiere, en el avance de este trabajo, un método que ofrezca la posibilidad de desarrollar un análisis con alto grado de interpretación y detalle sobre diferentes situaciones, en diferentes contextos educativos, donde se evidencie la relación que se establece entre el maestro de biología, el saber que se enseña y la experimentación. En ese sentido, se dará en este trabajo de investigación mayor relevancia a la interpretación, siendo la

característica más distintiva de la investigación cualitativa, con la finalidad de comprender en detalle los casos particulares de estudio.

Una de las características que presenta el estudio de casos, es la necesidad de obtener información desde múltiples perspectivas, de manera que sea posible desarrollar un análisis coherente y sistemático sobre el fenómeno a investigar. Yin (1984) considera al estudio de casos como un método de investigación centrado en el estudio holístico de un fenómeno contemporáneo dentro de un contexto de interacción real. En nuestra investigación, como se ha dicho con anterioridad, se quiere conocer en profundidad la relación que establece el maestro con el saber que enseña, el papel que dentro de ese saber ocupan las prácticas experimentales, y las posibles dificultades que se presentan en los contextos educativos para que los maestros de biología decidan usar o no la actividad experimental como método de enseñanza para las ciencias naturales.

6.2. Estudio de casos

Sandoval (1996) define al estudio de casos como un método de investigación que analiza un fenómeno contemporáneo dentro de su contexto real de existencia. *“Así, el caso en estudio -por ejemplo, puede ser- una cultura, una sociedad, una comunidad, una subcultura, una organización, un grupo, o fenómenos tales como creencias, prácticas o interacciones, u otro aspecto de la existencia humana”* (Sandoval, citado por Trujillo, 2015, p.43). También es importante resaltar la particularidad de los estudios de casos (porque en ellos solamente hay uno o muy pocos objetos de estudio), cualidad que permite conocer en forma amplia y detallada el fenómeno en cuestión (Monje, 2011).

El estudio de casos consiste, por tanto, en estudiar cualquier unidad de un sistema, de manera que se procure obtener los elementos necesarios que permitan conocer algunos problemas generales que afectan al mismo (Sandoval, 1996). Dos de los principales beneficios que se pueden obtener al utilizar los estudios de caso son: la descripción y la interpretación de personas diferentes al investigador sobre el fenómeno o situación de estudio (Stake, 1999). El tener en cuenta la multiplicidad de factores o variables que se desprenden de las observaciones diferentes a las del investigador proporciona elementos importantes de análisis y, a la vez, los insumos necesarios para dar respuesta a las cuestiones que se plantean en la investigación (Sehaub & Zenke, 2001).

Éstas características, típicas en los estudios de caso, son fundamentales para un trabajo de investigación que se centra en la necesidad de indagar sobre las posibles razones que, en el contexto escolar, tienen los maestros de biología para usar o no las prácticas experimentales en la enseñanza; esto quiere decir que, aparte de la observación y caracterización del investigador, serán los maestros quienes expresen las circunstancias cotidianas que inciden en el uso o no del experimento para la enseñanza de la biología.

Ésta concepción, mucho más amplia en términos investigativos, nos permite ampliar las observaciones personales y, en muchos casos, encontrar y analizar datos que se nos habían pasado inadvertidos o, que simplemente, no habíamos visto. La explicación a lo anterior consiste en que: “...mucho de lo que no podemos observar personalmente, otros lo han observado o lo están observando” (Stake, 1999, p.63). En esta investigación se pretende presentar todas las interpretaciones y concepciones producto de las diversas visiones que se puedan inferir sobre la experimentación y su relación con la enseñanza de la biología. La entrevista en profundidad y la

observación no participante son el cauce principal para llegar a estas múltiples realidades (Stake, 1999).

6.3. Criterios de selección para los estudios de caso

Para la selección de los estudios de caso se tuvieron en cuenta dos factores: Primero, que las Instituciones Educativas donde se implementarán los instrumentos de investigación, estuvieran vinculadas con la Universidad Pedagógica Nacional por medio de la práctica pedagógica. Y segundo, que los sujetos estudios de caso hubieran desarrollado su formación inicial como licenciados en biología (no se tuvo como criterio de selección la Universidad en la que realizó dicha carrera; sin embargo, se considera que esta variable, en futuras investigaciones, puede dar elementos de análisis sobre la relación que existe entre la formación inicial del licenciado en biología y el saber que enseñan).

De acuerdo a las anteriores pautas de selección de estudio de caso, se decidió trabajar con tres Instituciones Educativas y sus licenciados en biología. Las instituciones y los perfiles de los sujetos estudio de caso son los siguientes (Tabla No. 2): Institución Educativa Distrital San José Sur Oriental, cuenta con tres licenciados en Biología de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas; Institución Educativa Distrital Villa Rica sede A, cuenta con un licenciado en biología de la Universidad Pedagógica Nacional y uno de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas y; la Institución Distrital Guillermo León Valencia, donde se trabajará con dos licenciados en Biología de la Universidad pedagógica Nacional.

En la siguiente tabla se presentan las tres Instituciones Educativas donde se implementarán los instrumentos de investigación y el número de licenciados en biología con lo que se trabajará como estudios casos.

Tabla 2. *Instituciones Educativas y cantidad de licenciados en biología con los que se trabajará*

ESTUDIOS DE CASO	
INSTITUCIÓN EDUCATIVA	LICENCIADOS EN BIOLOGÍA
Institución Educativa Distrital San José Sur Oriental	3
Institución Educativa Distrital Villa Rica sede A	2
Institución Educativa Distrital Guillermo León Valencia	2
TOTAL DE LICENCIADOS	7

Ahora, teniendo en cuenta que la investigación cualitativa requiere, como lo comenta Sandoval (1996), de respeto por los sujetos inscritos en el estudio, se les confirió a cada uno de los licenciados en biología un seudónimo con el fin de garantizar total confidencialidad en los datos obtenidos. De igual manera, y siendo un prerrequisito contar con la aprobación de los sujetos para la manipulación, publicación y edición de la información, se les extendió una carta con la solicitud de permiso para el manejo de la información y garantía de confidencialidad (Ver anexo 3).

En la siguiente tabla se presentan el número de licenciados con los que se trabajará, la Institución Educativa en la que se encuentran y el seudónimo que protegerá su identidad.

Tabla 3. *Instituciones Educativas y seudónimos para cada estudio de caso*

ESTUDIOS DE CASO	
INSTITUCIÓN EDUCATIVA	LICENCIADOS EN BIOLOGÍA Y SEUDÓNIMOS

Institución Educativa Distrital San José Sur Oriental	Sofía
	Laura
	Marcos
Institución Educativa Distrital Villa Rica sede A	Sandra
	Andrés
Institución Educativa Distrital Guillermo León Valencia	Milena
	José

6.4. Instrumentos de Investigación

6.4.1. Entrevista Individual en profundidad

Las entrevistas en profundidad son instrumentos de investigación cualitativa que siguen el modelo de una conversación entre iguales, y no de un intercambio formal de preguntas y respuestas (Sandoval, 1996). En palabras de Taylor & Bogdan (1992) las entrevistas en profundidad son “...encuentros cara a cara entre el investigador y los informantes, encuentros éstos dirigidos hacia la comprensión de las perspectivas que tienen los informantes respecto de sus vidas, experiencias o situaciones, tal como las expresan con sus propias palabras” (p.101).

Éste instrumento de recolección de información se basa en el seguimiento de un guion de entrevista, en el que se deben plasmar todos los tópicos que se desean abordar a lo largo de los encuentros. Es sumamente importante preparar los temas que se discutirán, con la intención de controlar tiempos, identificar temas de importancia y evitar extravíos por parte del entrevistado. Cada entrevistado es un caso particular y eso debe quedar plasmado en la investigación (Taylor & Bogdan, 1992).

Generalmente, cuando se aplica la entrevista en profundidad se la suele dividir en dos fases o momentos (Robles, 2011). El primero, denominada de correspondencia, es aquel en que el

entrevistador recopila la información que establece la particularidad del sujeto estudio de caso (¿quién es el sujeto estudio de caso?). El segundo momento, considerado el de análisis, será en el que se estudie con detenimiento las categorías que más adelante alimentaran los resultados y análisis de resultados (¿Qué quiero investigar?) (Robles, 2011).

En correspondencia con lo anterior, y acorde con el método de investigación, se construyó una lista corta de preguntas, flexible y dinámica, que permitirá fluidez y autonomía en cada estudio caso. El guion de entrevista contiene las preguntas orientadoras agrupadas en las categorías que se expondrán a continuación. A cada estudio de caso se le realizaron dos entrevistas en profundidad: en la primera, se indagan aspectos relacionados con la formación inicial y continua, así como las actividades y proyectos que han realizado en los contextos educativos. En la entrevista final, se indaga sobre las perspectivas que se tiene con respecto al experimento para la enseñanza de la biología, sus alcances y limitaciones.

Categorías y agrupación de preguntas para la entrevista en profundidad

Refiriéndose al abordaje de esta investigación, que busca caracterizar las diferentes concepciones que tienen los maestros de biología sobre las prácticas experimentales y los elementos asociados al uso o no de dichas actividades en los contextos escolares, se hace fundamental examinar, como primer elemento a indagar, la posible relación que se establece entre el licenciado de biología y el saber que enseña en un contexto educativo.

En ese orden de ideas, en la primera sesión de la entrevista en profundidad con los profesores de biología, se tratará el grupo de preguntas que corresponden a la primera categoría (Tabla No. 4): *“formación profesional de los licenciados en biología y enseñanza de la biología”*, donde se querrá indagar: el por qué en la decisión de estudiar licenciatura en biología; expectativas;

formación en prácticas científicas; conocimiento experimental; experiencia educativa y; estudios complementarios.

La finalidad de indagar sobre estas primeras cuestiones, en lo relacionado a la formación profesional del licenciado en biología, obedece a la lógica de caracterización y diferenciación de cada estudio de caso, para que, como lo plantea Stake (1999), se tenga un contexto sobre la particularidad y la complejidad en cada estudio que integra la investigación; esto quiere decir, que se hace sumamente importante destacar “...las diferencias sutiles, la secuencia de los acontecimientos en su contexto y la globalidad de las situaciones personales” (p.8). Además, se procurará establecer las diferentes variables que, en cada caso particular, pueden incidir en el uso o no de prácticas experimentales para la enseñanza de la biología.

Esta primera caracterización, que dará los elementos de diferenciación y particularidad en cada estudio de caso, puede brindar los insumos de análisis sobre la relación que se establece entre el maestro de biología y el saber que enseña; y, por consiguiente, el lugar que dentro de ese saber ocupan las prácticas experimentales.

Tabla 4. Categorías, sub-categoría y agrupación de preguntas orientadoras para la primera sesión en la entrevista a profundidad con cada sujeto estudio de caso

CATEGORÍA	SUBCATEGORÍAS		¿QUÉ SE PUEDE INDAGAR?	
FORMACIÓN	1.1	Formación inicial-Pregrado	1.1.1	¿En qué universidad realizó su formación inicial?
			1.1.2	¿Por qué decidió estudiar una licenciatura?
	1.2	Formación continua - Post-grado	1.2.1	¿Ha realizado estudios de Post-grado? ¿Por qué?
			1.2.2	¿Cómo han influido los estudios post-grado su desempeño como docente?

1	PROFESIONAL DE LOS LICENCIADOS EN BIOLOGÍA Y ENSEÑANZA DE LA BIOLOGÍA	1.3	Maestro y enseñanza de la Biología.	1.3.1	¿Qué actividades, recursos y estrategias utiliza en clase para propiciar la construcción de conocimiento biológico?
				1.3.2	¿Qué imagen de ciencia (en particular de biología) suelen transmitir las prácticas de laboratorio?
		1.4	La experimentación en los procesos de formación	1.4.1	¿En la Universidad obtuvo formación en práctica experimental?
				1.4.2	¿Cómo evaluaría la formación que obtuvo en el trabajo experimental? Buena, mala o regular ¿Por qué?

En la segunda sesión de la entrevista en profundidad se abordará el grupo de preguntas correspondiente a las categorías 2 y 3 (Tabla No. 5): “*la experimentación en ciencias*” y “*el experimento en la enseñanza de la biología*”, donde se querrá indagar sobre la forma en que los docentes perciben su contexto; si le dan importancia a las condiciones locativas del aula; la interpretación que cada uno maneja de ciencia; los supuestos teóricos que orientan su práctica y; las dificultades que conciben en el uso de trabajos prácticos para la enseñanza de la biología.

En el grupo de preguntas que surgen de estas dos categorías de análisis, se hace explícito por qué desarrollar las entrevistas en profundidad con los estudios de caso ubicados en tres Instituciones Educativas diferentes. La decisión de desarrollar esta investigación de este modo, obedece a que también se busca examinar la posible relación entre las cualidades locativas de la Institución Educativa y el uso o no de actividades experimentales para la enseñanza de la biología. Cuando se refiere en esta investigación a condiciones locativas, se hace referencia a la existencia de laboratorios, insumos químicos, microscopios, estereoscopio y todo elemento material necesario para la actividad científica.

Tabla 5. Categorías, sub-categorías y agrupación de preguntas orientadoras para la segunda sesión en la entrevista a profundidad con cada sujeto estudio de caso

CATEGORÍA		SUBCATEGORÍAS		¿QUÉ SE PUEDE INDAGAR?			
2	LA EXPERIMENTACIÓN EN CIENCIAS	2.1	Epistemología del experimento	2.1.1	¿Para usted qué es el experimento?		
				2.1.2	¿Qué papel tiene la experimentación en la construcción de conocimiento científico?		
		2.2	Dicotomía entre teoría y experimento	2.2.1	¿En las ciencias tiene más valor la teoría o el experimento? o ¿Son necesarias ambas?		
				2.3	El experimento en Biología	2.3.1	¿Es posible adelantar experimentos en Biología?
		2.3.2	¿Conoce de algún experimento “famoso” para la Biología?				
		2.3.3	¿Habría alguna diferencia entre los experimentos que se desarrollan en física, química y biología?				
		3	EL EXPERIMENTO EN LA ENSEÑANZA DE LA BIOLOGÍA	3.1	La experimentación en la enseñanza de la biología	3.1.1	¿Cuál cree usted que es el papel del experimento en la enseñanza de la Biología?
						3.1.2	¿Cómo cree usted que puede intervenir la experimentación en la construcción de conocimiento (científico) escolar?
						3.1.3	¿Qué tipo de experimentos ha realizado para la enseñanza de la Biología?
3.1.4	¿Cuál cree usted que es el mejor momento para desarrollar actividades experimentales? Antes de la teoría, después de la teoría o simultáneamente.						
3.1.5	¿Qué beneficios puede ocasionar el desarrollo de experimentos en la clase de biología para el aprendizaje de las ciencias?						
3.1.6	¿Qué tipo de aprendizaje cree usted que promueve la actividad experimental?						
3.2	Metodología del experimento en la enseñanza			3.2.1	¿Qué se necesita para desarrollar prácticas experimentales en la enseñanza de la biología?		

		de la biología	3.2.2	¿Qué estructura metodológica deberían tener las prácticas experimentales para la enseñanza de la biología?
			3.2.3	¿Cuál es la forma habitual en que usted organiza a sus estudiantes para las prácticas experimentales? En grupo, individual o de las dos formas. Explique por qué.
			3.2.4	¿Qué elementos considera que un maestro de biología debe tener en cuenta para desarrollar experimentos? ¿Por qué?
	3.3	Dificultades en el uso de prácticas experimentales para la enseñanza de la Biología	3.3.1	¿A qué se enfrentan, en términos de dificultades, los maestros de biología para llevar a cabo prácticas experimentales?

El análisis del contenido en las entrevistas se enfocará en la relación que se establezca entre el perfil de cada entrevistado, su saber profesional y la enseñanza de la biología. La intención en realizar el análisis de este modo corresponde a la búsqueda y establecimiento de relaciones entre el maestro de biología, el saber que enseña y el uso o no de prácticas experimentales para la enseñanza de la biología. Es de resaltar que de ninguna manera se pretende presentar al maestro como “*malo*” o “*bueno*” por el uso o no de actividades experimentales para la enseñanza. Lo relevante del análisis que se propone adelantar, como se ha dicho con anterioridad, consiste en identificar las diferentes variables que existen entre: formación profesional, trayectoria profesional, condiciones locativas de las Instituciones Educativas y el uso o no de prácticas experimentales.

Por consiguiente, las entrevistas a desarrollar con los licenciados objetivan presentar que: el uso o no de actividades experimentales para la enseñanza de la biología posiblemente se encuentra relacionada y depende de la disposición de nexos que estos licenciados mantienen con el saber que enseñan: la biología.

6.4.2. Observación no participante y registro de observación

La observación no participante es un instrumento de recolección de información muy útil en tanto que permite ubicar al investigador dentro de la realidad sociocultural que pretende estudiar y, además, también le procura: “*a) la caracterización de las condiciones del entorno físico y social, b) la descripción de las interacciones entre actores, c) la identificación de las estrategias y tácticas de interacción social, y d) la identificación de las consecuencias de los diversos comportamientos sociales observados*” (Sandoval, 1996, p.140).

Es importante tener en cuenta que, como lo comenta Sandoval (1996), las observaciones no participantes deben ser corroboradas o validada a través de las entrevistas que se plantean con los sujetos estudio de caso. Cabe resaltar que es sumamente necesario en la observación no participante contar con un registro estructurado sobre ciertos elementos básicos para comprender la realidad humana, en este caso, objeto de análisis (Quintana & Montgomery, 2006).

En ese sentido, y acorde con el planteamiento anteriormente descrito, se desarrolló una metodología de observación no participante (Tabla No. 6) para implementar con cada uno de los estudios de caso. Para efectos de congruencia con la investigación, en tanto que lo que se quiere observar es un escenario en el que se desarrollen actividades experimentales, se les pidió a los licenciados en biología con antelación preparar una práctica experimental acorde a los temas que vinieran trabajando con sus estudiantes.

En cuanto a los elementos que integrarán las categorías de observación, se encuentran: enfoque epistemológico en cuanto a la estructura y disposición de la práctica; ¿corresponde a una práctica experimental la actividad que se desarrolla?; metodología de la práctica; supuestos teóricos básicos que orientan la práctica; conocimiento práctico que los licenciados en biología manejan de acuerdo a la temática de trabajo y; elementos necesarios para el desarrollo de la práctica experimental.

Tabla 6. Aspectos orientadores durante las observaciones no participantes

	CATEGORÍA	SUBCATEGORÍAS		¿QUÉ SE PUEDE INDAGAR?	
1	CARACTERÍSTICA DE LA PRÁCTICA EXPERIMENTAL	1.1	Maestro y prácticas experimentales	1.1.1	¿La práctica propuesta por el maestro de biología corresponde a lo que desde las ciencias naturales llamamos experimento?
				1.1.2	¿Qué caracteriza, desde el enfoque epistemológico, la propuesta experimental?
				1.1.3	¿Cómo se encuentra la relación teoría/experimento en la práctica propuesta?
				1.1.4	¿Cómo es el manejo del conocimiento práctico?
				1.1.5	¿Qué imagen de ciencia (biología) puede estar transmitiendo ésta práctica experimental?
				1.1.6	¿Qué coherencia se percibe entre lo que el profesor planteó anteriormente en relación al experimento y la práctica que desarrolla en el aula?
2	ESTRUCTURA METODOLÓGICA DE LA PRÁCTICA EXPERIMENTAL	2.1	Estructura y forma de la práctica experimental	2.1.1	¿Qué caracteriza, en cuanto a forma y estructura, la práctica experimental?
				2.1.2	¿La práctica experimental propicia el descubrimiento y la problematización?
				2.1.3	¿La propuesta experimental es de carácter demostrativa, verificativa o, por el contrario, permite que el estudiante se cuestione y sugiera?

			2.1.4	¿Qué elementos se utilizan para desarrollar la práctica experimental?
--	--	--	-------	---

Durante la observación, y conforme los objetivos del proyecto de investigación, se procuró registrar de modo exacto los acontecimientos con la intención de ofrecer una descripción relativamente precisa para el posterior análisis y el informe final. En palabras de Stake (1999), para el registro de datos en la observación no participante el investigador “...*deja que la ocasión cuente su historia, la situación, el problema, la resolución o la irresolución del problema*” (p.58).

Para el registro y toma de datos en cada una de las observaciones, se realizaron videos, grabaciones de audio y notas de campo.

6.4.3. Revisión Documental

El objetivo que se plantea en la revisión documental desde la investigación cualitativa, particularmente desde el estudio de casos, es la obtención de información retrospectiva acerca de un determinado hecho; en otras palabras, se debe buscar la depuración conceptual de las categorías que van aflorando al realizar el análisis de la información generada y recogida en el transcurso de la investigación. Cabe señalar, de acuerdo con Mejía (citado por Quintana & Montgomery, 2006) que “...*a diferencia de la Investigación “Cuantitativa” en las alternativas de Investigación Cualitativa el investigador requiere adoptar un pensamiento orientado más hacia el descubrimiento que hacia la comprobación*” (p.9). Esto quiere decir, que la revisión documental es el medio por el cual se le da soporte teórico y conceptual a las categorías de análisis que surgieron durante el estudio, y no para crear categorías previas a dicho proceso de investigación (Quintana & Montgomery, 2006).

El proceso de revisión documental que se adelantó en esta investigación permitió desarrollar una caracterización histórica sobre las prácticas experimentales en las ciencias naturales, del mismo modo, se caracterizó la práctica experimental en la biología. Todos los elementos recogidos en la búsqueda y caracterización bibliográfica sobre el experimento permitieron relacionar y contrastar dichas prácticas con lo que se desarrolla en el escenario escolar. Finalmente, toda la revisión bibliográfica se convirtió en un insumo indispensable para los análisis que se desarrollan más adelante.

En esta instancia, vale la pena aclarar que la revisión bibliográfica desarrollada no pretende llegar a constituirse en un marco único y cerrado de interpretación.

En la siguiente tabla se presenta la información de los instrumentos y los sujetos a quienes fueron aplicados.

Tabla 7. *Instrumentos y número de personas a quienes fueron aplicados*

INSTRUMENTO	ESTUDIOS DE CASO		
	LICENCIADOS EN BIOLOGÍA DEL I.E.D. SAN JOSÉ SUR ORIENTAL	LICENCIADOS EN BIOLOGÍA DEL I.E.D. GUILLERMO LEÓN VALENCIA	LICENCIADOS EN BIOLOGÍA DEL I.E.D. VILLA RICA SEDE A
Primera sesión en la entrevista a profundidad	3	2	2
Segunda sesión en la entrevista a profundidad	3	2	2
Observación no participante	1	0	1

Revisión Documental	Sí	Sí	Sí
---------------------	----	----	----

6.5. Estrategias para la sistematización e interpretación de resultados

Para el estudio de la información obtenida se llevó a cabo análisis de contenido y triangulación de los instrumentos aplicados.

En esta parte de la investigación fue sumamente importante como antecedente metodológico para la fase de análisis de resultados en una investigación cualitativa de estudio de casos, el trabajo de Trujillo (2015). Si bien es una investigación de carácter diferente, en cuanto a tema y objetivos, la estructuración metodológica que presenta sirvió como mapa y directriz para la culminación y desarrollo del presente trabajo.

6.5.1. Análisis de contenido

De acuerdo con los instrumentos aplicados para la recolección de datos (entrevista, observación no participante y revisión documental), se estima que lo más adecuado, y conforme con Krippendorff (citado por Trujillo, 2015), es desarrollar la sistematización, análisis y discusión desde las directrices propias del análisis de contenido. Para tal efecto, se debe “...formular a partir de determinados datos, inferencias reproducibles que puedan aplicarse a un contexto” (Krippendorff citado por Trujillo, 2015, p.50). Otro aspecto de importancia en el análisis de contenido es establecer una estructura conceptual, o conjunto de conceptos interrelacionados, que guíen el análisis o evaluación (crítica) de los datos obtenidos durante el proceso de aplicación de instrumentos (Krippendorff, 1980 y López, 2010).

Etapas para el análisis de contenido

Categorización

De acuerdo con López (2010) las categorías son los “*casilleros*” entre los que se distribuyen, clasifican y agrupan las unidades de información registradas durante la implementación de los instrumentos. Estas categorías dentro de la investigación cualitativa se pueden desarrollar “*a priori*” o “*previamente*” al análisis de la información (como es el caso de esta investigación. Ver tablas 1,2 y 3), teniendo en cuenta que, como elemento determinante, exista congruencia entre éstas, la problemática y los objetivos de la investigación (López, 2010).

Es de resaltar que las categorías “*a priori*” de análisis propuestas en esta investigación, surgen de un proceso de reflexión, revisión de antecedentes e implementación de instrumentos. Por lo tanto, el material obtenido durante la revisión documental se convierte en elemento de sostén teórico, conceptual y contraste, mas no en la piedra angular para diseñar nuevas categorías de análisis. En tal sentido, en este trabajo de investigación se intenta guardar congruencia con lo expuesto por Mejía (citado por Quintana & Montgomery, 2006) cuando se argumenta que la investigación cualitativa debe ser un proceso de descubrimiento y no de comprobación teórica.

Preparación de unidades de información o de registro

Las unidades de registro son aquellos datos obtenidos durante la aplicación de los instrumentos de investigación, bien sea durante las entrevistas o la observación no participante, que se consideran relevantes para ser analizados (López, 2010). En otras palabras, “...*la unidad de registro es la mínima porción del contenido que el investigador aísla y separa por aparecer allí uno de los símbolos, palabras clave, slongans, o temas que el investigador considera significativos*” (López, 2010, p.376).

Para este trabajo las unidades de registro son segmentos textuales producto de las entrevistas y observaciones no participantes hechas a cada uno de los estudios de caso. Quintana & Montgomery (2006) llaman a estos datos “Códigos vivos”, dado que en ellos se emplean expresiones precisas de los sujetos estudio de caso. Estos datos deben ser organizados y codificados; es decir, a cada uno se le debe asignar un código o un símbolo con la intención de clasificarlos de acuerdo a sus características (Porta & Silva citados por Trujillo, 2015).

Trujillo (2015) describe la metodología para la codificación de los datos o “Códigos vivos” en una investigación cualitativa de tipo estudio de caso, donde señala que: “...en paréntesis se otorga un código que consta en primer lugar del seudónimo (para cada uno de los casos)..., seguido del instrumento sistematizado, y finalizando con un número secuencial” (p.51).

En la siguiente tabla se presentan los códigos utilizados en las unidades de información con sus respectivos significados.

Tabla 8. Códigos y sus significados en las unidades de información

CÓDIGO	SIGNIFICADO
SUJETOS ESTUDIO DE CASO	
Sofía	Licenciados en biología del I.E.D. San José Sur Oriental
Laura	
Marcos	
Sandra	Licenciados en Biología del I.E.D. Villa Rica sede A
Andrés	
Milena	Licenciado en Biología del I.E.D. Guillermo León Valencia
José	
INSTRUMENTOS	

EI	Entrevista Inicial en profundidad con los estudios de caso
EF	Entrevista Final en profundidad con los estudios de caso
ONP	Observación no participante
DI	Documento Institucional, Revisión documental

Proposiciones

Porta & Silva (citados por Trujillo, 2015) comentan que la proposición es el ejercicio posterior a la agrupación de datos o unidades de información en las categorías de análisis preestablecidas, de modo que, luego de la lectura y la relectura de datos, se puedan hacer inferencias y descripciones coherentes para el análisis. Este ejercicio es útil en el momento que se realiza la síntesis y selección de resultados relevantes para el análisis y discusión (Porta & Silva citados por Trujillo, 2015).

Glaser, Strauss & Sandoval (citados por Quintana & Montgomery, 2006) También comentan (al respecto de las proposiciones), que se debe hacer una relación entre los elementos obtenidos durante la revisión bibliográfica y los planteamientos “*códigos vivos*” de los estudios de caso.

El momento del análisis

Una vez desarrolladas las etapas anteriores, unidades de registro y proposiciones, se procede a efectuar el análisis e interpretación de los resultados; el propósito es entender las relaciones encontradas entre las categorías establecidas, los datos obtenidos y el marco teórico (Martínez, 2006).

En cuanto a la presentación de los resultados para cada uno de los estudios de caso, fue necesario organizar los datos en matrices, procurando presentar correctamente, y de la mejor manera, cada una de las categorías, las unidades de información y registro y, las proposiciones.

Vale la pena señalar que, para desarrollar el análisis de resultados, se presentaron los datos recogidos de cada estudio de caso en forma de narración, procurando establecer las comparaciones pertinentes con el marco teórico. Finalmente se presenta una generalización de los resultados para los tres casos.

6.6.Triangulación

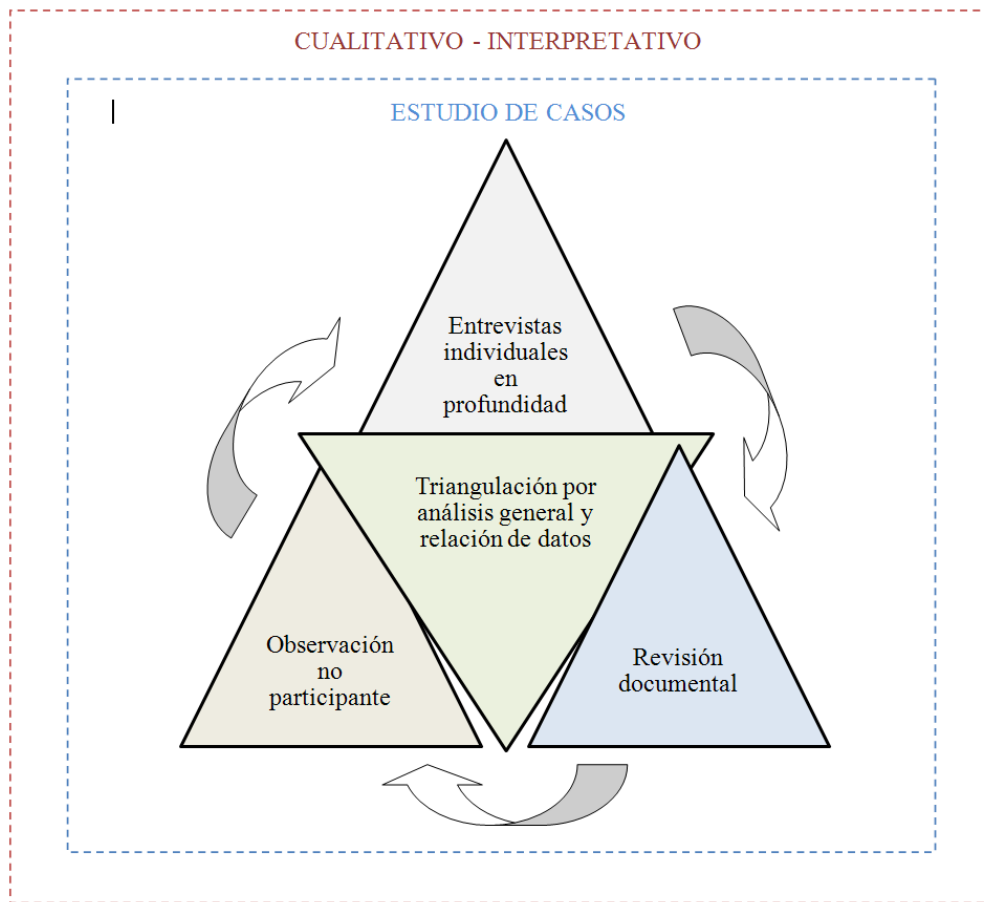
Según Stake (1999), Sandoval (1996) y López (2010) toda investigación que se desarrolle desde el estudio de caso debe realizar una triangulación que permita reforzar el conocimiento adquirido y verificar la validez de los resultados. Además, la triangulación es un medio eficaz para fortalecer la calidad en los análisis de la información y los resultados obtenidos (Stake, 1999).

Cuando se habla de triangulación no se encuentra consenso sobre el método a emplear; sin embargo, Amezcua & Gálvez (2002) comentan que este ejercicio consiste en “...utilizar diferentes estrategias para estudiar el mismo problema: diferentes técnicas para obtener los mismos datos, diferentes sujetos para responder la misma pregunta, diferentes investigadores para un mismo análisis, o diferentes teorías para explicar un mismo fenómeno” (p.433).

Para efecto de esta investigación, y teniendo en cuenta que en su desarrollo se utilizaron diferentes instrumentos, la triangulación se implementará entrecruzando los datos obtenidos con los diferentes instrumentos utilizados (entrevistas, observaciones no participantes y revisión documental). Igualmente, y de acuerdo con Trujillo (2015), la triangulación permite identificar particularidades y generalidades entre los casos de estudio; por eso es conveniente, para este

trabajo, realizar una matriz general en la que se relacionen los datos obtenidos. En la siguiente gráfica se presentan las relaciones entre los diferentes instrumentos de investigación para el diseño de la triangulación.

Figura No. 1. *Triangulación: Interacción entre los métodos de recolección y análisis de información.*



6.7. Momentos y fases del trabajo de grado

Esta investigación se desarrolló en tres fases, cada una con sus respectivas y diferenciadas etapas de trabajo. Dentro de las principales fases, y que se detallarán íntegramente a continuación, Yin

(1984) y Stake (1998) reconocen como las más importantes en una investigación de tipo estudio de caso, las siguientes: 1. Fase Pre-activa, 2. Fase Interactiva y, 3. Fase Post-activa.

6.7.1. Primero, Fase Pre-activa

En esta primera fase, comenta Yin (1984), se debe plantear la pregunta de investigación enmarcada en fundamentos epistemológicos, de donde se van a definir, más adelante, las unidades de análisis; se deben construir los objetivos pretendidos, sin olvidar que estos pueden cambiar conforme avanza la investigación; es importante organizar la información de que se dispone, con la intención de adelantar, en el momento de los análisis, una relación entre la unidades empíricas y los constructos teóricos; se deben establecer los criterios de selección de los casos, determinar los recursos y las técnicas que se han de necesitar y, además, empezar a establecer una temporización aproximada.

Atendiendo a los anteriores planteamientos propuestos por Yin (1989), se decidió organizar esta primera fase en tres etapas de trabajo:

Etapa I. Formulación: Esta etapa fue el punto de partida de la investigación, de donde se consideró y delimitó el problema, los objetivos y los antecedentes de la situación de estudio.

Etapa II. Exploración de la literatura: Después de tener el problema de investigación delimitado, junto con los objetivos, se llevó a cabo la conceptualización de los ejes temáticos con los cuales se complementarán las categorías y sub-categorías de análisis. Es importante tener en cuenta que, en esta investigación que se ajusta al enfoque cualitativo, la búsqueda de referentes teóricos y conceptuales se desarrolla paralelamente al proceso de recolección de datos y a los análisis preliminares. En ese sentido, para este trabajo fue fundamental adelantar una revisión

sostenida y flexible de literatura relacionada con el tema de investigación durante todo su desarrollo.

Etapas III. Elaboración de los Instrumentos para la recolección de datos: En esta etapa de la investigación, y teniendo en cuenta su temática central, se establecieron los diferentes instrumentos para la recolección de información, éstos corresponden a: dos entrevistas en profundidad, observación no participante y revisión documental. Cabe señalar que los instrumentos utilizados en esta investigación fueron validados por dos expertos, quienes se desempeñan como profesores e investigadores en el Departamento de Biología de la Universidad Pedagógica Nacional. A estas dos personas se les dirigió una carta con la solicitud para participar en la revisión de dichos instrumentos donde, además, se les comenta el tema de la investigación (ver Anexo 4). Para la validación de los instrumentos de investigación se utilizó y modificó, de acuerdo a los requerimientos de este trabajo, una matriz de evaluación propuesta por Corral (2009) (ver Anexo 5).

6.7.2. Segundo, Fase interactiva

Esta fase corresponde al trabajo de campo (visita a las Instituciones Educativas, contacto con los estudios de caso y solicitudes de permiso) y a los procedimientos y ejecución del estudio. Para el desarrollo de esta fase, y como es sabido, se utilizaron diferentes técnicas cualitativas: toma de contacto y negociación de tiempos con los estudios de caso, entrevistas, observación no participante y evidencias documentales. En esta fase es fundamental el proceso de triangulación para poder contrastar los datos obtenidos desde diferentes fuentes.

Esta fase de desarrolla en tres etapas a saber:

Etapa IV. Recolección de la información: Luego de tener los instrumentos de investigación validados mediante juicio de expertos, se procede al trabajo de campo. Durante esta etapa se trabajó en contacto con la realidad o realidades de los objeto estudio de caso.

Etapa V. Sistematización de la información recolectada: Durante esta etapa en la investigación se realizó la sistematización de la información mediante la previa organización de datos en una matriz por cada estudio de caso, se extrajeron las unidades de información agrupándolas posteriormente en las categorías preestablecidas y, finalmente, se desarrolló un análisis.

Etapa VI. Resultados y discusión: Después de hecha la sistematización de la información, mediante un análisis de contenido y triangulación, se realizó la discusión de los resultados. En este momento durante la investigación fue muy importante relacionar cada unidad de análisis con los referentes teóricos y conceptuales que se desarrollaron durante el trabajo. En esta etapa, también se realizaron las conclusiones.

6.7.3. Tercero, Fase post-activa

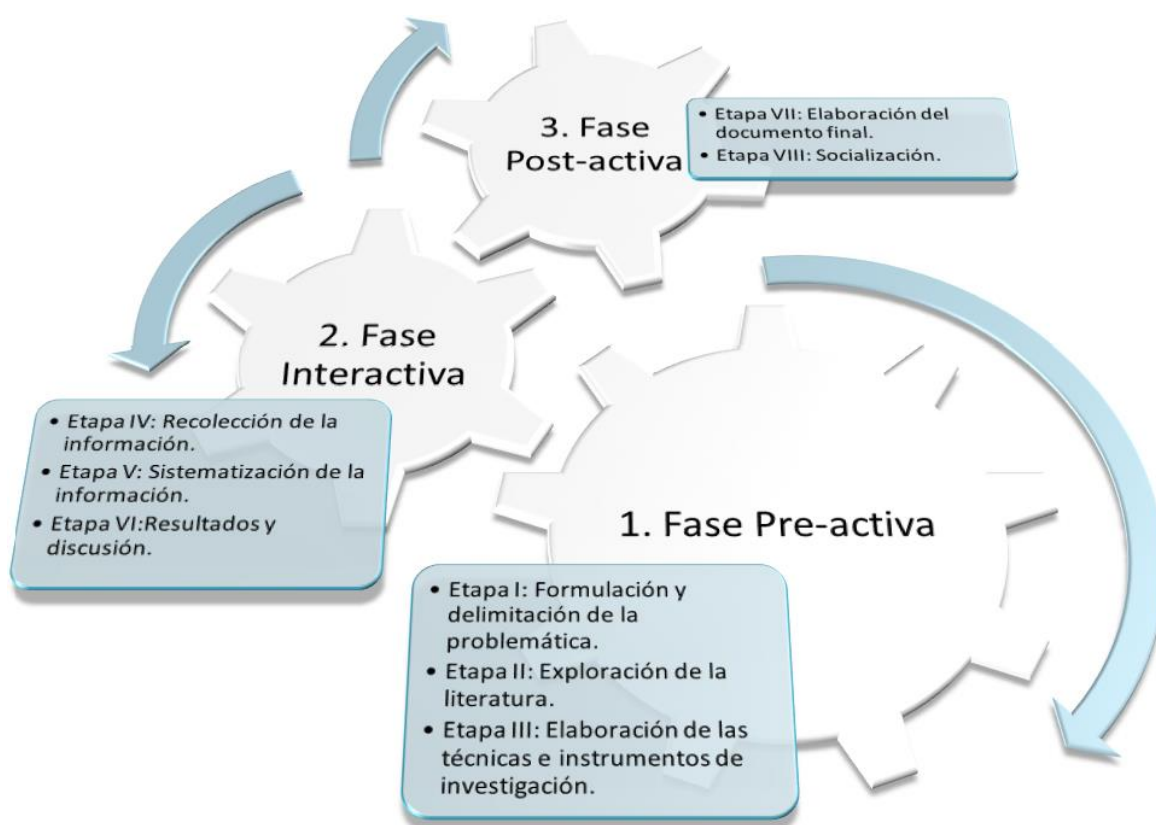
Esta tercera y última fase, se refiere a la elaboración y socialización del informe final, en donde se detallan las reflexiones críticas sobre el problema de investigación y los casos de estudio; al igual, se presentan las conclusiones y sugerencias para posibles futuras investigaciones en el tema.

Para el desarrollo de esta fase se emplearon dos etapas:

Etapa VII. Elaboración del documento final: En esta etapa se desarrolla el documento final que recoge todos los elementos centrales de la investigación y se prepara la socialización.

Etapa VIII. Socialización: Por último, se adelantó una socialización de los resultados de la investigación ante el grupo de Investigación Biodidáctica y Recursos Educativos, con la finalidad de recoger sugerencias y aportes de estudiantes y maestros para la entrega final del trabajo.

Figura No. 2. Fases y etapas en el desarrollo de la investigación



7. MARCO TEÓRICO

7.1. Propósitos y estructura de este capítulo

El marco teórico para esta investigación se encuentra estructurado en tres grandes apartados:

El primero de ellos, corresponde a una reconstrucción histórica y epistemológica sobre el papel que ha tenido la experimentación en la construcción de conocimiento científico; resaltando, particularmente, los diferentes periodos por los que ha pasado la ciencia, los paradigmas que los ha caracterizado, y el lugar que, dentro de dichos momentos históricos, han ocupado las prácticas experimentales. En este trabajo de caracterización histórico, sobre las prácticas experimentales en las ciencias naturales, se establece una relación con la didáctica de las ciencias y su enseñanza.

En el segundo apartado del marco teórico en esta investigación, se desarrolla una caracterización sobre las prácticas experimentales en la biología; presentado, con rigurosidad y detalle, diferentes ejemplos de importancia sobre dicha actividad en el transcurso de la historia de la ciencia de lo viviente. Es de resaltar que, para la constitución de este apartado, fue sumamente importante rastrear por medio de diferentes autores las circunstancias que particularizan y diferencian dicha práctica en la biología.

Finalmente, el tercer apartado en este capítulo corresponde a una reconstrucción teórica y conceptual sobre el experimento para enseñanza de las ciencias naturales; diferenciando, a grosso modo, las perspectivas tradicionales de las perspectivas contemporáneas en relación a las prácticas experimentales para la enseñanza de las ciencias naturales. También, se presentan en este apartado los objetivos del trabajo experimental en la enseñanza y las posibles alternativas en

la experimentación científica aplicables al escenario escolar: como es el caso de la experimentación mental.

Ahora, cada uno de los apartados que constituyen el marco teórico de este trabajo presentan un propósito fundamental en la investigación; por ejemplo, las dos primeras partes tienen por objeto brindar elementos teóricos y conceptuales que permitan desarrollar un análisis sobre el pensamiento epistemológico que orienta las prácticas experimentales propuestas por cada uno de los sujetos estudio de caso. Además, esta construcción teórica y conceptual es un recurso que permite acercarse y, posiblemente, entender la relación que establece el maestro con respecto al saber que enseña.

La finalidad de la tercera y última parte del marco teórico, se basa en la contrastación y análisis entre lo que caracteriza la experimentación en la enseñanza de las ciencias naturales, desde posturas epistemológicas contemporáneas y coherentes con el pensamiento científico, y lo que cada sujeto estudio de caso pone en práctica a la hora de enseñar ciencias naturales. Otro aspecto fundamental que posibilita este recurso conceptual y teórico corresponde a la identificación, en el trabajo de campo (observación no participante), de los supuestos teóricos básicos que orientan las prácticas en el aula.

7.2. Filosofía, historia y enseñanza de las ciencias

Generalmente a las ciencias naturales se le consideran como un campo multidisciplinar de carácter experimental (Malagón, Ayala & Sandoval, 2011); Sin embargo, respecto a esto se presentan numerosas discrepancias, tanto en los diferentes espacios académicos como en la comunidad en general. El carácter experimental que se le suele otorgar a las ciencias naturales está definido por la forma en que se asume el papel de la experimentación en el desarrollo de la

actividad científica y su relación con la construcción de conocimiento. Por esto, se hace importante realizar un rastreo histórico sobre los elementos que han sido un determinante a la hora de caracterizar el experimento en relación a las ciencias y su actividad.

Durante la historia, filósofos y didactas de las ciencias han determinado diferentes maneras de interpretar el papel de la experimentación en relación con la actividad científica. En ese sentido, es frecuente encontrar tres perspectivas de caracterización: Por una parte, se suele interpretar al experimento como la base exclusiva a partir de la cual se alcanzan las teorías y, por consiguiente, como el único modo de construir conocimiento; por otro lado, están quienes asumen al experimento como el típico elemento de validación o contrastación entre teorías, convirtiéndolo, de ese modo, en un recurso subsidiario a la teoría y; finalmente, se encuentran quienes conciben al experimento junto con la teoría, como dos recursos indispensables, dinámicos, y en muchos casos indisociables, con los que se construye conocimiento científico (Romero & Aguilar, 2013).

Entretanto que la primera de estas perspectivas, sustentada en el positivismo lógico, afirma que el conocimiento se obtiene mediante el método inductivo de la experiencia; la segunda, estima al experimento como el típico mediador en las construcciones teóricas al basarse en el procedimiento verificador o falsacionista desarrollado por Popper (Romero & Aguilar, 2013). La tercera perspectiva, siendo la más reciente, concibe la experimentación y la teoría como dos elementos inseparables y, en cuanto a las metodologías de investigación, no estima a ninguno dentro de una posición jerárquica privilegiada; los que se suscriben dentro de esta última perspectiva se hacen llamar constructivistas.

Ahora bien, la mejor manera de entender el proceso de caracterización del experimento desde las ciencias y su implicación en la didáctica, es desarrollar una reconstrucción histórica sobre los

momentos y los personajes relevantes en la actividad científica. De esta manera, se busca rescatar el aporte de la filosofía de las ciencias en torno al debate teoría - práctica, destacando la influencia del experimento en la enseñanza de las ciencias.

7.3.Filosofía de las Ciencias y Didáctica de las Ciencias

En la actualidad es evidente la importancia de reconocer la historia y la filosofía de las ciencias como un aporte significativo en el campo de la Didáctica de las ciencias. Las reflexiones que orientan la filosofía de las ciencias en cuanto a su naturaleza y a la actividad científica, se desarrollan en diferentes corrientes de pensamiento que la definen y que inciden en su proceso de enseñanza (García, 2011 y Romero & Aguilar, 2013). Muchos profesionales del área de las ciencias, incluyendo los que se preguntan sobre su dinámica social (Antropólogos e historiadores) y ciertamente didácticas de las ciencias, indagan sobre la naturaleza de la actividad científica; examinando sus fundamentos, el proceso histórico de su construcción como componente social y sobre el conocimiento científico como tal (García, 2011).

El indagar sobre la naturaleza de las ciencias involucra diferentes preguntas relacionadas con: ¿cómo se considera el conocimiento científico?, ¿cómo es el proceso de construcción de conocimiento?, ¿cuál es la concepción de ciencia que hay en la actualidad?, ¿qué papel metodológico juega el experimento como elemento que asiste en la construcción de conocimiento? y ¿es el experimento un medio para verificar, confirmar, contrastar o falsar hipótesis científicas? (Quesada, 2006). Estos interrogantes desarrollados durante mucho tiempo han sido los elementos que fundamentan diferentes enfoques filosóficos encargados del estudio de la ciencia y su actividad. La intencionalidad de dichas preguntas consiste en entender mejor la

naturaleza de las ciencias, otorgándole un sentido social y un carácter multidisciplinario (Barahona, Suárez & Martínez, 2001)

Los diferentes enfoques filosóficos que se desarrollan para el estudio de la ciencia son reconocidos en la investigación de la didáctica como aspectos valiosos en la construcción y organización de explicaciones; todos éstos son elementos que permiten entender la naturaleza de las ciencias (Estany & García, 2010). Para el caso del presente trabajo de grado, se hace fundamental reflexionar sobre algunas de estas posturas filosóficas.

Desde la perspectiva de Lakatos (1987) se pueden reconocer dos grandes campos en el estudio de la naturaleza de las ciencias; una filosofía clásica de la ciencia y una filosofía historicista³ de la ciencia; la primera, que hace referencia a la herencia del Círculo de Viena, está basada en teorías como un conjunto de enunciados que debían ser teóricos y observacionales. La idea era considerar todo fenómeno accesible por medio de los sentidos, de modo que la observación empírica llevaba de forma objetiva a enunciados observacionales verdaderos. La tesis fundamental de esta tendencia consiste en utilizar la lógica como herramienta precisa para entender la ciencia y el conocimiento en general. Esta escuela es conocida bajo el nombre de Positivismo lógico (Lorenzano, 2012). En esta concepción tradicional de la ciencia el experimento juega un papel primordial como medio inductivo por medio del cual se podía construir conocimiento; otro uso que se le dio al experimento dentro de esta tendencia, fue el de juez o mediador en la confirmación de hipótesis científicas (Quesada, 2006).

La segunda perspectiva científica toma como eje central para su desarrollo la famosa obra de Kuhn, *La estructura de las revoluciones científicas*, de 1962. Según esta concepción, la ciencia

³ De esta perspectiva surge en la actualidad la tendencia llamada constructivista.

se desarrolla en periodos “*normales*” y “*revolucionarios*” (Kuhn, 1971). Desde esta perspectiva se nos dice que, generalmente, los científicos hacen ciencia en periodos “*normales*” cuando tienen dentro de su comunidad un mismo paradigma que los orienta, al igual que creencias y técnicas experimentales. Pero en algunos momentos la comunidad científica entra en crisis abandonando sus paradigmas orientadores, adoptando otros diferentes, en este momento se entra en los periodos “*revolucionarios*” (Barragán, 2008). En otras palabras, los científicos perciben que algo anda “*mal*” en la ciencia respectiva, una anomalía; ésta se evidencia en la pugna que se da entre escuelas filosóficas que no se ponen de acuerdo en las maneras de ver y pensar científicas (Briones, 1988). Ésta crisis, es una especie de termómetro que indica que la “*ciencia normal*” debe ponerse entre dicho, abogando por una nueva manera de resolver enigmas, un nuevo paradigma (Barragán, 2008).

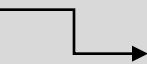
También, vale la pena señalar que el autor de *La estructura de las revoluciones científicas* introdujo nuevas categorías de análisis para la lectura historiográfica de las ciencias, permitiendo examinar aspectos contextuales e intervinientes en su devenir (Gallegos, 2014). Esto quiere decir, que se ha advertido sobre las prácticas reales de los científicos, contemplando su marco de relaciones sociales, políticas y económicas. Consecuentemente, también se resaltan aquellos elementos que en sí configuran la actividad científica: los experimentos, los instrumentos, las reglas, los métodos, las habilidades y las creencias de los científicos, aludiendo a su protagonismo en la construcción del conocimiento. Otro componente que se agregó a la nueva visión de la ciencias fue el de su condición cultural y la importancia de un aparato ideológico y social en su progreso (Quesada, 2006).

Para el desarrollo del presente trabajo de grado se hace elemental reconocer diferentes aspectos relacionados con la actividad científica y el estudio de su naturaleza, para lo cual, se mostrará la

tesis definida por el positivismo y su influencia en la enseñanza de las ciencias, luego se presentaran las propuestas de la filosofía historicista y sus aportes a la didáctica de las ciencias, sin desconocer u olvidar el papel que siempre tuvo y ha tenido el experimento para la construcción del saber.

Los periodos en tiempo (Tabla No.9) sobre la evolución de las ciencias y su filosofía, se podría leer de la siguiente manera: Una época clásica de la Filosofía Moderna, desde Descartes hasta Hume, es decir, de 1630 a 1780. En esta etapa la razón moderna intento dar un fundamento a la posibilidad de saber, un fundamento en el hacer social de las ciencias, se trataba de dar una descripción racional de las posibilidades del conocimiento. El segundo gran momento de las ciencias es el llamado “*Idealismo alemán*” (Pérez, 1998) que es un ciclo filosófico que comprende desde Kant hasta Hegel, es decir, desde 1780 hasta 1830. Las tendencias fuertes de este periodo se caracterizan por el Método Hipotético Deductivo y el falsacionismo de Popper. Nuestro tercer momento, parte desde 1960 en adelante, con uno de sus máximos exponentes Feyerabend, quien nos manifiesta que no es cierta la existencia de un solo método científico, como tampoco es posible establecer demarcaciones, y que la ciencia no puede ser una forma de conocimiento superior a otras formas de conocimiento (Pérez, 1998).

Tabla 9. *Periodos en la Filosofía de las Ciencias. Tomado y adaptado de Pérez (1998, p.2)*

	FILOSOFÍA CLÁSICA DE LAS CIENCIAS	FILOSOFÍA HISTORICISTA DE LAS CIENCIAS
Filosofía Clásica Descartes-Hume 1630-1780	Inductivismo (Positivistas) Empirismo Lógico (Cir. De Viena)	T. Kuhn (Teoría de los Paradigmas)

	Argumento Histórico	Imre Lakatos (Teoría de programas de Investigación)
Idealismo Alemán Kant-Hegel 1780-1830	Convencionalismo (Mét. Hipotético Dedu.) 1830-1860 1880-1820	Falsacionismo (Karl Popper) 1920-1960
La posibilidad de la ciencia como problema.	Práctica científica (histórica) ----- Modelo de ciencia (Lógica)	Modelo de Racional de la práctica (Lógica Histórica) Práctica científica real (Historia)

7.3.1. La Naturaleza Positiva de la Ciencia

La corriente filosófica del positivismo científico se desarrolla a finales del siglo XIX como fundamento para la consolidación de la mecánica de Newton como única y verdadera forma de explicar la naturaleza, y el método inductivo como propuesta universal para la investigación (Pérez, 1998) La propuesta de Newton tuvo un éxito e impacto social en Inglaterra como forma de racionalidad, promoviendo en las diferentes comunidades de científicos y filósofos la máxima de fundamentar, defender e imponer el conocimiento científico como la única expresión de la racionalidad del hombre (Duhem, citado por García, 2011).

Entre los elementos que ayudaron a mover la metodología inductiva hasta llegar el positivismo, encontramos el “*hecho positivo*”, desarrollado por el Circulo de Viena en la década de los 20 y los 30. (García, 2011).

7.3.2. Hecho Positivo

Las corrientes filosóficas del siglo XX reconocen el papel independiente de la naturaleza, de carácter objetivo, aludiendo a que un hecho es un fenómeno de la naturaleza que ocurre

independientemente de si existe un observador. En estos postulados, se parte del principio de que la verdad está implícita en los hechos, por lo tanto la función esencial de la práctica científica radica en comprobar y determinar estos hechos (Cerdeña, 1995). Esto quiere decir que los hechos se presentan en la naturaleza y pueden estar a disposición del observador, para que este los recoja y los organice. Desde la perspectiva positivista de las ciencias, la única manera de entender el mundo es observándolo y experimentando por medio de hechos (Artigas, 2009). Para el caso del experimento, se considera que:

El científico procuró aislar, mediante el experimento, determinadas partes del proceso natural, observarlas objetivamente y comprender su regularidad hasta obtener “leyes” de validez incondicionada en todo el universo. La mejor representación de esta imagen es la mecánica clásica, particularmente la obra de Newton y Boyle. (Heisenberg, citado por García, 2011, p.51)

A este respecto Shapin (1996) analiza las controversias suscitadas con el desarrollo de la máquina neumática de Boyle, considerando que los hechos científicos sobre los cuales construimos nuestras evidencias del mundo natural tienen una historia social de construcción, que responde a un producto de la comunicación y a las formas de validación colectiva.

7.3.3. Hecho Positivo desde el análisis historicista

Aquí podríamos interpretar, como lo hizo Ferreirós & Ordóñez (2002) que la actividad científica es superficial si se aparta de su dimensión experimental. Efectivamente, la mayoría de las teorías científicas estuvieron cargadas de experimentación. Ahora, podríamos intuir que para construir esas teorías no hubo que observar sino que experimentar. Sería sesgado interpretar los desarrollos científicos en términos de “hechos de observación” (Ferreirós & Ordóñez, 2002).

La imagen de la naturaleza no solo se debe precisar y describir por la acción del científico, sino que debe involucrar diferentes ámbitos sociales. Es así, que se debe entender que la ciencia es una actividad social, donde se presentan altos grados de alteraciones en sus fundamentos debido a su incidencia en varios campos de la vida (García, 2011). Esto quiere decir, que los hechos y los valores, la ciencia y la política, la naturaleza y la cultura participan en la fabricación de toda la realidad (Latour & Woolgar, 1995). De manera que se debe considerar su proceso de construcción aludiendo a su cualidad histórica y social, donde también se reconoce el papel del experimento como medio para la formación de diferentes hipótesis

Las investigaciones que se han realizado desde la didáctica de las ciencias muestran que la enseñanza de la ciencia está cargada de hechos positivos. Siendo frecuente que se asumen conceptos como hechos indiscutibles. De manera que, con mucha frecuencia, se alude a las ideas previas de los estudiantes como carentes de sentido en un mundo que ya está organizado, restándole valor a los aspectos culturales o ínter-subjetivos (García, 2011). Respecto a lo anterior, se hace necesario llevar al aula de clase elementos que permitan el desarrollo de una mentalidad consciente de la vastedad del mundo natural, aludiendo a la importancia de un carácter indagador.

7.3.4. El Pensamiento Inductivo

El precursor de la inducción como forma metodológica fue Bacon (en Sánchez, 2003) con la publicación del "*Novum Organum*". Este autor pone de manifiesto las limitaciones que se desprenden de la simple especulación y de una concepción de teoría que se conciba primordialmente como contemplación. Para Bacon, en la actividad científica, teoría y práctica se ponen en relación a través del método experimental inductivo (Sánchez, 2003), entendiendo por

inducción “...un tipo de inferencia que permite, a partir del conocimiento de un conjunto de fenómenos, afirmar la existencia de su causa, prescindiendo de cualquier tipo de interpretación” (p.220).

La inducción consiste en la observación de un hecho muchas veces y si es posible su posterior reproducción en condiciones controladas, para luego establecer alguna generalidad (García, 2011). Entonces, por medio de la experiencia sensorial y de procesos inductivos, “*la percepción sensorial se transforma en memoria, la memoria en experiencia, y lo que se va logrando a cada paso es captar y estabilizar lo universal*” (Martínez, 1997, p.81). De esta forma, la metodología empleada por el pensamiento inductivo, construye premisas particulares y luego conclusiones generales que se conciben como verdades universales.

Según Bacon citado por Dávila (2006), el investigador tenía que construir conclusiones generales basándose en hechos recopilados mediante la observación directa, También aconsejaba observar a la naturaleza concisamente, desechando los prejuicios e ideas preconcebidas que él denominada ídolos. Para Bacon, la obtención de conocimiento es imprescindible de la observación de la naturaleza para la obtención de datos particulares y hacer generalizaciones a partir de ello (Dávila, 2006).

El método inductivo se conoce como experimental y sus pasos son: a) Observación, b) Formulación de hipótesis, c) Verificación, d) Tesis, e) Ley y f) Teoría. La teoría de la falseación funciona con el método inductivo, por lo que las conclusiones inductivas sólo pueden ser absolutas cuando el grupo a que se refieran sea pequeño. (Dávila, 2006, p.187)

Ahora bien, otros autores como Sotillo (2010) sostienen que no existe un criterio unánime a la hora de determinar qué se quiere decir cuando se habla de razonamiento inductivo, pero, desde

una perspectiva amplia, se consideran procesos inductivos a todos aquellos procesos de inferencia que amplían el conocimiento con incertidumbre (conclusiones posibles pero no necesariamente correctas).

Un razonamiento inductivo implica un proceso de generalización desde experiencias concretas a partir de las cuales se generan o derivan conclusiones posibles, plausibles o probables aunque no necesarias desde la lógica (Sotillo, 2010).

7.3.5. El Papel Demostrativo del Experimento

La verificación es un problema que está ligado al de la predicción de las teorías. En un principio, verificar era poder constatar los enunciados en su sentido lógico, se creía en la posibilidad de una verificación concluyente de los enunciados científicos a partir de proposiciones elementales (Echeverría, 2003). Ahora, para la filosofía tradicional de las ciencias, que tiene su saber enmarcado desde el Círculo de Viena, lo esencial era poder predecir con exactitud los fenómenos físicos y naturales. La influencia del Círculo de Viena llevó a generaciones posteriores de filósofos de la ciencia a considerar la verificabilidad experimental de sus predicciones como forma radicalmente distinta de otros tipos de saber humano (Echeverría, 2003).

Para el caso en que dos teorías en igualdad de condiciones tuvieran que solucionar sus diferencias, eso se haría a través de las verificaciones experimentales. Algunos de ellos eran denominados “*experimentos cruciales*” por su protagonismo en la contienda. Este tipo de experimentos o aquellos que predicen comportamientos futuros (como en astronomía) fueron considerados como la máxima prueba a la que puede ser sometida una teoría. En términos de Popper, falsar una teoría era sencillamente someterla a la prueba experimental. (García, 2011).

El legado más representativo del positivismo y el empirismo lógico que haya influido marcadamente en la enseñanza de las ciencias es el papel del experimento como comprobador o verificador de teorías (García, 2011). Usualmente en las ciencias se enseñan conceptos, teorías y leyes desde un lenguaje técnico con una demostración experimental.

los procedimientos de verificación no son tan inocuos como se supuso en el Circulo de Viena, ya que sucede con frecuencia que los aparatos de observación y de medición presuponen en su propia construcción algunas otras teorías científicas e incluso la teoría misma que se trata de verificar. (Echeverria, 2003, p.28)

Estudios posteriores, demuestran que diferentes filósofos de las ciencias aportaron las bases requeridas para que se empiece a resaltar desde las historia de las ciencias el papel de la experimentación en la actividad científica, contribuyendo a determinar nuevas implicaciones en su enseñanza.

7.4. Aportes de la filosofía historicista de las ciencias

7.4.1. La Naturaleza de la Actividad Científica

En la actividad científica del siglo XIX se desarrollan importantes avances en relación a la Biología, la Química y la Física, particularmente trabajos científicos que iniciaron una nueva forma de explicar los fenómenos naturales. Como producto de estos nuevos estudios surge la teoría electromagnética, la teoría de la relatividad, la mecánica cuántica, la física de probabilidades y la teoría del caos y complejidad, entre otras. Darwin, Wallace y Mendel cambiaron la biología, otorgándole un nuevo sentido a la concepción del origen de lo vivo (Echeverria, 2003).

El reconocimiento de las nuevas teorías científicas, así como la incapacidad de la mecánica para explicar nuevos fenómenos, inició una tendencia hacia el cuestionamiento sobre la validez de la mecánica como teoría universal, a la vez se promovió una revisión profunda de sus bases y fundamentos (Echeverría, 2003 y García, 2011). Esta tendencia provocó la reflexión sobre el carácter universal y objetivo del conocimiento, cuestionar el concepto de verdad, cuestionar la validez del método, el papel del experimento, la existencia ontológica de las leyes y el pensamiento determinista. Un primer paso decisivo en esta transformación fue la noción del hecho científico (García, 2011).

7.4.2. Los Sistemas de Representación

Mucho tiempo atrás, incluso puede hablarse de siglos, hasta nuestros días, el hombre ha buscado diferentes formas de representar el mundo que le rodea, intentando hallar respuesta a innumerables fenómenos propios del mundo natural. Desde algunas expresiones artísticas y concepciones científicas, religiosas y filosóficas, se han deseado usar métodos que permitan “*comprender la naturaleza*”. Incluso el hombre común como el campesino y el obrero poseen la característica de preguntarse en algún momento de la vida sobre el conocimiento y la forma de representar el mundo cotidiano (Najmanovich & Lucano, 2008).

Desde la perspectiva filosófica y científica, se reconocen dos posturas que hacen referencia a la manera en que el hombre concibe la naturaleza. La primera, se basa en el realismo, donde se establece que es en el mundo natural donde se encuentran los principios y leyes elementales para el entendimiento de los diferentes fenómenos, por lo cual, el hombre debe encargarse de descubrir dichas leyes. La segunda, cimentada en la razón, establece que las leyes y principios son construcciones libres del espíritu humano, por lo tanto, la realidad depende del observador y

la noción de mundo que tenga éste (Echeverría, 2003). Aunque las dos posturas se han mantenido por siglos, y son en principio incompatibles, tiene algo en común; representan el mundo.

En relación al conocimiento y a la concepción y representación del mundo real, Heidegger (1986), filósofo realista alemán, nos sugiere que la única manera de representar la realidad es evocando al ente. Esto quiere decir que en la medida que podamos desarrollar estructuras de pensamiento más depuradas, mayor será el grado de acercamiento a lo ente. Cuanto mejor sea la representación (teorías y modelos) más cerca estamos de la verdad de la naturaleza.

Por el contrario, para Kant (1775) la naturaleza de lo ente (teorías y modelos) estaba en la razón. Solo podemos saber acerca de la realidad aquello que nosotros mismos construimos. Para Hegel (1807) la cosa en sí no se puede conocer, únicamente nos podemos acercar a ella y sus cualidades por medio de nuestros sentidos, en tanto el conocimiento se transforma en un instrumento de nuestra actividad. Al ser aplicado el conocimiento como un instrumento a una cosa, éste la moldea y la altera. Y si por el contrario, el conocimiento solo es un instrumento pasivo con el cual nos podemos acercar a la luz de la verdad, tampoco recibiremos la esencia de la cosa en sí, sino tal y como es a través del médium o instrumento.

Es así que, desde esta perspectiva, el conocimiento se transforma en un medio y no en el fin, por lo tanto, se interpreta, nunca tendremos acceso a la realidad como tal. El conocimiento no es una autopista que parte de la ignorancia para arribar al saber. *“El conocimiento por ser una condición humana nos puede llevar a representaciones diferentes, lo cual implica que no existe la verdad única y objetiva, lo que existe es una verdad que se construye, socializa y legitima en*

los contextos propios de las comunidades científicas: contextos culturales” (Toulmin, citado por García, 2011, p.60).

En ese sentido, la representación es vista como un acto del conocimiento humano por medio del cual se le da sentido y significación a aquello en lo que se interactúa. Heidegger (1986) decía que el criterio de validez y autenticidad de una teoría radicaba en la “*certeza de la representación*” que se hace de ella. A lo que se refiere Heidegger como certeza, es la forma en que se modela la teoría, se argumenta, se contrasta y se experimenta; es decir, los mecanismos de representación.

7.5. Caracterización del experimento en Biología

Para desarrollar una caracterización sobre el experimento en biología, que vendría siendo nuestro objetivo, se tendrán en cuenta posturas como las de Hacking (1996) y Bernard (citado por Caponi, 2001) quiénes nos aclaran los elementos necesarios para que un ejercicio sea considerado experimentación dentro de la ciencia de lo viviente. También se expondrán las tesis de Mayr (1998) y Jacob (1973) citados por Caponi (2003), donde se hace la distinción entre dos biología: la funcional y la evolutiva. Algunas personas podrían interpretar las tesis de Mayr y Jacob como un tanto reduccionistas; sin embargo, autores como Castro (2013) las reconocen como un intento por demostrar que la biología no es un todo unificado, añadiendo, además, que estos campos de investigación se entrelazan complejamente y que existen otras maneras de hacer biología.

Particularmente para este trabajo de caracterización sobre la experimentación en biología se reconocerá la vastedad y la complejidad en los estudios e investigaciones biológicas; razón por la cual se hace más factible, para nuestro propósito, hacer una distinción como lo hacen Mayr(1998) y Jacob(1973) entre dos biología: la funcional y la evolutiva. La anterior diferenciación posibilita el trabajo de caracterización del experimento en biología, dado que, de ella, se podrá distinguir entre ambas metodología de trabajo experimental y, además, se desarrollará un trabajo más minucioso en relación a los elementos del experimento con dos objetivos muy distintos y con niveles de complejidad singulares.

Como está expresado anteriormente, para caracterizar la experimentación en biología tenemos que reconocer sus diferentes elementos, cosa indispensable que Hacking en su libro *Representar e intervenir* de 1996 nos expone. Éste autor en su capítulo número nueve *experimento*, empieza

manifestándonos la importancia de intervenir en nuestras observaciones, y se refiere a la metáfora de *“torcerle la cola al león”* (p.177) para ver qué pasa; declarando, además, el provecho que tiene manipular nuestro mundo para aprender sus secretos. También, es claro como Hacking desarrolla una distinción entre la observación y la experimentación; manifestando que la primera, tiene la función de describir como es el mundo; mientras tanto, la segunda, tiene a cargo transformarlo. De esta manera llegamos a lo que el autor llama: *“Representar para intervenir e intervenir a la luz de la representación”* (p.49). Con ayuda de lo expuesto por Hacking (1996) encontramos tres características fundamentales en la experimentación: primero, tenemos el aislamiento o control sobre el fenómeno biológico; segundo, para poder experimentar debemos observar, esta observación puede o no estar orientada por instrumentos especializados y; tercero, tenemos la intervención, éste es el momento clave de la experimentación, y es cuando el observador manipula diferentes variables con algún propósito.

Para aclarar mucho mejor los puntos anteriormente expuestos, será necesario recurrir a otro autor, quien ha manifestado en diferentes escritos lo que considera experimentación y cómo distinguirla de la observación. Dicho autor es Claude Bernard, quien citado por Caponi (2001) nos manifiesta que la observación es el resultado del empleo de nuestros sentidos para la confirmación de un fenómeno; entretanto, la experimentación considera una idea anteriormente planteada y una gama de operaciones intelectuales mediante el razonamiento lógico con un objetivo particular. Esto es, que para poder experimentar es necesario observar un fenómeno en condiciones particulares más o menos artificiales (Figura No. 3). En este punto, vale la pena resaltar el pensamiento de Claude Bernard en relación al experimento, quien lo considera como el único medio por el cual se puede obtener resultados dignos de ser considerados por la ciencia (Bernard,1976). Si bien, es un poco radical el pensamiento de Claude Bernard, porque no tiene

en cuenta elementos como los que aportó la teoría y la observación empírica en las ciencias, expresa la importancia de la experimentación para la construcción de conocimiento.

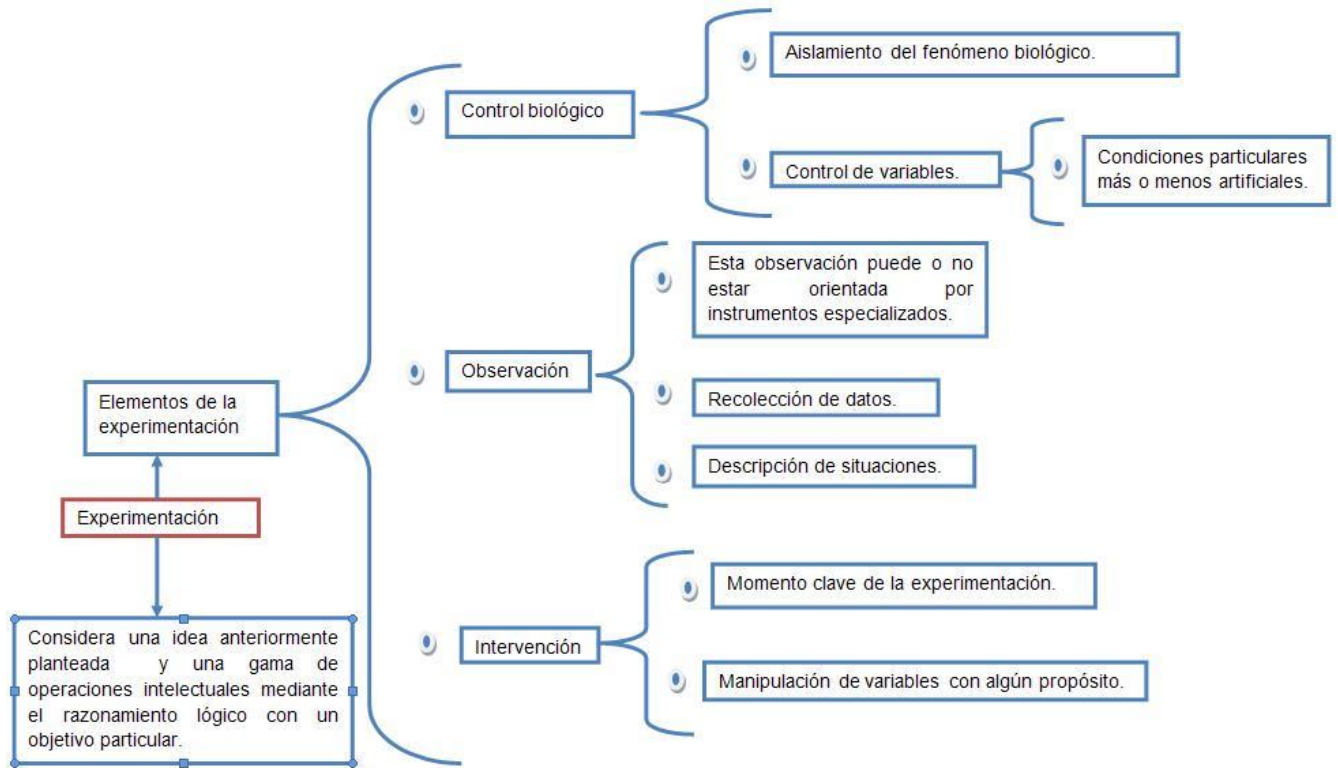


Figura No. 3. Cuadro sinóptico sobre el experimento en biología desde posturas como la de Bernard (1976)

De acuerdo a lo expresado anteriormente por Hacking (1996) y Bernard (1976) (siendo que el primero habla sobre el experimento en las ciencias en general y el segundo sobre la experimentación en fisiología), podemos deducir que el experimento se rige por unos elementos comunes para todas las ciencias naturales; sin embargo, dado que la biología estudia fenómenos vivos, abiertos y con interacciones permanentes, correspondería sostener que, la experimentación en biología, tiene un grado de complejidad mayor y algunos de sus procedimientos difieren un poco a los de la física y la química, sobre todo, dadas las condiciones peculiares y dinámicas de su objeto de estudio.

7.5.1. Biología Funcional y Biología Evolutiva

Caponi (2003) con base en Mayr y Jacob, plantea una diferencia entre las causas próximas y las causas remotas; en un sentido más amplio, nos habla de una biología funcional (causas próximas) y una biología evolucionista (causas remotas), donde se ha encontrado un vínculo entre la biología funcional y la tradición experimental, y por otro lado, la relación entre la historia natural y la biología evolutiva. La idea del texto de Caponi es apelar al hecho de que siendo la biología evolutiva una ciencia observacional, ha podido aplicar ciertos experimentos que han demostrado en un lapso de tiempo relativamente corto, la acción de la selección natural sobre los organismos.

Ésta distinción entre las dos biologías, con base en Caponi (2003), nos procura decir lo siguiente: La primera biología, la funcional, se ocupa de estudiar las causas próximas, traducido en investigar y experimentar sobre los procesos vitales de los organismos y cómo estos procesos se encadenan en la constitución de estructuras. Este enfoque de investigación presenta altos niveles de experimentación, similares a los que se emplean en la física y la química.

La segunda biología, la evolucionista, se ocupa de indagaciones por medio de un método más observacional, comparativo y recurriendo a elementos históricos (causas remotas), pero no desconoce la aplicación del experimento para su desarrollo, su objeto de estudio es a nivel de poblaciones y su interés consiste en mostrarnos cómo evolucionan.

En este orden de ideas, y siguiendo lo propuesto por Caponi (2003), tenemos una biología ocupada del estudio atomista o reduccionista, de los procesos vitales de los organismos. El ideal es entender los fenómenos que acompañan a todo organismos desde sus partes más elementales en términos de interacción causal, ejemplo: órganos, tejidos, células, reacciones químicas, etc.

La segunda biología, estaría interesada en estudiar a los organismos como miembros de una población; describiendo y explicando, las relaciones que estos organismos tienen entre sí y su medio.

¿Pero qué caracteriza la experimentación en biología? ¿Los experimentos en la biología funcional son diferentes a los de la biología evolutiva? ¿En la biología se utilizan organismos modelo? En primera medida, para responder estos interrogantes, se expondrá lo que se puede considerar como “*organismo modelo*”, para después describir una serie de experimentos que son representativos de la biología funcional, por el hecho de que buscan mejorar el conocimiento en ciertos aspectos inherentes a causas próximas. Entonces, de acuerdo con Ankeny & Leonelli (2011), podríamos interpretar a los “*organismos modelo*” como un subgrupo específico de organismos que se han estandarizado por sus características únicas para adaptarse de un modo integral a las investigaciones comparativas.

En otras palabras, lo que Ankeny & Leonelli (2011) quieren decir, es que un “*organismo modelo*” son especies no humanas que se pueden estudiar ampliamente con el fin de reconocer y comprender diferentes fenómenos biológicos. También es clave, que de la utilización de los “*organismos modelo*” surjan una serie de datos y teorías que sean aplicables a otros organismos. Estos especímenes deben ser de fácil crianza y mantenimiento en grandes números y en condiciones de laboratorio.

De acuerdo a lo anterior, tendríamos un primer elemento de lo que puede caracterizar la experimentación en biología; esto es, la utilización de “*organismos modelo*” para la comprensión de fenómenos biológicos. De todas maneras, y aunque el término de “*organismo modelo*” se haya acuñado recientemente (según Ankeny & Leonelli, 2011, lleva

aproximadamente 10 años, y se popularizó después de las investigaciones sobre el genoma humano), es una característica fundamental de la investigación en biología.

Desde la antigüedad se utilizan organismos con características particulares para desarrollar experimentación, si bien no se les consideraba “*organismos modelo*”, era frecuente que se emplearan especímenes específicos y de los cuales ya se tenían conocimientos previos. Tal es el caso de la vivisección en mamíferos como el perro, donde se esperaba comprender diferentes partes anatómicas del cuerpo, con sus estructuras y función, para potenciales beneficios médicos (Bertoloni, 2012).

Tradicionalmente la vivisección fue utilizada por los fisiólogos para estudiar los movimientos, especialmente los relacionados con el latido del corazón y la respiración. Para esto, muchos anatomistas experimentaron con diferentes animales. Algunos investigadores, entre ellos Aselli, Pecquet, y Malpighi, estudiaron por medio de mamíferos como perros y gatos, el flujo de la sangre por las arterias y venas (Bertoloni, 2012). La vivisección plantea cuestiones clave para la comprensión de las prácticas de intervención activa, porque era preciso que para ejecutar una investigación sobre alguna parte del cuerpo de un animal, se desarrollara una observación cuidadosa e intervencionista, donde en muchos casos era necesario sustituir fluidos y someter a factores diferentes del “*natural*” el objeto observado (Bertoloni, 2012).

Experimento significaba, particularmente desde la fisiología, control sobre las variables ambientales pertinentes (desde el control general de la temperatura o la iluminación), incluyendo también las aportaciones de los medios adecuados para registrar las reacciones del organismo.

“El experimento era un instrumento para descubrir, un método para verificar y frecuentemente, la base de la instrumentación práctica del laboratorio” (Coleman, 1985, p.273).

Con base en lo anterior, se podría deducir que la experimentación en biología funcional se establece con ayuda de un marco teórico y conceptual que determina las variables que se van a intervenir y controlar. También, es relevante que se presente un “*organismo modelo*” que por sus características, sirva de ejemplo para la constitución de conocimiento aplicable a otros organismos diferentes. Vale la pena aclarar que solo hablaremos de experimentación cuando premeditadamente alteremos algunas condiciones para observar el efecto de éstas sobre el aspecto o fenómeno que estamos observando (Coleman, 1985).

En relación a la experimentación en biología evolutiva, también encontramos la utilización de organismos vivos, pero no a nivel individual sino de poblaciones. Dawkins (2010) en su libro *Evolución. El mayor espectáculo sobre la Tierra*, particularmente en el capítulo número cinco *Justo delante de nuestros ojos*, narra una serie de experimentos que dan cuenta de la selección natural. Uno de esos ejemplos y el más significativo, por el rigor del trabajo y los años de observación y experimentación en el laboratorio, es el desarrollado por Lenski y su grupo de estudios. El experimento consistió en estudiar a la bacteria *E. coli*, generación tras generación, en doce matraces diferentes. Se someten las bacterias a condiciones exactamente iguales, controlando los niveles de glucosa (alimento) disponible y de citrato. El estudio se realiza durante 20 años aproximadamente, observando 33.000 generaciones de bacterias. El citrato en condiciones normales no lo metabolizan las bacterias de *E. coli*, pero después de la generación 33.000, una de las tribu de bacterias metabolizaba la glucosa y el citrato respectivamente, lo que garantizaba el aumento de la población.

Los estudios realizados por Lenski, en el laboratorio, nos muestran aceleradamente muchos de los elementos esenciales de la evolución por selección natural: mutación aleatoria, selección natural no aleatoria, adaptación al medio, acumulación de mutaciones sucesivas en los

predecesores, dependencia de los genes, y todo ocurriendo en un tiempo moderado (pocos años), a diferencia de lo que normalmente tardaría la evolución (Dawkins, 2010). Más allá de discutir las particularidades epistemológicas del trabajo de Lenski, expuesto por Dawkins, sobre lo pertinente de llamar a estos fenómenos como ejemplos de evolución, lo que interesa es hallar elementos comunes en la experimentación en biología funcional y la experimentación en biología evolutiva que podamos caracterizar.

Particularmente qué observamos del experimento de Lenski: él utiliza un “*organismo modelo*”, esto es la E. coli, espécimen utilizado con frecuencia en la experimentación biológica. Lenski aísla el fenómeno biológico en matraces, donde puede controlar variables como el recurso alimenticio y, por último, utiliza la observación rigurosa para medir cambios en el fenómeno observado.

Ahora, ¿qué tendrían en común los ejemplos expuestos sobre experimentación en biología evolutiva y biología funcional? Si nos fijamos bien en los ejemplos, encontramos claras coincidencias sobre la manipulación experimental de algún fenómeno biológico en el laboratorio. Primero, podríamos determinar que la experimentación tiene peculiaridades generales a todas las ciencias naturales; sin embargo, en la biología difiere en dificultad y algunos procedimientos, dadas las condiciones peculiares de su objeto de estudio. Segundo, para poder experimentar en la biología es útil un marco teórico que oriente el proceso de observación y manipulación de variables. Tercero, se debe contar con un marco referencial sobre el organismo con el que se está experimentando, esto sería, el uso de un “*organismo modelo*”. Cuarto, intervención, que se entendería como el control y manipulación de variables, práctica clave de la experimentación.

Finalmente, se puede agregar que la experimentación permite la obtención de datos analizables, que sometidos a preguntas formuladas adecuadamente y a un análisis riguroso, proporciona resultados fidedignos. Si bien, los instrumentos utilizados en el laboratorio y las investigaciones son imperfectos, sus datos y resultados son mucho más preferibles que la subjetividad de la observación (Coleman, 1985).

7.6. La actividad experimental en la enseñanza de las ciencias naturales

*Me lo contaron y lo olvidé, lo vi y lo entendí,
lo hice y lo aprendí.
Confucio 551-479 a. C.*

Según Fumagalli (1998), la mayoría de los conocimientos del cuerpo del saber científico que se manejan en la actualidad, se han producido durante la segunda mitad del siglo veinte. Todos estos avances y cambios en el cuerpo del conocimiento de las ciencias influyen marcadamente en la dinámica de los pueblos (Jacob, 2005 y; M.E.N., 2003). Lo anterior es evidente en la progresiva dependencia que se tiene por los avances tecnológicos y científicos para el sostenimiento de las sociedades, por ejemplo; muestra de ello sería la constante tecnificación en el transporte, la medicina, la comunicación, la alimentación, los recursos energéticos y el entretenimiento (Soussan, 2003 y; M.E.N., 2003).

En tal sentido, lo anterior pone de manifiesto que para lograr comprender el mundo y desenvolverse en él, se requiere de una formación básica en ciencias naturales (M.E.N., 2003). Es aquí, donde toman relevancia las investigaciones sobre la enseñanza de las ciencias que se desarrollan desde una perspectiva contextualizada a los requerimientos de la sociedad, y acorde a los progresos y procesos científicos; que supere el actual enciclopedismo y las clases tradicionales de los programas actuales (Soussan, 2003).

Dentro de las últimas investigaciones educativas que se han desarrollado sobre la enseñanza de las ciencias naturales desde una perspectiva contextualizada, ha surgido la necesidad de considerar a las actividades prácticas como un elemento indispensable en el proceso de formación integral del ser humano (Castro, 2013; García, 2001; García & Calixto, 1999 y; M.E.N., 2003). Lo anterior, producto de reflexiones dirigidas en torno a la historia y

epistemología de las ciencias, que sugieren “...que el conocimiento científico no solamente ha de entenderse como teórico, sino que este también es de naturaleza práctica” (Castro, 2013, p.1). Además, el interés por incluir dentro de la enseñanza de las ciencias naturales a las actividades prácticas, surge de la necesidad por promover competencias científicas, como las del “*saber hacer*”; reconocidas como conocimientos necesarios para que las personas puedan actuar y decidir sobre su propia vida en un mundo cambiante (M.E.N., 2003).

Dentro de las prácticas científicas que se consideran relevantes para la enseñanza de las ciencias naturales, y que se contemplan desde una perspectiva constructivista, está el experimento (Ausubel et al., 1993; Candela, 1991; Díaz Barriga & Hernández, 1998; Driver, 1988; Flores, 1997; Flores et al., 1996; Gil, 1983; Giordan, 1987; León, 1986; Montañez, 1987 y; Nuñez, 1980, citados por García & Calixto, 1999). La trascendencia que tiene el reconocimiento de las bondades que posee la experimentación, en relación a la enseñanza de las ciencias naturales, radica en que es un medio por el cual se puede lograr fomentar el ingenio, la creatividad y la imaginación en los estudiantes; a la vez, permite propiciar el aprendizaje y la construcción del conocimiento científico, coadyuvando a comprender mejor el mundo que nos rodea (García & Calixto, 1999).

7.6.1. Objetivos del trabajo Experimental en la enseñanza de las ciencias

Algunos teóricos y didactas de las ciencias se han ocupado de presentar una clasificación en cuanto a los objetivos que se pueden suscitar a la hora de llevar la experimentación al escenario escolar. Entre esos teóricos tenemos a Caamaño (2003), de quien se tomará la estructura general con que se clasifican y etiquetan los objetivos de la practica experimental para la enseñanza de las ciencias naturales, también se tendrán en cuenta las consideraciones que al respecto tienen

autores como Pérez (2001); García & Calixto (1999); Mordeglia & Mengascini (2012) y; Fernández (2013).

❖ *Objetivos de tipo motivacional*

El trabajo experimental en el escenario escolar para la enseñanza de las ciencias naturales puede promover en los estudiantes:

- Por un lado, el interés y la motivación por el aprendizaje de las ciencias al divertirse con algunas de las distintas tareas propias de la actividad experimental. También se promueve un entusiasmo en los estudiantes al manipular materiales y equipos propios del laboratorio (García, 2001). Aquí valdría la pena comentar que para el caso de la biología, se puede trabajar con organismos carismáticos que promuevan un interés en los estudiantes, aprovechando la cualidad innata de los seres humanos por asombrarse y regocijarse con la naturaleza. Las extensas mayorías de la población humana siente atracción y gusto por todo lo relacionado con naturaleza y animales *-Biofilia-* (Primack, 2010).
- Por otro lado, la promoción de habilidades y destrezas relacionadas con la comunicación e interacción social. Todas estas habilidades son propias de la actividad científica y, en todos los casos, aplicable al escenario escolar. (Caamaño, 2003 y; Pérez, 2001).

❖ *Objetivos relacionados con el conocimiento vivencial de los fenómenos en estudio*

El trabajo experimental para la enseñanza de las ciencias en la escuela, posibilita que los estudiantes "vivan" las ciencias naturales, reflexionen, critiquen y construyan su conocimiento, desarrollen actitudes y valores, que desmitifiquen a las ciencias como propias de los países

"avanzados" y desvinculadas de la vida cotidiana (García & Calixto, 1999; Caamaño, 2003 y; Pérez, 2001).

❖ *Objetivos relativos a una mejor comprensión de los conceptos y teorías*

Los trabajos experimentales en la enseñanza de las ciencias, dentro de un enfoque didáctico adecuado, *"puede promover que los estudiantes acerquen sus conocimientos, sus modelos o representaciones explicativas/interpretativas de los fenómenos naturales del mundo físico que les rodea, a los modelos o marcos teóricos que utiliza la Ciencia para interpretar y explicar esos mismos fenómenos"* (Pérez, 2001, p.18). El trabajo experimental en la escuela posibilita la construcción de conocimiento científico en los estudiantes, coadyuvando a la comprensión del mundo natural y a la reflexión sobre el mismo (García & Calixto, 1999).

❖ *Objetivos relacionados con el desarrollo de habilidades prácticas*

Las actividades experimentales pueden favorecer el desarrollo de habilidades manipulativas, técnicas y destrezas en los estudiantes, a través de la práctica (Mordeglia & Mengascini, 2012). La experimentación permite *"...observar cuidadosamente, medir, manipular aparatos, recopilar y tabular datos, construir representaciones gráficas, manejar adecuadamente los datos y los errores experimentales, etc. Habría que enfatizar que el mayor o menor manejo, de cualquier tipo de técnica o destreza por parte del estudiante va unido necesariamente a la comprensión que tenga del por qué se usa determinada técnica"* (Pérez, 2001, p.18).

❖ *Objetivos relacionados con las habilidades intelectuales propias de la metodología científica*

El desarrollo de prácticas experimentales para la enseñanza de las ciencias en la escuela, puede promover la adquisición de habilidades como: formulación de preguntas, predicción de

resultados, formulación de hipótesis, diseño de procedimientos y experiencias (Caamaño, 2003).
“Por ejemplo, después de haber construido una gráfica, analizarla implica saber hacer inferencias, establecer relaciones, hacer generalizaciones, explicar las relaciones establecidas y formular nuevas hipótesis” (Pérez, 2001, p.18).

❖ *Objetivos de tipo actitudinal*

El trabajo experimental como una actividad de enseñanza puede promover en los estudiantes el desarrollo de algunas actitudes fundamentales relacionadas con el conocimiento científico (curiosidad, confianza en los recursos propios, apertura hacia los demás, trabajo en equipo, participación, etc. (Fernández, 2013; Caamaño, 2003 y; Pérez, 2001).

7.7. La experimentación mental en la enseñanza de las ciencias naturales

(...) la experimentación mental es supremamente importante para el hombre de ciencia profesional, como para aquel estudiante que aprende o quiere aprender ciencias, en la medida en que no solo permite captar la diferencia entre lo que es determinado lógicamente o físicamente, y lo que resulta de una pura analogía, sino que enseñan también a distinguir lo que puede ser efectivamente posible de aquello que absolutamente no puede serlo (...)
Mach, 1948, en Romero & Aguilar, 2013

Los experimentos mentales han sido, a lo largo de la historia, un elemento indispensable en la configuración de conocimiento nuevo para los científicos (Velentzas et al., 2007, citado por Macías, 2014). Este recurso intelectual, también ha sido investigado y puesto a prueba en los escenarios escolares como método de enseñanza y acercamiento de las ciencias a la sociedad (Macías, 2014).

En el año de 1811, Hans Christian Ørsted fue quien empleó por primera vez el término *Gedankenexperiment* para referirse a un tipo singular de conocimiento, que se caracterizaba, de la manera más singular, por incluir experimentos orientados por el pensamiento y la imaginación (Romero & Aguilar, 2013). Serían años más adelante cuando Ernest Mach, durante la década de 1897, acuñaría formalmente el término experimento mental para cualquier tipo de experiencia imaginaria sobre experimentos físicos (Macías, 2014 y Romero & Aguilar, 2013). “Según Mach, fuera de la experimentación física, los hombres que llegan a un desarrollo intelectual avanzado recurren a menudo a la experimentación mental, en el sentido que ellos usualmente tienen como representaciones buenas imágenes de los hechos y permanecen en sus pensamientos muy próximos a la realidad” (Mach, 1948, en Romero & Aguilar, 2013, p.75).

Este tipo de investigación imaginaria, que no necesita ser ejecutada en el mundo físico, está supeditada a ciertas condiciones metodológicas iguales a las de la experimentación material. Algunas de esas propiedades son: “estudio de la dependencia funcional entre las variables y el

control en el cambio de datos y, (...) suposiciones teorías predecesoras” (Macías, 2014, p.22). Todos los resultados, producto de la experimentación mental, solo pueden verse mediante cierta captación intuitiva. Por ejemplo, muchos experimentos famosos de la física sólo se pudieron efectuar de manera imaginaria (dado que requerían de condiciones ideales), forzando a los investigadores por medio de la intuición, a dirigir sus primeras representaciones del mundo. Algunas de éstas actividades mentales e imaginarias son: el demonio de Maxwell, el gato de Schrödinger, la palanca de Arquímedes, el observador que viaja junto a un rayo de luz ideado por Einstein y los cuerpos que caen sin el efecto de la resistencia del aire propuestos por Galileo (Romero & Aguilar, 2013). Todos estos experimentos jugaron un papel preponderante en la revolución científica durante los siglos XVII y XX; es más, muchos autores sostienen que en las ciencias modernas, donde se investigan fenómenos desconocidos, solo queda el camino de la experimentación mental (Macías, 2014).

Macías (2014) en su investigación, con base en Brown (1991), construye una lista que clasifica los diferentes tipos de experimentos mentales. Su inventario consta de las siguientes premisas:

Tipos y características de la experimentación mental

- ❖ Destructivas: Destruyen o al menos plantean serios problemas a una teoría (por ejemplo, gato de Schrödinger)
- ❖ Constructivas: Su objetivo es establecer un resultado positivo y se divide en las siguientes categorías:
 - ✓ Mediadora: Facilitan una conclusión sacada de un procedimiento específico, o de una teoría bien articulada (Por ejemplo, el demonio de Maxwell)
 - ✓ Conjeturales: Su punto es establecer algunos fenómenos; se hace la hipótesis de la teoría para explicar el fenómeno (El cubo de Newton)
 - ✓ Directos: No parten de una teoría pero si llegan a una (Planos inclinados de Stevin).

- ❖ Platónicos: Son destructivos y constructivos directos a la vez (Caída de los cuerpos de Galileo) (Macías, 2014, p.23).

Ahora, en investigaciones sobre la enseñanza de las ciencias naturales utilizando la experimentación mental, se ha logrado demostrar que los estudiantes por medio de ésta metodología logran adquirir conocimientos más significativos, esto se debe a que muchos conceptos abstractos y difíciles de aprender en las ciencias se pueden relacionar, por medio de situaciones problema, con casos reales y contextuales con los que los estudiantes están familiarizados (Macías, 2014 y Romero & Aguilar, 2013).

Otro aspecto fundamental que se encuentra dentro de la experimentación mental, y que es estudiado en la actualidad por didactas de las ciencias, es la potencialidad que tiene esta metodología para plantear actividades alternativas, mediadas por situaciones problema, dentro de contextos escolares con carencia de materiales de laboratorio o con limitantes estructurales. A través de esta práctica mental e imaginaria se pueden poner en movimiento las representaciones y las acciones de los estudiantes; el pensamiento abstracto con base en la intuición.

Finalmente, en relación a la experimentación para la enseñanza de las ciencias naturales, Romero & Aguilar (2013) nos dicen: *“Los experimentos mentales permiten, de esta forma, re-significar el rol de la experimentación en la educación en ciencias, en la medida que aporta los medios y favorece las condiciones para crear e imaginar explicaciones y mundos posibles en el aula”* (p.88).

8. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

8.1. Consideraciones generales

En esta investigación se consideró que el modo más apropiado de presentar los resultados y su análisis, sería por medio de un ejercicio de síntesis, evitando la publicación de información exigua y, por el contrario, priorizando en los datos más relevantes para el análisis y discusión. Así que se privilegiará en esta investigación, la contrastación y relación entre las diferentes concepciones que los licenciados en biología tienen frente a la experimentación y las categorías de análisis previamente establecidas. Esto quiere decir que, pensando en la forma más enriquecedora y, a la vez, condensada de presentar los resultados, en el presente capítulo se construirán tres grupos de análisis, correspondientes a las tres Instituciones Educativas Distritales donde se implementaron los instrumentos de investigación. Finalmente, y a modo de triangulación, se presentará un análisis general de toda la información recogida.

Así las cosas, se iniciará en cada uno de los grupos de análisis con una pequeña introducción en la que se narran las condiciones contextuales de cada Institución Educativa con base en los datos obtenidos durante la observación no participante y la revisión documental. Seguidamente, y como se dijo con anterioridad, se exponen los resultados y la discusión de la información producto de la relación entre los datos obtenidos por cada sujeto estudio de caso y las categorías de análisis.

También se aclara que, para el desarrollo de los resultados en este trabajo, fue importante construir para cada estudio de caso una matriz en la que se sistematizan los datos y, además, en la que se presentan las proposiciones y unidades de información obtenidas a partir de los instrumentos aplicados. En ese sentido, los anexos número 6,7 y 8 corresponden a los licenciados

en biología de la I.E.D. San José Sur Oriental; los anexos 9 y 10 son los datos sistematizados de los licenciado en biología de la I.E.D. Villa Rica sede A, y, por último, los anexos 11 y 12 son los datos de los licenciados en biología de la I.E.D. Guillermo León Valencia.

8.2.I.E.D. SAN JOSÉ SUR ORIENTAL

Contextualización general de la Institución

La Institución Educativa Distrital San José Sur Oriental se encuentra ubicada en la dirección calle 42 sur # 12^a – 66 este, en el barrio Altamira, localidad de San Cristóbal Sur (Figura No. 4). Esta Institución Educativa está integrada por los niveles escolares de: preescolar, básica primaria, básica secundaria y media vocacional. Comprendiendo los grados desde 0 a 11 (DI, 1).

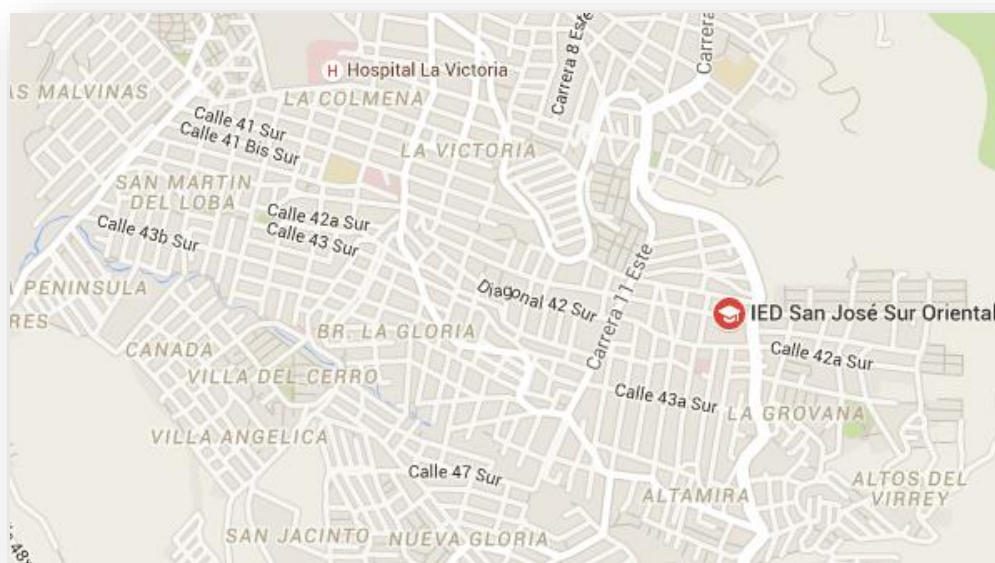


Figura No. 4.Ubicación geográfica de la I.E.D. San José Sur Oriental

La I.E.D. San José Sur Oriental es una Institución del Estado, puesta al servicio de la comunidad para el desarrollo de los principios constitucionales del país, los fines de la educación y contribuir en la formación integral de los estudiantes, con espíritu científico y de permanente

superación (DI, 2). Vale la pena resaltar que la I.E.D. San José S. O. le apuesta a la formación de estudiantes con pensamiento científico desde el área Biotecnología en la modalidad de la Media Fortalecida (DI, 3).

Ficha técnica de la Institución

- ❖ La orientación pedagógica de la institución corresponde al Aprendizaje Significativo (DI, 4).
- ❖ Misión: Brindar una educación integral, humanista y de excelente calidad en los niveles de preescolar, básica primaria y básica secundaria. La institución educativa gira todo su quehacer a partir de la comunicación, la tecnología y la vivencia de los valores... (DI, 5).
- ❖ Visión: La Institución Educativa Distrital San José Sur Oriental será en el 2016 una de las principales instituciones oficiales del sur oriente de Bogotá, se caracterizará por un altísimo nivel de excelencia en todos los estamentos, abierta al cambio y a las innovaciones, se apoyará en procesos de mejoramiento continuo en infraestructura y calidad de servicio (DI, 6).

Área de Biología y Biotecnología

En el área de biología y biotecnología la I.E.D. San José S. O. cuenta con tres licenciados en biología que acompañan la jornada de la mañana y la tarde, la distribución se encuentra de la siguiente manera: la licenciada Sofía cubre el área de biotecnología en la jornada de la mañana, la licenciada Laura trabaja en el área de biología en la jornada de la mañana y, el licenciado Marcos acompaña la jornada tarde en el área de biología (ONP).

El escenario de aprendizaje para biología y biotecnología es un laboratorio equipado con grandes mesas de trabajo, ocho en total, mesones con desagüe y toma a gas; también se encuentran en

este espacio armarios con diferentes tipos de insumos químicos y reactivos, 20 microscopios y 20 estereoscopios; además de lo dicho, este laboratorio cuenta con gran cantidad de materiales e instrumentos propios de un laboratorio de química y biología, a estos materiales los acompañan 40 computadores portátiles (ONP).

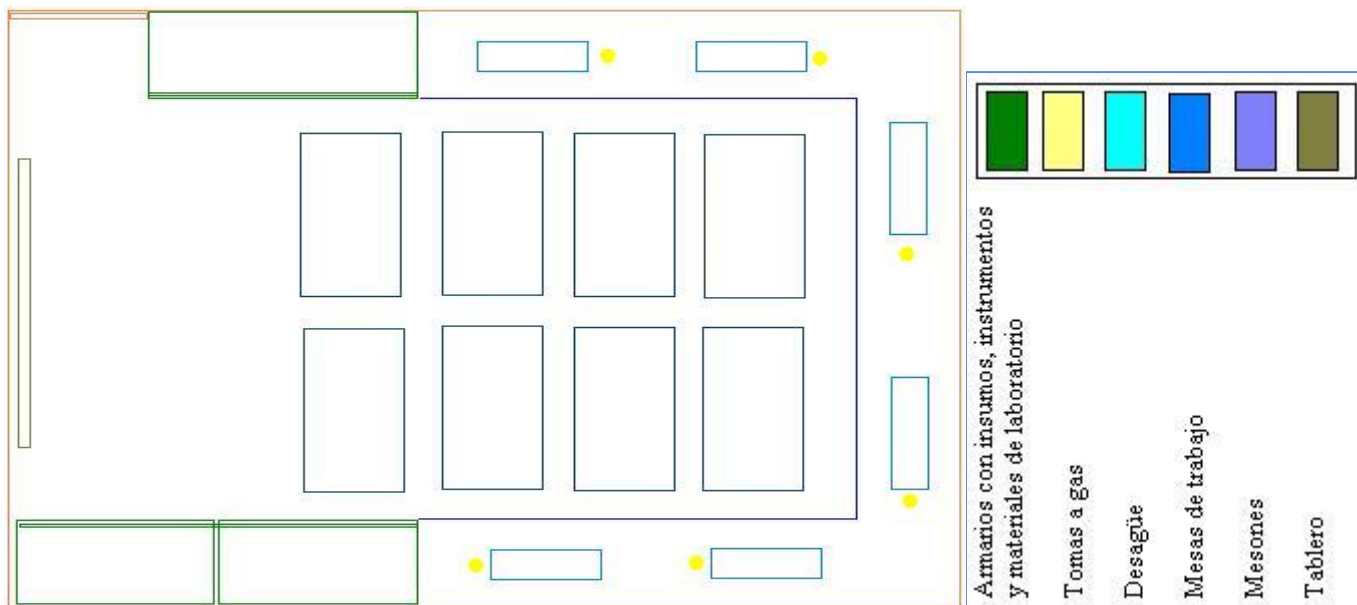


Figura No. 5. Distribución espacial del laboratorio y elementos en su constitución

8.2.1. Estudio de caso I. El caso de Sofía

Formación profesional de los licenciados en biología y enseñanza de la biología

Sofía es licenciada en Biología de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Al iniciar la entrevista, Sofía menciona que siempre había pensado en ser una profesora; es más, indica que, desde que estaba en la escuela primaria, sentía una vocación especial por enseñarle a sus compañeros de clase las cosas que no entendían y que, por supuesto, ella tenía claras. Durante estas primeras reflexiones, y pensando en qué la pudo conducir definitivamente a estudiar una licenciatura, Sofía hace un ejercicio de remembranza en el que logra encontrar: “... *Yo siempre*

quise involucrarme en una profesión que tuviera un impacto y una responsabilidad social destacada... en beneficio de muchas personas” (Sofía, EI, 2), y por otro lado, estar en contacto con una actividad profesional que *“me brinde la posibilidad de generar un cambio significativo en nuestra cultura...”* (Sofía, EI, 3).

Sofía comenta que la intensa vocación que siente por la profesión de licenciada la ha llevado a realizar una indagación continua y permanente sobre los mejores métodos de enseñanza y las problemáticas contemporáneas en la educación. En ese sentido, se encuentra involucrada en el *“semillero de investigación biología, enseñanza y realidades, que dirige el profesor Guillermo Fonseca Amaya”* (Sofía, EI, 4) en la Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Adicionalmente, y como estudios complementarios para mejorar su ejercicio docente, se postula al Magister de *“...Estudios Avanzados en Educación Social, que tiene la Universidad Complutense de Madrid”* (Sofía, EI, 5). En dicha universidad, se encuentra con María Mercedes Martínez Asnar quien le dirige su trabajo de investigación, titulado: *“...Resolución de situaciones problemáticas abiertas; una metodología de investigación”* (Sofía, EI, 6).

La experiencia profesional que obtuvo Sofía durante el desarrollo de sus estudios de postgrado en la Universidad Complutense de Madrid, le permitieron reconocer diferentes estrategias de enseñanza aplicables a contextos de formación educativa (primaria y secundaria) en situaciones de vulnerabilidad. A demás de lo dicho, nos comenta Sofía que dentro de las mayores experiencias recogidas durante su estadía en Madrid, se encuentra la práctica docente obligatoria que desarrolló en el Instituto Isaac Peral; en este lugar, logra reconocer *“...cómo el profesor estudiante de doctorado adelanta sus prácticas de la mano del profesor de Instituto o de Colegio, trabajando en un programa distinto, que es el programa de diversificación curricular con niños con necesidades educativas especiales”* (Sofía, EI, 7).

Todo los recursos teóricos y prácticos recogidos durante los estudios de pregrado y postgrado permitieron que Sofía profundizara en una metodología de trabajo que se llama “...*Metodología de Resolución de Problemas como Investigación*” (Sofía, EI, 8). Esta metodología de trabajo en el aula de clases le permite a Sofía reconocer las necesidades y problemáticas concretas que tienen sus estudiantes y, además, le facilita la producción de protocolos para el tratamiento, desarrollo y solución de los mismos. En ese sentido, después de que Sofía implementa su metodología de trabajo y logra identificar problemáticas contextuales en el aula de clases, construye estrategias y utiliza recursos orientados desde los trabajos de laboratorio y la lectura de artículos científicos; al respecto nos comenta “...*las mejores estrategias son las guías de laboratorio que se entregan con anticipación para que el estudiante realice un pre-informe y un informe como acercamiento hacía lo que es el trabajo riguroso, serio y responsable dentro del aula*” (Sofía, EI, 9). También, y como solución para un problema que tiene su origen en el precario lenguaje técnico que manejan los estudiantes “...*ellos vienen trabajando y leyendo artículos científicos con el fin de robustecer ese vocabulario científico*” (Sofía, EI, 10).

Sofía resalta los trabajos prácticos y la lectura de artículos científicos como las mejores estrategias para la enseñanza de la biología y las ciencias naturales en general, ella considera que son un recurso muy valioso dada la versatilidad con la que se pueden utilizar; en otras palabras, argumenta que con los trabajos de laboratorio y las lecturas se pueden abordar infinidad de problemáticas en el aula de clase; como por ejemplo, la falta de motivación en los estudiantes. Esta concepción tiene que ver con la imagen de ciencia que ella maneja y, en últimas, enseña en los colegios y escuelas. Al respecto nos dice: “*la imagen de ciencia que yo manejo en el aula es la excusa en el campo de saber que me permite un bagaje de estrategias para hacer una reflexión objetiva de los contenidos, de las situaciones científicas en el aula*” (Sofía, EI, 11). Así

mismo, considera que los trabajos prácticos son un método de enseñanza para “...acercar y hacer tangible el aprendizaje de un fenómeno que en la mayoría de situaciones puede ser subjetivo o no es visible a los ojos... entonces es como tratar de hacer visible y hacer tácito ese campo del saber” (Sofía, EI, 12).

La experimentación en ciencias

En cuanto al conocimiento epistemológico sobre las prácticas científicas, y especialmente sobre la experimentación, Sofía comenta que estas metodologías investigativas son las que “...permiten a un científico validar su conocimiento y validar la información que él contrasta, observa y que anticipa” (Sofía, EF, 16). También nos señala que el papel del experimento en las ciencias naturales corresponde a “...la herramienta con la que los científicos validan nuevas teorías y todo conocimiento nuevo que se esté por comprobar” (Sofía, EF, 17). Con relación a la teoría y el experimento Sofía sostiene que: “por mi experiencia de vida y por los trabajos que también he teniendo la oportunidad de escuchar de algunos científicos, yo siento que sí, que la teoría es importante, da una base conceptual; pero, a veces puede hacer uno más con la experimentación, sin que incluso haya una base teórica” (Sofía, EF, 18).

En cuanto a la experimentación en la biología, Sofía sostiene que en esta ciencia se experimenta como en las otras y que, dentro de los experimentos representativos de la biología, la “sorprende lo que hizo Francesco Redi cuando decide descartar la teoría de la generación espontánea utilizando un experimento sencillo; logrando de esta manera, poner a la luz pública la negación de la teoría que había estado por varios años” (Sofía, EF, 20). También comenta que: “...me parecen interesantes los (experimentos) de Oparin y el de Fleming con la penicilina” (Sofía, EF, 21).

Ahora, comenta Sofía que aunque en la biología se experimenta de igual manera que en la física y la química, existen diferencias en sus métodos: *“en física siento que los experimentos son más de corte deductivo... Por el contrario, desde la química y la biología podemos trabajar de una manera, no sé, inesperada; o sea, nosotros planteamos hipótesis, tenemos sentido de anticipación, pero hay tantas variables al mismo tiempo que cualquier cambio puede influir en los resultados”* (Sofía, EF, 22). Puntualmente comenta Sofía que: *“creo que la biología trabaja con sistemas abiertos y orgánicos; por lo tanto, creo que difieren un poco, aunque los límites deben ser los mismos”* (Sofía, EF, 23).

El experimento en la enseñanza de la biología

Sofía considera que el experimento para la enseñanza de la biología tiene un lugar muy especial y significativo en el aula de clases; y esto se debe a que, desde orientaciones adecuadas por el maestro, posibilita el abordaje de situaciones y problemas del contexto, realidades con las que los estudiantes están familiarizados; además, el experimento *“favorece el desarrollo de habilidades y de pensamiento científico, porque en todo ese proceso de desarrollo, el niño está permanentemente observado, comparando, está identificando cambios y, además, está haciendo la reflexión sobre situaciones específicas”* (Sofía, EF, 24). En ese sentido, la experimentación, para la enseñanza de la biología, desde situaciones problema concretas, con objetivos claros y con la orientación del maestro, se convierte en una estrategia fundamental en el aula de clases como *“metodología de trabajo que permitir el desarrollo de competencias científicas en los estudiantes a nivel de observación, de contraste, de síntesis, de explicación, con base en una metodología adecuada de trabajo. No es experimentar por hacer, si no que con base en un trabajo planificado encierra todo lo anterior”* (Sofía, EF, 25).

Los experimentos que ha realizado Sofía en la enseñanza de la biología empiezan por una situación problema que los estudiantes deben investigar y trabajar durante varias sesiones, hasta llegar el punto en el que ellos planteen hipótesis y una posible solución a dicha problemática. En ese sentido, ella nos comenta: *“retomando mi metodología de resolución de problemas como investigación, iniciamos con una situación problemática abierta; digamos, una que estamos trabajando en este momento, es qué se debe hacer con el aceite usado de cocina para evitar que este residuo contamine... a partir de esa problemática los chicos deben diseñar experimentos con los que corroborarán las hipótesis que planteen”* (Sofía, EF, 26).

Ahora, en cuanto a la metodología de trabajo, y la relación entre la teoría y la práctica experimental, considera Sofía que ésta se debe planear de acuerdo al grupo de estudiantes con los que se trabaja. Dice la licenciada en biología, que no hay una sola metodología de trabajo; por ejemplo, sostiene que con los grupos de estudiantes de primaria es mejor empezar con las prácticas experimentales y luego pasar a la teoría, por el contrario, con los estudiantes de bachillerato es mejor empezar por la investigación y fundamentación teórica antes de retomar las prácticas experimentales. En síntesis nos dice lo siguiente: *“es complejo, normalmente me gusta hacerlo simultaneo (Teoría/práctica), sin embargo, uno pues reconoce a los estudiantes y reconoce las metodologías de trabajo que tienen”* (Sofía, EF, 27).

En ese sentido, según Sofía, las prácticas experimentales para la enseñanza de la biología se deben fundamentar en la *“Metodología de Resolución de Problemas... con base en ella y sus postulados, son los estudiantes quienes desde lo que saben de su contexto me formulan preguntas de investigación. Ellos son quienes proponen el experimento que nos permitirá reconocer como es el comportamiento (por ejemplo) de un organismo en diferentes*

temperaturas. Se manejan hipótesis previamente establecidas, son ellos quienes ponen a prueba la hipótesis” (Sofía, EF, 32).

Así que, trabajar la experimentación en el aula de clases desde la Resolución de Problemas y situaciones contextuales, puede proporcionar a los estudiantes una gran motivación y, además, *“fortalecer el aprendizaje significativo en los estudiantes” (Sofía, EF, 28).* Por otro lado, comenta Sofía que, teniendo en cuenta el enfoque de aprendizaje que tiene el colegio, se puede generar un proceso de formación cooperativo entre los diferentes maestros de ciencias naturales desde las prácticas experimentales. Al respecto, y en relación a el aprendizaje que podrían promover dichas prácticas desde todo el área de ciencias naturales, nos dice lo siguiente: *“bueno, es un tipo de aprendizaje basado en la experiencia, y que teniendo en cuenta el enfoque del colegio, que es el de aprendizaje significativo, puede reconocer la ideas previas y las ideas alternativas de los estudiantes, cosa que a ellos (los estudiantes) les llama la atención” (Sofía, EF, 29).*

La forma en que habitualmente Sofía trabaja con sus estudiantes las prácticas experimentales (en grupo o individual), consiste en: *“la disposición estructural del laboratorio hace que se tengan que desarrollar grupos (el laboratorio está organizado mediante mesas de trabajo), entonces casi siempre, cuando planeamos el laboratorio, de lo que yo les hablo es del trabajo cooperativo, el trabajo es en grupo; hay un monitor que responde por el material y por el desarrollo de alguna inquietud” (Sofía, EF, 33).* Sin embargo, también nos comenta la licenciada que, para evitar que algunos de sus estudiantes recarguen todo su trabajo en otros, les pide que *“individualmente cada persona debe presentar informe y pre-informe” (Sofía, EF, 34).*

Finalmente, Sofía nos habla sobre las necesidades y dificultades que tienen los maestros de biología para implementar actividades experimentales en su clase, al respecto identifica: Primero, *“yo creería que las dificultades son más de carácter personal, muchas veces los maestros por pereza o por falta de tiempo no desarrollan metodologías de aprendizaje significativo como lo son las prácticas experimentales”* (Sofía, EF, 36). Entonces, nos comenta que: *“se necesita voluntad, capacidad de actualizarse, de buscar, de gestionarse, de escribir correos...”* (Sofía, EF, 30) *“Se deben romper paradigmas, llamar, buscar apoyo de otras personas, o de otros colegios que tengan la capacidad de hacerlo”* (Sofía, EF, 31). Y segundo, *“También consideraría que faltan espacios educativos que faciliten la formación continua de maestros, actualización de conocimiento y materiales didácticos que especifiquen prácticas experimentales”* (Sofía, EF, 37). A demás de lo dicho, Sofía hace un llamado de atención para que los maestros de biología tengan en cuenta, cuando desarrollen prácticas experimentales, las normas de bioseguridad. Nos comenta: *“Las normas de bioseguridad son fundamentales cuando se trabaja con chicos en el laboratorio, ellos pueden sufrir un accidente”* (Sofía, EF, 35).

8.2.2. Estudio de caso II. El caso de Laura

Formación profesional de los licenciados en biología y enseñanza de la biología

Laura se considera como una persona con alta sensibilidad social y una inclinación por el trabajo popular; razón por la cual, decide estudiar licenciatura en biología como carrera profesional que, según ella, le permite acercarse a diferentes comunidades e identificar sus problemáticas. Laura concibe la docencia como “...una actividad social en la cual se genera un intercambio permanente de saberes entre diferentes personas, mediante los mecanismos propios de la enseñanza y el aprendizaje” (Laura, EI, 2). Laura decide estudiar en la Universidad Distrital Francisco José de Caldas porque, a su parecer, dentro del programa curricular que presenta dicha universidad, se contempla la formación de licenciados en biología con una alta capacitación en investigación social.

Sin embargo, cuando Laura termina su formación inicial se da cuenta que la universidad no le proporcionó todos los recursos que necesitaba para poder generar un cambio significativo en la sociedad; en ese sentido, señala que dentro de sus principales debilidades formativas se encuentran: primero, “no nos enseñaron a transponer didácticamente todas las metodologías científicas” (Laura, EI, 12); segundo, reconoce fuertes carencias en cuanto al uso y aplicabilidad de los trabajos prácticos, “...porque no nos enseñaron el cómo llevar esas actividades a un colegio con 40 estudiantes y con pocos recursos” (Laura, EI, 11) y; tercero, identifica la falta de iniciativa en el uso de las nuevas tecnologías para la educación. Las anteriores falencias en la formación inicial de Laura la llevan a que, como proyecto de vida, decidiera continuar estudiando y adquiriendo estrategias que le facilitarían una comprensión más significativa sobre diferentes métodos contemporáneos de enseñanza. Así que, con el pasar del tiempo, se inscribe

en una maestría sobre *“Tecnología Educativa, en el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey”* (Laura, EI, 3). También, comenta Laura, que en la actualidad *“...estoy haciendo un diplomado en biotecnología, todo en miras de buscar elementos para mejorar mi labor”* (Laura, EI, 4).

Laura sostiene que los estudios de postgrado que ha desarrollado influyen positivamente en su desempeño como docente dado que, con éstos, está *“...viendo la forma de innovar al utilizar los recursos tecnológicos en la educación y más ahora que es una tendencia global”* (Laura, EI, 5). Entonces, el estar desarrollando estudios complementarios sobre Tecnologías Educativas permite, según Laura, que los maestros estén contextualizados con metodologías de enseñanza cercanas a los intereses de los estudiantes y, además, proporciona *“...nuevas formas de enseñanza utilizando correctamente la tecnología”* (Laura, EI, 6).

Durante los estudios de postgrado Laura logra encontrar que la principal estrategia para la enseñanza de la biología se encuentran dividida en dos momentos: el primero, y que considera de mayor importancia, es el desarrollo de un *“...diagnóstico inicial con los estudiantes, para no partir de la nada”* (Laura, EI, 7) y, el segundo momento, consiste en el establecimiento de una situación que le permita reconocer las características particulares del grupo de estudiantes con el que trabajará, intentando, de ese modo, reconocer necesidades y los métodos para enfrentarlas; en palabras de Laura *“parto de una pregunta o una actividad que me de luces de cómo seguir el trabajo”* (Laura, EI, 8).

La experimentación en ciencias

Laura considera que el experimento consiste en la manipulación observacional de diferentes variables sobre un fenómeno de la naturaleza; en ese sentido, es *“ver qué pasa si cambio las*

condiciones que tengo en el momento, qué pasa si tapo la luz en una incubadora, qué sucede si le quieto el agua a una planta... es cambiar las condiciones que tengo normales para ver qué sucede” (Laura, EF, 13). También señala que la experimentación científica es intencionada y que, además debe *“...partir de una problemática para ver qué sucede con el fenómeno de estudio cuando se le cambian sus condiciones normales”* (Laura, EF, 14). En cuanto al papel del experimento en la construcción de conocimiento científico considera: primero, se utiliza para *“comprobar las teorías, y las hipótesis”* (Laura, EF, 16) y, segundo, proporciona los elementos que permiten *“reafirmar que lo que uno está haciendo es correcto”* (Laura, EF, 15). Como es evidente, las tesis que Laura expone sobre la experimentación científica, son más del corte corroborativo.

En cuanto a la dicotomía que se presenta entre la teoría y el experimento para la construcción de conocimiento científico, Laura considera que las dos metodologías son importantes para la ciencia, sin embargo, argumenta que la teoría permite que el científico minimice riesgos y contratiempos en la investigación. En palabras de ella, *“son necesarias ambas, aunque considero que es más importante la teoría para no correr riesgos”* (Laura, EF, 17).

La licenciada en biología estima que la experimentación es una metodología de investigación científica aplicable a todas las ciencias naturales: Biología, Química y Física. Sin embargo, también identifica que en cada disciplina la experimentación tienen diferencias procedimentales e instrumentales, dado que *“en física es observación de movimiento, en química se requiere de precisión, o sea medidas y, por último, en biología es comparación”* (Laura, EF, 20). Reconoce también, que dentro de los experimentos más famosos y de mayor trascendencia realizados por la biología, a lo largo del tiempo, se encuentran: *“los de Osmosis y difusión en las plantas... capilaridad”* (Laura, EF, 19).

El experimento en la enseñanza de la biología

La experimentación en la enseñanza de la biología tiene un papel, según Laura, como método para *“acercar la realidad a los estudiantes y, además, algo que he aprendido en el diplomado, es que el experimento es una forma de comprobación, lo que nos dicen lejos verlo de cerca”* (Laura, EF, 21). Conforme esta licenciada en biología, la experimentación en el aula es *“...la forma de poner tangible y visibles los fenómenos biológicos”* (Laura, EF, 22). Ahora, la experimentación en el aula de clases para la enseñanza de la biología, de acuerdo con esta licenciada, también es un método de educación por medio del cual se puede generar un acercamiento de la ciencia a la sociedad, donde, además, hay una *“conexión entre la técnica, la ciencia, el quehacer cotidiano y lo que se ha experimentado”* (Laura, EF, 24).

Por ejemplo, comenta la licenciada, que cuando se desarrollan clases sobre fisiología humana, y se quiere entender la estructura del cerebro; así como, conceptos, teorías y representaciones un tanto abstractas para los estudiantes, lo mejor es diseñar alguna práctica experimental que sopesa todas esas conjeturas *“incomprensibles”*. En ese sentido, nos dice, *“he hecho con los estudiantes disección de cerebro de marranos”* (Laura, EF, 25). Para este tipo de prácticas, nos dice Laura, lo mejor que se puede hacer es presentar con anterioridad la *“teoría, puesto que de ese modo ellos comparan lo que han hecho con lo que está escrito y, además, pueden hacerse preguntas”* (Laura, EF, 26). La estructura metodológica de estas prácticas consisten en, *“inicialmente uno trae materiales para que ellos observen y esperen las indicaciones que uno les ha dado. Esas indicaciones se deben dar con días de anticipación a la práctica para que todos lean y estén enterados de lo que se va a hacer”* (Laura, EF, 30).

Un aspecto que también señala como fundamental, y que es proporcionado por la experimentación, consiste en la confirmación que se le hace a los estudiantes sobre el aprendizaje basado en el error; y esto se debe a que; por lo general, la primera vez que se hacen experimentos no salen como se planearon. En palabras de Laura *“cuando yo hago una práctica de laboratorio tengo en cuenta que ellos puedan aprender del error, la primera vez que uno hace una práctica generalmente a uno no le sale nada”* (Laura, EF, 23). Estas prácticas favorecen la enseñanza de la disciplina y la organización, ejercicios fundamentales en la investigación científica; promueve, además, *“habilidades cognitivas, cuando empiezan a comparar la realidad; conceptuales, en lo relacionado a los temas biológicos y; actitudinales, cuando se refiere a la escucha y el trabajo en grupo. También, los chicos aprenden a manipular material de laboratorio”* (Laura, EF, 28). Ahora, la disposición estructural y espacial de los estudiantes debe ser por grupos e individualmente *“...aunque estén compartiendo mesa e instrumentos, cada quien tiene que hacer su informe, cada quien tiene que escribir sus observaciones”* (Laura, EF, 31).

Finalmente, Laura concluye que dentro de las necesidad y las dificultades con las que se tienen que enfrentar los licenciados en biología a la hora de llevar prácticas experimentales al escenario escolar, están: primero, la falta de *“recursos, en la realidad usted tiene que empezar a trabajar con las uñas, a crear hasta los materiales mínimos para poder trabajar”* (Laura, EF, 29), esta dificultad tiene que ver con *“...el colegio, dado que no tiene las condiciones estructurales adecuadas”* (Laura, EF, 34) y, la segunda dificultad, tiene que ver con *“los estudiantes, y es cuando ellos no están acostumbrados a hacer una práctica y creen que no es importante, entonces a veces ni traen los materiales”* (Laura, EF, 33). También, esta licenciada en biología nos hace una llamado para prestar la importancia requerida a las normas de bioseguridad. Al

respecto comenta: *“Las normas de bioseguridad son fundamentales para prevenir accidentes”*

(Laura, EF, 32).

8.2.3. Estudio de caso III. El caso de Marcos

Formación profesional de los licenciados en biología y enseñanza de la biología

Marcos piensa que, desde que estaba en el colegio, quería dedicarse a la educación y “...enseñar como el profesor que le hubiera gustado tener” (Marcos, EI, 3). Otra de las frases que repite Marcos durante la entrevista inicial es que “siempre me ha llamado la atención enseñar, me parece que es la mejor forma de hacer sociedad” (Marcos, EI, 2). Todas estas consideraciones llevaron a Marcos a inscribirse en la Universidad Distrital Francisco José de Caldas en el proyecto curricular de licenciatura en biología. La decisión de optar por biología, se relaciona con la pasión que ha tenido Marcos desde la infancia por todo lo relacionado con los seres vivos.

Marcos es especialista en bioquímica y, además, comenta que “estoy terminando mi maestría en bioquímica en la Facultad de Medicina de la Universidad Nacional de Colombia” (Marcos, EI, 4). Cuando se le pregunta sobre la influencia que han tenido los estudios postgrado en su desempeño docente, él sostiene que “nada, no ha influenciado en nada. He enriquecido mi conocimiento, nada más” (Marcos, EI, 5). Marcos comenta que las competencias y el conocimiento que adquirió durante los cursos de postgrado solo le han servido “...cuando trabajo en Instituciones de Educación Superior, pero a nivel escolar para nada” (Marcos, EI, 6).

Si embargo, Marcos dice estar intentando contribuir en el mejoramiento de la educación del país y, para eso, hace uso de diferentes estrategias, actividades y recursos que promueven el pensamiento científico en el aula de clases. Para él, lo mejor que se puede hacer en el escenario escolar para la enseñanza de la biología, consiste en plantear situaciones problema que induzcan a los estudiantes a investigar y experimentar. En palabras de Marcos: “lo mejor es diseñar preguntas problema, entonces siempre les hago plantear una situación problema, una pregunta

de investigación, y a partir de esa pregunta de investigación uno comienza a formular todo lo que tiene que ver con el proceso de aprendizaje” (Marcos, EI, 7). Adicionalmente, Marcos también señala que hace uso de *“...la experimentación científica, dado que contribuye mucho al proceso de aprendizaje de los estudiantes”* (Marcos, EI, 8).

Marcos argumenta que establecer situaciones problema y después pasar a las actividades experimentales es la clave en el mejoramiento de los procesos de enseñanza y aprendizaje de la biología. Él sostiene, que cuando los maestros estimulan a los estudiantes para que diseñen preguntas de investigación en marcadas en problemáticas de su contexto, se promueve, indirectamente en ellos, el interés y la motivación por todo lo relacionado con el mundo de las ciencias. Ahora, comenta que el paso más importante viene con la resolución de la problemática, y es en este punto, cuando se debe hacer uso de la experimentación, el análisis químico, cualitativo, cuantitativo y de la analítica instrumental. La importancia que Marcos le da a la experimentación en el escenario escolar, tiene que ver con la imagen que dicha práctica genera en los estudiantes sobre la actividad científica; en ese sentido, él comenta que estas prácticas inducen a los estudiantes a pensar que *“generalmente que todo está por descubrir”* (Marcos, EI, 9).

Marcos expone durante la entrevista, que toda su formación, tanto la inicial como la postgradual, ha estado encaminada por el lado científico *“...mi tesis la hice en investigación en ciencias, hice pasantías en investigación en ciencias, trabaje en laboratorios de investigación en ciencias, posgrado en investigación en ciencias, mi maestría es encaminada al trabajo científico en bioquímica”* (Marcos, EI, 10). A demás de lo anterior, Marcos aclara que, aunque en la actualidad considera a la experimentación como un recurso indispensable para la enseñanza de las ciencias naturales, en la universidad, durante su formación inicial, fue muy precaria la

instrucción que recibió sobre dicho trabajo. Al respecto nos comenta: *“en la universidad fue muy poco lo que trabajamos en relación a la actividad experimental y su aplicación en los escenarios escolares”* (Marcos, EI, 11).

La experimentación en ciencias

Este licenciado en biología considera que el experimento es un elemento indispensable con el que los científicos responden inquietudes y, además, buscan soluciones a problemáticas de diferente índole. En palabras textuales, Marcos nos dice lo siguiente: *“El experimento es la forma mediante la cual se busca la respuesta a un interrogante que se le plantea a un grupo de científicos”* (Marcos, EF, 12). Y en relación al papel del experimento en las ciencias naturales, nos dice: *“uno de los papeles más importantes. Por ejemplo, siempre que se descubre algún material se experimenta con él para luego mirar que funcionalidad puede tener para la tecnología y la ciencia”* (Marcos, EF, 13). Es más, argumenta que *“la constante experimentación y la constante inquietud de la comunidad científica es la que de alguna manera permite que haya un avance científico y tecnológico”* (Marcos, EF, 14).

Cuando se habla sobre la dicotomía entre el experimento y la teoría, Marcos argumenta que experimentar es lo más importante, que es la metodología científica que ha llevado a la humanidad por caminos investigativos diferentes; en ese sentido dice: *“Tiene más valor el experimento, porque es que experimentar lo lleva a uno por caminos en los que nunca se a andado. Por ejemplo, usted conocía la teoría antes de descubrirse el fuego, no, ¡se descubrió!, a bueno... entonces miremos en que se puede utilizar”* (Marcos, EF, 15). Y añade: *“Muchas conclusiones son producto de la experimentación científica. O sea, la manzana de Newton no se le cayó por que él ya conocía la teoría, simplemente que el observo un fenómeno de la*

naturaleza y luego de observar y experimentar con ese fenómeno, lo convirtió en una teoría y luego la postulo como una ley” (Marcos, EF, 16).

Cuando se le pregunta a Marcos que si en la biología se experimenta, responde que *“si claro... al igual que en otras ciencias” (Marcos, EF, 17).* E intuye, porque no sabe con certeza, que la experimentación en ciencias naturales es igual para todas las áreas que la componen y, además, dice lo siguiente: *“Considero que las metodologías son las mismas, por algo se llama experimentación” (Marcos, EF, 20).* Dentro de los experimentos más famosos de la biología y los que, según él, han sido de mayor trascendencia son: *“uno de los experimentos que para mí son más chéveres es el que hizo Pasteur de la generación espontánea” (Marcos, EF, 18),* y el *“experimento de Stanley Miller con respecto al origen de la vida de Oparin” (Marcos, EF, 19).*

El experimento en la enseñanza de la biología

Para Marcos, el experimento en la enseñanza de la biología es una metodología novedosa y diferente al tradicionalismo de la teoría; el experimento es la mejor manera para estimular y, a la vez, satisfacer la curiosidad de los estudiantes con respecto a los fenómenos de la naturaleza. Marcos considera que la experimentación en el aula *“Genera un proceso distinto, si las condiciones fueran adecuadas para llevar a un laboratorio un grupo de estudiantes, uno encontraría que la curiosidad por parte de ellos se puede satisfacer” (Marcos, EF, 21).* Además, él estima que *“un ambiente experimental es muy importante, cosa que provee un laboratorio. El laboratorio genera preguntas problematizadoras. Pero, para eso, se requiere un laboratorio la verraquera y tiempo” (Marcos, EF, 22).* Puntualmente, para Marcos el papel que tiene la experimentación en la enseñanza de la biología, es la de *“hacer que los estudiantes reconozcan*

diferentes métodos para hacer ciencia, que aprendan a observar y a preguntar, que todo el tiempo se alimente la curiosidad” (Marcos, EF, 23).

Marcos, durante el proceso de enseñanza de la biología ha diseñado diferentes experimentos que, según él, proveen a los estudiantes de diferentes aprendizajes, como los de tipo: *“procedimental, actitudinal y conceptual”* (Marcos, EF, 29). En otras palabras, la experimentación genera en el aula de clases un *“aprendizaje significativo, para que el estudiante sea capaz de proponer”* (Marcos, EF, 30). Algunos de los experimentos que ha desarrollado para estimular dichas habilidades son: *“experimentos para el tratamiento de aguas residuales mediante la biorremediación, con microorganismos eficientes”* (Marcos, EF, 24), y la *“elaboración de productos de aseo mediante los elementos que se encuentren en un ambiente escolar-laboratorio escolar”* (Marcos, EF, 25). Cuando Marcos diseña estas actividades considera que *“lo primero es partir de una problemática, ojalá sean los estudiantes quienes la planteen”* (Marcos, EF, 33), para que ellos después empiecen a *“formular hipótesis para comprobar mediante experimentos”* (Marcos, EF, 34). En cuanto a la forma espacial en la que este licenciado planea y dispone el trabajo experimental a sus estudiantes es *“en grupo, la forma ideal es el trabajo individual pero se requiere material para todos”* (Marcos, EF, 35).

Este licenciado en biología, también considera que la experimentación se debe realizar con los estudiantes antes de la teoría, con la finalidad de que todo lo que descubran sea novedoso para ellos y, a la vez, cause motivación. En palabras de él, el experimento debe ser *“antes de la teoría, si claro, porque es ponerlos en un ambiente de inmersión, desconocido. Lo desconocido es de interés, partir de una pregunta problema... es ir de una pregunta problema hacia la teoría”* (Marcos, EF, 26). Él piensa que *“ser maestro es como ser un vendedor... es venderle la idea a un estudiante, persuadirlo por el camino de la educación”* (Marcos, EF, 27), y argumenta,

que la experimentación es un elemento educativo que facilita *“venderle”* la idea a los estudiantes sobre la ciencias naturales; en sus palabras, la experimentación y la motivación que ésta causa, *“permite que crezca el número de personas que estén encaminadas al trabajo en ciencias”* (Marcos, EF, 28).

Finalmente, Marcos considera que las dificultades y necesidades que los maestros de biología deben enfrentar en los escenarios educativos para poder llevar la experimentación, son: Primero, *“controlar un grupo de 40 estudiantes es un camello, entonces lo que se requiere son grupos ideales, de más o menos 10 a 15 estudiantes”* (Marcos, EF, 37). Segundo, *“también está la falta de equipos adecuados, todo lo que se encuentra en los colegios del distrito es viejo y no funciona”* (Marcos, EF, 38), esto se traduce en la necesidad que tienen los maestros de contar con *“un ambiente adecuado de trabajo: un buen laboratorio, que tenga buenos materiales, que no se escatime, que se tenga un buen microscopio”* (Marcos, EF, 31). Tercero, *“otro aspecto muy importante es el tiempo, porque aquí el tiempo es muy limitado”* Marcos, EF, 32). Marcos también piensa que una falencia que tienen los maestros de biología es el desconocimiento del método científico, por lo tanto considera que es obligatorio contar con el *“conocimiento sobre el método científico, esa es la clave. Es la forma natural en que se aprende”* (Marcos, EF, 36).

8.2.4. Integración resultados y discusión en la I.E.D. San José Sur Oriental

La Institución Educativa Distrital San José Sur Oriental cuenta con tres licenciados en biología de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Estos tres licenciados, consideran que dentro de las principales razones por las que decidieron estudiar una carrera profesional dedicada a la educación, se encuentran: por un lado, la inclinación por el trabajo social y, por otra parte, el interés en promover un cambio positivo a nivel cultural en la sociedad (Sofía, EI, 2 y 3; Laura, EI, 2; Marcos, EI, 2).

Estos tres licenciados manifiestan haber continuado su formación de postgrado en diferentes áreas del conocimiento, hasta el nivel de magister (Sofía; EI, 4,5 y 6; Laura, EI, 3 y 4; Marcos, EI, 4). En el caso de Sofía (EI, 7) y Laura (EI, 5 y 6), las dos coinciden en que los diferentes cursos y postgrados adelantados han sido un aliciente en la profesionalización docente; dado que, por medio de ellos, han logrado reconocer y apropiarse de diferentes estrategias de enseñanza y, además, han innovado y actualizado su desempeño en el aula de clases. Por el contrario, para Marcos (EI, 5 y 6), su formación postgradual solo ha enriquecido el conocimiento disciplinar que maneja sobre la biología y la química, que son sus intereses personales, mas, en el campo profesional de la educación, manifiesta que no le han servido de mucho.

Sofía (EI, 9) y Marcos (EI, 8) reconocen que, dentro de todas las estrategias para la enseñanza de la biología, utilizan el experimento. Estos licenciados, en sus explicaciones, refieren que la experimentación está muy relacionada con el planteamiento de situaciones problema, que a su vez, deben ser contextuales y familiares para los estudiantes (Sofía, EI, 8; Marcos, EI, 7). Las concepciones que expresan Sofía y Marcos resultan ser muy importantes en tanto que, para desarrollar actividades experimentales en el aula de clase, se hace fundamental plantear

situaciones problemáticas (con un nivel de dificultad adecuada) que estimulen a los estudiantes a transformarlas, desde esas generalidades y situaciones abiertas, en problemas precisos que, más adelante, los induzcan a proponer diseños y actividades experimentales. La finalidad es que los estudiantes comprendan los fenómenos o situaciones de estudio, sin que por ello, se vean obligados a encontrar una solución a las problemáticas planteadas. (Carrascosa, et al., 2006). También, vale la pena aclarar, con base en Castro & Valbuena (2007), que una experiencia que no sea problematizada, no es más que una actividad mecánica y sin sentido.

Ahora, aunque Laura no se refiere exclusivamente al experimento como una de las estrategias que utiliza en el aula de clases para la enseñanza de la biología, durante la entrevista deja ver que, en términos generales, considera que estas actividades son fundamentales en la formación científica de estudiantes, dado que promueven, entre otras cosas, el reconocimiento del error como una etapa recurrente en la investigación y de la cual es preciso aprender. (Laura, EI, 10).

En cuanto al conocimiento epistemológico que estos licenciados manejan sobre la experimentación científica, se encuentra que: Sofía (EF, 16 y 17) considera que el experimento es una herramienta con la que los científicos validan los conceptos y las teorías nuevas. Esta concepción, considera al experimento como el típico mediador en las construcciones teóricas al fundamentarse en el carácter verificador o falsacionista que le asignara Popper (Romero & Aguilar, 2013). Ahora, según García (2011), esta concepción es el legado más representativo e influyente que el positivismo y el empirismo lógico han dejado en la enseñanza de las ciencias naturales. Por el contrario, para Laura (EF, 13 y 14) y Marcos (EF, 12, 13 y 14), la experimentación es la manipulación consiente y dirigida de diferentes variables con una finalidad particular; también, aclaran que la experimentación está íntimamente ligada a una problemática de investigación.

Por otro lado, en cuanto a la dicotomía entre teoría y experimento, estos licenciados refieren explicaciones diferentes y, en algunos casos, contradictorias; por ejemplo, Sofía (EF, 18) y Marcos (EF, 15 y 16) aunque en un principio reconocen el experimento como instrumento de validación de teorías, más adelante coinciden en presentarlo como el recurso más importante para el conocimiento científico, estimándolo, como el único medio por el cual se puede construir conocimiento científico. Al respecto, Romero & Aguilar (2013) sostienen que es una tradición en las escuelas presentar a las ciencias naturales con una fuerte tradición empirista donde se sostiene la máxima de que todo nuestro conocimiento se soporta en la observación directa.

Estos tres licenciados coinciden en presentar la experimentación en el escenario escolar como una estrategia de enseñanza que facilita el aprendizaje de conceptos abstractos y difíciles de aprender, promoviendo, entre otras cosas, el desarrollo de habilidades procedimentales, actitudinales y conceptuales (Sofía, EF, 24 y 25; Laura, EF, 21, 22; Marcos, EF, 21, 22 y 23). Sin embargo, en relación a la implementación de estas actividades en la enseñanza de la biología, la mayoría de los licenciados entrevistados dan referencias de prácticas observacionales, confundiendo, claramente, la observación con la experimentación (Sofía, ONP, 1).

Cuando se confunde la experimentación con la observación, se puede estar presentando a los estudiantes, por una lado, una imagen deformada y empobrecida de la ciencia y, por otra parte, se pierden las potencialidades que dicha actividad puede facilitar en los contextos educativos. En ese sentido, esta visión empobrecida del experimento, se evidencia cuando el trabajo “experimental” se desarrolla, como es frecuente, con el propósito de observar algún fenómeno para “extraer” de él un concepto, poniendo de relieve la concepción empiro-inductivista de la ciencia (Fernández et al., 2005) (Sofía, ONP, 2, 3, 4).

Finalmente, estos licenciados dan cuenta de varias situaciones con las que se deben enfrentar a la hora de desarrollar actividades experimentales para la enseñanza de la biología. Algunas de ellas son:

- Por un lado, las condiciones estructurales y materiales de las I.E.D. son muy precarias, dificultando, según ellos, la implementación de actividades experimentales (Laura, EF, 34; Marcos EF, 38).
- Otro aspecto que mencionan los licenciados tiene que ver con las actitudes y el comportamiento de los estudiantes, arguyendo que la indisciplina es un condicionante extremo para los fines experimentales (Laura, EF, 35) Adicionalmente, Marcos comenta que el número excesivo de estudiantes por salón impide el trabajo de laboratorio (EF, 37).
- Por último están las consideraciones de la licenciada Sofía quien considera que: *“yo creería que las dificultades son más de carácter personal, muchas veces los maestros por pereza o por falta de tiempo no desarrollan metodologías de aprendizaje significativo como lo son las prácticas experimentales”* (EF, 36).

8.3.I.E.D. VILLA RICA SEDE A

Contextualización general de la institución

La Institución Educativa Distrital Villa Rica se encuentra ubicada en la dirección carrera 77k bis # 50-26 Sur (figura No. 6) (DI. 1). Esta institución Educativa abrió por primera vez sus puertas en el año de 1968 con el nombre de I.E.D. el Perpetuo Socorro. Más adelante, en el año de 1988 se empezó a conocer con el nombre que lleva en la actualidad, I.E.D. Villa Rica. Esta Institución Educativa ofrece a la comunidad los servicios de básica primaria, secundaria y media vocacional (DI. 2).

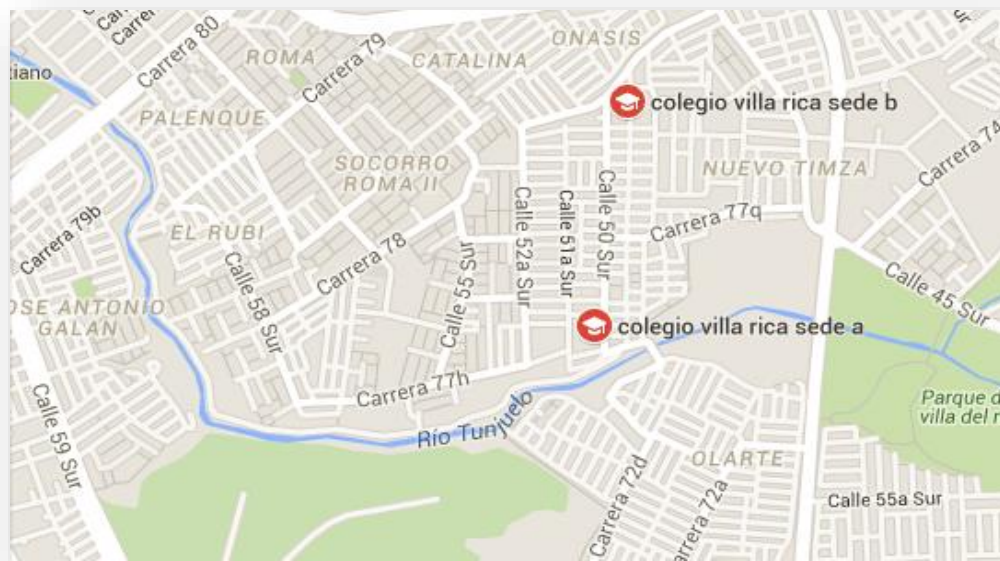


Figura No. 6. Ubicación geográfica de la I.E.D. Villa Rica

La I.E.D. Villa Rica es una institución educativa del estado, que tiene la finalidad de cumplir con el mandato constitucional de la obligatoriedad de la educación básica para los colombianos en su área de influencia (DI. 3). Así mismo, la I.E.D. Villa Rica pretende intervenir en el desarrollo social de las personas habitantes de la localidad de Kennedy, formando estudiantes de una

manera integral, *“para que puedan continuar con su formación académica e integrarse al mundo del trabajo en actividades productivas que contribuyan al desarrollo social, económico y tecnológico del país”* (DI.4).

Ficha técnica de la institución

- ❖ La orientación pedagógica de la institución corresponde al Aprendizaje Significativo (DI, 5).
- ❖ Misión: El colegio Villa Rica IED, como una entidad pública, tiene como misión educar en el nivel preescolar, básica y media, para alcanzar los principios y fines de la educación, desarrollando en sus educandos competencias cognitivas, axiológicas, ciudadanas y laborales; mediante la puesta en práctica de las herramientas para la vida (DI, 6).
- ❖ Visión: En el año 2015 el colegio Villa Rica IED., será reconocido como una importante institución de educación pública, por la búsqueda continua de la excelencia académica; la convivencia armónica. Será competitiva eficiente, innovadora, pertinente, mediante formación en Ciencias Administrativas; con proyección que trascienda en el ámbito escolar (DI, 7).

Área de Biología

La I.E.D. Villa Rica sede A, cuenta con dos licenciados en biología, uno en la jornada de la mañana, Andrés y otro en la jornada de la tarde, Sandra (ONP). El escenario de aprendizaje para biología es un salón de clases acondicionado como laboratorio permanente. En este lugar se encuentran los materiales y los insumos que convencionalmente se hallan en los laboratorios de biología y química en las Instituciones Educativas Distritales (Figura No. 7). Por ejemplo, en

este laboratorio se encuentra un pequeño mesón con tres tomas de gas, agua y desagüe, seis mesas de trabajo y, además, dos armarios grandes con diferentes instrumentos, insumos y reactivos. L I.E.D. Villa Rica cuenta con 15 microscopios de los cuales 4 no funcionan (ONP).

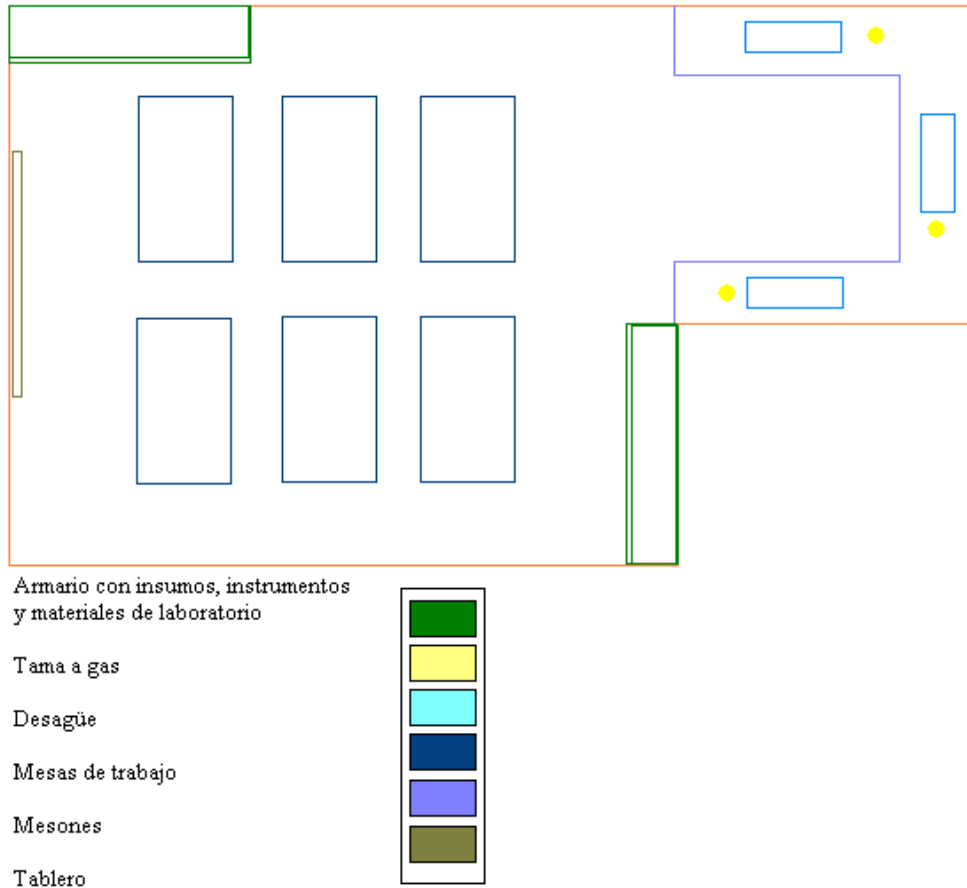


Figura No. 7. *Distribución espacial del laboratorio y elementos en su constitución*

8.3.1. Estudio de caso IV. El caso de Sandra

Formación profesional de los licenciados en biología y enseñanza de la biología

Sandra es licenciada en biología de la Universidad Pedagógica Nacional. Ella considera que fueron muchas las razones que la condujeron a estudiar una carrera profesional dedicada a la educación; sin embargo, señala que la principal causa de ello pudo ser que “...desde pequeña,

me incliné por la docencia y me gustaba mucho. Entonces, digamos, nunca tuve otra opción, esa fue la primera para mí.” (Sandra, EI, 2). Esta licenciada comenta que, aun estando en la universidad, ya había pensado desempeñarse profesionalmente en las escuelas de primaria: *“siempre quise trabajar en un escuela distrital. Nunca quise trabajar en una universidad, siempre pensé en una escuela. Lo que pasa es que me siento más cómoda y, además, siento que hago más trabajando con los chiquitos”*. También insiste en que, todos los maestros y maestras, deberían esforzarse el doble cuando trabajan con estudiantes de estos niveles de escolaridad, dado que ellos, según ella, están en una etapa muy vulnerable psicológicamente y, además, su comportamiento futuro y actitud positiva hacia el aprendizaje de las ciencias, dependen, en gran medida, de las experiencias que tengan en estas primeras etapas de formación.

Sandra considera que, durante su experiencia profesional, ha logrado identificar diferentes estrategias para la enseñanza de la biología. El objetivo que, según ella, persiguen sus estrategias de enseñanza, consiste en: primero, promover en los estudiantes habilidades y competencias científicas y; segundo, actitudes positivas hacia el aprendizaje de las ciencias. Por ejemplo, ella insiste en que la lectura, discusión y, además, la búsqueda de palabras desconocidas en textos científicos, es una herramienta ideal para acercar las ciencias al contexto educativo y mejorar el vocabulario técnico en las escuelas. En ese sentido, comenta que: *“Les doy lectura porque me gusta trabajar la lectura, siempre, siempre. Creo que es la mayor debilidad de los chicos, entonces un maestro tiene que fortalecer esa debilidad. Y, además, les pongo a buscar las palabras desconocidas, para que amplíen el vocabulario”* (Sandra, EI, 5). Adicionalmente, argumenta que la mejor manera de resolver las inquietudes en los estudiantes, suscitadas por los textos científicos, es mediante una exposición, la utilización de recursos audiovisuales y la puesta en práctica de algún tipo de experiencia sensorial. Al respecto dice *“después de que*

terminan la lectura y las preguntas, yo explico el tema y pues que ellos me pregunten, y luego les complemento con un video o alguna experiencia, la idea es que ellos se acerquen al contenido, pero a través de manualidades” (Sandra, EI, 6).

Esta licenciada en biología, considera que responder las inquietudes de los estudiantes por medio de ejercicios sensoriales, como por ejemplo, desde prácticas de laboratorio, facilita en el aula de clases: por un lado, el acercamiento de los estudiantes al conocimiento científico desde la experiencia, haciendo, de este modo, más reales los conceptos abstractos y difíciles de entender, y; por otra parte, son un incentivo que aumenta el interés de los estudiantes por el conocimiento científico. En ese sentido, Sandra nos comenta: *“Creo que las prácticas de laboratorio les muestran a los chicos una imagen de ciencia divertida, que es aplicable a la vida. Sobre todo en la biología, donde ellos, por ejemplo, piensan que una célula no es real, pero después que las ven, después que entienden que están compuestos de células, cambia la antigua percepción”* (Sandra, EI, 7). Y complementa diciendo lo siguiente: *“Los laboratorios los acercan a la realidad y les demuestra que la ciencia está en ellos”* (Sandra, EI, 8).

Sandra argumenta que en la universidad obtuvo formación en prácticas experimentales; sin embargo, considera que fue desde una perspectiva muy general, donde no se profundizó en su metodología y objetivos educativos. Al respecto comenta: *“Tuve mucha formación experimental en la universidad, en cada semestre tuvimos un proyecto que se trabajaba con núcleos integradores de problemas; entonces, nos daban una pregunta para desarrollar a través del proyecto... en ese proyecto uno siempre tenía que experimentar, siempre le tocaba a uno buscar y también formular un experimento que lo conducía a aciertos o a errores”* (Sandra, EI, 9). Y concluye con lo siguiente: *“Yo pienso que recibí muy buena formación experimental, pero de una manera muy general. Yo pienso que tenemos una gran falencia y es en el manejo de*

laboratorio; porque por ejemplo, trabajamos bacterias en la universidad, pero no fue de una manera muy profunda, quedan vacíos en cuanto a qué son los reactivos, para qué se utilizan, como se usan... En la parte genética, experimentalmente hablando, creo que hay muchas debilidades” (Sandra, EI, 10).

La experimentación en ciencias

En cuanto al conocimiento epistemológico que Sandra maneja sobre la experimentación en las ciencias naturales, tenemos que ella concibe esta actividad como “...*el acercamiento a la realidad, a través de otro tipo de diseños que no son naturales”* (Sandra, EF, 11). En ese sentido, esta licenciada en biología concibe la experimentación como un ejercicio de investigación de naturaleza artificial; donde, a partir de una problemática, se quiere conocer un fenómeno natural en forma integral. Al respecto comenta que: “*Es la necesidad de saber... El experimento siempre trae respuestas e interrogantes”* (Sandra, EF, 13). También, estima que experimentar es buscar respuestas a interrogantes investigativos por varios caminos; esto quiere decir, que, según Sandra, no hay una metodología establecida para la experimentación, es sus palabras: “*Experimentar es buscar caminos... Es la posibilidad de llegar a una respuesta a través de muchos medios...”* (Sandra, EF, 12).

La experimentación tiene, desde la perspectiva de Sandra, un papel muy importante en las ciencias naturales como mecanismo de comprobación de teorías; por tal motivo, aunque considera que una –el experimento- tiene un papel en función de la otra –la teoría-, las dos son esenciales para el conocimiento científico; por lo tanto, señala que: “*Yo creo que las dos -son importantes-, porque yo no puedo ir a experimentar sobre algo de lo que no tengo ni idea. Por*

ejemplo, para yo trabajar sobre célula, primero tengo que saber qué es, sus partes, etc. En el experimento ya voy mirando lo que aprendí por medio de la teoría” (Sandra, EF, 15).

Para el desarrollo del conocimiento biológico, desde la perspectiva de esta licenciada, ha sido fundamental el trabajo experimental, dado que, por medio de dicha actividad, se han logrado comprender diferentes fenómenos que, de otra manera, hubiera resultado imposible interpretar. Al respecto comenta: “...*Experimentar es como coger lo que ya existe y volverlo como más pequeño para entenderlo” (Sandra, EF, 16).* Entonces, Sandra nos refiere durante la entrevista que, aunque la teoría es el campo más importante para el conocimiento biológico, la experimentación ha ayudado en la comprensión de eventos de los que no se sabía mucho. Y, añade que, dentro de los experimentos más reconocidos de la biología, recuerda: “*Algo muy básico fue el experimento de Redi, Spallanzani, Needham y Pasteur para comprobar lo de la generación espontánea, es el inicio de todo lo que es el origen de la vida. Es un experimento súper y muy fácil de reproducir. Es algo tan simple, pero que muestra tanto” (Sandra, EF, 17).*

Finalmente, cuando se le pregunta a esta licenciada en biología si la metodología experimental es igual en física, biología y química, ella refiere que “*Los pasos pueden ser los mismos, pero yo siempre he sentido que la biología acerca más a la vida real” (Sandra, EF, 18).* Esto quiere decir, que reconoce diferencias en cuanto al conocimiento que maneja cada disciplina; sin embargo, en cuanto a la metodología experimental, no concibe disparidad alguna.

El experimento en la enseñanza de la biología

Para Sandra, la experimentación en la enseñanza de la biología tiene un papel muy importante y representativo, dado que, por medio de esta metodología, los estudiantes adquieren un aprendizaje significativo y contextual, y, además, despiertan la creatividad y la recursividad. Al

respecto comenta que: *“¡Huy! Total, o sea, yo soy muy aliada a la experimentación, y yo creo que eso es como... tiene mucho que ver con el aprendizaje significativo, porque es que lo que uno experimenta eso sí no se le olvida... Es que desde que uno se unte... uno queda como metido en el cuento”* (Sandra, EF, 14). En ese sentido, continúa esta licenciada expresando que: *“Yo creo que el papel del experimento para la enseñanza de la biología consiste en facilitar el aprendizaje. O sea, que ellos se acerquen más a lo que uno les hecho de carreta, porque para ellos es carreta hasta que no lo hacen real”* (Sandra, EF, 19). Adicionalmente, comenta que como el trabajo experimental se desarrolla en grupos, no solo permite un aprendizaje significativo de los contenidos, sino que, además, fortalece el trabajo colaborativo y las actitudes de comportamiento social.

También, en relación al papel de la experimentación en la enseñanza de la biología y su intervención en la construcción de conocimiento *“científico”* escolar, Sandra señala que: *“Yo creo que el experimento hace que ellos se interesen más por la ciencia, porque la ciencia siempre se ve como algo lejano. El científico siempre lo ven como alguien lejano, allá en un laboratorio, con una bata, con gafas... pero ellos no ven que también pueden ser científicos experimentando con cosas básicas, con cosas que tienen a la mano”* (Sandra, EF, 20).

Ahora, esta licenciada sostiene que, como lo dijo con anterioridad, las prácticas experimentales que desarrolla en la clase vienen después de la carga teórica, dado que *“el experimento es un refuerzo de la teoría, para que se la aprendan y la recuerden más fácilmente”* (Sandra, EF, 22). En ese sentido, ha diseñado e implementado varias prácticas experimentales como complemento de la teoría, algunas de ellas son: *“He hecho experimentos en clase como la observación de células de la boca, de la sangre, la cebolla... Me gusta mucho cuando trabajo protozoos o algas;*

o sea, me encanta coger y bueno, vayan y cojan en un charco, o agua de cilantro, para que observen por medio de cosas que ellos tienen cerca, cosas reales” (Sandra, EF, 21).

Sandra considera que, en el aula de clases, el conocimiento sobre las normas de bioseguridad debe ser imperativo y de obligación para todos los integrantes del curso. También, insiste en que los maestros no deben confiarse en el comportamiento de sus estudiantes cuando están en el laboratorio; En ese sentido, comenta que el maestro siempre debe: “... *partir de cero, o sea, siempre tiene que estar atento a lo que pasa, por seguridad... nunca confiarse en que los estudiantes ya saben de normas de seguridad, ellos no tienen experiencia... siempre se tiene que estar pensando en el riesgo, siempre pueden ocurrir sorpresas” (Sandra, EF, 29).*

Finalmente, reconoce como las mayores dificultades y obstáculos en el trabajo experimental, las condiciones materiales de las Instituciones Educativas, la falta de material didáctico que oriente prácticas experimentales innovadoras y, por último, piensa que un factor muy importante es la falta de actualización por parte de los maestros. En ese sentido comenta que: “*Hay muchas cosas que no funcionan solo con la creatividad del maestro, se requieren instrumentos y materiales... La falencia real es que faltan muchas cosas materiales en los colegios. No hay material didáctico sobre la experimentación para que el maestro pueda adelantar trabajo en el laboratorio... Otro problema tiene que ver con los conocimientos del maestro, por ejemplo a mí me gustaría ampliar mi conocimiento sobre el laboratorio, pero no he encontrado un curso que sea exclusivo para trabajo en el laboratorio” (Sandra, EF, 30).*

8.3.2. Estudio de caso V. El caso de Andrés

Formación profesional de los licenciados en biología y enseñanza de la biología

Andrés es licenciado en biología de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

Andrés comenta que nunca tuvo la intención de estudiar una licenciatura; es más, sostiene que fueron condiciones diferentes al gusto propio las que lo llevaron a estudiar dicha carrera. Sin embargo, la satisfacción que siente por las ciencias naturales sopesa la decisión tomada y, además, comenta que durante su trayecto profesional ha aprendido a valorar la profesión docente. Este licenciado, explica que el trabajar como profesor le da la oportunidad, en los tiempos libres, de profundizar en la disciplina biológica y los temas que más le interesan, argumentando que *“...desde el colegio se me facilitaban las ciencias naturales, la biología, la química... estudiar estas ciencias es lo que más me gusta”* (Andrés, EI, 2).

Este licenciado ha realizado varios cursos en *“...las TICs y de pedagogía...”* (Andrés, EI, 3), con la intención de mejorar su desempeño docente y para, según él, *“...aprender a manejar herramientas que le permiten que la clase no sea un ladrillo”* (Andrés, EI, 4). Dentro de las estrategias, recursos y actividades que emplea en el aula de clases para la enseñanza de la biología, él explica que lo mejor, en las clases de ciencias naturales, es emplear la tecnología como una herramienta que promueve el aprendizaje, dado que los estudiantes están muy familiarizados con ella; así que, utiliza con frecuencia el *“televisor, presentaciones y algunas aplicaciones”* (Andrés, EI, 5).

Andrés opina que los trabajos prácticos y de laboratorio funcionan en el escenario escolar como un medio por el cual se puede fomentar el interés y la motivación en los estudiantes por el conocimiento científico. En ese sentido comenta que: *“Yo lo veo como una vaina de sorpresa, en*

el sentido de que uno va al laboratorio y entonces se presentan diferentes fenómenos que permiten un descubrimiento mágico, como ese asombro de ¡Oh! ¡Huy! Pero tanto así como para decir que estamos construyendo conocimiento no, es más de sorpresa” (Andrés, EI, 6).

Para este licenciado, en la Universidad le brindaron una muy buena formación experimental, y además, le proporcionaron el conocimiento necesario para poder llevar esa metodología a la escuela. En ese sentido, comenta que: *“Sí, muy buena –en relación a la formación experimental- ... todos lo semestres y, afortunadamente, alcancé a recibir formación en biología, en química, física y algunos brochazos de psicología”* (Andrés, EI, 8).

La experimentación en ciencias

En cuanto a la perspectiva epistemológica que Andrés tiene sobre el experimento, señala que esta actividad es *“una forma práctica de hacer una demostración de un fenómeno”* (Andrés, EF, 9). Y, además, sostiene que su papel dentro de las ciencias naturales es la de corroborar o, comprobar, teorías. Al respecto explica: *“el experimento se maneja en las ciencias naturales con la finalidad de manejar y tener en cuenta variables, consecuencias, y corroborar teorías”* (Andrés, EF, 10). También comenta que para el desarrollo del conocimiento científico es necesaria la teoría y el experimento.

Para la biología, según Andrés, el experimento ha sido una metodología de investigación muy importante. Este licenciado identifica como unos de los experimentos más relevante durante la historia de la biología los *“procesos de fermentación como los de Pasteur y la trazabilidad de los genes con la drosophila”* (Andrés, EF, 13). También, considera que la metodología experimental en las ciencias naturales es igual para todas sus áreas de conocimiento: biología,

química y física, argumentando que: *“Pues por metodología es la misma, son una serie de procedimientos, toma de datos, observaciones y conclusiones... es lo mismo”* (Andrés, EF, 14).

El experimento en la enseñanza de la biología

Para Andrés la experimentación en la enseñanza de la biología tiene el papel de *“contextualizar la teoría y volverla en algo palpable”* (Andrés, EF, 15). Y, en relación a la intervención que dicha práctica puede desempeñar como medio para la construcción de conocimiento escolar, Andrés señala que *“adquieren el conocimiento sí, porque para ellos queda mucho más claro; pero tanto así como construcción de conocimiento no, yo diría más transmisión de conocimiento”* (Andrés, EF, 16). Sin embargo, considera que la actividad experimental en el aula de clases promueve habilidades sociales y actitudinales en tanto que, con ellas, se procura *“volver a los estudiantes más rigurosos en el trabajo de laboratorio... entonces, por ejemplo, ellos ya saben que en el laboratorio no pueden estar jugando, no se come, que se debe tener rigurosidad. Se aprende a seguir protocolos”* (Andrés, EF, 19).

Dentro de los experimentos que Andrés más utiliza en la clase de biología, se encuentran: *“Diseción del cerebro, diseción de tejidos, reconocimiento de células...”* (Andrés, EF, 17). La metodología que este licenciado utiliza con frecuencia cuando desarrolla prácticas experimentales se caracteriza por: primero, identificar un fenómeno de interés para estudiar; segundo, plantear una situación problema; tercero, construir hipótesis y; cuarto, desarrollo de la práctica experimental. En ese sentido comenta que *“Se debe partir de un fenómeno especial para estudiar, y ya partiendo de ese fenómeno como tal se generan una serie de preguntas o de posibles hipótesis y a partir de eso se empieza a desarrollar la práctica, y a medida que se va respondiendo en la práctica, se van resolviendo la serie de preguntas que se generaron o se*

plantearon” (Andrés, EF, 22). En cuanto a la relación teoría/experimento, Andrés comenta que la mejor manera de presentarlas a los estudiantes es *“simultáneamente, hay algunas cosas no se puede trabajar sin tener una base como tal... en otras ocasiones se puede iniciar con la práctica y después se pasa a la teoría... eso depende de los objetivos de la clase”* (Andrés, EF, 18). Y en cuanto a la disposición de los estudiantes (en grupo o individual) para desarrollar las prácticas experimentales, considera que: *“Acá toca obligatoriamente en grupo porque de manera individual es dispendioso... los grupos son muy grandes. Pero lo ideal sería individual”* (Andrés, EF, 23).

Finalmente, Andrés comenta que lo primero que un maestro de biología debe tener en cuenta cuando desarrolla actividades experimentales en el aula de clases, son las *“Normas de seguridad para evitar accidentes”* (Andrés, EF, 24). Adicionalmente, este licenciado piensa que las principales dificultades que debe sortear un licenciado en biología son: el tiempo y la falta de infraestructura. Al respecto comenta: *“el tiempo... por que donde yo me dedique a hacer seguidamente prácticas no avanzaría mucho en los contenidos que se deben adelantar...”* (Andrés, EF, 25). Segundo *“Se necesita mejor infraestructura...”* (Andrés, EF, 21).

8.3.3. Integración resultados y discusión en la I.E.D. Villa Rica

La I.E.D. Villa Rica cuenta con dos licenciados en biología: Sandra de la Universidad Pedagógica Nacional y Andrés de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Estos dos licenciados refieren razones diferentes del por qué estudiar una carrera profesional dedicada a la educación; por un lado, Sandra comenta que siempre pensó en ser maestra (EI, 2) y, por otra parte, Andrés indica que su principal gusto fue la biología, desestimando en un principio, la docencia (EI, 2); él comenta, además, que fueron razones diferentes al gusto propio las que lo llevaron a inscribirse en un proyecto curricular de licenciatura (EI, 2)

Andrés ha desarrollado varios cursos en las TICs y en pedagogía (EI, 3), procurando de ese modo estar contextualizado con nuevas formas de enseñar y concebir la enseñanza (EI, 4). Al respecto, también comenta que dentro de las principales estrategias y recursos que utiliza, y de los cuales aprendió su valor durante la formación postgradual, están: el televisor, las presentaciones en power point y algunas aplicaciones (EI, 5). Por el contrario, Sandra comenta que no ha tenido la oportunidad de continuar formándose profesionalmente (EI, 3), sin embargo, utiliza varias estrategias que ha aprendido a reconocer durante su trayectoria profesional; algunas de ellas son, la lectura, el uso de diccionarios, los recursos audiovisuales y las prácticas que acerquen a los estudiantes al contenido por medio de manualidades (EI, 5 y 6).

En cuanto al papel de las prácticas experimentales para la enseñanza de las ciencias, Andrés comenta que dichas actividades son un medio para fomentar el interés en los estudiantes por aprender ciencias naturales; sin embargo, también comenta que las prácticas experimentales en los contextos escolares no sirven para construir conocimiento (EI, 6). Al respecto, Sandra comenta que, para ella, las actividades experimentales presentan una imagen de ciencia divertida,

que es aplicable a la vida (EI, 7 y 8). En relación con lo anterior, Hodson (1994) comenta que, en la mayoría de los casos, la concepción trivial o nada sobresaliente que de la actividad experimental tienen los maestros de ciencias naturales, puede ser consecuencia de la poca reflexión que éstos hacen sobre los objetivos y potencialidades que dicha práctica tiene en los escenarios de aprendizaje.

En relación con el conocimiento epistemológico que estos licenciados en biología manejan sobre la experimentación científica, se encuentra que: por un lado, Andrés considera que la experimentación es la forma práctica de hacer la demostración de un fenómeno natural; además, también refiere que con dicha práctica los científicos corroboran las teorías (EF, 9 y 10). Carrascosa et al. (2006), comenta que la concepción positivista y “...*empiro-inductivista de la ciencia y del trabajo científico tiene un gran peso en el profesorado de ciencias y, vinculada a ella, la común deformación que identifica a la metodología del trabajo científico-solamente-con la realización de experimentos*” (p.161). Sandra, por el contrario, considera que la experimentación es la búsqueda de caminos en la investigación, también señala que por medio de dicha práctica se obtienen respuestas a problemáticas anteriormente planteadas o, en algunos casos, más interrogantes (EF, 11, 12 y 13). Ahora, sobre la dicotomía entre la teoría y experimento, estos licenciados coinciden en apreciar ambos elementos de la investigación científica como supuestos complementarios (Sandra, EF, 15; Andrés, EF, 11).

Particularmente hablando del papel del experimento en la enseñanza de la biología, estos dos licenciados consideran que dicha práctica facilita el aprendizaje de los estudiantes al volver más contextual y “*real*” la teoría (Sandra, EF, 19; Andrés, EF, 15). Sin embargo, Andrés aclara que con el experimento se logra el aprendizaje por medio de la *trasmisión* de conceptos, mas no por construcción de conocimiento (Andrés, EF, 16). Al respecto, Carrascosa et al. (2006), García

(2011) y Gil & Valdés (1996), comentan que las prácticas experimentales en el aula de clase deben dejar de ser vistas como aquella actividad que simplemente entretiene a los estudiantes, sino que, por el contrario, se tienen que empezar a interpretar como una metodología de enseñanza que facilita la construcción de conocimiento en los estudiantes al poner los en situaciones problemáticas que requieren de la formulación de hipótesis y, además, del diseño autónomo de experimentos.

Estos licenciados presentan el experimento como una actividad únicamente de observación, confundiendo claramente ambas actividades (Experimentación y observación) (Sandra, ONP, 1, 2, 3, 4). Por ejemplo, Andrés comenta que entre los experimentos que más utiliza en la clase de biología se encuentran, el reconocimiento de células y la disección de cerebro de marrano (EF, 17). Sandra utiliza en la clase de biología la observación de células de la boca, sanguíneas y la cebolla... etc. (EF, 20).

En el ejercicio de caracterización sobre las concepciones que estos licenciados tienen sobre la experimentación para la enseñanza de la biología, se encontró que las actividades que habitualmente se desarrollan no se vinculan con problemas de investigación, el establecimiento de conjeturas contrastables, o con el requerimiento y emisión de hipótesis; Así que, en la mayoría de los casos, los objetivos que persiguen estos licenciados son más de carácter actitudinal (motivación), dejando de lado la parte procedimental (razonar, clasificar, emitir hipótesis) y conceptual (construcción de conocimiento) (Sandra, ONP, 6, 7, 8).

Dentro de las dificultades que deben enfrentar los licenciados en biología al llevar prácticas experimentales al aula de clases, se encuentran:

- Mala infraestructura de las I.E.D., pocos recursos y materiales de laboratorio (Sandra, EF, 30; Andrés, EF, 25).
- Falta de recursos didácticos que especifiquen prácticas experimentales aplicables en el aula de clases (Sandra, EF, 30).
- El tiempo también es un limitante a la hora de proponer actividades experimentales (Andrés, EF, 25).

- ❖ Misión: Somos una institución Oficial de carácter formal que, mediante la utilización de metodologías pedagógicas que promuevan el desarrollo integral de las vocaciones y las aptitudes individuales, desarrollamos la prestación del servicio educativo, para la obtención de los fines de la Educación, basados en la formación personal, humanística, y convivencial, orientada al desempeño de ciudadanos saludables, autónomos, solidarios, democráticos, competentes y creativos (DI, 4).
- ❖ Visión: Al finalizar el año 2015, nuestra institución ha de tener su Educación Media Especializada en Ciencias Exactas, Formación Musical, el manejo de una Segunda Lengua – Inglés - con una sólida organización, Planes y programas definidos en ejecución hacia la Excelencia Académica, la participación calificada en eventos deportivos y culturales, Formación Empresarial y Estamentos que reconociéndose, asumen sus derechos y deberes con entereza contribuyendo, eficazmente, a la formación de hombres y mujeres capaces de altos desempeños (DI, 5).

Área de Biología

Para el área de biología, la Institución Educativa Distrital Guillermo León Valencia, en la jornada mañana, cuenta con dos licenciados (ONP). El escenario de aprendizaje para el área de biología es un salón de clases normal; sin embargo, los maestros tienen acceso a los laboratorios y pueden utilizarlos siempre y cuando pidan el espacio con anticipación (ONP).

8.4.1. Estudio de caso VI. El caso de Milena

Formación profesional de los licenciados en biología y enseñanza de la biología

Milena estudió su bachillerato en una escuela normalista, graduándose a los 16 años. Desde que terminó sus estudios, empezó a trabajar como maestra en varias escuelas de la ciudad. La

experiencia que adquirió en su juventud, en el ámbito educativo, la impulsaron a querer profesionalizarse en la docencia. Es así que, después de algunos años, Milena decide inscribirse en la Universidad Pedagógica Nacional en el proyecto curricular de Licenciatura en Biología. La intención de esta licenciada al graduarse era continuar trabajando en las escuelas de primaria. En ese sentido, el propósito de Milena después de la graduación *“era seguir con los niños de primaria, seguir trabajando con ellos... eso era lo que más me gustaba”*.

Milena ha adelantado estudios sobre Fitogenética en la Universidad de los Andes; sin embargo, por problemas de índole familiar, no alcanzó a culminar el grado. Después, decidió inscribirse en la Universidad Libertadores en el programa de Lúdica de la Pedagogía, donde logró adquirir el título de especialista. Ella comenta que los estudios postgrado que ha realizado han influido positivamente en su desempeño docente, dado que *“...es una oxigenación cada vez que uno hace un nuevo curso. O sea, uno renueva técnicas, estrategias, porque los maestros tratamos de anquilosarnos mucho; entonces, uno ve otras opciones, ve nuevas estrategias que han hecho otros maestros... la idea es hacer un mejor trabajo para los niños”* (Milena, EI, 4).

Milena refiere que, dentro de las estrategias que utiliza para promover en el aula de clases el aprendizaje de la biología, no contempla la utilización de prácticas experimentales ni emplea el laboratorio. Entonces, lo que, según ella, le ha funcionado, es el trabajo colaborativo con otros maestros y la elaboración de talleres. Al respecto comenta que: *“Yo soy más teórica porque en el laboratorio los muchachos acá son muy difíciles. Lo que hago generalmente son experiencias de aprendizaje significativo con la ayuda de otros maestros del área de ciencias naturales, proponemos tallercitos”* (Milena, EI, 5).

Aunque Milena no utiliza la experimentación ni los trabajos prácticos, reconoce que estas actividades pueden ser fundamentales en el escenario escolar como método de aproximación progresiva al conocimiento científico y, además, cree que pueden mostrar el carácter cambiante de las ciencias. En ese sentido, dice: *“Los trabajos de laboratorio presentan una imagen acorde con la biología, es el método con el que más se identifica la biología. O sea, si uno no se basa en la experiencia de donde va a sacar el conocimiento”* (Milena, EI, 6).

Esta licenciada explica que, aunque no utilice por comodidad la experimentación, en la universidad obtuvo muy buena formación en prácticas experimentales y, a la vez, lo que ella considera más importante, en su transposición al escenario escolar. Al respecto dice: *“...en la pedagógica nos influenciaron mucho en la micro-enseñanza y en el trabajo experimental”* (Milena, EI, 7). Y, además, *“...todos los semestres teníamos que hacer prácticas experimentales; por ejemplo, era muy frecuente observar aguas estancadas al microscopio”* (Milena, EI, 8).

La experimentación en ciencias

En cuanto al conocimiento epistemológico que Milena tiene sobre la experimentación científica, refiere, durante la entrevista, que esta actividad es *“el método por el cual se pueden verificar, contrastar o refutar teorías”* (Milena, EF, 9). Y que, su papel en la construcción de conocimiento científico, es el de permitir *“...a los científicos robustecer las teorías”* (Milena, EF, 10). También, Milena comenta que la experimentación y la teoría son dos elementos inseparables para la constitución de conocimiento científico, argumentando que: *“Son necesarias ambas. Yo no creo que una persona que experimente sólo en el laboratorio pueda generar conocimiento, porque le faltan los conceptos de otra gente que trabajó en los siglos anteriores.”*

Entonces es desconocer todo lo que se trabajó antes, es un conocimiento que no se puede subestimar” (Milena, EF, 11).

Para la biología, según Milena, experimentar es una necesidad, dado que, por medio de esta metodología de investigación junto con la teoría, es que se construye conocimiento. Es así, que reconoce a la biología como una ciencia de carácter experimental, e identifica, como los experimentos más famosos e importantes, a las: “...vivisecciones y los trabajos de ósmosis. Pero lo máximo en relación a la experimentación, fue la invención del microscopio por parte de Leeuwenhoek. El microscopio le abrió un mundo diferente a la biología, si ese señor no hubiera inventado el microscopio, la biología no hubiera evolucionado tanto, él partió en dos la historia” (Milena, EF, 13). También, considera esta licenciada que la experimentación en las ciencias naturales (biología, química y física), debe tener algunas diferencias procedimentales. Sin embargo, considera que los fenómenos de la naturaleza que estudian estas ciencias son los mismos. Al respecto comenta: “Básicamente estudian fenómenos naturales iguales; sin embargo, en la experimentación deben tener algunas cosas diferentes” (Milena, EF, 14).

El experimento en la enseñanza de la biología

Para Milena, el experimento en la enseñanza de la biología tiene un papel “...básico, es muy importante. Lo ideal sería que uno contara con un laboratorio para trabajar con sus estudiantes para que ellos valoren la ciencia” (Milena, EF, 15). También, señala que la trascendencia del experimento en la escuela se debe a que “...promueve el pensamiento científico... Lo ideal es que ellos puedan captar a partir del experimento el conocimiento científico” (Milena, EF, 16). E insiste, en que las actividades experimentales mejoran las actitudes de los estudiantes frente a las ciencias, argumentando que, dentro de los beneficios que puede tener el implementar estos

trabajos, se encuentran: *“...que los niños se encanten con la ciencia, que la amen más, que se sensibilicen que sin experimentación no pueden progresar en el campo científico”* (Milena, EF, 19).

Dentro de los experimentos que Milena ha desarrollado en la clase de biología se encuentran: *“disecciones del cerebro, del ojo, corazón... vivisecciones de sapos”* (Milena, EF, 17). Esta licenciada considera importante antes de trabajar la práctica experimental hacer una inducción teórica como actividad motivacional. Al respecto dice *“Siempre hay que hacer una inducción teórica, como motivación para la práctica. Cómo va uno a trabajar experimentos sobre algo que no ha hablado con los estudiantes, es muy importante la motivación teórica”* (Milena, EF, 18). También, considera que las prácticas experimentales en la escuela se deberían trabajar, en condiciones ideales, individualmente o en parejas de estudiantes con la intención de potenciar el trabajo propio. En ese sentido, comenta que *“Siempre en grupo, por lo que le digo, primero, los niños acá son muchos y no hay implementos para todos; lo ideal sería individual o de a dos, pero no se puede...”* (Milena, EF, 23).

Esta licenciada, considera que el trabajo experimental para la enseñanza de la biología no requiere de una metodología rígida de trabajo; es más, sostiene que *“No hay estructura, tú puedes empezar de cualquier forma, por cualquier lado. Esa es una facilidad que tiene el trabajo de las ciencias. O sea, no tiene por qué ser tan acartonado, tan rígido el proceso. Yo creo que eso de la estructura tiene que ver mucho con la manera de ser del maestro”* (Milena, EF, 22). Lo que Milena sí considera muy importante, es el conocimiento de las normas de bioseguridad por parte de todos los integrantes del curso. Al respecto dice: *“Lo más importante es la seguridad, porque los chicos son muy imprudentes al usar las cosas, entonces las normas*

de bioseguridad son vitales. Mejor dicho, dada la imprevisibilidad de ellos, uno tiene que estar muy pendiente” (Milena, EF, 24).

Ahora, Milena considera que las mayores dificultades que enfrentan los licenciados en biología a la hora de llevar la experimentación al aula de clases son: por un lado, los grupos de estudiantes son muy numerosos, de manera que se dificulta mucho el trabajo y, además, no se puede estar pendiente de la seguridad de todos; por otro lado, está el “...espacio, no hay laboratorios, lo que pasa es que no se puede experimentar en un salón de clase, para eso es el laboratorio y también hace falta menos protocolos que interfieran en el trabajo del maestro, por ejemplo, se requiere de un almacenista para que el maestro no tenga que estar corra por un lado, corra por el otro” (Milena, EF, 21).

8.4.2. Estudio de caso VII. El caso de José

Formación profesional de los licenciados en biología y enseñanza de la biología

José es licenciado en biología de la Universidad Pedagógica Nacional. Este licenciado comenta que dentro de los intereses que tenía, antes de ingresar a la universidad, se encontraban, realizar investigación, tener apertura universitaria y enseñar. También, refiere que ha hecho algunos cursos en la Universidad Javeriana y en la Nacional sobre pedagogía y estrategias de enseñanza, para que, de ese modo, pudiera estar actualizado sobre novedades educativas. Este licenciado comenta que dentro de las estrategias de enseñanza que ha adquirido y que utiliza en sus clases de biología, se encuentran: *“La mayor estrategia tiene que ver con la consulta, la lectura y la experimentación”* (José, EI, 5).

José comenta que cuando utiliza la experimentación para la enseñanza de la biología, lo hace con la intención de que sus estudiantes vean *“...la ciencia cercana, o sea, que no es algo alejado, que es parte de su realidad, que hay muchas cosas por descubrir, pero que hay otras que simplemente son de analizar. Esto último quiere decir que en la práctica uno busca que ellos aprendan de lo cotidiano”* (José, EI, 6). También, este licenciado refiere que aprendió a utilizar el experimento y, además, reconoció su importancia en los procesos formativos de estudiantes en niveles de escolaridad de primaria y secundaria, durante sus cursos de postgrado. Otra cosa que señala, es que el problema en su formación inicial sobre prácticas experimentales, tenía que ver con: la falta de innovación, precaria actualización de conocimiento por parte de sus maestros y, por otro lado, carencia en la contextualización de los contenidos. Al respecto refiere *“...el problema de la pedagógica, por ejemplo, es que no le enseñan a uno prácticas innovadoras, generalmente es la repetidora de la repetidora”* (José, EI, 8).

La experimentación en ciencias

En cuanto al conocimiento epistemológico sobre las prácticas experimentales, este licenciado en biología refiere que dichas actividades son la *“manera de buscar la comprobación de una realidad o de una teoría”* (José, EF, 9). Y, también comenta, que los científicos las utilizan para construir su cuerpo teórico. Al respecto dice: *“Pues es una manera de llegar a unas leyes, normas o principios que probablemente de otra manera sería más difícil”* (José, EF, 10). En cuanto a la dicotomía entre la teoría y el experimento, José piensa que para la construcción de conocimiento científico *“son necesarias ambas; claro que para mí, la experimentación tiene mucha más influencia, porque uno aprende mucho más a través de los sentidos”* (José, EF, 11).

José considera que en la biología se adelantan prácticas experimentales; sin embargo, también señala que son muy pocas, y de difícil reproducción sin los materiales de laboratorio adecuados. Dentro de los experimentos más famosos y de mayor trascendencia en la biología, reconoce *“los cruces genéticos de Mendel”* (José, EF, 13). También, este licenciado manifiesta que no hay diferencia entre la metodología experimental que se maneja en la biología, la química y la física. En ese sentido comenta: *“No, yo pienso que depende del experimentador, pero no debería haber diferencia como tal”* (José, EF, 14).

El experimento en la enseñanza de la biología

Para José, el papel que tiene el experimento en la enseñanza de la biología tiene que ver con el nivel formativo y de escolaridad en el que se aplique; por ejemplo, en los niveles de escolaridad primarios, según José, se reducen a la comprobación; por el contrario, en los niveles educativos donde se desarrolle investigación, tiene que ver con la construcción de conocimiento. En ese sentido, señala que: *“por lo general es la comprobación –en relación al papel del experimento en*

la enseñanza de la biología-, *porque ya es un trabajo realizado, entonces uno busca es que se comprueben algunas cosas; si el trabajo es a nivel de investigación, tiene que ver con la construcción de conocimiento nuevo, pero por lo general, lo que se trabaja en el aula de clase, tiene que ver con la comprobación*” (José, EF, 15). Sin embargo, comenta José, que la experimentación también puede ser vista como el método por el cual se *“...aterriza un poquito la teoría, yo creo que el objetivo del experimento científico es que la persona que está en el proceso de capacitación entienda que aunque ya hay unas leyes y teorías, se puede llegar a la construcción de muchos conocimientos con aplicaciones valederas”* (José, EF, 16).

Este licenciado, durante sus clases de biología, ha implementado experimentos como los de *“Identificación de células”* (José, EF, 17). Y en cuanto a la relación entre la teoría y el experimento en la enseñanza de la biología, dice que, la metodología de trabajo, *“depende mucho del grupo con el que se trabaja, por ejemplo, hay muchos grupos que uno puede llevar a consultar, a investigar y luego generar el conocimiento, y hay otros que a veces uno los puede sorprender con el experimento y luego llegar a principios. Depende mucho del grupo y también depende de la metodología que se quiera utilizar. Por lo general uno no se encasilla y busca hacer cambios anuales en el trabajo de enseñanza”* (José, EF, 18). También añade que *“yo no soy tan estructural... todo depende del grupo, de los objetivos y de lo que uno quiere buscar. Pero yo pienso que se pueden utilizar varias metodologías, es más, se deben utilizar metodologías variadas porque lo que uno quiere es que los estudiantes se animen en el proceso, entonces una misma metodología puede convertirse en algo monótono”* (José, EF, 22).

Este licenciado comenta que los beneficios de llevar prácticas experimentales a la escuela son *“muchos, sobre todo porque la parte teórica a veces se convierte en algo especulativa; entonces, para los chicos ver la realidad, ver el objeto, pues les lleva por lo menos a involucrarse más con*

el conocimiento” (José, EF, 19). Además, la experimentación propicia *“un aprendizaje significativo”* (José, EF, 20).

Para José, lo que un maestro de biología necesita para poder llevar actividades experimentales al escenario escolar, es *“tiempo. Aquí no se necesitan recursos porque uno puede conseguirlos, los que sea, aquí no se necesita si no concentración sobre lo que se tiene que hacer y tiempo. Es que estamos muy limitados... tenemos que hacer muchas cosas, entonces no hay tiempo para innovar... lo que pasa es que en biología no se requieren de muchos materiales...”* (José, EF, 21). También, considera fundamental *“...las normas de bioseguridad y clarificar los procesos a los muchachos, a veces si el proceso no es claro el experimento no sale, entonces se mejor tener claro que debemos conseguir con lo que estamos haciendo y que los chicos tengan esa posibilidad”* (José, EF, 24).

Finalmente, en cuanto a las dificultades con las que se enfrentan los licenciados en biología a la hora de llevar actividades experimentales a la escuela, José reflexiona: *“los recursos pasan a un segundo plano, lo importante es la parte a nivel de tiempo, nosotros no tenemos el tiempo suficiente para planear, para ejecutar los experimentos, a veces los experimentos duran más de dos horas y nosotros realmente solo tenemos dos horas para trabajar con los chicos, entonces se cortan muchas cosas y uno quisiera que la experimentación pudiera durar mucho más tiempo, lo otro es que también tenemos muy pocos recursos de tiempo individual”* (José, EF, 25).

8.4.3. Integración resultados y discusión en la I.E.D. Guillermo León Valencia

La I.E.D. Villa Rica cuenta con dos licenciados en biología de la Universidad Pedagógica Nacional. Estos dos licenciados, consideran que dentro de las principales razones por las que decidieron estudiar una carrera profesional dedicada a la educación, se encuentran: por un lado, la inclinación y el gusto por la enseñanza (Milena, EI, 2; José, EI, 2) y, por otra parte, José refiere que deseaba tener apertura universitaria y realizar investigación educativa. Estos dos licenciados manifiestan haber continuado su formación de postgrado en diferentes áreas del conocimiento, hasta el nivel de magister (Milena, EI, 3; José, EI, 3).

Milena y José coinciden en manifestar que los diferentes cursos y postgrados adelantados han sido un recurso muy valiosos en su profesionalización docente, dado que, por medio de ellos, han logrado reconocer y apropiarse de diferentes estrategias de enseñanza y, además, han innovado y actualizado su desempeño en el aula de clases (Milena, EI, 4; José, EI, 4). Es así, que José (EI, 5) comenta que como estrategia para la enseñanza de la biología suele utilizar el experimento, la lectura y la consulta. Por el contrario, Milena (5) argumenta ser más del corte teórico, aplicando como estrategia en el aula de clases los talleres.

En cuanto al conocimiento epistemológico que estos licenciados manejan sobre la experimentación científica, se encuentra que: Milena (EF, 9 y 10) considera que el experimento es una herramienta con la que los científicos validan, contrastar o refutar las teorías. Esta concepción, considera al experimento como el típico mediador en las construcciones teóricas al fundamentarse en la perspectiva hipotético-deductiva (Romero & Aguilar, 2013). José (9 y 10), por el contrario, manifiesta una concepción empiro-inductivista de las ciencias al expresar que el experimento es el medio que utilizan los científicos para llegar a leyes, normas o principios. Al

respecto, comenta Fernández et al. (2005) que una de las más recurrentes deformaciones de la ciencia en los escenarios escolares es la que “...asocia el trabajo científico, casi exclusivamente, con ese trabajo en el laboratorio, donde el científico experimenta y observa en busca del feliz ‘descubrimiento’ (p.36).

Por otro lado, en cuanto a la dicotomía entre teoría y experimento, estos licenciados refieren explicaciones diferentes; por ejemplo, José (EF, 11) concibe la experimentación como el recurso más importante para el conocimiento científico. Al respecto, Romero & Aguilar (2013) sostienen que es una tradición en las escuelas presentar a las ciencias naturales con una fuerte tradición empirista donde se sostiene la máxima de que todo nuestro conocimiento se soporta en la observación directa. Milena, por el contrario, argumenta que son necesarias ambas, y agrega, “yo no creo que una persona que experimente solo en el laboratorio pueda generar conocimiento por que le faltan los conceptos de otra gente que trabajó en los siglos anteriores. Entonces es desconocer todo lo que se trabajó antes, es un conocimiento que no se puede subestimar” (EF, 11).

Estos dos licenciados coinciden en presentar la experimentación en el escenario escolar como una estrategia de enseñanza que promueve un aprendizaje significativo (Milena, EF, 20; José, EF, 20). Sin embargo, José (15) aclara que la experimentación a nivel escolar no origina la construcción de conocimiento. Ahora, en relación a la implementación de estas actividades en la enseñanza de la biología, tanto Milena (EF, 17) como José (EF, 17), dan referencia de prácticas observacionales, confundiendo, claramente, la observación con la experimentación. Cuando se confunde la experimentación con la observación, se puede estar presentando a los estudiantes, por una lado, una imagen deformada y empobrecida de la ciencia y, por otra parte, se pierden las potencialidades que dicha actividad puede facilitar en los contextos educativos.

Finalmente, estos licenciados dan cuenta de varias situaciones con las que se deben enfrentar a la hora de desarrollar actividades experimentales para la enseñanza de la biología. Algunas de ellas son:

- Por un lado, las condiciones estructurales y materiales de las I.E.D. (Milena, EF, 25).
- Otro aspecto que mencionan los licenciados tiene que ver con las actitudes y el comportamiento de los estudiantes (Milena, EI, 5).
- El tiempo también es un limitante a la hora de proponer actividades experimentales (José, EF, 25).

9. DISCUSIÓN DE ASPECTOS GENERALES

Al caracterizar las concepciones que tienen los licenciados en biología (sujetos estudio de caso) de las tres Instituciones Educativas Distritales en relación a la experimentación científica y su uso para la enseñanza de la biología, se logró encontrar que éstos, en la mayoría de los casos, aún conservan una imagen “clásica” de las ciencias; la cual, en términos generales, orienta las prácticas que se desarrollan en el aula de clases (Sofía, EF, 16, 18; Laura, FF, 16, 17; Marcos, EF, 15; Andrés, EF, 9; Sandra, EF, 16; Milena, EF, 9; José, EF, 9). Algunos especialistas en enseñanza de las ciencias y didáctica de las ciencias, entre ellos Caamaño (2003), Gil & Vilches (2006) y García (2011), señalan que esta concepción “clásica” de las ciencias, o, como otros la llaman, “concepción heredada de las ciencias”, es el legado más representativo que el positivismo y el empirismo lógico han dejado en la enseñanza de las ciencias naturales.

En ese sentido, las posturas positivistas que algunos licenciados en biología manejan en sus clases están afectando drásticamente la manera en que se orientan las prácticas experimentales y, por consiguiente, la imagen de ciencia que tienen sus estudiantes (Sofía, EF, 17; Sofía, ONP, 8; Laura, FF, 21; Marcos, EF, 16; Andrés, EF, 10, 15; Sandra, ONP, 7, 8; Milena, EF, 10; José, EF, 10, 15). Es así que, en general, estos licenciados exhiben en sus clases una imagen de ciencia como producto acabado, y las leyes y teorías, como el resultado que se debe divulgar (Laura, EF, 22; Andrés, EF, 16). Al respecto, Romero & Aguilar (2013) comentan que, usualmente, los licenciados que tienen una postura epistemológica positivista, presentan en las clases de ciencias naturales al conocimiento científico como única verdad, objetiva e incuestionable, y, además, inducen en sus estudiantes el pensamiento de que las leyes y teorías son verdades “ya establecidas” que hacen referencia a hechos reales, descubiertos en la naturaleza. En correspondencia, Badillo (1999) comenta que el énfasis exagerado sobre los aspectos más

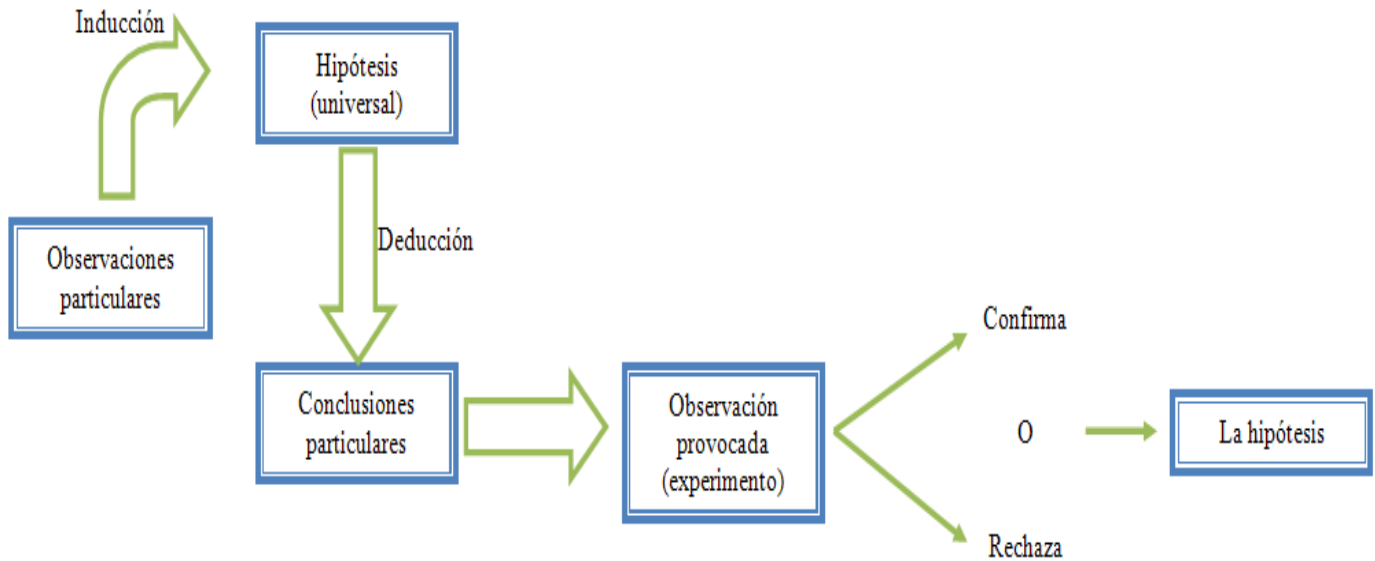
formales de la ciencia *"ya establecida"* dificulta en los estudiantes el acceso a la construcción de comprensiones genuinas sobre los conceptos. Además, explica Badillo (1999), la concepción positivista resulta ser insuficiente para que los licenciados de ciencias naturales puedan manejar la complejidad de su labor, que incluye, entre otras cosas, estimular entre los estudiantes nuevas maneras, racionales y razonables de ver los fenómenos de la naturaleza.

Romero & Aguilar (2013) también agregan, que los licenciado influenciados por el positivismo enseñan que los conceptos derivados de las leyes de la naturaleza son verídicos, únicos y que, por tanto, el experimento tiene el papel de comprobar las teorías nacientes que se convertirán, más adelante, en tales postulados. En ese sentido, desde esta postura, los licenciados como mediadores entre el conocimiento científico y el conocimiento escolar, se limitan, en la mayoría de los casos, a meros *transmisores* de un conocimiento científico *"ya establecido"* y *"acabado"* (Fernández et al., 2005 y Badillo, 1999). Este último aspecto, según García (2011), termina siendo la esencia estructuradora y articuladora de la propuesta de enseñanza *tradicional*.

En cuanto al papel que se le suele otorgar a la experimentación desde la imagen *"clásica"* de las ciencias, y que en este trabajo de caracterización resultó ser la concepción más común entre los licenciados estudio de caso, es frecuente encontrar dos posturas (García, 2011). La primera de ellas, es la que, con base en la perspectiva hipotético-deductiva (figura No. 9), concibe la experimentación como el único medio para validar, confirmar o contrastar teorías (Quesada, 2006; García, 2011 y Malagón et al., 2011) (Sofía, EF, 16, 17; Laura, EF, 16; Andrés, EF, 10; Milena, EF, 9). Por ejemplo, en el caso de la enseñanza de la física, García (2011) comenta que *"usualmente la enseñanza de la física se basa en la transmisión del conocimiento de leyes y teorías en lenguajes técnicos y matemáticos con su correspondiente demostración experimental. Por ejemplo, para hacer evidente la teoría de la electricidad como flujo de electrones (propio de*

la visión de fluidos) se hace un experimento de frotación y con la evidencia de una aguja que se mueve libremente, ‘demuestran’ la existencia de cargas eléctricas que se mueven por un conductor” (p.56).

Figura No. 9. Esquema modelo Hipotético-deductivo

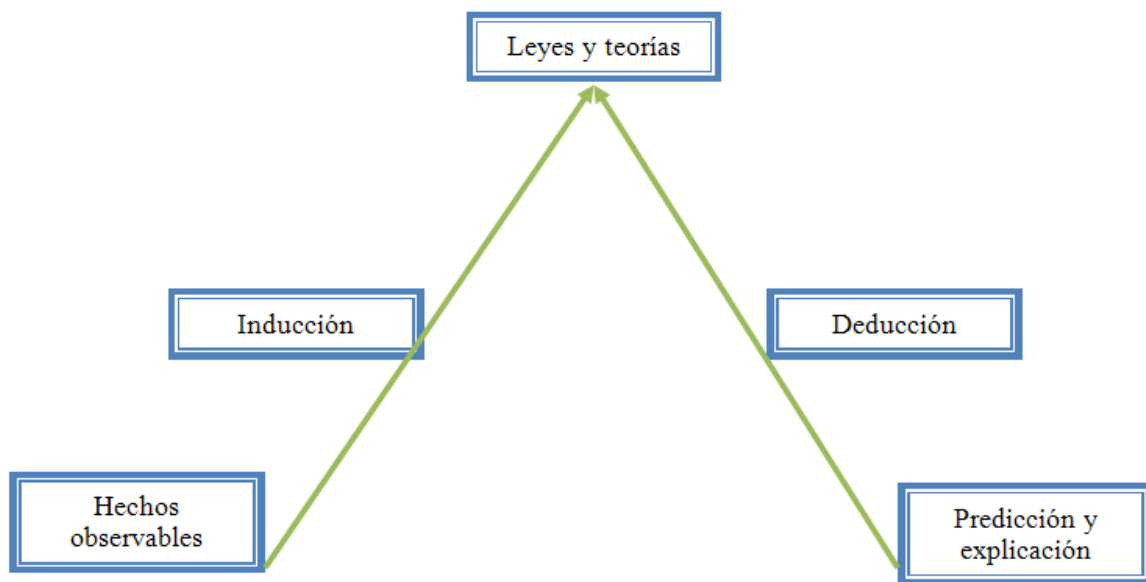


La segunda postura, que se basa en la perspectiva empiro-inductivista (figura No. 10), afirma que el experimento es la base exclusiva a partir del cual se fabrican los postulados teóricos y, por consiguiente, la única manera de construir conocimiento científico (García, 2011; Malagón et al., 2011 y Romero & Aguilar, 2013) (Marcos, EF, 15, 16; Sandra, EF, 11; José, EF, 10). La observación y la experimentación que se plantea desde la concepción empiro-inductivista debe ser “*neutra*”; esto quiere decir, que dichas prácticas no pueden estar influenciadas por ideas apriorísticas que orienten todo el proceso de investigación (Fernández et al., 2005). Los conocimientos que se obtengan a partir de la observación y la experimentación “*pura*” deben

servir para construir generalizaciones automáticas; sin reflexión ni validación de nuevos sujetos y contextos (Fernández et al., 2005 y Badillo, 1999).

Al respecto, Carrascosa et al. (2006) manifiesta que el pensamiento empiro-inductivista ha sido recurrente en la enseñanza de las ciencias, donde existe, en la mayoría de los casos, una tendencia a las generalizaciones que se expresa en términos de definiciones o enunciados. En ese sentido, muchos licenciado consideran que con una situación que se muestren el aula de clases, práctica o teórica, es más que suficiente para generalizar; desestimando, de antemano, la formulación de explicaciones que requieran de un examen crítico y contextual (García, 2011).

Figura No. 10. *Esquema modelo Empiro-Inductivista*



Pese a las claras diferencias en las anteriores concepciones, en cuanto al papel que puede desempeñar el experimento en las ciencias naturales, ambas coinciden en algunos supuestos tácitos: primero, las dos comparten una visión acumulativa de la ciencia de característica lineal, y; segundo, estas perspectivas toman como sustento la evidente separación entre la teoría y la

práctica, o en otras palabras, *“una separación entre el mundo de las ideas y el mundo de lo sensible, y se considera que, a través del experimento, de alguna manera se establece un nexo entre estos dos mundos”* (Malagón et al., 2011, p.19) (Sofía, EF, 18; Laura, EF, 17; Marcos, EF, 15, 16; José, EF, 11).

En relación con este último aspecto (dicotomía entre la teoría y el experimento), la separación que se dio entre estos dos elementos, productos ambos del conocimiento científico, son el resultado de la creciente jerarquización de la teoría sobre el experimento; dado que: por un lado, desde la perspectiva hipotético-deductiva de la ciencia, el experimento existe en función de la teoría, puesto que, mediante ésta, se define la naturaleza de la práctica, los hechos a observar y el qué se debe medir (Echeverría, 2003). Además, *“La perspectiva popperiana al destacar la importancia de las teorías (asumidas como imágenes de la realidad), situó a la dimensión empírica en los ‘márgenes del significado’, relevante sólo de manera negativa cuando aparecía en los procesos de refutación o falsación de teorías”* (Romero & Aguilar, 2013, p.31). Desde esta perspectiva, además, algunos experimentos eran denominados *“experimentos cruciales”* dado que fueron considerados como la máxima prueba a la que puede ser sometida una teoría (García, 2011).

Por otro lado, está la perspectiva empiro-inductivista donde se señala que es posible descubrir cómo funciona el mundo mediante la observación directa de los fenómenos de la naturaleza (Artigas, 2009). En ese sentido, comenta Heisenberg (citado por García, 2011), que *“el científico procuró aislar, mediante el experimento, determinadas partes del proceso natural, observarlas objetivamente y comprender su regularidad hasta obtener ‘leyes’ de validez incondicionada en todo el universo”* (p.51). Esta perspectiva también terminó estimulando el posterior énfasis en la teoría (Ferreiros & Ordóñez, 2002).

La distinción entre los términos teóricos y los términos experimentales es defectuosa y, además, es una concepción simplista de las ciencias naturales, que puede conducir, entre otras cosas, a una separación aún mayor entre el trabajo del aula y el del laboratorio, separación que ya está bastante extendida en las aulas de secundaria (Romero & Aguilar, 2013; Malagón et al. 2011 y Hodson, 1994). Por otro lado, el positivismo lógico al poner énfasis en el aprendizaje conceptual declarativo dejó de lado su capacidad para dar sentido a los fenómenos a fin de poder intervenir activamente sobre ellos, presenta una imagen desvirtuada de la actividad científica, con la cual, los estudiantes no pueden identificarse fácilmente.

Ahora, además de las concepciones tradicionales que algunos licenciado en biología manejan sobre las ciencias, también se encontró que, en la mayoría de los casos, las prácticas experimentales que se desarrollan en el aula de clases son confundidas con la observación (Sofía, ONP, 1, 2, 3, 4; Laura, EF, 25; Andrés, EF, 17; Sandra, EF, 21; Sandra, ONP, 1, 2, 3, 4; Milena, EF, 17; José, EF, 17). Esta visión deformada y empobrecida sobre la ciencia y sus prácticas, se evidencia cuando los licenciados proponen actividades experimentales a sus estudiantes con el propósito de observar algún fenómeno natural (célula, tejido, etc.) para “*extraer*” de él un concepto, o, en su defecto, para mostrar a sus estudiantes cuan equivocados estaban en sus anteriores apreciaciones sobre el fenómeno de estudio (Tabla No. 10).

Algunas de estas prácticas observacionales no indican las cuestiones a las que se pretende dar respuesta (lo que puede generar una imagen a-problemática de la ciencia), tampoco se discute su posible interés y relevancia social (perspectiva descontextualizada); asimismo, no se permite a los estudiantes ser protagonistas en la construcción de conocimiento al someterlos a seguir una guía detallada, tipo “*receta de cocina*”, lo que contribuye a una visión rígida, algorítmica y cerrada de la ciencia (Fernández et al., 2005). A lo anterior, se le puede añadir que, en algunos

casos, falta el análisis crítico de los resultados obtenidos y el planteamiento de nuevos problemas.

Tabla 10. *Implicaciones de la imagen “clásica” de las ciencias y el experimento en la educación científica con base en Fernández et al., 2005*

Una visión descontextualizada	La presentación de una visión descontextualizada, socialmente neutra, que olvida dimensiones esenciales de la actividad científica y tecnológica, como su impacto en el medio natural y social o los intereses e influencias de la sociedad en su desarrollo.
Una concepción individualista	Los conocimientos científicos aparecen como obra de genios aislados, ignorándose el papel del trabajo colectivo, de los intercambios entre equipos...
Una concepción empiro-inductivista y ateorica	Una concepción que defiende el papel de la observación y de la experimentación “ <i>neutras</i> ” (no contaminadas por ideas apriorísticas), olvidando el papel esencial de las hipótesis como focalizadoras de la investigación y de los cuerpos coherentes de conocimientos (teorías) disponibles, que orientan todo el proceso.
Visión rígida, algorítmica, infalible	Nada se dice, por ejemplo, de posibles revisiones y replanteamientos de la investigación.
Visión Exclusivamente analítica	No se plantea la posible vinculación del problema abordado a diferentes campos de la ciencia, ni la conveniencia de un tratamiento interdisciplinar...
Una visión aproblemática y ahistórica	Presentar conocimientos ya elaborados conduce muy a menudo a ignorar cuáles fueron los problemas que se pretendían resolver, cuál ha sido la evolución de dichos conocimientos, las dificultades encontradas, etc., y, más aún, a no tener en cuenta las limitaciones del conocimiento científico actual o las perspectivas abiertas.
Visión acumulativa, de crecimiento lineal	Una visión simplista a la que la enseñanza suele contribuir al presentar las teorías hoy aceptadas sin mostrar el proceso de su establecimiento, ni referirse a las frecuentes confrontaciones entre teorías rivales, ni a los complejos procesos de cambio, que incluyen auténticas “ <i>revoluciones científicas</i> ” (Kuhn, 1971).

Dificultades que enfrentan los licenciados en biología al llevar actividades experimentales al aula de clases

Ahora, en cuanto a las dificultades que enfrentan los licenciados en biología en el momento de llevar actividades experimentales al escenario escolar, se resaltan las siguientes:

- ❖ La dificultad más señalada por los licenciados en biología, durante esta investigación, tiene que ver con las condiciones estructurales y materiales presentes en las Instituciones Educativas; en otras palabras, los licenciados refieren que para el desarrollo de actividades experimentales es necesario contar con espacios acondicionados y dotados con instrumentos y equipos especializados (Laura, EF, 34; Marcos, EF, 31, 38; Sandra, EF, 30; Andrés, EF, 21, 25; Milena, EF, 21, 25). Al respecto de esta dificultad, vale la pena señalar que la mayoría de los sujetos estudios de caso, en esta investigación, desarrollan su práctica docente en el laboratorio de las Instituciones Educativas. Esto quiere decir, que las clases de biología y biotecnología se desarrollan en los laboratorios de las instituciones. Adicionalmente, y con base en las observaciones no participantes, se puede decir que, si bien en la mayoría de laboratorios hace falta actualización y renovación de insumos y materiales, cuentan con los elementos indispensables para adelantar prácticas experimentales. En casos extremos de dificultad por falta de materiales, se podría emplear la experimentación mental como sustituto de la práctica material.
- ❖ Otro aspecto muy señalado por los licenciados en biología durante la investigación es el excesivo número de estudiantes por salón, lo cual lleva una responsabilidad mayor en el desempeño docente al tener que, según ellos, utilizar materiales potencialmente

peligrosos para la salud y bienestar de los estudiantes (Laura, EF, 33; Marcos, EF, 37; Milena, EF, 21, 25).

- ❖ Los maestros también señalan la falta de material didáctico que oriente las prácticas experimentales en el área de biología (Sandra, EF, 30).
- ❖ El tiempo es señalado como otro condicionante muy importante en el desarrollo de actividades experimentales (Marcos, EF, 32; Andrés, EF, 25; José, EF, 25). Sin embargo, cuando se habla de la importancia en la implementación de actividades experimentales para la enseñanza de la biología no se sugiere, así parezca, que se tengan que desarrollar actividades experimentales por tema de estudio. El problema principal no es el del número de prácticas realizadas, sino la naturaleza de las mismas.
- ❖ Finalmente, algunos licenciados refieren como la mayor problemática para el desarrollo de actividades experimentales en el aula de clases, a la misma práctica docente. Por ejemplo, Sofía comenta: *“yo creería que las dificultades son más de carácter personal, muchas veces los maestros por pereza o por falta de tiempo no desarrollan metodologías de aprendizaje significativo como lo son las prácticas experimentales”* (EF, 36).

10. CONCLUSIONES

Se presentan a continuación las conclusiones producto de esta investigación. Pero antes, se aclara que la intención aquí, sin embargo, no es presentar tan solo la incidencia que tiene una imagen deformada y empobrecida de las ciencias en la enseñanza (evidente en la abundante bibliografía), sino, más bien, contribuir en un análisis que ponga de manifiesto la necesidad de un cambio conceptual y epistemológico de las ciencias naturales en la enseñanza: un cambio necesario en la concepción de los licenciados en biología. En ese sentido, algunas de las conclusiones son:

- ❖ Primero, reconocer al licenciado en biología, y de ciencias naturales en general, como la clave para el alcance de los objetivos propuestos en el trabajo experimental; pues éstos, en últimas, son los encargados de diseñar y organizar el plan de trabajo y las actividades que definen esta práctica, y, a la vez, son quienes las debe integrar, de forma adecuada, al proceso de enseñanza. Adicionalmente, realizar actividades experimentales implica que estos licenciados tengan conciencia de las potencialidades, ventajas y dificultades que conlleva su uso en la enseñanza de las ciencias naturales.
- ❖ Segundo, se debe comprender, como lo afirma Guilbert y Meloche (citados por Fernández et al., 2005), que la educación científica del siglo XXI exige, como una condición inevitable, modificar la imagen de la naturaleza de la ciencia que tienen los licenciados, dado que ésta, es la que llevan a sus estudiantes. Así que, en la medida de lo posible, se deben empezar a dejar de lado las posturas empiro-inductistas y positivistas, puesto que este posicionamiento epistemológico no solo afecta negativamente la enseñanza de las ciencias naturales, sino que, además, los mismos científicos la reconocen como una postura con deficiencias metodológicas en la investigación (Carrascosa et al., 2006).

- ❖ Tercero, la integración de los trabajos experimentales en la enseñanza de la biología, desde una perspectiva como estrategia que favorece la construcción de conocimiento escolar, es posible y necesaria. Es así, que se debe procurar cambiar, como se ha dicho con anterioridad, la concepción epistemológica de las ciencias y, además, la idea que se tiene de dicha práctica, para dejarla de ver como un simple ejercicio de comprobación, “*receta de cocina*” o, en el peor de los casos, confundirla con una actividad de observación.
- ❖ Cuarto, no debemos caer en el extremo de conferirle al trabajo experimental solamente un énfasis metodológico, dejando atrás los componentes teóricos y conceptuales, imposibilitando al estudiante, por consiguiente, para postular hipótesis y proponer autónomamente diseños experimentales alternativos. Así que, como lo plantea Carrascosa et al. (2006) y Gil & Valdés (1996), separar el aprendizaje conceptual del metodológico no puede hacer más que debilitar el aprendizaje de ambos y posiblemente contribuya en que los estudiantes configuren imágenes deformadas de la ciencia.
- ❖ Quinto, aunque las actividades experimentales son bien valoradas desde las concepciones de los licenciados en biología, se realizan con muy poca frecuencia. En ese sentido, los licenciados no refieren valoraciones negativas respecto de estas actividades; es decir, si bien se plantean algunos obstáculos, no se manifiesta en ningún momento que no sean útiles. Las dificultades más resaltadas, según los licenciados estudio de caso, son las circunstancias externas a la práctica docente, por ejemplo: condiciones estructurales deficientes de las I.E.D., tiempos muy reducidos para el planteamiento de actividades experimentales, comportamientos y actitudes de los estudiantes, etc. Al respecto, Fernández et al. (2005) comenta que plantear las dificultades y obstáculos como externos,

y no poner en foco la propia práctica, dificulta proponer alternativas y cambios en la forma de pensar y enseñar las ciencias naturales.

- ❖ Sexto, ningún licenciado en biología durante las entrevistas hizo referencia a los experimentos mentales; aun cuando estas prácticas, desde investigaciones sobre enseñanza de las ciencias, son reconocidas como estrategias de enseñanza homologa a los experimentos materiales, que, entre otras cosas, puede suplir las necesidades estructurales y materiales presentes en las I.E.D.

11. BIBLIOGRAFÍA

- Abou, L., & Godoy, M. (2007). *Experimentação nas aulas de biologia e a apropriação do saber*. Estado do Paraná: Secretaria de Estado da Educação. Recuperado de: <http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/pde/arquivos/446-4.pdf>
- Amado, M., Alencar, I., & Leite, S. (Diciembre, 2011). *O ensino de biologia na rede estadual de ensino médio do espírito santo: um diagnóstico preliminar sobre o uso de Práticas experimentais e investigativas*. VIII Encontro Nacional de Pesquisa. Universidade Estadual de Campinas. Memorias recuperadas de la página web:<http://www.nutes.ufrj.br/abrapec/viiienpec/resumos/R1081-1.pdf>
- Amezcu, M., & Gálvez, A. (2002). Los modos de análisis en investigación cualitativa en salud: perspectiva crítica y reflexiones en voz alta. *Rev. Esp. Salud Pública*, 76(5), 423-436. Recuperado de <http://scielo.isciii.es/pdf/resp/v76n5/colabora4.pdf>
- Ankeny, R., & Leonelil, S. (2011). What's so special about model organisms? *Studies in History and Philosophy of Science*, 42, 313–323.
- Araújo, M., Rodrigues, E., & Dias, M. (Noviembre, 2013). *A importância da experimentação no ensino de Biologia*. Atas do IX Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – IX ENPEC. Águas de Lindóia. Memorias recuperadas de la página web:<http://www.nutes.ufrj.br/abrapec/ixenpec/atas/resumos/R0091-1.pdf>
- Arnal, J., Rincón, D., & Latorre, A. (1992). *Investigación Educativa: Fundamentos y Metodologías*. Barcelona, España: Editorial Labor.
- Artigas, M. (2009). *Filosofía de la Ciencia*. Navarra, España: Ediciones Universidad de Navarra, S.A. (EUNSA).
- Ayala, J. (2015). *Evaluación externa y calidad de la educación en Colombia*. Cartagena, Colombia: Banco de la República. Recuperado de la página web: http://www.banrep.gov.co/docum/Lectura_finanzas/pdf/dtser_217.pdf
- Ayala, M. (1992) La enseñanza de la física para la formación de profesores de física. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 14(3), 153-157. Recuperado de <http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/vol14a26.pdf>
- Badillo, R. (1999). *Competencias cognitivas. Un enfoque epistemológico, pedagógico y didáctico*. Bogotá, Colombia: Cooperativa Editorial Magisterio.

- Barahona, A., Suárez, E., & Martínez, S. (2001). Introducción. En A. Barahona, E. Suárez & S. Martínez (Ed.), *Filosofía e historia de la biología* (pp.11-16). México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Barragán, O. (2008) ¿Por qué Thomas Kuhn escribe una postdata a su libro 'La Estructura de las Revoluciones Científicas'? *Revista Colombiana de Filosofía de la Ciencia*, 9(18), 23-28. Recuperado de <http://www.redalyc.org/pdf/414/41411852002.pdf>
- Barrera, M. (2014). *La educación básica y media en Colombia: retos en equidad y calidad*. Bogotá, Colombia: Editorial Fedesarrollo. Recuperado de <http://hdl.handle.net/11445/190>
- Bernard, C. (1976). *Introducción al estudio de la medicina experimental*. Barcelona, España: Fontanella.
- Bertoloni, D. (2012). Early Modern Experimentation on Live Animals. *Journal of the History of Biology*, 46, 199-226.
- Bonilla, E., & Rodríguez, P. (1997). *Más allá del dilema de los métodos. La investigación en ciencias sociales*. (3ª Ed.). Bogotá, Colombia: Ediciones Uniandes.
- Borges, A. (2002). Novos rumos para o laboratório escolar de ciencias. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 19 (3), 291-313. Recuperado de la página web: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/6607>
- Bravo, A., Gómez, A., Rodríguez, D., López, D., Jiménez, M., Izquierdo, M., & Sanmartí, N. (2011). *Ciencias Naturales en Educación Básica: Formación de Ciudadanía para el Siglo XXI. ¿Por qué y para qué enseñar ciencias?* México, D.F: Secretaría de Educación.
- Briones, G. (1988). *Métodos y técnicas avanzadas de investigación aplicadas a la educación y a las ciencias sociales*. Bogotá, Colombia: Corporación Editorial Universitaria de Colombia.
- Caamaño, A. (2003). Los trabajos prácticos en ciencias. En M. Jiménez (Coord.), A. Caamaño, A. Oñorbe, E. Pedrinaci & A. de Pro (Ed.), *Enseñar ciencias* (pp.95-118). Barcelona, España: Editorial Graó.
- Cadevall, M. (2009). Darwin naturalista: el caso de la fecundación de las orquídeas. *Revista Teorema*, 28 (2), 95-105. Recuperado de la página web: <http://www.unioviado.es/Teorema/Spanish/Numeros/XXVIII2.html>

- Cajas, F. (2001). Alfabetización científica y tecnológica: La transposición didáctica del conocimiento tecnológico. *Revista Enseñanza de las Ciencias*, 19 (2), 243-254. Recuperado de <http://www.raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/21737>
- Caponi, G. (2001). Claude Bernard y los límites de la fisiología experimental. *História, Ciências, Saúde – Manguinhos*, 8 (2), 375-406. Recuperado de la página web: <http://www.scielo.br/pdf/hcsm/v8n2/a05v08n2.pdf>
- Caponi, G. (2001). Biología funcional vs. Biología evolutiva. *Episteme*, (12), 23-46. Recuperado de: <http://www.scientiaestudia.org.br/associac/gustavocaponi/biologiafuncional.pdf>
- Caponi, G. (2003). Experimentos en biología evolutiva: ¿Qué tienen ellos que los otros no tengan? *Revista Episteme*, (16), 61-97. Recuperado de la página web: <http://www.scientiaestudia.org.br/associac/gustavocaponi/experimentos.pdf>
- Caponi, G. (2002). Explicación seleccional y explicación Funcional: la teleología en la biología Contemporánea. *Episteme*, (14), 57-88. Recuperado de la página web: <http://www.scientiaestudia.org.br/associac/gustavocaponi/explicacionseleccional.pdf>
- Carmo, S., & Strack, E. (2008). *O ensino da biologia através da experimentação*. Estado do Paraná: Secretaria de Estado da Educação. Recuperado de: <http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/pde/arquivos/1085-4.pdf>
- Carrascosa, J., Gil, D., Vilches, A., & Valdés, P. (2006). Papel de la actividad experimental en la Educación científica. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 23 (2), 157-181. Recuperado de <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/6274/12764>
- Casanueva, M., & Méndez, D. (2008). Teoría y experimento en Genética Mendeliana: una exposición en imágenes. *THEORIA. An International Journal For Theory, History And Foundations Of Science*, 23 (3), 285-306.
- Castro, J. (2013). Conocimiento práctico, historia, filosofía y enseñanza de la biología: el caso de la herencia biológica. *Revista Tecné Episteme y Didaxis: TED*, (34), 103 – 125. Recuperado en <http://www.scielo.org.co/pdf/ted/n34/n34a07.pdf>
- Castro, J. (2013). ¿Nada en biología tiene sentido si no es a la luz de la evolución? *Ciência & Educação, Bauru*, 19 (4), 971-994. Recuperado de la página web: <http://www.redalyc.org/pdf/2510/251029395012.pdf>
- Castro, J. (2011). El modelo del Operón Lac 50 años después. ¿Qué implicaciones tiene en la enseñanza de la biología hoy? *Revista Bio-grafía: Escritos sobre la Biología y su*

- Enseñanza*, 4 (7), 100-110. Recuperado de la página web: <http://revistas.pedagogica.edu.co/index.php/bio-grafia/article/view/809/1737>
- Castro, J. (2011). Estilos de razonamiento científico y enseñanza de la Biología: posibles conexiones y propuestas didácticas. *Revista de Educación en Biología*, 14 (2), 5 – 12. Recuperado de <http://www.revistaadbia.com.ar/ojs/index.php/adbia/article/view/128>
- Castro, J., & Valbuena, E. (2007). ¿Qué biología enseñar y cómo hacerlo? Hacia una resignificación de la Biología escolar. *Revista Tecné Episteme y Didaxis: TED*, (22), 126-145. Recuperado de <http://revistas.pedagogica.edu.co/index.php/TED/article/view/385>
- Cerda, H. (1995). *Los elementos de la investigación. Como reconocerlos, diseñarlos y construirlos*. Bogotá, Colombia: Editorial el Búho.
- Cháves, G. (2010). Los trabajos prácticos en la enseñanza de la Biología evolutiva y la Biología funcional: paralelos epistemológicos y didácticos. *Revista Bio-grafia: Escritos sobre la Biología y su Enseñanza*, 3 (4), 138-147. Recuperado de la página web: <http://revistas.pedagogica.edu.co/index.php/bio-grafia/article/view/625/823>
- Coleman, W. (1985). *La biología en el siglo XIX*. México: Fondo de Cultura Económica. Capítulo siete “El ideal experimental”.
- Corral, Y. (2009). Validez y Confiabilidad de los instrumentos de investigación para la recolección de datos. *Revista Ciencias de la Educación*, 19(33), 228-247. Recuperado de <http://servicio.bc.uc.edu.ve/educacion/revista/>
- Dávila, G. (2006). El razonamiento inductivo y deductivo dentro del proceso investigativo en ciencias experimentales y sociales. *Laurus revista de educación*, 12 (), 180-205. Recuperado de la página: <http://www.redalyc.org/pdf/761/76109911.pdf>
- Dawkins, R. (2010). *Evolución. El mayor espectáculo sobre la Tierra*. Barcelona, España: Espasa Calpe. Capítulo cinco “Justo delante de nuestros ojos”.
- Echeverría, J. (2003). El círculo de Viena. En J. Echeverría (Ed.), *Introducción a la metodología de la ciencia. La filosofía de la ciencia en el siglo XX* (pp.17-34). Madrid, España: Editorial Cátedra.
- Estany, A., & García, E. (2010). Filosofía de las prácticas experimentales y enseñanza de las ciencias. *Revista Praxis Filosófica*, (31), 7-24. Recuperado de la página web: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=209020106001>

- Farias, M., Araújo, M., Rodrigues, E., & Dias, M. (Junio, 2011). *As atividades experimentais como proposta na abordagem contextualizada dos conteúdos de biologia*. Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 8, Campinas. Recuperado de <http://www.nutes.ufrj.br/abrapec/viiienpec/resumos/R1386-1.pdf>
- Fernández, N. (2013). Los Trabajos Prácticos de Laboratorio por investigación en la enseñanza de la Biología. *Revista de Educación en Biología*, 16 (2), 15-30. Recuperado de: <http://www.revistaadbia.com.ar/ojs/index.php/adbia/article/view/36>
- Fernández, I., Gil, D., Valdés, P., & Vilches, A. (2005). ¿Qué visiones de la ciencia y la actividad científica tenemos y transmitimos? La superación de las visiones deformadas de la ciencia y la tecnología: Un requisito esencial para la renovación de la educación científica. En D. Gil, B. Macedo, J. Martínez, C. Sifredo, P. Valdés & A. Vilches (Ed.), *¿Cómo promover el interés Por la cultura científica? Una propuesta didáctica Fundamentada para la educación Científica de jóvenes de 15 a 18 años* (pp.29-62). Santiago, Chile: UNESCO.
- Ferreirós, J., & Ordóñez, J. (2002). Hacia una filosofía de la experimentación. *Revista Hispanoamericana de Filosofía*, 34 (102), 47–86. Recuperado de la página web: <http://critica.filosoficas.unam.mx/pdf/50/C102FerreirosyOrdenez.pdf>
- Fumagalli, L. (1998). *El desafío de enseñar ciencias naturales*. Buenos Aires, Argentina: Troquel Educación.
- Furió, C., Payá, J., & Valdés, P. (2005). ¿Cuál es el papel del trabajo experimental en la educación científica? En D. Gil, B. Macedo, J. Martínez, C. Sifredo, P. Valdés, & A. Vilches (Ed.) *¿Cómo promover el interés por la cultura científica? Una propuesta didáctica Fundamentada para la educación Científica de jóvenes de 15 a 18 años* (pp. 81-102). Santiago, Chile: UNESCO.
- Gallegos, M. (2014). Kuhn y la historiografía de la ciencia en el campo CTS. *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad*, 8 (22), 153-177. Recuperado de: http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1850-00132014000100009
- García, M. (2001). Las actividades experimentales en la escuela secundaria. Revista digital: *Perfiles Educativos*, 23 (94), 70-90. Recuperado de la página web: http://www.iisue.unam.mx/perfiles/perfiles_articulo.php?clave=2001-94-70-90
- García, E. (2011). *Las prácticas experimentales en los textos y su influencia en el aprendizaje. Aporte Histórico y filosófico en la física de campos* (Tesis de Doctorado). Universidad Autónoma de Barcelona, Barcelona, España.

- García, M., & Calixto, R. (1999). Actividades experimentales para la enseñanza de las ciencias naturales en educación básica. *Revista digital: Perfiles Educativos*, 84 (). Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=13208408>
- García, S., Maldonado, M., & Rodríguez, C. (2014). *Propuestas para el mejoramiento de la calidad de la educación Preescolar, básica y media en Colombia*. Bogotá, Colombia: Editorial Fedesarrollo. Recuperado de la página web: http://www.fedesarrollo.org.co/wp-content/uploads/2014/04/debate_pres_2014_cuad49.pdf
- Gil, D., & Vilches, A. (2006). Educación Ciudadana y Alfabetización Científica: Mitos y Realidades. *Revista Iberoamericana de Educación*, (42), 31-53. Recuperado de: <http://www.rieoei.org/rie42a02.pdf>
- Gil, D., & Valdés, P. (1996). La orientación de las prácticas de laboratorio como investigación: Un ejemplo ilustrativo. *Revista Enseñanza de las ciencias*, 14 (2), 155-164. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=94845>
- Gusmão, B. (2005). *A relação com o saber profissional e o emprego de atividades experimentais em física no ensino médio: uma leitura baseada em Bernard Charlot* (Tesis de Maestría en Ensino de Ciências e Educação Matemática). Universidade Estadual de Londrina, Londrina, Brasil.
- Guzmán, J., & Restrepo, C. (2013). *Procesos argumentativos de profesores de ciencias en el marco de la experimentación cualitativa* (Tesis de Maestría). Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.
- Hacking, I. (1996). “*Representar e intervenir*” México: Editorial Paidós. Capítulo nueve “El experimento”
- Hart, C., Mulhall, P., Berry, A., Loughran, J., & Gunstone, R. (2000). What is the Purpose of this Experiment? Or Can Students Learn Something from Doing Experiments? *Journal of Research in Science Teaching*, 37(7), 655-675. Recuperado de la página web: <https://www.mah.se/pages/28044/artikel.pdf>
- Heidegger, M. (1986). *Desde la experiencia del pensamiento*. Barcelona, España: Editorial Península.
- Hegel, G. (1966). *La fenomenología del espíritu*. México: Editorial Fondo de Cultura Económica.

- Hodson, D. (1994). Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio. *Revista Enseñanza de las Ciencias*, 12 (3), 47-56. Recuperado de la página web: <http://www.raco.cat/index.php/ensenanza/article/viewFile/21370/93326>
- Jacob, F. (2005). *El ratón, la mosca y el hombre*. Madrid, España: Editorial Plaza y Valdés.
- Kant, E. (1975). *Crítica a la razón pura*. Madrid, España: Editorial Espasa.
- Keller, L., Barbosa, S., Baiotto, C., & Silvia, V. (Octubre, 2011). *A importância da experimentação no ensino de biologia*. XVI Seminário de Ensino, Pesquisa e Extensao, Universidade no Desenvolvimento Regional. Memorias recuperadas de la página web <http://www.unicruz.edu.br/seminario/artigos/saude/A%20IMPORT%C3%82NCIA%20DA%20EXPERIMENTA%C3%87%C3%83O%20NO%20ENSINO%20DE%20BIOLOGIA.pdf>
- Krippendorff, K. (1980). *Content analysis. An introduction to its methodology*. Beverly Hills, CA: Sage Publications.
- Kuhn, T. (1971). *La estructura de las revoluciones científicas*. (8va reimpresión, 2004). México: Fondo de Cultura Económico.
- Latour, B., & Woolgar, S. (1995). *La vida en el laboratorio. La construcción de los hechos científicos*. Madrid, España: Editorial Alianza.
- Lakatos, I. (1987). *Historia de la ciencia y sus reconstrucciones racionales*. Madrid, España: Editoriales Tecnos, S. A.
- López, E. (2010). *El análisis de contenido*. En García, M., Ibáñez, J., & Alvira, F. (Ed.), *El análisis de la realidad social. Métodos y técnicas de investigación*. (pp.365-395) Madrid, España: Alianza Editorial.
- Lorenzano, C. (2012). *La estructura del conocimiento científico*. Buenos Aires, Argentina: Universidad Nacional de Tres de Febrero.
- Macías, C. (2014). *La experimentación mental en la formación de maestros de ciencias: Una alternativa para la enseñanza de la física moderna en la escuela* (Tesis de Pregrado). Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.

- Malagón, J., Ayala, M., & Sandoval, S. (2011). *El experimento en el aula. Comprensión de fenomenologías y construcción de magnitudes*. Bogotá, Colombia: Editorial Universidad Pedagógica Nacional.
- Martínez, P. (2006). El método de estudio de caso. Estrategia metodológica de la investigación científica. Universidad del Norte: *Pensamiento y gestión* (20), 165-193. Recuperado de http://ciruelo.uninorte.edu.co/pdf/pensamiento_gestion/20/5_El_metodo_de_estudio_de_caso.pdf
- Martínez, S. (1997). *De los efectos a las causa. Sobre la historia de los patrones de explicación científica*. México: Ediciones Paidós ibérica, S.A.
- Meinardi, E. (2010). El sentido de educar en ciencias. En L. González, E. Meinardi, A. Revel & M. Victoria (Ed.), *Educación en Ciencias* (15-38). Buenos Aires. Paidós.
- Meinardi, E. (2010). ¿Cómo enseñar ciencias? En L. González, E. Meinardi, A. Revel & M. Victoria (Ed.), *Educación en Ciencias* (pp.95-121). Buenos Aires: Paidós.
- Mellado, V. (2003). Cambio didáctico del profesorado de ciencias experimentales y filosofía de la ciencia. *Revista Enseñanza de las ciencias*, 21 (3), 343-358. Recuperado de http://www7.uc.cl/sw_educ/educacion/grecia/plano/html/pdfs/linea_investigacion/Que_Ciencia_Ensenar_IEC/IEC_043.pdf
- Ministerio de Educación Nacional (2003). *Estándares Básicos de Competencias en Ciencias Sociales Y Ciencias Naturales*. Bogotá, Colombia: M.E.N. Recuperado de la página web: http://www.mineducacion.gov.co/1621/articulos-116042_archivo_pdf3.pdf
- M.E.N. (2004). *Formar en ciencias: ¡el desafío! Lo que necesitamos saber y saber hacer*. Bogotá, Colombia: Ministerio de Educación Nacional. Recuperado de la página web: <http://www.eduteka.org/pdfdir/MENEstandaresCienciasNaturales2004.pdf>
- Monje, C. (2011). *Metodología de la investigación cuantitativa y cualitativa. Guía didáctica*. Neiva, Colombia: Universidad Surcolombiana. Recuperado de la página web: <http://biblioteca.usco.edu.co/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=23967>
- Moreira, M., & Diniz, R. (2003). *O laboratório de biologia no ensino médio: infra-estrutura e outros Aspectos relevantes*. Universidade Estadual Paulista – Pró-Reitoria de Graduação. (Org.). Núcleos de Ensino. São Paulo: Editora da UNESP, Vol. 1, pp.295-305. Recuperado de <http://docplayer.com.br/13939318-O-laboratorio-de-biologia-no-ensino-medio-infra-estrutura-e-outros-aspectos-relevantes.html>

- Moreno, R. (2011). La actividad experimental y la fenomenología en torno a la energía mecánica. En J. Malagón, M. Ayala & S. Sandoval (Ed.) *El experimento en el aula. Comprensión de fenomenologías y construcción de magnitudes* (pp.97-114). Bogotá, Colombia: Editorial Universidad Pedagógica Nacional.
- Mordeglia, C., & Mengascini, A. (2014). Caracterización de prácticas experimentales en la escuela a partir del discurso de docentes de primaria y secundaria. *Revista Enseñanza de las Ciencias*, 32 (2), 71-89. Recuperado de <http://ensciencias.uab.es/article/view/755>
- Najmanovich, D., & Lucano, M. (2008). *Epistemología para principiantes*. (1ra ed.) Buenos Aires, Argentina: Era Naciente SRL.
- Pereira, K. (2014). *A importância de experimentos para ensinar ciências no ensino fundamental* (Tesis de post-grado en Especialização em Ensino de Ciências). Universidade Tecnológica Federal Do Paraná, Medianeira, Brasil.
- Pérez, S. (1998). *El devenir de la tradición de la filosofía de la ciencia en general*. Seminario sobre Epistemología de la Ciencia. Universidad del Valle, Cali, Colombia. Recuperado de: <http://pioneros.puj.edu.co/lecturas/interesados/FILOSOFIA%20CIENCIA.pdf>
- Pérez, O. (2001). *El uso de experimentos en tiempo real: Estudios de casos de profesores de física de secundaria* (Tesis de Doctorado). Universidad Autónoma de Barcelona, Barcelona, España. Recuperado de <http://www.tdx.cat/handle/10803/4699>
- Primack. (2010). *Essentials of Conservation Biology* (Fifth Edition). Sinauer Associates, Inc., Sunderland, Massachusetts. Traducción de Rodrigo Torres, Biólogo M.Sc. Profesor Asociado, Departamento de Biología, Universidad Pedagógica Nacional, Bogotá.
- Quesada, M. (Junio, 2006). *Es el momento de dar otro paso: De una filosofía del experimento hacia una filosofía de las prácticas científicas*. Congreso Iberoamericano de ciencia, tecnología, sociedad e innovación CTS+I, Palacio de Minería, México. Recuperado de <http://www.oei.es/memoriasctsi/mesa3/m03p44.pdf>
- Quintana, A. (2006). Metodología de Investigación Científica Cualitativa. En Quintana, A., & Montgomery, W. (Ed.), *Psicología: Tópicos de actualidad*. Lima, Perú: UNMSM.
- Reid, D., & Hodson, D. (1993). *Ciencia para todos en secundaria*. Madrid, España: Narcea.
- Robles, B. (2011). La entrevista en profundidad: una técnica útil dentro del campo antropológico. *Cuicuilco*, 18(52), 39-49. Recuperado <http://www.redalyc.org/pdf/351/35124304004.pdf>

- Romero, A., & Aguilar, Y. (2013). *La experimentación y el desarrollo del pensamiento físico. Un análisis histórico y epistemológico con fines didácticos*. Medellín, Colombia: Editorial Universidad de Antioquia.
- Ronqui, L., Souza, M., & Correia de Freitas, F. (2009). A importância das atividades práticas na área da biologia. *Revista Científica FACIMED*, 1 (1). Recuperado de la página web: <http://www.facimed.edu.br/site/revista/?onChange=Ler&ID=27>
- Sánchez, M. (2003). *La relación teoría-experiencia en la epistemología de Thomas S. Kuhn* (Tesis de Doctorado). Pontificia Universitas Sanctae Crucis, Roma, Italia.
- Sandoval, C. (1996). *Programa de especialización en teoría, métodos y técnicas de investigación social. Investigación Cualitativa*. Bogotá, Colombia: Instituto Colombiano para el fomento de la educación superior ICFES.
- Sehaub, H., & Zenke, K. (2001). *Diccionario Akal de pedagogía*. Madrid, España: Ed. Akal.
- Shapin, S. (1996). *La Revolución científica: una interpretación alternativa*. Barcelona, España: Editorial Paidós.
- Sotillo, A. (2010). *Razonamiento deductivo e inductivo. Explicaciones científicas*. Cátedra de principios de lógica. Venezuela: Universidad De Margarita. Recuperado de la página: http://www.rua.unam.mx/repo_rua/escuela_nacional_preparatoria/cuarto_ano/1404_logic_a/_1811.pdf
- Soussan, G. (2003). *Enseñar las ciencias experimentales. Didáctica y Formación*. Santiago de Chile: Oficina Regional de Educación para América Latina y el Caribe UNESCO.
- Stake, R. (1999). *Investigación con estudio de casos*. Madrid, España: Ed. Morata S. L.
- Taylor, S., & Bogdan, R. (1992). *Introducción a los métodos cualitativos en investigación. La búsqueda de los significados*. Madrid, España: Ed. Paidós.
- Torres, C. (2011). La densidad como magnitud organizadora del fenómeno de flotación de los cuerpos. ¿Por qué el aceite siempre tiene que ir arriba de la goma? En J. Malagón, M. Ayala & S. Sandoval (Ed.) *El experimento en el aula. Comprensión de fenomenologías y construcción de magnitudes* (pp.115-137) Bogotá, Colombia: Editorial Universidad Pedagógica Nacional.

Trujillo, L. (2015). *Licenciados en biología pensando, actuando y reflexionando en y para contextos educativos no convencionales de Bogotá D.C.* (Tesis de pregrado). Universidad Pedagógica Nacional, Bogotá, Colombia.

Uhlmann, S., & Priemer, B. (2010). Das Experiment in Schule und Wissenschaft ein “Nature of Science” - Aspekt explizit in einem Projekt im Schülerlabor. *Didaktik der Physik*, 27(01), 1-6. Recuperado de:<http://www.phydid.de/index.php/phydid-b/article/view/182/213>

Weber, M. (2005). *Philosophy of Experimental Biology*. Cambridge University Press. Capítulo 4.4 “The Control Experiment”.

Yin, R. (1984). *Case Study Research. Design and Methods*. Beberly Hills, CA: Sage Publications.

12. ANEXOS

Anexo número 1. Experimentación en la enseñanza de la Ciencias Naturales

FUENTE / TIPO DE TRABAJO	TÍTULO	OBJETIVO	METODOLOGÍA	PRINCIPALES HALLAZGOS Y CONCLUSIONES
<p>Mordeglia & Mengascini (2014). Artículo</p>	<p><i>Caracterización de prácticas experimentales en la escuela a partir del discurso de docentes de primaria y secundaria.</i></p>	<p>Caracterización de prácticas de enseñanza en ciencias naturales, en particular aquellas que involucran enfoques experimentales.</p>		<p>Se encontró que las actividades experimentales no se realizan o se llevan a cabo con poca frecuencia; las limitaciones mencionadas por las/los docentes fueron de origen institucional, personal y curricular. En cuanto a las tareas seleccionadas y mencionadas, así como las finalidades de este tipo de actividades, remitieron a objetivos de conocimiento conceptual y reflejaron una imagen de ciencia empirista, con un marcado énfasis en la observación (Mordeglia, & Mengascini, 2014, p.71).</p> <p>Las autoras también encontraron que en las actividades experimentales desarrolladas habitualmente no se encontraron menciones vinculadas a la identificación del problema que investigar, el establecimiento de conjeturas contrastables, ni la emisión de hipótesis a partir de un marco teórico; sin embargo, cuando la pregunta es de opciones múltiples, las tareas incluidas al realizar actividades de tipo experimental más elegidas correspondieron a aquellas relacionadas con la planificación y diseño, entre ellas, formular preguntas o problemas para investigar (Mordeglia, & Mengascini, 2014, p.86).</p>
<p>Pereira (2014) Tesis de</p>	<p><i>A importância de experimentos</i></p>	<p>El objetivo principal es verificar la importancia de</p>	<p>La investigación es de tipo estudio de casos, dado que se busca profundizar</p>	<p>Según el autor es posible ver la importancia dada a las actividades experimentales dado que el trabajo práctico es incuestionable en la ciencia y debe ocupar un lugar central en su enseñanza.</p>

Especialización	<i>para enseñar ciencias no ensino fundamental</i>	los experimentos para enseñar las ciencias naturales en la escuela primaria.	en una realidad específica.	La educación científica, en cualquier forma o nivel, requiere continuamente una relación entre la teoría y la práctica, con el fin de buscar una interacción entre el conocimiento científico que se ocupa en la clase y el sentido común predeterminado por estudiante, a sí mismo como las actividades experimentales debe estar relacionada con los objetivos de desarrollar habilidades importantes.
Guzmán & Restrepo (2013). Tesis de Maestría	<i>Procesos argumentativos de profesores de ciencias en el marco de la experimentación cualitativa</i>	El objetivo general consistió en resaltar algunas contribuciones de una propuesta pedagógica fundamentada en la experimentación cualitativa a la formación de profesores en relación con reflexiones sobre la Naturaleza de la Ciencias.	Está orientada a una perspectiva Socio-cultural de la educación en ciencias, a partir del paradigma cualitativo de investigación como un estudio de caso interpretativo.	Desde esta perspectiva, dirigimos nuestras consideraciones a resaltar el valor pedagógico y didáctico de una propuesta que concede un lugar de privilegio al papel del lenguaje en la construcción de conocimiento, estableciendo como escenario la experimentación cualitativa, como forma de abordar prácticas experimentales en las que el disenso, el consenso, la pluralidad de explicaciones dispensen un lugar a la flexibilidad intelectual y al aprendizaje crítico, elementos centrales de la propuesta toulminiana (Guzmán & Restrepo, 2013, p.117). la experimentación cualitativa permitió establecer una relación entre los aspectos de orden epistémico y los de orden epistemológico, ya que a medida que avanzaban las sesiones, los participantes mostraban cambios tanto en sus argumentos, como en sus ideas acerca de la naturaleza de las ciencias sobre experimentación, en tanto adoptaban posturas más críticas (Guzmán & Restrepo, 2013, p.118).
Romero & Aguilar (2013)	<i>La experimentación y el</i>	Adelantar una revisión documental y una	Revisión documental desde la epistemología e	Los autores sostienen que la experimentación es un elemento sustancial en la construcción de conocimiento para las ciencias naturales y por ende en la educación científica.

<p>Libro</p>	<p><i>desarrollo del pensamiento físico. Un análisis histórico y epistemológico o con fines didácticos.</i></p>	<p>reflexión crítica sobre el rol de la experimentación en relación con la actividad científica y la enseñanza de las ciencias.</p>	<p>historia de las ciencias.</p>	<p>Pero, a la vez resaltan, que los maestros no tienen claro en qué consiste la actividad experimental, no saben de su uso en la ciencia y mucho menos de su aplicabilidad en escenarios escolares.</p> <p>Por lo tanto, sugieren una formación de licenciados en ciencias naturales desde el reconocimiento de la actividad experimental como escenario para la construcción de conocimiento desde la investigación, la problematización y la creación.</p>
<p>Malagón, Ayala & Sandoval (2011)</p> <p>Libro</p>	<p><i>El experimento en el aula. Comprensión de fenomenologías y construcción de magnitudes.</i></p>	<p>Proporcionar elementos (desde la relación existente entre el experimento y la construcción de magnitudes), para desarrollar propuestas significativas y contextualizadas en la clase de ciencias.</p>	<p>Los autores plantearon un estudio histórico – crítico sobre la actividad experimental en la enseñanza de las Ciencias Naturales.</p> <p>Adicionalmente presentan diferentes estudios de casos con los que abordan fenómenos físicos en contextos educativos.</p>	<p>Los autores comentan que en su revisión documental encontraron tres tendencias con las cuales se suele asumir el rol de la experimentación en la enseñanza de las Ciencias Naturales. En la primera, se considera que la actividad experimental en la clase de ciencias debe recrear las condiciones en las cuales se da la actividad de las comunidades científicas; otra, en la que se asume una distancia entre la experiencia en el campo de la actividad científica y la educación en ciencias, y una tercera, en la cual se propone que la actividad experimental está en estrecha relación con la construcción y la comprensión de las problemáticas y los fenómenos que se trabajan en el aula de clases (Malagón, et al., 2011, p.8).</p> <p>Otro elemento que los autores resaltan de su trabajo es la discusión en torno a la dicotomía entre la teoría y el experimento; las oposiciones entre lo cualitativo y lo cuantitativo; mundo de lo sensible y mundo de las ideas. Ellos comentan que la mejor manera de romper con estas polarizaciones es vincular la actividad experimental con la</p>

				<p>construcción de magnitudes.</p> <p>Malagón, et al., (2011) sostiene que, la posibilidad de involucrar actividades experimentales en la clase de ciencias posibilita en los estudiantes la comprensión de fenomenologías, la ampliación de la experiencias de los sujetos, la formalización de las relaciones y la concreción de los supuestos conceptuales.</p> <p>De ahí, comenta Malagón et al., (2011) que es poco significativo, desde el punto de vista pedagógico, utilizar las prácticas experimentales solamente para verificar conceptos o teorías construidas en el campo de la ciencia, especialmente si se examina su contribución a las búsquedas y posibilidades de comprensión de los estudiantes.</p> <p>Las actividades de carácter experimental, desde el punto de vista de Malagón et al., (2011), privilegian:</p> <ul style="list-style-type: none"> • La producción, análisis y organización de efectos sensibles. • La determinación de variables y conformación de relaciones entre éstas como expresión de la organización lograda de los efectos percibidos. (Malagón, et al., 2011, p.8).
<p>Malagón, Ayala & Sandoval (2011)</p> <p>Libro</p>	<p><i>Construcción de magnitudes y organización de fenomenología</i></p>	<p>Proporcionar elementos (desde la relación existente entre el experimento y la construcción de</p>	<p>Los autores plantearon un estudio histórico – crítico sobre la actividad experimental en la</p>	<p>Los autores sostienen que aunque la física, la química y la biología sean consideradas ciencias empíricas por el papel central que desempeña el experimento en su desarrollo, se debe hacer distinción en cada una sobre la forma en que utilizan dicha práctica.</p>

	<i>as. Una propuesta para la actividad experimental en la enseñanza de las ciencias.</i>	magnitudes), para desarrollar propuestas significativas y contextualizadas en la clase de ciencias.	enseñanza de las Ciencias Naturales.	<p>Por ejemplo, se plantea que en la biología la experimentación es particular y diferente al caso de la física y la química. Los autores sostienen que el objeto de estudio de la biología, por ser particular (estar vivo) requiere de condiciones diferentes de manipulación y control de variables.</p> <p>Conclusiones:</p> <p>El experimento es un espacio de producción de fenómenos, y un espacio de la concreción de la actividad conceptual y formal.</p> <p>El experimento puede ser considerado como una manera de emitir un juicio, donde la observación intencionada y sistemática, así como la medición, son aspectos esenciales de ésta.</p> <p>La indagación permite allegar elementos importantes para el planteamiento, dinamización y enriquecimiento de la actividad experimental en el aula de clase.</p> <p>La experimentación es una actividad imposible de desligar de una educación en ciencias en la que se privilegie la construcción de explicaciones y comprensión acerca de los fenómenos abordados. (Malagón et al., 2011, p.34).</p>
Torres (2011) Libro	<i>La densidad como magnitud organizadora del fenómeno de flotación</i>			<p>Diseñar situaciones experimentales específicas, permitió a los estudiantes partir de la manipulación directa, observar desde otra perspectiva un fenómeno cotidiano y cuestionarse lo que normalmente es evidente y obvio para tratar de construir una explicación involucrando conceptos y términos científicos, con el fin de ampliar su capacidad crítica y</p>

	<i>de los cuerpos. ¿Por qué el aceite siempre tiene que ir arriba de la gúa?</i>			<p>reflexiva para analizar fenómenos cotidianos (Torres, 2011, p. 136)</p> <p>Partir de experiencias cotidianas, lleva a que el estudiante no solo motive, sino que cuestione lo que normalmente piensa sobre un determinado fenómeno o proceso cotidiano, incitándolos a buscar las causas de dichas fenomenología (Torres, 2011, p. 136).</p> <p>Generar espacios de socialización con los estudiantes a partir de las preguntas que ellos proponen enriquece las explicaciones y conclusiones propuestas por los estudiantes, así como el debate de las ideas y el cuestionamiento de unos con otros (Torres, 2011, p. 136).</p>
Moreno (2011) Libro	<i>La actividad experimental y la fenomenología en torno a la energía mecánica.</i>			<p>El autor sostiene que la falta de actividades prácticas en la clase de ciencias supone una desventaja en términos de aprendizaje para los estudiantes. Esto es debido a que los estudiantes suponen que el fenómeno natural que están estudiando se refiere a una situación hipotética, fuera de la realidad y del contexto propio, tornándose en una cuestión poco comprensible.</p> <p>Algo de resaltar en los aportes como antecedentes que proporcionan éste autor, es la referencia que hace a la enseñanza de las ciencias naturales y el uso del experimento. Nos comenta que, en la enseñanza de las ciencias, pese al reconocimiento que se le suele hacer a las prácticas experimentales, ésta suele ser omitida en ella, posiblemente por el carácter realista que se le atribuye usualmente a las teorías, según el cual las cosas ocurren tal como se enuncian en ellas, por lo cual termina considerándose suficiente</p>

				<p>centrar los esfuerzos en su enseñanza (Moreno, 2011, p.98).</p> <p>Desde la perspectiva hipotético – deductivo el experimento es visto como un medio para validar el conocimiento que se tiene de los fenómenos físicos, o desde la perspectiva inductiva, es visto como la base para la elaboración de conocimiento. Éstas concepciones terminan despreciando el valor preponderante del experimento en las prácticas educativas (Moreno, 2011, p.98).</p>
Uhlmann & Priemer (2010). Artículo	<i>Das Experiment in Schule und Wissenschaft - ein "Nature of Science"</i>			<p>Los autores desarrollan un proyecto en el que implementan prácticas experimentales para la enseñanza de la física. La actividad, según los autores, que consistió en un experimento con bolas de plasma, logra que los estudiantes combinen el conocimiento físico con reflexiones sobre el conocimiento cotidiano.</p> <p>La atención se centra en las opiniones acerca de la adquisición de conocimientos científicos a través de la experimentación en la escuela.</p> <p>Además de su propio experimento en el laboratorio, el estudiante recibió visiones sobre los métodos de trabajo en la ciencia.</p> <p>Según los autores esta perspectiva de enseñanza, basada en trabajos prácticos y experimentales, facilita en el estudiante la comprensión de los métodos y técnicas propias del mundo de la ciencia. Además, dicen los autores, fortalece la visión de ciencia moderna; en la que la práctica y la teoría se complementan y actúan dinámicamente.</p>

<p>Carrascosa, Gil, Pérez, Vilches & Valdés (2006)</p> <p>Artículo</p>	<p><i>Papel de la actividad experimental en la Educación científica.</i></p>	<p>Reorientación de la actividad experimental, de acuerdo con el modelo de aprendizaje de las ciencias como investigación orientada.</p>	<p>Revisión monográfica de 4º artículos publicados en la revista <i>Caderno Brasileiro de Ensino de Física.</i></p>	<p>Los autores consideran imprescindible mostrar que es posible plantear los trabajos prácticos de laboratorio, de forma que tanto el diseño como la experimentación, queden integradas dentro de una investigación en torno a problemas de interés para los estudiantes.</p> <p>También consideran que es necesario para salir al paso de todo un conjunto de visiones deformadas sobre la ciencia y la actividad científica, que van más allá de las meramente empiristas, reiteradamente denunciadas.</p> <p>Loa autores manifiestan que es sumamente importante que quienes habitualmente han concebido los trabajos de laboratorio como simples manipulaciones tomen conciencia de sus insuficiencias y de que dichos trabajos pudieran estar transmitiendo, por acción u omisión, una serie de visiones deformadas sobre la ciencia. Por ,lo tanto, se debe censurar, ante todo, el carácter de simple receta , su énfasis, casi exclusivo, en la realización de mediciones y cálculos, y se plantea la ausencia de muchos de los aspectos fundamentales para la construcción de conocimientos científicos tales como la discusión de la relevancia del trabajo a realizar y el esclarecimiento de la problemática en que se inserta, la participación de los estudiantes en el planteamiento de hipótesis y el diseño de los experimentos, el análisis de los resultados obtenidos, etc. (Carrascosa, et al, 2006, p.161).</p>
<p>Gusmão (2005).</p> <p>Tesis de</p>	<p><i>A relação com o saber profissional e o emprego de</i></p>	<p>Comprender el uso de actividades experimental por parte de los</p>	<p>En ésta investigación se desarrolló estudio de casos,</p>	<p>El autor en la investigación comenta que el uso de actividades experimentales en las escuelas básicas está siendo influenciado por el trabajo experimental que se desarrolla en las universidades.</p>

<p>Maestría</p>	<p><i>atividades experimentais em física no ensino médio: uma leitura baseada em Bernard Charlot</i></p>	<p>profesores de física en la ciudad de Londrina / PR.</p>	<p>implementando instrumentos de investigación como la entrevista, el cuestionario y la observación.</p>	<p>El autor señala que existe una fuerte relación entre el conocimiento profesional y el uso o no de prácticas experimentales para la enseñanza de las ciencias naturales.</p> <p>Por último el autor considera que la investigación adelantada motive estudios con objetivos similares en otras disciplinas como la química y la biología.</p>
<p>Furió, Payá & Valdés, P. (2005)</p> <p>Libro</p>	<p><i>¿Cuál es el papel del trabajo experimental en la educación científica?</i></p>	<p>Incidir en el problema que supone el escaso interés que las materias científicas generan en los adolescentes durante su educación secundaria.</p>		<p>Según los autores la enseñanza de las ciencias dese la aplicación de actividades experimentales supone una intuición básica de la generalidad de los profesores de ciencias y de los propios alumnos, que contemplan el paso a una enseñanza eminentemente experimental como una especie de “revolución pendiente”, necesaria para lograr la familiarización de los estudiantes con la naturaleza de la actividad científica.</p> <p>Una “revolución” permanentemente dificultada, se afirma, por factores externos (falta de instalaciones y material adecuado, excesivo número de alumnos, carácter enciclopédico de los currículos...) (Furió, et al, 2005, p. 82)</p> <p>Los docentes, en general, valoran de forma muy positiva el enfoque de las prácticas de laboratorio como investigaciones, rompiendo con su habitual orientación como “recetas de cocina”. Pero esta relativa facilidad para aceptar la transformación de los trabajos prácticos sigue escondiendo, en nuestra opinión, una visión reduccionista de la actividad científica, que asocia prioritariamente investigación a trabajo experimental, lo que ha actuado como</p>

				obstáculo en la renovación de otros aspectos del proceso de enseñanza/ aprendizaje de las ciencias, como, muy concretamente, la resolución de problemas o la forma en que se introducen los conceptos (Furió, et al, 2005, p.100).
Pérez (2001) Tesis de Doctorado	<i>El uso de experimentos en tiempo real: Estudios de casos de profesores de física de secundaria</i>	Contribuir en la formación de los maestros de ciencias en general.		<i>Planificar experimentos como pequeños ciclos de aprendizaje es una buena forma de ayudar a los estudiantes a que evolucionen sus concepciones previas; a mejorar la forma de razonar: comparar sus predicciones con sus resultados provoca una autorregulación de la forma de pensar sobre el fenómeno. Hacer comparar los resultados con los modelos/teorías hace que el estudiante tenga que pasar del análisis de lo concreto al caso general y comprender el papel de esta construcción que llamamos Ciencia (Pérez, 2001, p.221).</i>
García, M. (2001). Artículo	<i>Las actividades experimentales en la escuela secundaria.</i>	Caracterizar el uso y la relevancia que los profesores de secundaria otorgan a las actividades experimentales (AE) durante el proceso de enseñanza-aprendizaje de las Ciencias Naturales (ECN).	Se trabajó con una muestra de 50 profesores a los cuales se les aplicaron: un cuestionario piloto, dos cuestionarios definitivos y un guion semiestructurado para realizar sesiones en profundidad.	Para García (2001) los resultados mostraron que los maestros presentan problemas para diseñar, encontrar y aplicar actividades experimentales en sus clases; conjugar teoría y experimentación; acceder al laboratorio y desempeñarse adecuadamente en él, y atender los intereses y saberes de los alumnos (García, 2001, p.70). En conclusión, comenta la autora, en este trabajo se considera que algunos de los problemas de la Enseñanza de las Ciencias Naturales podrían subsanarse, por una parte, con el mejoramiento de las condiciones del profesorado, y por otra, si se reconocen las bondades de las actividades experimentales, ya que son éstas las que combaten la falta de interés por los contenidos científicos y generan una actitud positiva hacia la ciencia (García, 2001, p.70).

				<p>La autora también comenta que el profesor, por medio de su práctica docente, debe “vivir” las Ciencias Naturales; no basta con el dominio del conocimiento si no se refleja una actitud favorable hacia la ciencia, debido a que los alumnos perciben y asumen una actitud semejante (García, 2001, p.88).</p>
<p>Hart, Mulhall, Berry, Loughran & Gunstone (2000) Artículo</p>	<p><i>What is the Purpose of this Experiment? Or Can Students Learn Something from Doing Experiments?</i></p>			<p>Los autores manifiestan que históricamente ha habido muchas afirmaciones sobre el valor del trabajo de laboratorio en las escuelas, sin embargo, la investigación que ellos desarrollan muestra que a menudo los estudiantes alcanzan poco aprendizaje significativo con dichas prácticas.</p> <p>Por otro lado, las prácticas de laboratorio y los experimentos bien dirigidos pueden adentrar a los estudiantes en el conocimiento de las ciencias, fortalecer la relación entre teoría y práctica, generar un conocimiento más holístico y favorecer la construcción de conocimiento científico escolar.</p> <p>Los autores señalan que para solventar las posibles debilidades que presenta el uso de trabajos prácticos en la enseñanza de las ciencias, es imprescindible reorientar dichas actividades desde la problematización y la investigación en el aula.</p>
<p>García & Calixto (1999) Artículo</p>	<p><i>Actividades experimental es para la enseñanza de las ciencias</i></p>	<p>Desarrollar una propuesta de estrategia de enseñanza de las CN, basada en la</p>		<p>Por medio de las actividades experimentales el alumno interactúa con diferentes objetos de conocimiento mediante la solución de problemas que propician el dudar, afianzar o transformar sus pre-concepciones sobre los fenómenos de la naturaleza.</p>

	<i>naturales en educación básica</i>	reflexión sobre el uso de las actividades experimentales en clase.		El uso de actividades experimentales en la enseñanza de las CN desarrolla el ingenio, la creatividad y la imaginación, propicia la investigación, desencadena inquietudes y promueve una actitud positiva hacia la ciencia, lo que redundará en un buen desarrollo de los aprendizajes y la construcción del conocimiento científico, coadyuvando a comprender mejor el mundo que nos rodea (García & Calixto, 1999, p.10).
Gil & Valdés (1996) Artículo	<i>La orientación de las prácticas de laboratorio como investigación : Un ejemplo ilustrativo</i>	Reorientar las prácticas experimentales para que dejen de ser vistas como meras ilustraciones de los conocimientos transmitidos y pasen a constituir actividades de investigación.	Estudio de casos sobre actividades de laboratorio y experimentales como prácticas de investigación.	<p>Dentro de los variados aportes que estos autores proporcionan al trabajo de investigación en desarrollo están: Primero encontramos sumamente importante la premisa de Gil & Valdés (1996) que sostiene ...si se quiere cambiar lo que los profesores y estudiantes hacemos en las clases de ciencias, es preciso previamente modificar la «epistemología de los profesores» y salir al paso de visiones deformadas sobre el trabajo científico que actúan como auténticos obstáculos.</p> <p>También nos presentan una lista de diez puntos en los que resaltan la riqueza de una práctica experimental bien dirigida:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Presentar situaciones problemáticas abiertas de un nivel de dificultad adecuado (correspondiente a la zona de desarrollo potencial de los y las estudiantes) con objeto de que puedan tomar decisiones para precisarlas y entrenarse así en la transformación de situaciones problemáticas abiertas en problemas precisos. 2. Favorecer la reflexión de los estudiantes sobre la

				<p>relevancia y el posible interés de las situaciones propuestas, que dé sentido a su estudio y evite un estudio descontextualizado, socialmente neutro.</p> <p>3. Potenciar los análisis cualitativos, significativos, que ayuden a comprender y acotar las situaciones planteadas (a la luz de los conocimientos disponibles, del interés del problema, etc.) y a formular preguntas operativas sobre lo que se busca... (Gil & Valdés, 1996, p.156)</p>
--	--	--	--	--

Anexo número 2. Experimentación en la enseñanza de la Biología

FUENTE / TIPO DE TRABAJO	TÍTULO	OBJETIVO	METODOLOGÍA	PRINCIPALES HALLAZGOS Y CONCLUSIONES
<p>Araújo, Rodrigues & Dias (Noviembre, 2013). Congreso</p>	<p><i>A importância da experimentação no ensino de Biologia</i></p>		<p>Se presenta una experiencia didáctica que tuvo lugar en las clases de secundaria 1er año de la Escuela de Estado Dr. Hortensius de Sousa Ribeiro, situada en Campina Grande / PB.</p>	<p>Las clases experimentales tienen una gran importancia en el proceso de enseñanza y aprendizaje de los contenidos de biología.</p> <p>Los autores sostienen que la experimentación se ha hecho indispensable en la enseñanza de la biología, dado que este tipo de actividad anima al estudiante a pensar y observar el fenómeno que ocurre junto a su teoría de la realidad.</p> <p>Los autores han argumentado que las clases experimentales, si se preparan con el fin de proporcionar al estudiante una participación activa en el proceso de enseñanza-aprendizaje, contribuirán a un aprendizaje significativo en los estudiantes de los fenómenos biológicos.</p> <p>También argumentan los autores que no se requiere indispensablemente un laboratorio para desarrollar actividades experimentales para la enseñanza de la biología.</p>
<p>Castro (2013) Artículo</p>	<p><i>Conocimiento o práctico, historia, filosofía y enseñanza de la biología: el caso de la</i></p>		<p>Revisión e indagación filosófica e histórica.</p>	<p>El autor en el texto señala que su intención con el escrito es ampliar la discusión relacionada con el uso de actividades prácticas en la enseñanza de la biología.</p> <p>El autor sostiene que la biología en su desarrollo, históricamente hablando, utiliza diferentes tipos de prácticas (que corporizan normas y conocimiento, entre otros</p>

	<i>herencia biológica.</i>			aspectos) y que, han contribuido al establecimiento, por ejemplo, del problema de la herencia biológica, gracias a lo cual podemos hacer transformaciones didácticas que nos ayuden a proponer algunos contenidos procedimentales que nos permitirán complejizar la enseñanza de la biología (Castro, 2013, p.121).
Amado, Alencar & Leite (Diciembre, 2011) Congreso	<i>O ensino de biologia na rede estadual de ensino médio do Espírito Santo: um diagnóstico preliminar sobre o uso de Práticas experimentais e investigativas</i>	El objetivo de este trabajo fue el diagnóstico de las prácticas pedagógicas en la biología y la utilización de las prácticas experimentales y de investigación en el instituto.	Esta investigación se desarrolló con los profesores de biología que enseñan en la Red Estado de la región central del estado de Espírito Santo. Fue una investigación cualitativa que se llevó a cabo a través de observaciones, cuestionarios, informes orales y consultas. El estudio incluyó a 52 profesores.	<p>El estudio mostró que aunque una gran proporción de las escuelas tiene laboratorio de ciencias, el espacio no es suficiente. Algunos profesores dijeron que realizaban prácticas de laboratorio por propia iniciativa. La falta de infraestructura, incentivos adecuados y políticas educativas son factores que desalientan mucho a los maestros para llevar a cabo actividades experimentales en la enseñanza de la biología.</p> <p>La baja frecuencia en la realización de actividades experimentales en este estudio confirmó lo que otras investigaciones en materia de educación en ciencia habían ya previsto. Ellos han demostrado que la escuela no está equipada para promover un entorno de estimulación para el aprendizaje de la ciencia y la tecnología.</p> <p>En este sentido, comentan los autores, se deben tomar medidas drásticas para cambiar esta situación en las escuelas para garantizar una educación de calidad científica.</p> <p>Otro punto que resaltan los autores es que sin la participación e involucración de las Instituciones Educativas en su conjunto en el proceso de transformación de las prácticas de enseñanza de la biología, no habrá ninguna posibilidad de cambiar la situación que encontramos hoy en la escuela.</p>

Castro (2011) Artículo	<i>Estilos de razonamiento científico y enseñanza de la Biología: posibles conexiones y propuestas didácticas.</i>			<p>Dentro de las principales conclusiones del autor, se encuentran:</p> <p>En varios trabajos se ha subrayado que los contenidos de enseñanza de las ciencias no son sólo conceptuales (y teóricos), sino que también deben asumirse como procedimentales y valorativos. Por ejemplo, en Castro y Valbuena (2007) se hace un análisis acerca de la importancia de los contenidos conceptuales y procedimentales en la enseñanza de la Biología, haciendo hincapié en los últimos (Castro, 2011, p.11).</p> <p>Finalmente, concluye el autor, hemos mostrado que en historia y filosofía de las ciencias hay diversos trabajos que desarrollan la noción de estilo, dentro de los cuales la noción de ERC es sólo una de ellas (Castro, 2011, p.11).</p>
Farias, Araújo, Rodrigues & Dias (Junio, 2011) Congreso	<i>As atividades experimentais como proposta na abordagem contextualizada dos conteúdos de biologia.</i>	Informar de una experiencia didáctica con experiencia en clases del 1er año de secundaria en la Escuela de Estado Dr. Hortensius de Sousa Ribeiro en la ciudad de Campina Grande, Paraíba.	Se utilizó una actividad experimental considerando el contexto de las proteínas relacionadas con el tema- contenido: acción enzimática, para contribuir al aprendizaje de los estudiantes del 1er año de secundaria.	<p>Los investigadores en enseñanza de las ciencias naturales han defendido la importancia de utilizar actividades experimentales como estrategia de enseñanza y como medio para potenciar el proceso de enseñanza-aprendizaje.</p> <p>Según los autores, la investigación logró demostrar la importancia de la actividad experimental y de la investigación como herramientas valiosas en el proceso de enseñanza y aprendizaje de la biología.</p> <p>Los autores también comentan que las actividades experimentales deben estar contextualizadas para así estimular la construcción significativa conocimiento en los</p>

				<p>estudiantes.</p> <p>La triangulación de la teoría y la práctica y el trabajo intelectual en las actividades experimentales hacen que el estudiante pueda desarrollar la auto-educación y la autonomía.</p> <p>El laboratorio como un ambiente informal, en comparación con el aula, contribuye en la formación de importantes interacciones constructivistas en el crecimiento intelectual de tanto el maestro como los estudiantes, de modo que las actividades experimentales de naturaleza investigativa, permite que el estudiante esté activo y no se limite solamente al trabajo de manipulación o la observación resultados.</p>
<p>Castro (2011) Artículo</p>	<p><i>El modelo del Operón Lac 50 años después. ¿Qué implicaciones tiene en la enseñanza de la biología hoy?</i></p>			<p>En el texto Castro (2011) expresa que desde hace mucho tiempo se ha concluido que la construcción del conocimiento científico no se basa en la pura observación, sino que cobra relevancia la fundamentación de un marco teórico y experiencial en el cual las observaciones cobran sentido (p.106).</p> <p>El autor también nos comparte que la modelización es una de las diversas estrategias para la enseñanza de la biología, pero este proceso no es totalmente independiente de otros, como la experimentación (Castro, 2011, p.106).</p> <p>Así que el autor comenta que dentro de los muchos recursos que se pueden utilizar para la enseñanza de la biología, la experimentación vendría siendo un elemento muy valioso dado que promueve el pensamiento y la resolución de</p>

				problemas.
Keller, Barbosa, Baiotto & Silvia. (Octubre, 2011). Seminário	<i>A importância da experimentação no ensino de biologia.</i>			<p>Según las autoras, en la enseñanza de la biología se deben utilizar prácticas experimentales como un recurso que promueve la pregunta y la investigación. Por otro lado, estas actividades permiten a los estudiantes un contacto directo con el fenómeno de estudio, de manera que es un recurso para promover la motivación, la participación y el trabajo en equipo.</p> <p>La biología se puede enseñar utilizando experimentos dado que los fenómenos de estudio son de origen natural y por lo tanto disponibles en la naturaleza.</p> <p>De todas maneras, comentan las autoras, se observa que la enseñanza de la biología sigue siendo, en la mayoría de los casos, de manera tradicional, restringida a conferencias con una participación mínima de los estudiantes.</p>
Cháves (2010) Artículo	<i>Los trabajos prácticos en la enseñanza de la Biología evolutiva y la Biología funcional: paralelos epistemológicos y didácticos.</i>	A través de un paralelo epistemológico y didáctico entre las metodologías propias de la biología funcional y evolutiva, evidenciar algunos aspectos en los que coinciden y		A pesar de que la Biología y su didáctica corresponden a campos de estudio ampliamente diferenciados, cuando el estudio de lo vivo se ve inmerso en el campo de la enseñanza surgen relaciones entre estos dos campos desde lo metodológico como desde lo epistemológico, en consecuencia, se pueden distinguir dos metodologías más o menos diferenciadas para acercarse a la enseñanza de la Biología, una que indaga principalmente sobre el por qué del fenómeno como tal– la Biología evolutiva-, y otra, –la Biología funcional-, que indaga más sobre el cómo de los procesos acaecidos en los organismos vivientes.

		difieren éstos dos enfoques.		...Es importante aclarar que al utilizar trabajos prácticos para la enseñanza de cualquiera de los dos enfoques de la Biología (evolutivo o funcional) podrían también existir puntos en común en la didáctica y epistemología de los mismos, reconocer lo anterior en los docentes podría favorecer los procesos de enseñanza-aprendizaje en la escuela (Cháves, 2009, p.93).
Ronqui, Souza & Correia de Freitas. (2009). Artículo	<i>A importância das atividades praticas na área da biología.</i>			<p>Según Ronqui, <i>et al</i> (2009) la principal función de las actividades prácticas para la enseñanza de la biología consisten en: estimular la curiosidad científica de los estudiantes; invitarlos a participar en la investigación científica; el desarrollo de la capacidad para resolver problemas; comprender los conceptos básicos y desarrollar habilidades que permitan tener contacto directo con los fenómenos y; manipulación de materiales, equipos y organización de observaciones.</p> <p>A pesar de la importancia de las clases prácticas es ampliamente reconocido que constituyen una porción muy pequeña en los cursos, esto puede ser debido a que, en algunos casos, los maestros no cuentan con el tiempo suficiente para preparar el material; falta de seguridad para el control de la clase, conocimiento y experiencia; carencia de instalaciones adecuadas.</p> <p>Sin embargo, un pequeño número de actividades interesantes y un reto para el estudiante será suficiente para satisfacer las necesidades básicas de este componente esencial para la formación de los jóvenes. Estas actividades les permitirán resolver problemas, identificar los temas a investigar, desarrollar hipótesis y planear los experimentos, organizar e</p>

				interpretar los datos y, de ellos, para generalizar y construir inferencias.
Carmo & Strack (2008) Artículo	<i>O ensino da biologia através da experimentação.</i>	Comparar la eficacia en el uso de métodos de enseñanza – aprendizaje de la biología, desde la exposición teórico-práctica, la teoría y el experimento.	En este artículo se describen las metodologías utilizadas en dos grupos de segundo año de la escuela secundaria, la Escuela Estatal Manoel Ribas en Guarapuava- PR.	Los autores comentan que el momento histórico en el que vivimos requiere una reflexión sobre las estrategias que utilizadas en el aula para la enseñanza de la biología. La experimentación y el aprendizaje de los estudiantes son puntos de desarrollo y discusión de este artículo. Se trató de analizar las ideas de los estudiantes antes y después del proceso de enseñanza y aprendizaje sobre el tema desarrollado, por lo tanto, constituye una investigación cualitativa - estudio de caso. Los resultados muestran la eficacia de la exposición teórica y práctica en el proceso de enseñanza-aprendizaje en la biología.
Abou & Godoy (2007) Artículo	<i>Experimentação nas aulas de biologia e a apropriação do saber.</i>	Investigar el contexto del problema sobre el uso o no de las prácticas experimentales en un colegio público de la ciudad de Wenceslau Braz, estado de Paraná.	Para el desarrollo del proyecto se hizo uso de las lecciones experimentales y demostración para los alumnos de los cursos universitarios y los participantes.	Según los autores, la mejor manera de enseñar la biología es por medio de actividades experimentales. Sin embargo, debido a algunos factores que impiden el uso del laboratorio, no se utiliza ampliamente. Los resultados principales proporcionan indicios para afirmar que los maestros dejan de proporcionar estas clases, por un número de factores: la infraestructura física, el número de estudiantes altos y la falta de fundamento teórico que centraron en el tema. Por otra parte, el intercambio de ideas proporcionada por las prácticas y el experimento, pasaron a demostrar que los procedimientos han contribuido mucho, desde la perspectiva cognitivamente, a enriquecer la enseñanza y el aprendizaje

				de los contenidos de Biología.
Castro & Valbuena (2007) Artículo	<i>¿Qué biología enseñar y cómo hacerlo? Hacia una resignificación de la Biología escolar.</i>			<p>Dentro de las conclusiones de los autores se encuentran:</p> <p>Nunca fue tan necesario comprender que así como las particularidades de una ciencia demandan una epistemología específica, también es oportuno reclamar una didáctica propia con base en esas singularidades (Castro & Valbuena, 2007, p.144).</p> <p>Asumimos que la Biología no puede enseñarse como las otras ciencias, porque sus conceptos y procedimientos son particulares. ¿No estamos en mora, pues, de institucionalizar una didáctica autónoma de la Biología? Sin duda, este artículo no sería el acta de nacimiento de tal disciplina, pero sin ser pretenciosos, podría ser un estímulo, entre tantos, para poner en marcha su gestación (Castro & Valbuena, 2007, p.144).</p>
Moreira & Diniz, (2003) Libro	<i>O laboratório de biologia no ensino médio: infraestrutura e outros Aspectos relevantes.</i>	Organizar un laboratorio de biología y proponer condiciones básicas de infraestructura y seguridad.		<p>Los autores comentan que la pertinencia de las actividades experimentales en la educación científica es prácticamente incuestionable.</p> <p>Las actividades prácticas deben propiciar un espacio para la reflexión, el desarrollo y la construcción de ideas, al igual que debe ser un espacio para mejorar los conocimientos procedimentales y actitudinales.</p>

Anexo número 3. *Carta solicitud de permisos para la manipulación de datos y garantía de confidencialidad.*

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA
INVESTIGACIÓN TRABAJO DE GRADO

EL EXPERIMENTO EN LA ENSEÑANZA DE LA BIOLOGÍA.
UN ESTUDIO DE CASO CON LICENCIADOS EN BIOLOGÍA DE TRES INSTITUCIONES
EDUCATIVAS DISTRITALES

Yo, _____ identificado(a) con cédula _____
manifiesto que:

- Soy conocedor(a) de los propósitos de la investigación.
- Permití la obtención de datos para el trabajo en curso, donde se implementaron instrumentos de investigación, tales como: entrevistas, observaciones no participantes y revisión documental.
- Tengo conocimiento que la información obtenida de mis declaraciones y documentos ha sido tratada con respeto y confidencialidad.
- He sido informado(a) y entiendo que los resultados obtenidos en el estudio pueden ser publicados con fines educativos guardando confidencialidad de mi identidad.

Nombre:
C.C.

Julián Andrés Giraldo Mejía
Autor del Trabajo de grado

Carlos Julio Vargas Velandia
Director Trabajo de grado

Esta carta ha sido tomada y modificada de Trujillo (2015)

Anexo número 4. Carta de solicitud para la validación de instrumentos

Bogotá,

Señor(a):
Profesor Departamento de Biología

Universidad Pedagógica Nacional
Facultad de Ciencia y Tecnología
Departamento de Biología

Asunto:
Validación de Instrumentos a través de juicio de expertos.

Nos dirigimos a usted con la finalidad de solicitar su valiosa colaboración para validar el contenido en los instrumentos que se utilizarán para el desarrollo de la investigación titulada: *“El experimento en la enseñanza de la biología. Un estudio de caso con licenciados en biología de tres instituciones educativas distritales”*. Los instrumentos que se implementaran en esta investigación, corresponden a: Entrevistas en profundidad, observación no participante y revisión documental.

Siendo imprescindible contar con la aprobación de docentes especializados para poder aplicar los instrumentos en mención, hemos considerado conveniente recurrir a usted, ante su experiencia en temas educativos e investigación.

Sus observaciones y recomendaciones contribuirán para mejorar la versión final de nuestro trabajo.

Agradecemos de antemano su valioso aporte

Atentamente,

Julián Andrés Giraldo Mejía
Autor del Trabajo de Grado
C.C., 1010188270
Cód., 2008210018
Teléfono: 3118212951
Correo: dbi822_jgiraldo@pedagogica.edu.co

Carlos Julio Vargas Velandia
Director Trabajo de Grado

Anexo número 5. Matriz de validación para los instrumentos de investigación

Ítem	Criterios a evaluar										Observaciones		
	Redacción y ortografía		Coherencia en el ítem		Uso de lenguaje adecuado		Mide lo que pretende		Induce a la respuesta (sesgo)		Debe mantenerse (M) Eliminarsse (E) Modificarse (MO)		
	Sí	No	Sí	No	Sí	No	Sí	No	Sí	No	M	E	MO
1.1.1													
1.1.2													
1.1.3													
1.2.1													
1.2.2													
1.2.3													
1.3.1													
1.3.2													
1.4.1													
...													
3.3.1													
Ítem	Redacción y ortografía		Coherencia en el ítem		Uso de lenguaje adecuado		Mide lo que pretende		Debe mantenerse (M) Eliminarsse (E) Modificarse (MO)				
	Sí	No	Sí	No	Sí	No	Sí	No	M	E	MO		
4.1.1													
4.1.2													
4.1.3													
...													
5.1.3													
Aspectos Generales											Sí	No	
Los ítems permiten el logro del objetivo de la investigación													
Los ítems están distribuidos de forma lógica y secuencial													
El número de ítems es suficiente para recoger la información. En caso de ser negativa su respuesta, sugiera los ítems a agregar.													
Observaciones Generales													
Aplicable		No aplicable		Aplicable atendiendo a las observaciones									
Validado por					Teléfono					Email			

Tomado y modificado de Corral, (2009)

Anexo número 6. Matriz de resultados para Sofía

Entrevistas a los licenciados en biología de la Institución Distrital San José Sur Oriental

CATEGORÍA I.			PROPOSICIONES Y UNIDADES DE INFORMACIÓN DE SOFÍA
FORMACIÓN PROFESIONAL DE LOS LICENCIADOS EN BIOLOGÍA Y ENSEÑANZA DE LA BIOLOGÍA			
1.1	FORMACIÓN INICIAL	1.1.1	Licenciada en biología de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas(Sofía, EI, 1)
		1.1.2	(...)Yo siempre quise involucrarme en una profesión que tuviera un impacto y una responsabilidad social destacada... en beneficio de muchas personas(...)(Sofía, EI, 2) Es la posibilidad de generar un cambio significativo en nuestra cultura; entonces, básicamente creo que era la profesión más completa y por la que realmente tengo una vocación (Sofía, EI, 3)
1.2	FORMACIÓN CONTINUA	1.2.1	(...) pertenezco al semillero de investigación biología, enseñanza y realidades, que dirige el profesor Guillermo Fonseca Amaya (Sofía, EI, 4) (...) me postulo al Magister de Estudios Avanzados en Educación Social que tiene la Universidad Complutense de Madrid(Sofía, EI, 5) María Mercedes Martínez Asnar me dirige el trabajo de Investigación sobre <i>Resolución de situaciones problemáticas abiertas; una metodología de investigación</i> (Sofía, EI, 6)
		1.2.2	Bueno, bastante, digamos que tuve la fortuna de que mi tutora me aceptara y ella al ser directora de la práctica profesional en la Facultad de Formación de Profesorado de la Universidad Complutense de Madrid me permitió ir a un colegio en Madrid, se llama el Instituto Isaac Peral, y allí pude reconocer como el profesor estudiante de doctorado adelanta sus prácticas de la mano del profesor de Instituto o de Colegio trabajando en un programa distinto, que es el programa de diversificación curricular con niños con necesidades educativas especiales (Sofía, EI, 7)
1.3	MAESTRO Y ENSEÑANZA	1.3.1	Inicialmente, y con lo aprendido en mi formación postgrado, profundizo mucho en una metodología de trabajo que se llama Metodología de Resolución de Problemas como Investigación (Sofía, EI, 8) En ese sentido, lo primero que hago es que los estudiantes reconozcan necesidades de la

			<p>realidad, puntuales y concretas, de manera que siguiendo unos protocolos se logre un desarrollo y resolución de la problemática; las mejores estrategias son las guías de laboratorio que se entregan con anticipación para que el estudiante realice un pre-informe y un informe como acercamiento hacia lo que es el trabajo riguroso, serio y responsable dentro del aula(Sofía, EI, 9); también, a nivel de metodologías de lenguaje, ellos vienen trabajando y leyendo artículos científicos con el fin de robustecer ese vocabulario científico(Sofía, EI, 10)</p>
		1.3.2	<p>La imagen de ciencia que yo manejo en el aula es la excusa en el campo de saber que me permite un bagaje de estrategias para hacer una reflexión objetiva de los contenidos, de las situaciones científicas en el aula(Sofía, EI, 11)</p> <p>(...) a veces uno piensa que es como acercar y hacer tangible el aprendizaje de un fenómeno que en la mayoría de situaciones puede ser subjetivo o no es visible a los ojos... entonces es como tratar de hacer visible y hacer tácito ese campo del saber(Sofía, EI, 12)</p>
1.4	LA EXPERIMENTACIÓN EN LA FORMACIÓN	1.4.1	<p>Normalmente en la universidad las prácticas de laboratorio inmersas en las asignaturas son como muy disciplinares y universitarias(Sofía, EI, 13)</p> <p>Pero es complejo, porque cuando tú aprendes biología molecular y haces un cultivo de células, haces un PCR, después llevarlo al aula y explicarle a un niño como puede cultivar células es complejo... hace falta una relación didáctica entre la ciencia y la escuela(Sofía, EI, 14)</p>
		1.4.2	<p>Bueno desde la experimentación científica; sin embargo, considero que hace falta relacionar ese saber científico con la didáctica para poder llevar todo ese conocimiento a las escuelas(Sofía, EI, 15)</p>
CATEGORÍA II.			PROPOSICIONES Y UNIDADES DE INFORMACIÓN DE SOFÍA
LA EXPERIMENTACIÓN EN CIENCIAS			
2.1	EPISTEMOLOGÍA DEL EXPERIMENTO	2.1.1	<p>Es lo que le permite a un científico validar su conocimiento y validar la información que el contrasta, observa y que anticipa(Sofía, EF, 16)</p>
		2.1.2	<p>En muchos casos es la herramienta con la que los científicos validan nuevas teorías y todo conocimiento nuevo que esté por comprobar(Sofía, EF, 17)</p>
2.2	DICOTOMÍA ENTRE TEORÍA Y EXPERIMENTO	2.2.1	<p>Por mi experiencia de vida y por los trabajos que también he teniendo la oportunidad de escuchar por algunos científicos, yo siento que sí, que la teoría es importante, da una base conceptual; pero, a veces puede hacer uno más con la experimentación sin que incluso</p>

			haya una base teórica(Sofía, EF, 18)
2.3	EL EXPERIMENTO EN BIOLOGÍA	2.3.1	Claro que sí, la biología es una ciencia que emplea metodologías de investigación como el experimento(Sofía, EF, 19)
		2.3.2	Me sorprende lo que hizo Francesco Redi cuando decide descartar la teoría de la generación espontánea utilizando un experimento sencillo logrando como poner a la luz pública la negación de la teoría que había estado por varios años(Sofía, EF, 20) También me parecen interesantes los de Oparin y el de Fleming con la penicilina(Sofía, EF, 21)
		2.3.3	En física siento que los experimentos son más de corte deductivo... Por el contrario, desde la química y la biología podemos trabajar de una manera, no sé, inesperada; o sea, nosotros planteamos hipótesis, tenemos sentido de anticipación, pero hay tantas variables al mismo tiempo que cualquier cambio puede influir en los resultados(Sofía, EF, 22) Puntualizando, creo que la biología trabaja con sistemas abiertos y orgánicos, por lo tanto creo que difieren un poco, aunque los límites deben ser los mismos(Sofía, EF, 23)
CATEGORÍA III.		PROPOSICIONES Y UNIDADES DE INFORMACIÓN DE SOFÍA	
EL EXPERIMENTO EN LA ENSEÑANZA DE LA BIOLOGÍA			
3.1	LA EXPERIMENTACIÓN EN LA ENSEÑANZA DE LA BIOLOGÍA	3.1.1	Siento yo que el trabajo experimental posibilita el desarrollo de habilidades y pensamiento científico, porque en todo ese proceso de desarrollo el niño está permanentemente observado, comparando, está identificando cambios y, además, está haciendo la reflexión sobre situaciones específicas(Sofía, EF, 24)
		3.1.2	Es fundamental, es una de las metodologías de trabajo para permitir el desarrollo de competencias científicas en los estudiantes a nivel de observación, de contraste, de síntesis, de explicación, con base en una metodología adecuada de trabajo. No es experimentar por hacer, si no que con base en un trabajo planificado encierra todo lo anterior(Sofía, EF, 25)
		3.1.3	Retomando mi metodología de resolución de problemas como investigación iniciamos con una situación problemática abierta, digamos una que estamos trabajando es que se debe hacer con el aceite usado de cocina para evitar que este residuo contamine... a partir de esa problemática los chicos deben diseñar experimentos con los que corroborarán las hipótesis que planteen(Sofía, EF, 26)
		3.1.4	Es complejo, normalmente me gusta hacerlo simultaneo, sin embargo uno pues reconoce a

			los estudiantes y reconoce las metodologías de trabajo que tienen (Sofía, EF, 27)
		3.1.5	Fortalecer el aprendizaje significativo en los estudiantes (Sofía, EF, 28)
		3.1.6	Bueno, es un tipo de aprendizaje basado en la experiencia, y que teniendo en cuenta el enfoque del colegio, que es el de aprendizaje significativo, puede reconocer la ideas previas y las ideas alternativas de los estudiantes, cosa que a ellos (los estudiantes) les llama la atención (Sofía, EF, 29)
3.2	METODOLOGÍA DEL EXPERIMENTO EN LA ENSEÑANZA DE LA BIOLOGÍA	3.2.1	Se necesita voluntad, capacidad de actualizarse, de buscar, de gestionarse, de escribir correos... (Sofía, EF, 30) Se deben romper paradigmas, llamar, buscar apoyo de otras personas, o de otros colegios que tengan la capacidad de hacerlo (Sofía, EF, 31)
		3.2.2	La metodología que utilizo es la Metodología de Resolución de Problemas... con base en ella y sus postulados son los estudiantes quienes desde lo que saben de su contexto me formulan preguntas de investigación. Ellos son quienes proponen el experimento que nos permitirá reconocer como es el comportamiento de un organismo en diferentes temperaturas. Se manejan hipótesis previamente establecidas, son ellos quienes ponen a prueba la hipótesis (Sofía, EF, 32)
		3.2.3	La disposición estructural del laboratorio hace que se tengan que desarrollar grupos (el laboratorio está organizado mediante mesas de trabajo), entonces casi siempre cuando planeamos el laboratorio, de lo que yo hablo es del trabajo cooperativo, el trabajo es en grupo, hay un monitor que responde por el material y por el desarrollo de alguna inquietud (Sofía, EF, 33) Individualmente cada persona debe presentar informe y pre-informe (Sofía, EF, 34)
		3.2.4	Las normas de bioseguridad son fundamentales cuando se trabaja con chicos en el laboratorio, ellos pueden sufrir un accidente (Sofía, EF, 35)
3.3	DIFICULTADES EN EL USO DE PRÁCTICAS EXPERIMENTALES PARA LA ENSEÑANZA DE LA BIOLOGÍA	3.3.1	Yo creería que las dificultades son más de carácter personal, muchas veces los maestros por pereza o por falta de tiempo no desarrollan metodologías de aprendizaje significativo como lo son las prácticas experimentales (Sofía, EF, 36) También consideraría que faltan espacios educativos que faciliten la formación continua de maestros, actualización de conocimiento y materiales didácticos que especifiquen prácticas experimentales (Sofía, EF, 37)

Matriz resultados para Sofía: observación no participante

CATEGORÍA I.			PROPOSICIONES Y UNIDADES DE INFORMACIÓN DE SOFÍA
CARACTERÍSTICA DE LA PRÁCTICA EXPERIMENTAL			
1.1	MAESTRO Y PRÁCTICAS EXPERIMENTALES	1.1.1	La práctica propuesta por el licenciado corresponde a un ejercicio observacional. Los objetivos diseñados para la práctica corresponden a la identificación y reconocimiento de diferentes células, tanto de tejidos vegetales como de tejidos animales (ONP 1)
		1.1.2	Las actividades que los estudiantes deben desarrollar están enmarcadas desde las posturas empiro-inductivistas, dado que, por un lado, no ha habido una introducción teoría, antes de la práctica, ni durante la práctica. Los estudiantes son inducidos a la observación de tejidos celulares sin objetivos claros, ni el planteamiento de una problemática... (ONP 2)
		1.1.3	No hay trabajo teórico ni conceptual, antes ni durante la práctica. Este ejercicio carece de problematización (ONP 3)
		1.1.4	De una ciencia a-problemática, descontextualizada y positivista (ONP 4)
		1.1.5	En las entrevistas el licenciado manifiesta la importancia de plantear situaciones problema en el desarrollo de actividades experimentales, lo cual, en la práctica, no se evidencia. Otro aspecto que se evidencia es la falta de contextualización en el diseño y desarrollo de actividades experimentales, (ONP 5)
CATEGORÍA II.			PROPOSICIONES Y UNIDADES DE INFORMACIÓN DE SOFÍA
ESTRUCTURA METODOLÓGICA DE LA PRÁCTICA EXPERIMENTAL			
2.1	ESTRUCTURA Y FORMA DE LA PRÁCTICA EXPERIMENTAL	2.1.1	La estructura de la práctica es lineal, sucesión de pasos en forma de “ <i>receta de cocina</i> ”, no hay cabida para la problematización ni para el planteamiento autónomo de experimentos por parte de los estudiantes (ONP 6)
		2.1.2	No hay problema definido, la práctica es observacional (ONP 7)
		2.3.2	La práctica es de corte empiro-inductivista, donde los estudiantes no tienen un referente teórico ni conceptual (ONP 8)
		2.3.3	microscopios, diferentes tejidos vegetales y animales, cuchillas para cortar y azul de metileno (ONP 9)

Anexo número 7. Matriz de resultados para Laura

Entrevistas a los licenciados en biología de la Institución Distrital San José Sur Oriental

CATEGORÍA I.			PROPOSICIONES Y UNIDADES DE INFORMACIÓN DE LAURA
FORMACIÓN PROFESIONAL DE LOS LICENCIADOS EN BIOLOGÍA Y ENSEÑANZA DE LA BIOLOGÍA			
1.1	FORMACIÓN INICIAL	1.1.1	Licenciada en biología de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas (Laura, EI, 1)
		1.1.2	Dentro del perfil que yo tengo me gusta lo social; entonces, la docencia es una actividad social en la cual se genera un intercambio permanente de saberes entre diferentes personas, mediante los mecanismos propios de la enseñanza y el aprendizaje (Laura, EI, 2)
1.2	FORMACIÓN CONTINUA	1.2.1	Maestría en Tecnología Educativa en el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey (Laura, EF, 3) ...estoy haciendo un diplomado en biotecnología, todo en miras de buscar elementos para mejorar mi labor (Laura, EI, 4)
		1.2.2	Si porque básicamente estoy viendo la forma de innovar al utilizar los recursos tecnológicos en la educación y más ahora que es una tendencia global (Laura, EI, 5) (...) nuevas formas de enseñanza utilizando correctamente la tecnología (Laura, EI, 6)
1.3	MAESTRO Y ENSEÑANZA	1.3.1	Primero diagnóstico inicial con los estudiantes, para no partir de la nada (Laura, EI, 7) Parto de una pregunta o una actividad que me de luces de cómo seguir el trabajo (Laura, EI, 8) Lo más importante son las características y el diagnóstico del grupo (Laura, EI, 9)
		1.3.2	Ver que el error es fundamental para poder seguir avanzando, porque si uno no se equivoca entonces no va a aprender (Laura, EF, 10)
1.4	LA EXPERIMENTACIÓN EN LA FORMACIÓN	1.4.1	No, eso fue una debilidad, porque lo único que hacia eran las practicas normales, pero no nos daban el cómo llevar eso al colegio con 40 estudiantes y con pocos recursos (Laura, EF, 11)
		1.4.2	Yo diría que regular, porque no nos enseñaron a transponer didácticamente todas esas metodologías científicas (Laura, EF, 12)
CATEGORÍA II.			PROPOSICIONES Y UNIDADES DE INFORMACIÓN DE LAURA

LA EXPERIMENTACIÓN EN CIENCIAS			
2.1	EPISTEMOLOGÍA DEL EXPERIMENTO	2.1.1	Es ver qué pasa si cambio las condiciones que tengo en el momento, qué pasa si tapo la luz en una incubadora, qué sucede si le quieto el agua a una planta... es cambiar las condiciones que tengo normales para ver qué sucede(Laura, EF, 13) Partir de una problemática para ver qué sucede con el fenómeno de estudio cuando se le cambian sus condiciones normales (Laura, EF, 14)
		2.1.2	Significa el reafirmar que lo que uno está haciendo es correcto(Laura, EF, 15) Es comprobar las teorías, las hipótesis (Laura, EF, 16)
2.2	DICOTOMÍA ENTRE TEORÍA Y EXPERIMENTO	2.2.1	Son necesarias ambas, aunque considero que es más importante la teoría para no correr riesgos(Laura, EF, 17)
2.3	EL EXPERIMENTO EN BIOLOGÍA	2.3.1	Sí, en biología al igual que en la química y la física se desarrollan experimentos(Laura, EF, 18)
		2.3.2	Osmosis y difusión en las plantas... capilaridad(Laura, EF, 19)
		2.3.3	Sí, porque en física es observación de movimiento, en química se requiere de precisión, o sea medidas y, por último, en biología es comparación (Laura, EF, 20)
CATEGORÍA III.			PROPOSICIONES Y UNIDADES DE INFORMACIÓN DE LAURA
EL EXPERIMENTO EN LA ENSEÑANZA DE LA BIOLOGÍA			
3.1	LA EXPERIMENTACIÓN EN LA ENSEÑANZA DE LA BIOLOGÍA	3.1.1	Acercar la realidad a los estudiantes y, además, algo que he aprendido en el diplomado, es que el experimento es una forma de comprobación, lo que nos dicen lejos verlo de cerca (Laura, EF, 21) Es la forma de poner tangible y visibles los fenómenos biológicos (Laura, EF, 22) Cuando yo hago una práctica de laboratorio tengo en cuenta que ellos puedan aprender del error, la primera vez que uno hace una práctica generalmente a uno no le sale nada(Laura, EF, 23)
		3.1.2	Eso requiere de un proceso donde hay un cambio de conciencia en los estudiantes, porque significa una transposición de lo que uno pensaba a lo que se hizo y lo que es la realidad. Entonces hay una conexión entre la técnica, la ciencia, el quehacer cotidiano y lo que se ha experimentado(Laura, EF, 24)
		3.1.3	He hecho con los estudiantes disección de cerebro de marranos(Laura, EF, 25)

		3.1.4	Antes de la teoría, puesto que de ese modo ellos comparan lo que han hecho con lo que está escrito y, además, pueden hacerse preguntas(Laura, EF, 26)
		3.1.5	Enseñar disciplina: si usted es organizado en lo que tiene que hacer o en cómo debe escribir, como debe presenta los resultados, eso es enseñar disciplina(Laura, EF, 27)
		3.1.6	Habilidades cognitivas, cuando empiezan a comparar la realidad; conceptuales, en lo relacionado a los temas biológicos y; actitudinales, cuando se refiere a escucha y trabajo en grupo. También, los chicos aprenden a manipular material de laboratorio.
3.2	METODOLOGÍA DEL EXPERIMENTO EN LA ENSEÑANZA DE LA BIOLOGÍA	3.2.1	Recursos, en la realidad usted tiene que empezar a trabajar con las uñas, a crear hasta los materiales mínimos para poder trabajar(Laura, EF, 29)
		3.2.2	La estructura metodológica, de acuerdo a lo que he aprendido en estos años es que inicialmente uno trae materiales para que ellos observen y esperen las indicaciones que uno le ha dado. Esas indicaciones se deben dar con días de anticipación a la práctica para que todos lean y estén enterados de lo que se va a hacer(Laura, EF, 30)
		3.2.3	De las dos formas, aunque estén compartiendo mesa e instrumentos, cada quien tiene que hacer su informe, cada quien tiene que escribir sus observaciones(Laura, EF, 31)
		3.2.4	Las normas de bioseguridad son fundamentales para prevenir accidentes(Laura, EF, 32)
3.3	DIFICULTADES EN EL USO DE PRÁCTICAS EXPERIMENTALES PARA LA ENSEÑANZA DE LA BIOLOGÍA	3.3.1	<p>La primera dificultad tiene que ver con los estudiantes, y es cuando ellos no están acostumbrados a hacer una práctica y creen que no es importante, entonces a veces ni traen los materiales (Laura, EF, 34)</p> <p>La segunda dificultad tiene que ver con el colegio, dado que no tiene las condiciones estructurales adecuadas (Laura, EF, 35)</p>

Anexo número 8. Matriz de resultados para Marcos

Entrevistas a los licenciados en biología de la Institución Distrital San José Sur Oriental

CATEGORÍA I.			PROPOSICIONES Y UNIDADES DE INFORMACIÓN DE MARCOS
FORMACIÓN PROFESIONAL DE LOS LICENCIADOS EN BIOLOGÍA Y ENSEÑANZA DE LA BIOLOGÍA			
1.1	FORMACIÓN INICIAL	1.1.1	Licenciado en biología de Universidad Distrital Francisco José de Caldas(Marcos, EI, 1)
		1.1.2	Siempre me ha gustado enseñar, me parece que es la mejor forma de hacer sociedad(Marcos, EI, 2) Yo quiero enseñar como el profesor que siempre he querido tener(Marcos, EI, 3)
1.2	FORMACIÓN CONTINUA	1.2.1	Soy especialista en bioquímica y estoy terminando mi maestría en Bioquímica en la Facultad de Medicina de la Universidad Nacional(Marcos, EI, 4)
		1.2.2	Nada, no ha influenciado en nada. He enriquecido mi conocimiento, nada más (Marcos, EI, 5) En realidad, el conocimiento que he adquirido de más en la universidad me ha servido cuando trabajo en Instituciones de Educación superior, pero a nivel escolar para nada (Marcos, EI, 6)
1.3	MAESTRO Y ENSEÑANZA	1.3.1	Diseñar preguntas problema, entonces siempre les hago plantear una situación problema, una pregunta de investigación, y a partir de esa pregunta de investigación uno comienza a formular todo lo que tiene que ver con el proceso de aprendizaje (Marcos, EI, 7) También utilizo la experimentación científica, dado que contribuye mucho al proceso de aprendizaje de los estudiantes (Marcos, EI, 8)
		1.3.2	Generalmente que todo está por descubrir (Marcos, EI, 9)
1.4	LA EXPERIMENTACIÓN EN LA FORMACIÓN	1.4.1	No, siempre mi formación ha estado encaminada por el lado científico, mi tesis la hice en investigación en ciencias, hice pasantías en investigación en ciencias, trabaje en laboratorios de investigación en ciencias, posgrado en investigación en ciencias, mi maestría es encaminada al trabajo científico en bioquímica(Marcos, EI, 10)
		1.4.2	Mala, en la universidad fue muy poco lo que trabajamos en relación a la actividad experimental y su aplicación en los escenarios escolares(Marcos, EI, 11)
CATEGORÍA II.			PROPOSICIONES Y UNIDADES DE INFORMACIÓN DE MARCOS

LA EXPERIMENTACIÓN EN CIENCIAS			
2.1	EPISTEMOLOGÍA DEL EXPERIMENTO	2.1.1	El experimento es la forma mediante la cual se busca la respuesta a un interrogante que se le plantea a un grupo de científicos(Marcos, EF, 12)
		2.1.2	Uno de los papeles más importantes. Por ejemplo, siempre que se descubre algún material se experimenta con él para mirar que funcionalidad puede tener para la tecnología y la ciencia (Marcos, EF, 13) La constante experimentación y la constante inquietud de la comunidad científica es la que de alguna manera permite que haya un avance científico y tecnológico(Marcos, EF, 14)
2.2	DICOTOMÍA ENTRE TEORÍA Y EXPERIMENTO	2.2.1	Tiene más valor el experimento, porque es que experimentar lo lleva a uno por caminos en los que nunca se a andado. Por ejemplo, usted conocía la teoría antes de descubrirse el fuego, no, se descubrió, a bueno... entonces miremos en que se puede utilizar (Marcos, EF, 15) Muchas conclusiones son producto de la experimentación científica. O sea, la manzana de Newton no se le cayó por que él ya conocía la teoría, simplemente que el observo un fenómeno de la naturaleza y luego de observar y experimentar con ese fenómeno lo convirtió en una teoría y luego la postulo como una ley(Marcos, EF, 16)
2.3	EL EXPERIMENTO EN BIOLOGÍA	2.3.1	Si claro... al igual que en otras ciencias(Marcos, EF, 17)
		2.3.2	Uno de los experimentos que para mí son más chéveres es el que hizo Pasteur de la generación espontánea (Marcos, EF, 18)El experimento de Stanley Miller con respecto al origen de la vida de Oparin (Marcos, EF, 19)
		2.3.3	Considero que las metodologías son las mismas, por algo se llama experimentación (Marcos, EF, 20)
CATEGORÍA III.			PROPOSICIONES Y UNIDADES DE INFORMACIÓN DE MARCOS
EL EXPERIMENTO EN LA ENSEÑANZA DE LA BIOLOGÍA			
3.1	LA EXPERIMENTACIÓN EN LA ENSEÑANZA DE LA BIOLOGÍA	3.1.1	Genera un proceso distinto, si las condiciones fueran adecuadas para llevar a un laboratorio un grupo de estudiantes uno encontraría que la curiosidad por parte de los estudiantes se puede satisfacer (Marcos, EF, 21) Un ambiente experimental es muy importante, cosa que provee un laboratorio. El laboratorio genera preguntas problematizadoras. Pero para eso se requiere un laboratorio la

			verraquera y tiempo (Marcos, EF, 22)
		3.1.2	En hacer que los estudiantes reconozcan diferentes métodos para hacer ciencia. Que aprendan a observar y a preguntar, que todo el tiempo se alimente la curiosidad (Marcos, EF, 23)
		3.1.3	Experimentos para el tratamiento de aguas residuales mediante la biorremediación, con microorganismos eficientes (Marcos, EF, 24) Elaboración de productos de aseo mediante los elementos que se encuentren en un ambiente escolar-laboratorio escolar (Marcos, EF, 25)
		3.1.4	Antes de la teoría, si claro, porque es ponerlos en un ambiente de inmersión, desconocido. Lo desconocido es de interés, partir de una pregunta problema... es ir de una pregunta problema hacia la teoría (Marcos, EF, 26) Ser maestro es como ser un vendedor... es venderle la idea a un estudiante, persuadirlo por el camino de la educación (Marcos, EF, 27)
		3.1.5	Permite que crezca el número de personas que estén encaminadas al trabajo en ciencias (Marcos, EF, 28)
		3.1.6	Aprendizaje procedimental, actitudinal y conceptual (Marcos, EF, 29) Aprendizaje significativo, para que el estudiante sea capaz de proponer (Marcos, EF, 30)
3.2	METODOLOGÍA DEL EXPERIMENTO EN LA ENSEÑANZA DE LA BIOLOGÍA	3.2.1	Un ambiente adecuado: un buen laboratorio, que tenga buenos materiales, que no se escatime, que se tenga un buen microscopio (Marcos, EF, 31) Otro aspecto muy importante es el tiempo, porque aquí el tiempo es muy limitado (Marcos, EF, 32)
		3.2.2	Lo primero es partir de una problemática, ojalá sean los estudiantes quienes la planteen (Marcos, EF, 33) Después de eso se empiezan a formular hipótesis para comprobar mediante experimentos (Marcos, EF, 34)
		3.2.3	En grupo, La forma ideal es el trabajo individual pero se requiere material para todos (Marcos, EF, 35)
		3.2.4	Conocimiento sobre el método científico, esa es la clave. Es la forma natural en que se aprende (Marcos, EF, 36)
3.3	DIFICULTADES EN EL USO DE PRÁCTICAS EXPERIMENTALES PARA LA ENSEÑANZA DE LA BIOLOGÍA	3.3.1	Controlar un grupo de 40 estudiantes es un camello, entonces lo que se requiere son grupos ideales, de más o menos 10 a 15 estudiantes (Marcos, EF, 37) También está la falta de equipos adecuados, todo lo que se encuentra en los colegios del distrito es viejo y no funciona (Marcos, EF, 38)

Anexo número 9. Matriz de resultados para Sandra

Entrevistas a los licenciados en biología de la Institución Distrital Villa Rica

CATEGORÍA I.			PROPOSICIONES Y UNIDADES DE INFORMACIÓN DE SANDRA
FORMACIÓN PROFESIONAL DE LOS LICENCIADOS EN BIOLOGÍA Y ENSEÑANZA DE LA BIOLOGÍA			
1.1	FORMACIÓN INICIAL	1.1.1	Licenciada en biología de la Universidad Pedagógica Nacional(Sandra, EI, 1)
		1.1.2	Porque siempre, desde pequeña, me incliné por la docencia y me gustaba mucho. Entonces, digamos, nunca tuve otra opción, ésa fue la primera para mí(Sandra, EI, 2)
1.2	FORMACIÓN CONTINUA	1.2.1	No(Sandra, EI, 3)
		1.2.2	No(Sandra, EI, 4)
1.3	MAESTRO Y ENSEÑANZA	1.3.1	Les doy lectura porque me gusta trabajar la lectura, siempre, siempre. Creo que es la mayor debilidad de los chicos, entonces un maestro tiene que fortalecer esa debilidad. Y, además, les pongo a buscar las palabras desconocidas, para que amplíen el vocabulario(Sandra, EI, 5) Después de que terminan la lectura y las preguntas, yo explico el tema y pues que ellos me pregunten y luego les complemento con un video o alguna experiencia, la idea es que ellos se acerquen al contenido, pero a través de manualidades(Sandra, EI, 6)
		1.3.2	Creo que las prácticas de laboratorio les muestran a los chicos una imagen de ciencia divertida, que es aplicable a la vida. Sobre todo en la biología, ellos por ejemplo piensan que una célula no es real, pero después que las ven, después que entienden que están compuestos de células cambia la antigua percepción(Sandra, EI, 7) Los laboratorios los acercan a la realidad y les demuestra que la ciencia está en ellos(Sandra, EI, 8)
1.4	LA EXPERIMENTACIÓN EN LA FORMACIÓN	1.4.1	Tuve mucha formación experimental en la universidad, en cada semestre tuvimos un proyecto que se trabajaba con núcleos integradores de problemas; entonces, nos daban una pregunta para desarrollar a través del proyecto, entonces, en ese proyecto uno siempre tenía que experimentar, siempre le tocaba a uno buscar y también formular un experimento que lo conducía a aciertos o a errores(Sandra, EI, 9)

		1.4.2	Yo pienso que recibí muy buena formación experimental, pero de una manera muy general. Yo pienso que tenemos una gran falencia y es en el manejo de laboratorio, porque por ejemplo, trabajamos bacterias en la universidad, pero no fue de una manera muy profunda, quedan vacíos en cuanto a qué son los reactivos, para qué se utilizan, como se usan... En la parte genética, experimentalmente, creo que hay muchas debilidades(Sandra, EI, 10)
CATEGORÍA II.			PROPOSICIONES Y UNIDADES DE INFORMACIÓN DE SANDRA
LA EXPERIMENTACIÓN EN CIENCIAS			
2.1	EPISTEMOLOGÍA DEL EXPERIMENTO	2.1.1	El experimento es el acercamiento a la realidad, a través de otro tipo de diseños, que no son naturales (Sandra, EF, 11) Experimentar es buscar caminos... Es la posibilidad de llegar a una respuesta a través de muchos medios. Siempre parte de una problemática. (Sandra, EF, 12) Es la necesidad de saber... El experimento siempre trae respuestas e interrogantes(Sandra, EF, 13)
		2.1.2	¡Huy! Total, o sea, yo soy muy aliada a la experimentación, y yo creo que eso es como... tiene mucho que ver con el aprendizaje significativo, porque es que lo que uno experimenta eso sí no se le olvida. Si es que es algo que uno vive. Es que desde que uno se unte... uno queda como metido en el cuento(Sandra, EF, 14)
2.2	DICOTOMÍA ENTRE TEORÍA Y EXPERIMENTO	2.2.1	Yo creo que las dos, porque yo no puedo ir a experimentar sobre algo de lo que no tengo ni idea. Por ejemplo, para yo trabajar sobre célula, primero tengo que saber qué es, sus partes, etc. En el experimento ya voy mirando lo que aprendí por medio de la teoría(Sandra, EF, 15)
2.3	EL EXPERIMENTO EN BIOLOGÍA	2.3.1	Si claro, total, para todo. Experimentar es como coger lo que ya existe y volverlo como más pequeño para entenderlo(Sandra, EF, 16)
		2.3.2	Algo muy básico fue el experimento de Redi, Spallanzani, Needham y Pasteur para comprobar lo de la generación espontánea, es el inicio de todo lo que es el origen de la vida. Es un experimento súper y muy fácil de reproducir. Es algo tan simple, pero que muestra tanto(Sandra, EF, 17)
		2.3.3	Los pasos pueden ser los mismos, pero yo siempre he sentido que la biología acerca más a la vida real(Sandra, EF, 18)
CATEGORÍA III.			PROPOSICIONES Y UNIDADES DE INFORMACIÓN DE SANDRA

EL EXPERIMENTO EN LA ENSEÑANZA DE LA BIOLOGÍA			
3.1	LA EXPERIMENTACIÓN EN LA ENSEÑANZA DE LA BIOLOGÍA	3.1.1	Yo creo que el papel del experimento para la enseñanza de la biología consiste en facilitar el aprendizaje. O sea, que ellos se acerquen más a lo que uno les hecho de carreta, porque para ellos es carreta hasta que no lo hacen real(Sandra, EF, 19)
		3.1.2	Yo creo que el experimento hace que ellos se interesen más por la ciencia, porque la ciencia siempre se ve como algo lejano. El científico siempre lo ven como alguien lejano, allá en un laboratorio, con una bata, con gafas... pero ellos no ven que también pueden ser científicos experimentando con cosas básicas, con cosas que tienen a la mano(Sandra, EF, 20)
		3.1.3	He hecho experimentos en clase como la observación de células de la boca, de la sangre, la cebolla... Me gusta mucho cuando trabajo protozoos o algas, o sea, me encanta coger y bueno, vallan y cojan en un charco, o agua de cilantro, para que observen por medio de cosas que ellos tienen cerca cosas reales(Sandra, EF, 21)
		3.1.4	Yo creo que después de la teoría, el experimento es un refuerzo de la teoría, para que se la aprendan y la recuerden más fácilmente (Sandra, EF, 22)
		3.1.5	Los beneficios son que puedan captar más fácilmente el conocimiento científico (Sandra, EF, 23)
		3.1.6	Promueve aprendizaje significativo (Sandra, EF, 24) Creatividad, porque uno puede experimentar con cualquier cosa. Es experimentar con lo que uno tiene a la mano (Sandra, EF, 25)
3.2	METODOLOGÍA DEL EXPERIMENTO EN LA ENSEÑANZA DE LA BIOLOGÍA	3.2.1	Conocimientos sobre bioseguridad para prevenir accidentes(Sandra, EF, 26)
		3.2.2	Con una pregunta cuando son chicos grandes... cuando son chicos es mejor sorprenderlos para que surjan las preguntas de parte de ellos, la idea es que sean ellos quienes se cuestionen, que pregunten ¿qué es eso?, ¿eso para qué eso?...(Sandra, EF, 27)
		3.2.3	En grupo, por lo que hay más posibilidad de que unos apoyen a otros... traer materiales es más fácil entre varios...(Sandra, EF, 28)
		3.2.4	Pues que tiene que partir de cero, o sea, siempre tiene que estar atento a lo que pasa, por seguridad... nunca confiarse en que los estudiantes ya saben de normas de seguridad, ellos no tienen experiencia... siempre se tiene que estar pensando en el riesgo, siempre pueden ocurrir sorpresas(Sandra, EF, 29)
3.3	DIFICULTADES EN EL	3.3.1	Hay muchas cosas que no funcionan solo con la creatividad del maestro, se requieren

	USO DE PRÁCTICAS EXPERIMENTALES PARA LA ENSEÑANZA DE LA BIOLOGÍA		instrumentos y materiales... La falencia real es que faltan muchas cosas materiales en los colegios. No hay material didáctico sobre la experimentación para que el maestro pueda adelantar trabajo en el laboratorio... Otro problema tiene que ver con los conocimientos del maestro, por ejemplo a mí me gustaría ampliar mi conocimiento sobre el laboratorio, pero no he encontrado un curso que sea exclusivo para trabajo en el laboratorio(Sandra, EF, 30)
--	--	--	---

Matriz resultados para Sandra: observación no participante

CATEGORÍA I.			PROPOSICIONES Y UNIDADES DE INFORMACIÓN DE SANDRA
CARACTERÍSTICA DE LA PRÁCTICA EXPERIMENTAL			
1.1	MAESTRO Y PRÁCTICAS EXPERIMENTALES	1.1.1	La práctica consiste en la observación de diferentes tejidos (micropreparados) de diferentes estructuras orgánicas, entre las que se encuentran: semen de caballo, trompas de Falopio de caballo, placenta de oveja..., etc.(ONP 1)
		1.1.2	La práctica es de carácter observacional, de naturaleza positivista(ONP 2)
		1.1.3	La licenciada antes de trabajar la práctica observacional dispuso diferentes cartillas de biología para que los estudiantes en grupos de trabajo revisaran de forma independiente el tema de célula(ONP 3)
		1.1.4	La práctica es a-problemática, observacional y descontextualizada(ONP 4)
		1.1.5	La licenciada en un principio, durante las entrevistas, manifestó la importancia de abordar problemas contextuales durante los ejercicios experimentales, sin embargo, durante la actividad propuesta, se percibe una total carencia de situaciones problema(ONP 5)
CATEGORÍA II.			PROPOSICIONES Y UNIDADES DE INFORMACIÓN DE SANDRA
ESTRUCTURA METODOLÓGICA DE LA PRÁCTICA EXPERIMENTAL			
2.1	ESTRUCTURA Y FORMA DE LA	2.1.1	La práctica es rígida, lineal, a-problemática y, además, descontextualizada. En ningún momento de la actividad la licenciada resuelve las inquietudes suscitadas por las

	PRÁCTICA EXPERIMENTAL		observaciones que hacen los estudiantes(ONP 6)
		2.1.2	Durante toda la práctica la licenciada recita las instrucciones observacionales y pide a los estudiantes realizar dibujos por cada uno de los micropreparados. No hay tiempo para indagaciones ni problematizaciones por parte de los estudiantes(ONP 7)
		2.3.2	La licenciada manifiesta en todo momento que “ <i>no hay tiempo</i> ” lo cual hace que las observaciones sean muy rápidas. Los estudiantes en el momento de hacer los dibujos trabajan con el recuerdo de una imagen que duró unos pocos segundos(ONP 8)
		2.3.3	Micropreparados y microscopio(ONP 9)

Anexo número 10. Matriz de resultados para Andrés

Entrevistas a los licenciados en biología de la Institución Distrital Villa Rica

CATEGORÍA I.			PROPOSICIONES Y UNIDADES DE INFORMACIÓN DE ANDRÉS
FORMACIÓN PROFESIONAL DE LOS LICENCIADOS EN BIOLOGÍA Y ENSEÑANZA DE LA BIOLOGÍA			
1.1	FORMACIÓN INICIAL	1.1.1	Universidad Distrital Francisco José de Caldas (Andrés, EI, 1)
		1.1.2	Porque desde el colegio se me facilitaban las ciencias naturales, la biología, la química... (Andrés, EI, 2)
1.2	FORMACIÓN CONTINUA	1.2.1	Cursos en las TICs y de pedagogía... (Andrés, EI, 3)
		1.2.2	A nivel de TICs claro, porque uno empieza a aprender a manejar herramientas que le permiten que la clase no sea un ladrillo (Andrés, EI, 4)
1.3	MAESTRO Y ENSEÑANZA	1.3.1	Televisor, presentaciones y algunas aplicaciones (Andrés, EI, 5)
		1.3.2	Yo lo veo como una vaina de sorpresa, en el sentido de que uno va al laboratorio y entonces se presentan diferentes fenómenos que permiten un descubrimiento mágico, como ese asombro de ¡Oh! ¡Huy! Pero tanto así como para decir que estamos construyendo conocimiento no, es más de sorpresa (Andrés, EI, 6)
1.4	LA EXPERIMENTACIÓN EN LA FORMACIÓN	1.4.1	Sí, todos los semestres... (Andrés, EI, 7)
		1.4.2	Sí, muy buena... todos los semestres y, afortunadamente, alcancé a recibir formación en biología, en química, física y algunos brochazos de psicología (Andrés, EI, 8)
CATEGORÍA II.			PROPOSICIONES Y UNIDADES DE INFORMACIÓN DE ANDRÉS
LA EXPERIMENTACIÓN EN CIENCIAS			
2.1	EPISTEMOLOGÍA DEL EXPERIMENTO	2.1.1	Una forma práctica de hacer una demostración de un fenómeno (Andrés, EF, 9)
		2.1.2	Para tener en cuenta variables, consecuencias, y corroborar teorías (Andrés, EF, 10)
2.2	DICOTOMÍA T/E	2.2.1	Ambas, las dos (Andrés, EF, 11)
2.3	EL EXPERIMENTO EN BIOLOGÍA	2.3.1	Claro, todo el tiempo lo hacen (Andrés, EF, 12)
		2.3.2	Procesos de fermentación como los de Pasteur y la trazabilidad de los genes con la

			Drosophila (Andrés, EF, 13)
		2.3.3	Pues por metodología es la misma, son una serie de procedimientos, toma de datos, observaciones y conclusiones... es lo mismo(Andrés, EF, 14)
CATEGORÍA III.			PROPOSICIONES Y UNIDADES DE INFORMACIÓN DE ANDRÉS
EL EXPERIMENTO EN LA ENSEÑANZA DE LA BIOLOGÍA			
3.1	LA EXPERIMENTACIÓN EN LA ENSEÑANZA DE LA BIOLOGÍA	3.1.1	Contextualizar la teoría y volverla en algo palpable(Andrés, EF, 15)
		3.1.2	Adquieren el conocimiento sí, porque para ellos queda mucho más claro, pero tanto así como construcción de conocimiento no, yo diría más transmisión de conocimiento(Andrés, EF, 16)
		3.1.3	Disección del cerebro, disección de tejidos, reconocimiento de células...(Andrés, EF, 17)
		3.1.4	Simultáneamente, hay algunas cosas no se puede trabajar sin tener una base como tal... en otras ocasiones se puede iniciar con la práctica y después se pasa a la teoría... eso depende de los objetivos de la clase(Andrés, EF, 18)
		3.1.5	Volver a los estudiantes más rigurosos en el trabajo de laboratorio... entonces, por ejemplo, ellos ya saben que en el laboratorio no pueden estar jugando, no se come, que se debe tener rigurosidad. Se aprende a seguir protocolos(Andrés, EF, 19)
		3.1.6	Actitudinales, procedimentales y conceptuales...(Andrés, EF, 20)
3.2	METODOLOGÍA DEL EXPERIMENTO EN LA ENSEÑANZA DE LA BIOLOGÍA	3.2.1	Se necesita mejor infraestructura...(Andrés, EF, 21)
		3.2.2	Se debe partir de un fenómeno especial para estudiar, y ya partiendo de ese fenómeno como tal se generan una serie de preguntas o de posibles hipótesis y a partir de eso se empieza a desarrollar la práctica y a medida que se va respondiendo en la práctica se van resolviendo la serie de preguntas que se generaron o se plantearon(Andrés, EF, 22)
		3.2.3	Acá toca obligatoriamente en grupo porque de manera individual es dispendioso... los grupos son muy grandes. Pero lo ideal sería individual(Andrés, EF, 23)
		3.2.4	Normas de seguridad para evitar accidentes(Andrés, EF, 24)
3.3	DIFICULTADES EN EL USO DE PRÁCTICAS EXPERIMENTALES PARA LA ENSEÑANZA DE LA BIOLOGÍA	3.3.1	El tiempo, los espacios físicos... por que donde yo me dedique a hacer seguidamente prácticas no avanzaría mucho en los contenidos que se deben adelantar(Andrés, EF, 25)

Anexo número 11. Matriz de resultados para Milena

Entrevistas a los licenciados en biología de la Institución Distrital Guillermo León Valencia

CATEGORÍA I.			PROPOSICIONES Y UNIDADES DE INFORMACIÓN DE MILENA
FORMACIÓN PROFESIONAL DE LOS LICENCIADOS EN BIOLOGÍA Y ENSEÑANZA DE LA BIOLOGÍA			
1.1	FORMACIÓN INICIAL	1.1.1	Licenciada en biología de la Universidad Pedagógica Nacional (Milena, EI, 1)
		1.1.2	Porque yo trabajaba en primaria, desde los 16, porque soy normalista. Entonces la mejor manera de mejorar era siendo profesional (Milena, EI, 2)
1.2	FORMACIÓN CONTINUA	1.2.1	Fitogenética en los Andes pero no puede terminar, ya estaba en trabajo de grado. Hice poco terminé un posgrado en lúdica de la pedagogía en la Libertadores (Milena, EI, 3)
		1.2.2	Claro, es una oxigenación cada vez que uno hace un nuevo curso. O sea, uno renueva técnicas, estrategias, porque los maestros tratamos de anquilosarnos mucho, entonces uno ve otras opciones, ve nuevas estrategias que han hecho otros maestros... la idea es hacer un mejor trabajo para los niños (Milena, EI, 4)
1.3	MAESTRO Y ENSEÑANZA	1.3.1	Yo soy más teórica porque en el laboratorio los muchachos acá son muy difíciles. Lo que hago generalmente son experiencias de aprendizaje significativo con la ayuda de otros maestros del área de ciencias naturales, proponemos tallercitos (Milena, EI, 5)
		1.3.2	Los trabajos de laboratorio presentan una imagen acorde con la biología, es el método con el que más se identifica la biología. O sea, si uno no se basa en la experiencia de donde va a sacar el conocimiento (Milena, EI, 6)
1.4	LA EXPERIMENTACIÓN EN LA FORMACIÓN	1.4.1	Claro, en la pedagógica nos influenciaron mucho en la micro-enseñanza, en el trabajo experimental (Milena, EI, 7)
		1.4.2	Muy buena, porque todos los semestres teníamos que hacer prácticas experimentales, por ejemplo era muy frecuente observar aguas estancadas al microscopio (Milena, EI, 8)
CATEGORÍA II.			PROPOSICIONES Y UNIDADES DE INFORMACIÓN DE MILENA
LA EXPERIMENTACIÓN EN CIENCIAS			
2.1	EPISTEMOLOGÍA DEL	2.1.1	Es método por el cual se pueden verificar, contrastar o refutar teorías (Milena, EF, 9)

	EXPERIMENTO	2.1.2	Permite a los científicos robustecer las teorías(Milena, EF, 10)
2.2	DICOTOMÍA ENTRE TEORÍA Y EXPERIMENTO	2.2.1	Son necesarias ambas, Yo no creo que una persona que experimente solo en el laboratorio pueda generar conocimiento por que le faltan los conceptos de otra gente que trabajó en los siglos anteriores. Entonces es desconocer todo lo que se trabajó antes, es un conocimiento que no se puede subestimar(Milena, EF, 11)
2.3	EL EXPERIMENTO EN BIOLOGÍA	2.3.1	Toca experimentar en biología, es necesario(Milena, EF, 12)
		2.3.2	Lo que son vivisecciones, trabajos de ósmosis. Pero lo máximo en relación a la experimentación fue la invención del microscopio por parte de Leeuwenhoek. El microscopio le abrió un mundo diferente a la biología, si ese señor no hubiera inventado el microscopio la biología no hubiera evolucionado tanto, él partió en dos la historia (Milena, EF, 13)
		2.3.3	Básicamente estudian fenómenos naturales iguales, sin embargo en la experimentación deben tener algunas cosas diferentes(Milena, EF, 14)
CATEGORÍA III.		PROPOSICIONES Y UNIDADES DE INFORMACIÓN DE MILENA	
EL EXPERIMENTO EN LA ENSEÑANZA DE LA BIOLOGÍA			
3.1	LA EXPERIMENTACIÓN EN LA ENSEÑANZA DE LA BIOLOGÍA	3.1.1	Es básico, es muy importante. Lo ideal sería que uno contara con un laboratorio para trabajar con sus estudiantes para que ellos valoren la ciencia(Milena, EF, 15)
		3.1.2	Es importante porque promueve el pensamiento científico, obvio. Lo ideal es que ellos puedan captar a partir del experimento el conocimiento científico(Milena, EF, 16)
		3.1.3	Disecciones del cerebro, del ojo, corazón... vivisecciones de sapos(Milena, EF, 17)
		3.1.4	Siempre hay que hacer una inducción teórica, como motivación para la práctica. Cómo va uno a trabajar experimentos sobre algo que no ha hablado con los estudiantes, es muy importante la motivación teórica (Milena, EF, 18)
		3.1.5	Para mí, que los niños se encanten con la ciencia, que la amen más, que se sensibilicen que sin experimentación no pueden progresar en el campo científico(Milena, EF, 19)
		3.1.6	De todo, destrezas, actitudinales, o sea una actitud positiva hacia los compañeros. En fin, lo que pasa es que el conocimiento se vuelve significativo(Milena, EF, 20)
3.2	METODOLOGÍA DEL EXPERIMENTO EN LA ENSEÑANZA DE LA BIOLOGÍA	3.2.1	Grupos más pequeños; espacio, no hay laboratorios, lo que pasa es que no se puede experimentar en un salón de clase, para eso es el laboratorio y también hace falta menos protocolos que interfieran en el trabajo del maestro, por ejemplo, se requiere de un almacenista para que el maestro no tenga que estar corra por un lado, corra por el

			otro(Milena, EF, 21)
		3.2.2	No hay estructura, tú puedes empezar de cualquier forma, por cualquier lado. Esa es una facilidad que tiene el trabajo de las ciencias. O sea, no tiene por qué ser tan acartonado, tan rígido el proceso. Yo creo que eso de la estructura tiene que ver mucho con la manera de ser del maestro(Milena, EF, 22)
		3.2.3	Siempre en grupo, por lo que le digo, primero, los niños acá son muchos y no hay implementos para todos, lo ideal sería individual o de a dos, pero no se puede...(Milena, EF, 23)
		3.2.4	Lo más importante es la seguridad, porque los chicos son muy imprudentes al usar las cosas, entonces las normas de bioseguridad son vitales. Mejor dicho, dada la imprevisibilidad de ellos, uno tiene que estar muy pendiente(Milena, EF, 24)
3.3	DIFICULTADES EN EL USO DE PRÁCTICAS EXPERIMENTALES PARA LA ENSEÑANZA DE LA BIOLOGÍA	3.3.1	Grupos demasiado grandes, falta de laboratorios o laboratorios muy limitados, falta de laboratorista y es que el problema es que eso implica dinero(Milena, EF, 25)

Anexo número 12. Matriz de resultados para José

Entrevistas a los licenciados en biología de la Institución Distrital Guillermo León Valencia

CATEGORÍA I.			PROPOSICIONES Y UNIDADES DE INFORMACIÓN DE JOSÉ
FORMACIÓN PROFESIONAL DE LOS LICENCIADOS EN BIOLOGÍA Y ENSEÑANZA DE LA BIOLOGÍA			
1.1	FORMACIÓN INICIAL	1.1.1	Licenciado en biología de la Universidad Pedagógica Nacional(José, EI, 1)
		1.1.2	Porque me gusta(José, EI, 2)
1.2	FORMACIÓN CONTINUA	1.2.1	Si he hecho algunos cursos en la javeriana y en la nacional sobre pedagogía(José, EI, 3)
		1.2.2	Sí, por lo general producen actualización de conocimiento(José, EI, 4)
1.3	MAESTRO Y ENSEÑANZA	1.3.1	La mayor estrategia tiene que ver con la consulta, la lectura y la experimentación(José, EI, 5)
		1.3.2	En mi proceso de enseñanza lo importante es que ellos vean la ciencia cercana, o sea, que no es algo alejado, que es parte de su realidad, que hay muchas cosas por descubrir, pero que hay otras que simplemente son de analizar. Esto último quiere decir que en la práctica uno busca que los aprendan de lo cotidiano(José, EI, 6)
1.4	LA EXPERIMENTACIÓN EN LA FORMACIÓN	1.4.1	Sí, pero no fue en pregrado, si no durante el posgrado(José, EI, 7)
		1.4.2	Buena, el problema de la pedagógica, por ejemplo, es que no le enseñan a uno prácticas innovadoras, generalmente es la repetidora de la repetidora (José, EI, 8)
CATEGORÍA II.			PROPOSICIONES Y UNIDADES DE INFORMACIÓN DE JOSÉ
LA EXPERIMENTACIÓN EN CIENCIAS			
2.1	EPISTEMOLOGÍA DEL EXPERIMENTO	2.1.1	Es una manera de buscar la comprobación de una realidad o de una teoría (José, EF, 9)
		2.1.2	Pues es una manera de llegar a unas leyes, normas o principios que probablemente de otra manera sería más difícil(José, EF, 10)
2.2	DICOTOMÍA ENTRE TEORÍA Y EXPERIMENTO	2.2.1	Son necesarias ambas, claro que para mí la experimentación tiene mucha más influencia porque uno aprende mucho más a través de los sentidos (José, EF, 11)

2.3	EL EXPERIMENTO EN BIOLOGÍA	2.3.1	Sí, no son muchos, pero si es posible(José, EF, 12)
		2.3.2	Pues uno estudia los cruces genéticos de Mendel(José, EF, 13)
		2.3.3	No, yo pienso que depende del experimentador, pero no debería haber diferencia como tal(José, EF, 14)
CATEGORÍA III.		PROPOSICIONES Y UNIDADES DE INFORMACIÓN DE JOSÉ	
EL EXPERIMENTO EN LA ENSEÑANZA DE LA BIOLOGÍA			
3.1	LA EXPERIMENTACIÓN EN LA ENSEÑANZA DE LA BIOLOGÍA	3.1.1	Por lo general es la comprobación, porque ya es un trabajo realizado, entonces uno busca es que se comprueben algunas cosas, si el trabajo es a nivel de investigación tiene que ver con la construcción de conocimiento nuevo, pero por lo general lo que se trabaja en el aula de clase tiene que ver con la comprobación(José, EF, 15)
		3.1.2	Pues aterriza uno un poquito la teoría, yo creo que el objetivo del experimento científico es que la persona que está en el proceso de capacitación entienda que aunque ya hay unas leyes y teorías, se puede llegar a la construcción de muchos conocimientos con aplicaciones valderas(José, EF, 16)
		3.1.3	Identificación de células(José, EF, 17)
		3.1.4	Depende mucho del grupo con el que se trabaja, por ejemplo, hay muchos grupos que uno puede llevar a consultar, a investigar y luego generar el conocimiento y hay otros que a veces uno los puede sorprender con el experimento y luego llegar a principios. Depende mucho del grupo y también depende de la metodología que se quiera utilizar. Por lo general uno no se encasilla y busca hacer cambios anuales en el trabajo de enseñanza(José, EF, 18)
		3.1.5	Pues muchos, sobre todo porque la parte teórica a veces se convierte en algo especulativa entonces para los chicos ver la realidad, ver el objeto pues les lleva por lo menos a involucrarse más con el conocimiento(José, EF, 19)
		3.1.6	De todos, un aprendizaje significativo(José, EF, 20)
3.2	METODOLOGÍA DEL EXPERIMENTO EN LA ENSEÑANZA DE LA BIOLOGÍA	3.2.1	Tiempo. Aquí no se necesitan recursos porque uno puede conseguirlos, los que sea, aquí no se necesita si no concentración sobre lo que se tiene que hacer y tiempo. Es que estamos muy limitados... tenemos que hacer muchas cosas, entonces no hay tiempo para innovar... lo que pasa es que en biología no se requieren de muchos materiales...(José, EF, 21)
		3.2.2	Yo no soy tan estructural... todo depende del grupo, de los objetivos y de lo que uno

			quiere buscar. Pero yo pienso que se pueden utilizar varias metodologías, es más, se deben utilizar metodologías variadas porque lo que uno quiere es que los estudiantes se animen en el proceso, entonces una misma metodología puede convertirse en algo monótono(José, EF, 22)
		3.2.3	En grupo, por espacio y tiempo(José, EF, 23)
		3.2.4	Depende de lo que se tenga que hacer, las normas de bioseguridad y clarificar los procesos a los muchachos, a veces si el proceso no es claro el experimento no sale, entonces se mejor tener claro que debemos conseguir con lo que estamos haciendo y que los chicos tengan esa posibilidad(José, EF, 24)
3.3	DIFICULTADES EN EL USO DE PRÁCTICAS EXPERIMENTALES PARA LA ENSEÑANZA DE LA BIOLOGÍA	3.3.1	Los recursos pasan a un segundo plano, lo importante es la parte a nivel de tiempo, nosotros no tenemos el tiempo suficiente para planear, para ejecutar los experimentos, a veces los experimentos duran más de dos horas y nosotros realmente solo tenemos dos horas para trabajar con los chicos, entonces se cortan muchas cosas y uno quisiera que la experimentación pudiera durar mucho más tiempo, lo otro es que también tenemos muy pocos recursos de tiempo individual(José, EF, 25)