

**LA EXPERIMENTACION EN LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS PARA
DOCENTES EN FORMACIÓN INICIAL: UN CASO EN MICROBIOLOGÍA.**

Una mirada desde la historia de las Ciencias

CAROLINA MORCILLO MOLINA

Autor (a)



**UNIVERSIDAD DEL VALLE
INSTITUTO DE EDUCACIÓN Y PEDAGOGÍA
LICENCIATURA EN EDUCACIÓN BÁSICA CON ÉNFASIS EN
CIENCIAS NATURALES Y EDUCACIÓN AMBIENTAL (3467)
SANTIAGO DE CALI**

2015

**LA EXPERIMENTACIÓN EN LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS PARA
DOCENTES EN FORMACIÓN INICIAL: UN CASO EN MICROBIOLOGÍA.**

Una mirada desde la historia de las Ciencias

CAROLINA MORCILLO MOLINA

Autor (a)

**TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR EL TÍTULO DE LICENCIADA EN EDUCACIÓN
BÁSICA CON ÉNFASIS EN CIENCIAS NATURALES Y EDUCACIÓN AMBIENTAL**

**Director: EDWIN GERMÁN GARCÍA ARTEAGA
PhD. En Didáctica de las Ciencias Experimentales**



**UNIVERSIDAD DEL VALLE
INSTITUTO DE EDUCACIÓN Y PEDAGOGÍA
LICENCIATURA EN EDUCACIÓN BÁSICA CON ÉNFASIS EN
CIENCIAS NATURALES Y EDUCACIÓN AMBIENTAL (3467)
SANTIAGO DE CALI
2015**

PROLOGO

Hacer de la experimentación una plataforma de conocimiento contribuye a un camino en la imagen de la ciencia. La manera de presenta los experimentos no debe ser solamente descriptiva o narrativa para reforzar el papel de las teorías, sino que debe avanzar hacia la caracterización de experimentos que involucren problemáticas y que tengan una riqueza conceptual en sí mismos (vida propia), crear necesidades donde el experimento “hable” y se comunique, crear situaciones específicas donde la naturaleza se “despliegue” y muestre comportamientos, esto es, hacer de la experimentación una actividad humana en el sentido de Hacking. (García, E. y Estany, A. 2010. p. 14)

Octubre de 2010

EDWIN GERMAN GARCÍA ARTEAGA; ANNA ESTANY.

DEDICATORIA

A Dios por darme la vida y la sabiduría para alcanzar las metas que me he propuesto.

Especialmente a mi Abuela Teodolinda Bolaños por creer en mí y porque a pesar de las dificultades me brindó su apoyo incondicional

A mis padres José Miguel Morcillo Y Aura Molina por estar conmigo en cada etapa de mi vida, por su amor, esfuerzo, perseverancia y dedicación, a mis hermanos Yeimy, Fernando y Carlos Armando por su amor y cariño, a mis sobrinos David's Y Samuel por ser mi fuente de inspiración, amor y llenar de alegría mi vida.

A mi inmensa familia y a todas las personas que estuvieron y están a mi lado apoyándome en este proceso, que gracias a sus consejos y palabras de aliento me hicieron crecer como persona íntegra.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por permitirme realizar y alcanzar este sueño

A mis padres, hermanos, abuelas, sobrinos, tíos, tías, primas y primos que incondicionalmente confiaron en mí y me brindaron su apoyo.

A mi tutor de trabajo de grado Edwin Germán García Arteaga por el apoyo brindado, por su tiempo, por sus conocimientos pues sin su ayuda hubiese sido imposible ver cumplida esta meta.

A mis compañeros del grupo de investigación Ciencia, Educación y Diversidad por compartir conmigo sus valiosos aportes.

A mis amigas Maribel, Soledad, Omaira, Patricia, Lizeth y Sonia y amigos Iván, Cesar y Jairo que de forma diferente estuvieron y están presentes en mi vida, gracias por su comprensión, paciencia, consejos, regaños, risas sufrimientos e infinidad de historias vividas que llevaremos siempre en nuestros corazones

A mis compañeros de trabajo de monitoria en los laboratorios de docencia de biología y microbiología industrial y ambiental de la facultad de Ciencias Naturales de la Universidad del Valle, por darme la oportunidad de integrarme en el mundo laboral de los laboratorios y por hacer que mi estadía sea muy amena y agradable

A los docentes y directivos del Instituto de Educación y Pedagogía de la Universidad del Valle por brindar y compartir sus conocimientos, tiempo y dedicación, ya que gracias a esto hoy puedo decir que no soy solamente una profesional sino una persona íntegra.

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN	10
INTRODUCCIÓN	12
 CAPÍTULO 1	
1.1 JUSTIFICACIÓN	15
1.1.1 Relación Teoría y Actividad Experimental	16
1.2 ANTECEDENTES	18
1.2.1 Sobre la Enseñanza de las ciencias	18
1.2.2 Sobre la historia y Filosofía de las Ciencias	19
1.2.3 Sobre la actividad experimental	21
1.2.3.1 Sobre la Actividad Experimental en las Ciencias Biológicas (Microbiología)	24
1.3 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	27
1.3.1 Planteamiento del Problema	27
1.4 OBJETIVOS	27
1.4.1 Objetivo General	27
1.4.2 Objetivos Específicos	27
 CAPÍTULO 2	
2. MARCO TEÓRICO	28
2.1 La Actividad Experimental desde La Historia y Enseñanza de la Ciencia	28
2.2 LA Actividad Experimental y la Ciencia	30
2.2.1 La función del experimento; estudio desde la Historia y Filosofía de las Ciencias	31
2.2.2 Teoría y Experimentación.	34
2.3 La Actividad Científica como Actividad Cultural	36

2.4 La Formación Docente desde la Perspectiva Sociocultural	37
2.4.1 La actividad Experimental en el proceso de Formación de Profesores de Ciencias	38
2.5 Historia de la Microbiología	40
2.5.1 Trabajo de Pasteur: La función de los microorganismos en la fermentación	40
 CAPÍTULO 3	
3. METODOLOGÍA	45
3.1 Diseño Metodológico	45
3.2 Contexto de Investigación	45
3.3 Instrumentos para recogida de datos	46
3.3.1 Estructura de Texto	46
3.3.2 Estudio de Caso	47
Red Sistémica	47
 CAPÍTULO 4	
4 RECOGIDA DE DATOS	49
4.1 Descripción general de las Guías de Laboratorio	49
4.1.1 Estudio Estructural de textos: guías de Laboratorio	50
4.2 Estudio de Caso	54
La función de los microorganismos en la fermentación	54
Descripción del diseño material e Instrumental	56
Actividad experimental con el uso de diferentes muestras	57
4.2.2 Pertinencia del Estudio de Caso	60
 CAPÍTULO 5	
5 ANÁLISIS DE DATOS	63
5.1 Aspectos identificados entre las Guías de Laboratorio y el Estudio de Caso	63

5.2 Sobre las Guías de Laboratorio	63
5.3 Sobre el estudio de Caso	65
5.4 Cuadro comparativo entre la Guía de Laboratorio-Estudio de Caso	66
CAPÍTULO 6	
6 PROPUESTA DE INTERVENCIÓN EN LAS PRÁCTICAS EXPERIMENTALES EN LA ENSEÑANZA DE LA MICROBIOLOGÍA	68
CONCLUSIONES	74
REFERENTES BIBLIOGRÁFICOS	76
ANEXOS	

ÍNDICE DE ESQUEMAS E IMÁGENES

Esquema # 1: Red sistémica, criterios de selección para experimentos

Imagen # 1: Montaje artefacto de trabajo del laboratorio de Pasteur

Imagen # 2: Matraz con cuello estirado

Imagen # 3: *Vibrio lineola*

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla # 1: Temáticas de cada una de las guías de laboratorio de microbiología

Tabla # 2: visión general de las guías de Laboratorio

Tabla # 3: Categorías y Subcategorías para la clasificación de experimentos

Tabla # 4: Cuadro comparativo entre la guía de laboratorio y el estudio de caso

Tabla # 5: Núcleos temáticos.

Tabla # 6: Cuadro Cruce entre cepa microbiana y tipo de muestra

RESUMEN

Es importante mencionar que este trabajo de investigación está inscrito dentro de grupo de investigación ***Ciencia, Educación y Diversidad*** en el marco del proyecto de investigación ***La Experimentación y los procesos de Formación de Profesores de Ciencias Naturales***, que se llevó a cabo junto con la Universidad de Antioquia

Las investigaciones en didáctica de las ciencias muestran la importancia que ha cobrado la incorporación de la historia de las ciencias en la enseñanza de las ciencias, ya que esta es una herramienta que permite conocer de forma más profunda como es creada y validada la ciencia, esto permite hablar y reconocer la importancia de la actividad científica en el proceso de construcción de conocimiento, esto es considerar la riqueza que se esconde en ella.

En este trabajo se estudia la forma como es presentada la actividad experimental en los procesos de formación docente, concluyendo que esta actividad se presenta como una simple receta de cocina, con procedimientos metódicos, que promueven una visión empobrecida del trabajo experimental; ante esto García y Estany (2010) sugiere que “la manera de presentar los experimentos no debe ser solamente descriptiva o narrativa para reforzar el papel de las teorías, sino que debe avanzar hacia la caracterización de experimentos que involucren problemáticas y que tengan una riqueza conceptual en sí mismos (vida propia) para hacer del experimentador una persona más crítica” (p.14)

Con este trabajo se pretende dar un giro a la forma de hacer práctica experimental es por eso que el eje orientador de esta investigación es: *¿Cuál es la importancia de las prácticas experimentales desde el punto de vista histórico para la enseñanza de la microbiología en la formación inicial de profesores de ciencias?*

Ahora bien para dar respuesta a este interrogante se tendrá en cuenta los siguientes aspectos

- Reconocer la importancia de la actividad experimental en la enseñanza de la microbiología para docentes en formación inicial de ciencias.

- Identificar algunos problemas de la actividad experimental en la enseñanza de la microbiología a nivel de docentes en formación inicial
- Reconocer aspectos importantes de la actividad experimental desde la historia de la ciencia para la enseñanza de la microbiología
- Plantear una propuesta de intervención en las prácticas experimentales para el curso de microbiología para docentes en formación inicial.

Bajo estos aspectos la investigación de este trabajo es de carácter cualitativa e interpretativa y para poder cumplir estos propósitos se recurre a la revisión del Manual de Prácticas de Laboratorio de Microbiología para Licenciados en Educación Básica con énfasis en Ciencias Naturales y Educación Ambiental de la Universidad del Valle, como también la revisión de libros históricos originales en los que a través de un estudio de caso se evidencia la riqueza que adquiere la actividad experimental en la construcción de conocimiento, todo esto con el fin de plantear nuevas alternativas en la experimentación y así reorientar la función del experimento en la enseñanza de las ciencias, en este caso la microbiología utilizando como ejemplo el estudio de los microorganismos en los procesos de fermentación.

Palabras Claves: Enseñanza de las Ciencias, Actividad Científica, Prácticas experimentales, Construcción de Conocimientos, Profesores en Formación Inicial, Libros Históricos Originales, Microbiología, Microorganismos, Fermentación.

INTRODUCCIÓN

Investigaciones en didáctica de las ciencias manifiestan la importancia del uso de la historia de las ciencias en la enseñanza de las ciencias, pues brinda información más profunda de cómo es creada y validada la ciencia, esto nos permite hablar de la importancia de la actividad científica en el proceso de construcción de conocimiento.

Hablar de la actividad científica no es solo hablar de los resultados de esta práctica, sino que implica tener en cuenta otros aspectos que intervienen en esta actividad como son los diseños materiales, los instrumentos, la interacción humana, aspectos políticos, culturales etc.

Es importante conocer y comprender que entre la actividad experimental y la ciencia existe una relación paralela que no es posible pensar que el papel del experimento es subsidiario de la teoría tal como lo han hecho creer los seguidores y filósofos de la corriente positivista. Los nuevos enfoques reconocen y reflexionan sobre la importancia de dichas prácticas, pues reconocer el papel de la experimentación y el conocimiento que se desprende de ella, un conocimiento que no es necesariamente subsidiario de modelos teóricos sino como sugiere Hacking (1996), tiene vida propia.

Con este trabajo se pretende reconocer la importancia de las prácticas experimentales en la construcción del conocimiento, trabajo que se desarrolla dentro del **grupo de investigación Ciencia, Educación y Diversidad** en el marco del proyecto de investigación **La Experimentación y los procesos de Formación de Profesores de Ciencias Naturales**, que se llevó a cabo junto con la Universidad de Antioquia

Este trabajo gira en torno al problema de investigación *¿Cuál es la importancia de las prácticas experimentales desde el punto de vista histórico para la enseñanza de la microbiología en la formación inicial de profesores de ciencias?* Encontrando reflexiones sobre considerar la riqueza que se esconde en la actividad experimental, que a la vez permite reorientar la función del experimento en la enseñanza de las ciencias.

Ahora bien la organización general del trabajo de investigación se presenta de la siguiente manera:

En el capítulo 1, en el apartado 1.1 se justifica la importancia de este trabajo de investigación; en el apartado 1.2 se muestra a manera de antecedentes la revisión de la literatura donde se muestran estudios relacionados: Sobre la Enseñanza de las ciencias, Sobre la historia y Filosofía de las Ciencias, sobre la actividad experimental, sobre la Actividad Experimental en las Ciencias Biológicas (Microbiología); sobre estos estudios se plantea en el apartado 1.3 el problema de investigación, aquí se da a conocer la pregunta que orienta esta investigación *¿Cuál es la importancia de las prácticas experimentales desde el punto de vista histórico para la enseñanza de la microbiología en la formación inicial de profesores de ciencias?*; y finalmente en el apartado 1.4 se presentan los objetivos con los cuales se pretende dar respuesta y solución al problema de investigación.

En el capítulo 2, relacionado con el marco teórico, en el que se da a conocer los argumentos que dan validez y fortalecen el problema de investigación: 2.1 La Actividad Experimental desde La Historia Y Enseñanza de la Ciencia; 2.2 La Actividad Experimental y la ciencia, 2.2.1 La función del experimento; estudio desde la Historia y Filosofía de las Ciencias, 2.2.2 Teoría y Experimentación. 2.3 La Actividad Científica Como Actividad Cultural; 2.4 La Formación Docente desde la Perspectiva Sociocultural, 2.4.1 La actividad Experimental en el proceso de Formación de Profesores de Ciencias; 2.5 Historia de las Ciencias, Historia de la Microbiología, 2.5.1 Trabajo de Pasteur “la función de los microorganismos en la fermentación”

En el capítulo 3, metodología, se muestra los aspectos y/o actividades claves que permiten desarrollar esta investigación, que es de carácter cualitativo e interpretativo. En el apartado 3.1 se da a conocer el diseño metodológico; en el apartado 3.2 se menciona el contexto de Investigación como son: el estudio del Manual de prácticas de laboratorio de microbiología para licenciados (especialmente la guía de laboratorio que lleva por título “Elaboración de Yogurt”); y la revisión de libros históricos originales relacionados con el trabajo de Pasteur sobre el papel de los microorganismos en la fermentación; utilizando como se menciona en el apartado 3.3 instrumentos para recogida de datos: Estructura de Texto; Estudio de Caso-Red Sistémica

En el capítulo 4, se presenta los resultados obtenidos por medio de: (4.1) Descripción general de las Guías de Laboratorio con su respectivo (4.1.1) Estudio Estructural de textos: guías de Laboratorio “elaboración del yogur”; y (4.2) Estudio de Caso, sobre *La función de los microorganismos en la fermentación*. 4.2.2 Pertinencia del Estudio de Caso

En el capítulo 5, se da a conocer el análisis de resultados; (5.1) el análisis se hizo bajo los elementos fundamentales de la producción de resultados experimentales (Pickering 1995), tanto de (5.2) la estructura de las guías de laboratorio como del (5.3) estudio de caso; (5.4) Cuadro comparativo entre la Guía de Laboratorio y el Estudio de Caso

Sobre estos análisis, es que se plantea en el capítulo 6, la actividad de intervención en las prácticas experimentales para la enseñanza de la microbiología, para la cual se tienen en cuenta los aportes que brinda la historia y filosofía de las ciencias sobre la actividad científica en los estudios de la fermentación con el fin de reorientar el papel del experimento en la enseñanza de las ciencias, en este caso la microbiología.

Finalmente se presentan las conclusiones derivadas del proceso de investigación en las que se resalta la importancia de la historia y filosofía de las ciencias, el papel del experimento y la propuesta de intervención.

1.1 JUSTIFICACION

Muchos de los trabajos de investigación en didáctica de las ciencias manifiestan que la enseñanza de las ciencias naturales está basada en la simple transmisión de datos, de conceptos, de teorías, llevando al estudiantado a un aprendizaje memorístico, conocido como “un modelo de enseñanza tradicional” (Pozo, y Gómez. 1998; Gil. 1983) distante del entendimiento y la comprensión de la ciencia, alejado del pensamiento crítico que se necesita para entender los fenómenos de la vida, por ejemplo *Campanario y Moya (1999)* manifiestan:

Muchos alumnos piensan que el conocimiento científico se articula en forma de ecuaciones y definiciones que tienen que ser memorizadas más que comprendidas. Hoy sabemos que este tipo de factores constituye un obstáculo formidable para el aprendizaje de las ciencias y es responsable de muchos de los fracasos que registran los enfoques que se proponen para la enseñanza de las ciencias. *Campanario y Moya, 1999, p.179*).

El sistema de enseñanza manejado para estudiantes en proceso de formación docente en el programa de Licenciatura en Educación Básica con énfasis en Ciencias Naturales y educación Ambiental, no es ajeno a este método de enseñanza, pues dentro de la malla curricular de este programa el componente científico conformado por disciplinas como matemáticas, física, química, biología y sus subdisciplinas, orientado por docentes de la facultad de ciencias se preocupan más por la enseñanza de conceptos, leyes, teorías, formulas, definiciones etc., que por la comprensión del contenido. Además de esto, se puede mencionar que algunos cursos que requieren de la actividad experimental, la suelen utilizar como herramienta para comprobar, evidenciar u observar lo que la teoría dice, siguiendo un procedimiento paso a paso como quien sigue una receta de cocina en el cual el experimento no puede fallar y si falla es porque se cometieron errores en el procedimiento.

Esta manera de enseñar ciencias conlleva a pensar que se trata de una actividad fácil, que puede ser orientada por cualquier profesional que conozca de las diferentes disciplinas de las

ciencias naturales y por ende su aprendizaje está basado en un mecanismo de preguntas/respuestas en las que repiten conceptos, anulando la capacidad de pensamiento en el estudiante, es por ello que hoy en día se buscan estrategias que respalden al sistema de enseñanza-aprendizaje-evaluación, o dicho de otra manera que lo que se enseña y lo que se aprenda permita transformar el pensamiento del estudiante, ante esto Candela (2001) dice que:

“La enseñanza de las ciencias naturales debe trascender la simple descripción de fenómenos y experimentos, que provocan que los alumnos vean a las ciencias como materias difíciles en cuyo estudio tienen que memorizar una gran cantidad de nombres y fórmulas. Es necesario promover en los alumnos el interés científico y esto sólo se puede lograr acercando la ciencia a sus propios intereses, haciendo que ellos participen en la construcción de su propio conocimiento”. (Candela, 2010, p.43)

En este sentido es muy importante reconocer que la construcción de conocimiento científico adquiere mayor riqueza con la actividad experimental vivida propiamente, entonces es necesario preguntarse ¿acaso los docentes en formación inicial tenemos dentro de las disciplinas de la ciencias un espacio de intervención en el que podamos hacer uso de nuestra propia actividad experimental?

En este caso no se trata simplemente dar una respuesta negativa, es más bien analizar que impactos negativos tiene esto en nuestro proceso de formación al no contar con estos espacios y por ende en la formación de una comunidad que seguirá preparando a otras generaciones.

1.1.1 Relación teoría y actividad experimental

Como se mencionó en párrafos anteriores en el programa de Licenciatura en Educación básica con énfasis en Ciencias Naturales y Educación Ambiental las disciplinas científicas son moderadas por profesionales de la facultad de ciencias naturales y exactas, son ellos los que elaboran la programación académica para los diferentes cursos sin importar a quien va dirigido, en el que se busca la apropiación y el manejo de conceptos, teorías, métodos y herramientas de cada una de las disciplina, y esto también aplica para los cursos que exigen de las prácticas de laboratorio, pues la experiencia vivida y el análisis (revisión y estudio de guías de laboratorio

para estudiantes de Licenciatura en Educación básica con énfasis en Ciencias Naturales y Educación Ambiental) de algunas guías de laboratorio permiten concluir que estas son utilizadas como herramienta para supuestamente facilitar la enseñanza-aprendizaje, para comprobar conceptos o teorías, llevar a cabo un procedimiento para obtener un producto, observación de un objeto o fenómeno de estudio.

Este tipo de enseñanza hace pensar que la relación que existe entre la teoría y la actividad experimental, es que la segunda es subsidiaria de la primera y que su función es simplemente observar, desarrollar un procedimiento y/u comprobar una teoría. Se puede pensar junto con (Malangón, Ayala y Sandoval, 2013) que se tratan de dos actividades diferentes, separadas una de la otra.

Y por otro lado se puede pensar que la enseñanza de las ciencias en su relación teoría-actividad experimental debe ser igual tanto para estudiantes de licenciatura de ciencias naturales como para físicos, químicos, biólogos. Esto lleva, entonces a que no se piense la dinámica de producción y validación de conocimiento, aspecto que cobra mayor importancia para profesores en formación, pues entender las dinámicas de producción y validación de conocimiento es ver la ciencia de manera distinta, al de un producto acabado y de verdades absolutas. Es por eso que en este documento se reclama que la enseñanza de las ciencias experimentales para docentes en formación tenga distinción al de otras carreras, pues al tener una visión diferente de las ciencias se ha de propiciar que estos sean conscientes de la necesidad de construir y/o desarrollar estrategias significativas para la enseñanza aprendizaje de las ciencias.

Pues bien lo que se pretende con este trabajo es mostrar la importancia que adquieren las practicas experimentales, por ello es necesario que como docentes en formación inicial apartemos la idea clásica de que la experimentación solo es posible mediante el procedimiento del método científico, donde todo puede ser verificado y cuantificable para ser válido.

El énfasis en microbiología es porque esta es una de las subdisciplinas de la biología que tiene un carácter experimental por su naturaleza, pues al tratarse de seres microscópicos ha requerido de un arduo trabajo experimental para poder conocer y entender el comportamiento de estos, y pues en la historia de las ciencias se puede evidenciar que las prácticas experimentales más que un recurso didáctico para comprobar un hecho, obtener un producto, manipular

herramientas; permiten conocer, entender y/o comprender un fenómeno abordado, desde la visión de Hacking (1996) se puede decir que la experimentación juega un papel importante en la construcción de conocimiento científico por que antepone de manifiesto aspectos sociales y culturales que se deben tener en cuenta para poder entender e intervenir en las transformaciones de la ciencia.

1.2 ANTECEDENTES

Es importante tener en cuenta que para el desarrollo de este trabajo de investigación el estudio de antecedentes se clasifican en: La enseñanza de las Ciencias, la historia y Filosofía de las Ciencias y por último la actividad experimental y dentro de esta se tiene en cuenta la Actividad Experimental en las Ciencias Biológicas (Microbiología)

1.2.1 Sobre la Enseñanza de las Ciencias

Las investigaciones en didácticas de las ciencias manifiestan inconformidad en la manera de cómo es enseñada la ciencia en el aula y debido a esto plantean diversas estrategias para mejorar los procesos de enseñanza-aprendizaje, a pesar de estos esfuerzos aun hoy en día siguen presentándose falencias en este proceso, de las cuales se puede mencionar: todavía se cree que enseñar es sinónimo de transmitir, de replicar un conocimiento, esta es una de las principales causas por la cual la enseñanza-aprendizaje no mejora, según Monereo y otros, 1995 (citado por Nolasco y Modarelli, 2009) dicen que: “Enseñar no es solo explicar conceptos o brindar nuevos significados, es planificar y promover situaciones en las que el alumno organice experiencias, estructure ideas, analice procesos y exprese pensamientos”(p.1).

Ahora bien otra de las falencias en cuanto al proceso de enseñanza el cual esta mediado por el docente, se cree que puede ser desempeñada por un profesional de cualquier área y en la educación superior se ve con mucha frecuencia, pues la actividad docente muchas veces es dirigida por profesionales que proviene de diferentes disciplinas de las ciencias, que por diferentes motivos terminan desempeñando esta función, Barriga y Hernández (2003) manifiestan que no siempre los docentes han sido “enseñados para enseñar” y en la ejecución de esta actividad terminan reproduciendo lo que a su vez vivieron como estudiantes.

Además el “contenido” que es un factor importante dentro del proceso de enseñanza ya que al ser un intermediario entre el docente que enseña y el estudiante que aprende son estructurados de manera cronológica y de naturaleza conceptual para dar cumplimiento a la programación académica (Perales, 1998). Díaz (2005) expresa que los programas de estudio en la universidad pública son elaborados por los docentes de cada disciplina, a pesar de la autonomía en este aspecto estos programas funcionan como un ordenador para cumplir a cabalidad.

Es ante estas circunstancias que los didactas en las ciencias planteas diversas estrategias en pro de la enseñanza-aprendizaje de la ciencia en las que se invita al docente a superar el papel de ser un simple ejecutor de programas y se convierta en un sujeto crítico que reflexiona sobre su saber, sobre su praxis y sobre la manera como se construye el conocimiento en el aula, para lo cual se hace necesario reflexionar sobre el saber y sobre la enseñanza. Al respecto es lícito pensar que cuando un maestro enseña, pone en juego el saber y, pese a la multiplicidad de circunstancias y relaciones complejas, atendiendo al modo como lo comprende y la manera como se percibe este conocimiento, establece los modos de enseñarlo. Esto lleva, entonces, a que el docente piense no solo sobre los discursos en relación con la disciplina, sino que, además examine las dinámicas de producción y validación del conocimiento. Es aquí donde cobra gran interés la historia y filosofía de las ciencias como aspecto esencial y fundante en el proceso de contextualización de las circunstancias que inciden en la construcción y validación del conocimiento.

1.2.2 Sobre la Historia Y Filosofía de las Ciencias

En las últimas décadas se ha reclamado y validado la incorporación de los análisis surgidos de la historia y filosofía de las ciencias (HFC) en los currículos de educación en ciencias, en particular en los programas de formación y educación continuada de profesores de ciencias Mathews (1994), debido a la crisis que enfrenta la enseñanza de las ciencias a causa del modelo de enseñanza tradicional que se ha venido manejando.

Mathews (1994) argumenta que:

La historia, filosofía y sociología de la ciencia no tienen todas las soluciones para esta crisis pero sí tienen algunas respuestas: pueden humanizar las ciencias y acercarlas más a los intereses personales, éticos, culturales y políticos; pueden hacer las clases más estimulantes y reflexivas, incrementando así las capacidades del pensamiento crítico; pueden contribuir a una comprensión mayor de los contenidos científicos... pueden mejorar la formación del profesorado contribuyendo al desarrollo de una epistemología de la ciencia más rica y más auténtica, esto es, a un mejor conocimiento de la estructura de la ciencia y su lugar en el marco intelectual de las cosas. (p.256)

Criterios fuertes por los cuales la HFC ha cobrado un especial reconocimiento en el ámbito de la formación de profesores de ciencias así como en el de la enseñanza de las ciencias. Ayala (2006) manifiesta que

En el ámbito de la formación de maestros de ciencias, se ha visto la historia y filosofía de las ciencias como una forma de incidir sobre la imagen que de la ciencia tienen los maestros, dado el importante papel que ésta juega en la orientación de su labor pedagógica. Se enfatiza, cada vez más, en enfoques que ponen presente el carácter constructivo del conocimiento científico y su historicidad, presentando la actividad científica ligada a los contextos en los que se realiza y respondiendo a las exigencias e intereses generados en esos contextos específicos (contextos intelectuales, sociales, políticos etc.). (p.20)

Esto es, tener en cuenta la historia y filosofía de las ciencias en el proceso de enseñanza permite modificar la visión que se tiene de las ciencias como un saber acabado e inamovible heredado de lo que se ha transmitido tradicionalmente en la escuela, tal como señala García (2009):

El uso de la Historia de la ciencia en los libros de texto lo hacen a través de narraciones o relatos de las hazañas o descubrimientos científicos, así como apartes de la vida y obra del científico. El docente formado desde esta imagen de ciencia considera que lo más importante es enseñar la ciencia como producto acabado, la verdad es objetiva e incuestionable, las leyes de la naturaleza existen independientes, las producen y los conceptos que de ellas se derivan son verdaderos y únicos, el experimento sirve para comprobar la teoría y su validez es universal. (p. 10)

Este enfoque conlleva al estudiante y aún a los profesores a construir una visión errada de las ciencias, en este caso convertir las ciencias en simples saberes operativos y por eso el profesor tiende a que el alumno aprenda primariamente a operar y formular y secundariamente a comprender, lo que lo lleva a una mecanización y memorización generando una carencia de flexibilidad y de profundidad reflexiva que no le permite ver que la historia es capaz de estructurar una correcta visión de ciencias pues, permitiría conocer el desenvolvimiento de los conceptos que la conforman en su contexto histórico y cuál ha sido su recorrido a través de la historia para poder dar explicación de los fenómenos de la naturaleza.

Quintanilla (2010) considera que el componente histórico en la formación de los profesores de ciencias, posibilita algunos objetivos relacionados con *una mayor comprensión de la actividad científica*, de comprensión profunda de los significados de los modelos teóricos y sus conceptos asociados; posibilidad de *establecer relaciones metateóricas* con la filosofía y la sociología de la ciencia; *servir de puente* entre las disciplinas científicas y las humanidades. De esta forma, no cabe duda del papel fundamental de la Historia de la ciencia en el proceso de enseñanza, en tanto que contribuye al cuestionamiento de la habitual visión dogmática de la ciencia y sus métodos

Es en este sentido donde la historia de las ciencias toma un alto valor para profesores en formación pues se puede comprender que llevar a cabo la enseñanza de las ciencias tomando como referencia la historia de la ciencia exige no sólo plantearse un relato de los acontecimientos o una referencia a los personajes que significaron algo en el desarrollo de la ciencia, sino también mostrar cuál fue la naturaleza de los problemas científicos en cada época y el modo en que éstos problemas aparecen conectados con las necesidades y exigencias de los individuos y sociedades involucradas en la cultura del momento.

1.2.3 Sobre la Actividad Experimental

Además La HFC permite no solo relacionarse con la teoría sino también con el conocimiento bajo la experiencia misma que permite comprender y dar explicaciones a ciertos fenómenos, esto implica hablar de **la actividad experimental** y de su importancia en la construcción del conocimiento; García (2009) dice que: “Construir experiencia es llenar de sentido una actividad en la que la práctica es un medio de constante reflexión sobre el fenómeno abordado” (p.42). Es

decir lograr que el experimento adquiriera un valor significativo, que promueva situaciones, que permita explorar, que genere una estrecha relación entre el experimento y el experimentador.

Pero la noción que se tiene del experimento, tiene otro valor que fue adquirido con la corriente positivista, su papel ha sido comprobador, verificador o falseador de teorías, (Popper 1935), el cual ha permanecido por muchos años, reduciendo así la importancia del experimento en la construcción del conocimiento.

Pues bien esta concepción empezó a declinar con *Kuhn* y su libro *la estructura de las revoluciones científicas* (1962); cuestiona la concepción clásica positivista en la medida en que considera que la elección entre teorías rivales no se resuelve con el recurso a la experimentación neutral o a decisiones gobernadas por un conjunto de reglas metodológicas universales (método científico). Los científicos que asumen un nuevo paradigma no pueden probar, vía la argumentación lógica o la experimentación, que una teoría es mejor que otra, los científicos reflexionan y consideran que no existen verdades únicas, que el conocimiento depende del contexto en que se desarrolla, de los intereses de particulares, en los supuestos ontológicos, e incluso en ciertos rasgos de las convicciones ideológicas o de personalidad de los científicos.

Por otro lado la historia y filosofía de las ciencias fundamentado en los estudios de caso muestran el papel de la actividad experimental en la construcción del conocimiento: “tal es el caso de Galileo, Gilbert, Gray, Boyle, Harvey, Hauskbee, Volta, Newton, Lavoisier, Franklin Pasteur y Faraday, entre muchos que fundamentaron y estructuraron el conocimiento científico teniendo como referencia la actividad experimental” (Marín, M. García, E. 2013, p.60). Analizar por lo menos uno de los estudios de caso de los autores mencionados permitirá dar cuenta de aspectos valiosos de la comunidad científica que pueden ser rescatados y aplicados por la ciencia escolar para mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje.

Algunas investigaciones manifiestan que aunque los profesores de ciencias, en general, consideran que el experimento es una herramienta o una actividad fundamental en la enseñanza de las ciencias, (Malagón 2013); además reconocen que La finalidad de los experimentos sugeridos en los textos o guías de laboratorio es fundamentalmente demostrativa, en otras palabras se hace uso de la actividad experimental para validar o confirmar lo que dice la teoría. García (2011), Malagón (2012), Marín (2010).

Respecto a esto Ayala, Malagón y Sandoval. (2011) menciona:

El experimento es el juez de la teoría en la medida que a través de éste se refutan o verifican las predicciones basadas en la teoría. Desde esta perspectiva la teoría es condición de posibilidad del experimento: mediante ésta se define en qué consiste, qué efectos producir, qué se debe observar y medir. (p.43)

Con esto se suele entender que el experimento está al servicio de la teoría, lo cual ha sido fuertemente criticado por los historiadores y filósofos de la ciencia; esta visión hace constatar que la teoría ha cobrado mayor relevancia que el experimento, y así esta idea ha sido la de mayor despliegue en el aula de clase; también se suele pensar que son actividades completamente diferentes e independientes.

Otra dificultad que se menciona es en cuanto a la visión empobrecida del trabajo experimental Carrascosa (2006) dice:

Esta visión empobrecida se hace muy evidente cuando el trabajo experimental se realiza, como es frecuente, con el propósito de observar algún fenómeno para “extraer” de él un concepto, poniendo de relieve la concepción empirio inductivista de la ciencia, así como otras deformaciones igualmente graves. (p.162)

Muchos docentes tienen claro que la actividad experimental en la enseñanza-aprendizaje de las ciencias, se constituye como un aspecto clave en este proceso (Carrascosa, Gil y Vilches 2006), (Izquierdo, San Martí y Espinet 1999), pero la manera como ha sido introducida en el aula ha generado visiones deformadas y empobrecidas de la ciencias debido a la naturaleza de las practicas experimentales, dado que éstas se presentan como simples recetas de cocina , sus procedimientos son metódicos, así la práctica experimental se desarrolla en unos pasos a seguir para dar cumplimiento a una guía, lo que contribuye a una visión rígida, algorítmica y de escasa comprensión de la ciencias

También se puede mencionar que otra de las dificultades que enfrenta el trabajo experimental en el aula, es que se le da mayor reconocimiento al experimento cuantitativo que al cualitativo (Marín, M. y García, E. 2013). Este reconocimiento se dio porque

Para la corriente del positivismo la actividad científica era fundamentalmente describir los procesos de elaboración de teorías científicas de acuerdo con mediciones y datos precisos obtenidos en experimentos cuantitativos. Esta manera de asumir el experimento como una versión oficial del método científico llevó a borrar del mapa la experimentación cualitativa. Ordoñez & Ferreiros, 2002 (citado por Marín y García, 2013, p.61).

Se puede decir junto con García (2009) que la influencia de la concepción positivista de la ciencia predomina en la retórica de *los textos*, donde prevalecen las leyes y teorías como verdades reveladas y el experimento como subsidiario de ésta. Esta manera de presentar la ciencia como un “producto” sin reconocer los procesos que se han llevado a cabo en la construcción del conocimiento han terminado por afectar la relación enseñanza – aprendizaje, pues el papel del experimento en el aula es, observar un fenómeno, registrar datos, y en algunas ocasiones manipular instrumentos, este modelo de experimentación fue adaptado a las disciplinas científicas como la física, química, biología para corroborar y/o observar lo que la teoría sugiere y de esta manera la experimentación cualitativa se vio desplazada o totalmente anulada dentro del aula de clase.

Además hacer del trabajo experimental cuantitativo un único modelo de experimentación para las diferentes disciplinas de las ciencias no es muy adecuado ya que la estructura de ciertas disciplinas como la biología es diferente al de la física o al de la química.

1.2.3.1 Sobre la Actividad Experimental en las Ciencias Biológicas (Microbiología)

En vista de que el campo de estudio de este trabajo está relacionado con una de las áreas de la biología se hace necesario mencionar que el desarrollo de la biología cobra gran importancia por los grandes avances científicos del siglo XX. Pues estos han sido tan impresionantes que ha logrado caracterizar a la biología como una ciencia madura, tan importante como la física o la química (Diéguez, 2011). Esto ha generado un gran cambio de trabajo tanto en el campo científico como en el campo educativo pensando así en diferentes estrategias para lograr una nueva visión de biología. Con respecto a la experimentación el mismo autor menciona que “En muchas áreas de la biología no es posible la experimentación cuantitativa y han de emplearse otros métodos, como el comparativo, que no tienen cabida en la física” (Diéguez, 201, p.4).

En este sentido es pertinente mencionar que en la enseñanza de las ciencias biológicas el modelo de experimentación tomado del método científico no tiene cabida, pues tratar de reproducir los fenómenos de la vida real es muy complicado, y tratar de entenderlos y comprenderlos con el método empleado es aún más complicado. El experimento en la clase de biología solo ha sido utilizado para observar por ejemplo el programa del curso de microbiología para Licenciados en Educación básica con énfasis en Ciencias Naturales y Educación Ambiental dice:

El componente práctico se desarrollará mediante prácticas de laboratorio, las que permitirán al estudiante aprender el manejo apropiado de los microorganismos, aislamiento, recuento e identificación de los mismos.⁽¹⁾

Bajo estos términos se puede decir que el trabajo experimental dentro de la microbiología aclarando que no es del tipo cuantitativo, solo busca que el docente en formación tenga un conocimiento del mundo microbiano en cuanto a morfología, estructuras. Al igual que en el trabajo experimental de física y química aquí también se pide a los estudiantes que sigan una guía detallada, paso a paso lo que contribuye a una visión rígida, algorítmica y cerrada de la ciencia.

Con esto no se pretende insinuar que esta forma de proceder en la práctica experimental este mal diseñada, pues de alguna manera se puede obtener conocimiento, pero lo que si se critica es que esta manera de proceder no permite comprender o ser crítico ante ciertos fenómenos o situaciones que se presentan en la vida cotidiana.

Aunque las investigaciones en cuanto a la enseñanza y aprendizaje de la microbiología son escasas, los pocos estudios realizados demuestran que hay poca comprensión sobre esta ciencia donde se evidencia dificultades de aprendizaje.

Algunas dificultades de aprendizaje sobre los microorganismos manifiestan que “los estudiantes no son capaces de atribuir a los microorganismos las transformaciones de los alimentos” (Díaz Gonzales, 1996, p.144).

Otra de las dificultades de aprendizaje que menciona Pulido 2006 relacionada con el caso microbiano, teniendo en cuenta, por una parte, que se trata de seres imposibles de observar a

simple vista, y por otra, las concepciones predominantes en los estudiantes acerca de lo vivo y lo no vivo Díaz, G. 1996, (citado en Pulido 2006, p.84).

En este sentido se menciona el ejemplo de Izquierdo, San Martí y Espinet (1999), en cuanto al “modelo de ser vivo” podemos relacionar un moho y un elefante y, a continuación es lógico preguntarnos cómo se alimentan los mohos (puesto que ya sabemos cómo se alimentan los elefantes y sabemos también que un moho no puede alimentarse de la misma manera, pero debe hacerlo de alguna) (p.17)

De manera atrevida se puede decir que estas dificultades están relacionadas con la manera de enseñar la microbiología. Lo que podría ser un punto de reflexión para los docentes en formación inicial pues es importante analizar de qué manera es enseñada la microbiología, y si la experimentación tiene vida propia (Hacking 1996) por que empeñarse en llevar al aula modelos metódicos que aíslan el proceso de construcción del conocimiento

1.3 PROBLEMA DE INVESTIGACION

1.3.1 Planteamiento del Problema

Teniendo en cuenta que la experimentación juega un papel importante en la construcción del conocimiento, se hace necesario hacer un estudio desde la historia de las ciencias para conocer de qué manera la actividad experimental han contribuido en la construcción de conocimiento y por ende hacer uso de ello para integrarlo en la enseñanza de las ciencias y sobre todo en la actividad experimental de la microbiología ya que su metodología es de carácter observacional y lineal, modelo que no permite establecer criterios de análisis, que niega la posibilidad de diseñar, seleccionar, estructurar alternativas para experimentar y entender y comprender un determinado fenómeno, ante esto se hace necesario examinar el rol que cumple la actividad experimental en la enseñanza de la microbiología ya que el conocimiento de esta (sub)disciplina está muy ligado a la actividad experimental, para ello se plantea el siguiente interrogante:

¿Cuál es la importancia de las prácticas experimentales desde el punto de vista histórico para la enseñanza de la microbiología en la formación inicial de profesores de ciencias?

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general:

- Reconocer la importancia de la actividad experimental en la enseñanza de la microbiología para docentes en formación inicial de ciencias.

1.4.2 Objetivos específicos

- Identificar los problemas de la actividad experimental en la enseñanza de la microbiología a nivel de docentes en formación inicial
- Reconocer aspectos importantes de la actividad experimental desde la historia de la ciencia para la enseñanza de la microbiología
- Plantear una propuesta de intervención en las prácticas experimentales para el curso de microbiología para docentes en formación inicial.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 La Actividad Experimental desde la Historia y Enseñanza de las Ciencias

Algunas investigaciones (García 2011. Las prácticas experimentales en los textos y su influencia en el aprendizaje) muestran la importancia que ha adquirido el uso de la historia de las ciencias en el proceso de construcción de conocimiento, al tiempo que ha adquirido importancia para la enseñanza de las ciencias pues el número creciente de publicaciones y eventos así lo demuestran.

Se suele afirmar que el científico estudia la naturaleza de forma objetiva y neutral. Esto no es cierto. La actividad del científico y la comunidad científica en general está determinada por debates, polémicas, necesidades personales e intereses sociales, esto es, preguntarse por sus problemas fundamentales, la naturaleza del método, el papel del experimento, la validez y legitimidad del conocimiento.

García (2009) invita a: la reflexión sobre la naturaleza de la actividad científica en cuanto a sus fundamentos y razón de ser en la dinámica social, y sobre el conocimiento científico mismo se han convertido en una fuente inagotable de exploración para los filósofos, sociólogos, lingüistas, psicólogos, antropólogos, historiadores de la ciencia y por supuesto docentes investigadores de ciencias quienes cuestionan ¿Qué es la ciencia? ¿Cómo se producen las teorías? ¿Qué papel juega el experimento? ¿Cuál es el objeto de la ciencia? ¿Cuál es el valor de las demostraciones científicas? ¿Cuál es la función de las instituciones científicas? ¿Cuál es la naturaleza del conocimiento científico? ¿Cómo se valida o institucionaliza una ley o una teoría? Las respuestas a estos interrogantes han generado históricamente corrientes de pensamiento diferentes que incluso hoy en día hacen parte del debate fundamental y en torno. (García, 2009, p. 20)

Para comprender de qué tipo de historia de las ciencias se está hablando, es necesario conocer que a finales del siglo XIX nació una corriente filosófica desde la concepción positivista de la ciencia, con el fin de explicar el comportamiento de la naturaleza desde bases mecanicistas, o sea el comportamiento de la naturaleza (hechos) solo se puede explicar en supuestos teóricos, que a

la vez puedan ser verificables o comprobados a través de procedimientos inductivos (método científico), para ser aceptados.

De esta misma manera para los historiadores basados en esta corriente lo importante de la ciencia está en que sus verdades hacen referencia a una realidad donde el científico descubre los hechos y los enuncia a través de leyes objetivas y universales. García (2009). “los historiadores de la ciencia formados en esta concepción llegaron a considerar un carácter lineal, progresista y evolutivo del conocimiento científico; en este sentido lo importante es saber quién, cuándo, dónde, y de qué manera descubrió algo o invento alguna maquina” (p.21). Esto es mostrar la ciencia como un producto acabado gobernado por leyes y teorías.

Es primordial comprender que el conocimiento científico no es una verdad absoluta. Cuestionar el concepto de verdad científica permitió la construcción de nuevos sentidos para el conocimiento de la naturaleza.

García (2009) manifiesta que:

Es así que tanto filósofo como historiadores de la ciencia encuentran en esta nueva lectura de la realidad elementos para considerar la reflexión sobre la validez universal del conocimiento llegando a configurar la corriente del relativismo científico.

La filosofía de las ciencias siguiendo el curso de esta actividad científica llegó a considerar que no existen verdades últimas y que por lo tanto todo pensamiento sobre la naturaleza es relativo y depende de los contextos de producción. (García, 2009, p.26)

Esto es, el contexto donde se desarrolla un fenómeno juega un papel muy importante en la construcción del conocimiento científico y no debe ser ignorado, pues aunque los contextos difieren entre una sociedad y otra, no se puede pretender que el conocimiento sea el mismo para todos los contextos.

Bajo estos términos historiadores críticos de la corriente positivista y la filosofía del círculo de Viena empiezan a interesarse por los aspectos culturales; “la verdad no está en la naturaleza misma, está en el hombre y en su actividad humana y cultural, pero este precisamente por su

condición humana no puede acceder a la esencia última de las cosas por lo tanto sus verdades son relativas a los marcos socioculturales en los que viven” (García, 2009, p.27).

Se puede decir que esta nueva concepción que se encuentra y tienen en cuenta nuevos elementos para pensar en una ciencia más humana, de verdades no absolutas, ni únicas, sino que depende de quien las valida y las construye, el método no es único, ni es estandarizado.

Para historiadores de las ciencias bajo esta concepción les resultó fundamental no hacer historia de las ciencias como conocimiento universal, sino un conocimiento válido dentro de un contexto de producción en este sentido Kuhn en su libro *La estructura de las revoluciones*, juega un papel importante ya que considera que no se debe mirar el pasado con ojos del presente, pues la construcción de conocimiento responden a la forma de ver el mundo en una época y un lugar determinado. De lo anterior se puede pensar en una ciencia más humana, desarrollada en un contexto en el que se tiene en cuenta todos sus aspectos culturales, sociales, políticos, etc. Aspectos que se vuelven relevantes en la construcción del conocimiento científico y es así que empieza una nueva revolución en la ciencia como la perspectiva sociocultural.

Es bajo **La Perspectiva Sociocultural** que los aspectos sociales y culturales juegan un papel importante en la constitución del conocimiento científico, los filósofos, científicos e historiadores que se orientan por esta corriente “son los que conciben la ciencia teniendo en cuenta el contexto de producción del conocimiento o sea no importa sólo el conocimiento en tanto en que tal, es necesario identificar y caracterizar los procesos sociales e ideológicos que posibilitaron dicho conocimiento” García (2009).

La historia de las ciencias en esta nueva corriente se mueve de manera diferente pues no solo considera el producto del conocimiento sino también los procesos inherentes a su elaboración y ponen de manifiesto el considerar la ciencia como una actividad dinámica y cambiante sujeta al contexto social e ideológico en el que se desenvuelve.

2.2 La Actividad Experimental y la Ciencia.

La estrecha relación que existe entre la actividad experimental y la ciencia es tan paralela que no es posible pensar que el papel del experimento es subsidiario de la teoría tal como no lo han

hecho creer los seguidores y filósofos de la corriente positivista, pues estudios desde la historia de la ciencia demuestra con evidencia el papel que juega el experimento en la construcción del conocimiento.

Al respecto Ian Hacking en su libro *Representar e intervenir* menciona publicado en (1996) menciona que *“el papel del experimento se lo ha tomado como sinónimo de un método científico, La imagen popular, ignara, del científico era la de alguien en una bata blanca de laboratorio. Por supuesto, la ciencia precedió a los laboratorios. Los aristotélicos subestimaban los experimentos y favorecían la deducción a partir de primeros principios. La revolución científica del siglo XVII cambió todo eso para siempre. El experimento fue declarado oficialmente el camino real hacia el conocimiento, y los académicos fueron desdeñados porque argumentaban a partir de los libros en lugar de observar el mundo que los rodeaba”*

Pues bien, la filosofía de la ciencia que tuvo un gran auge en el siglo XVII, empieza a dar importancia al papel del experimento, donde su función de subsidiario de la teoría desaparece, entonces tanto la teoría como la práctica experimental se colocan en un mismo plano.

2.2.1 La función del Experimento; estudio desde la historia y filosofía de las ciencias.

Desde que se configuró con Galileo la llamada ciencia experimental, ésta ha generado múltiples reflexiones por parte de la filosofía de la ciencia y de otras disciplinas en torno al papel del experimento en la actividad científica. Para corrientes de pensamiento como el positivismo el experimento es demostrativo, permite falsear teorías o también resultan ser cruciales para dirimir entre teorías enfrentadas, mientras que para otras corrientes el experimento responde a elaboraciones teóricas, no para contrastarlas sino para enriquecerlas y dimensionarlas. Artigas (1989) dice que:

“no existe un control experimental que sea totalmente independiente de interpretaciones teóricas”

En este sentido el experimento cumple una función esencial en la construcción del conocimiento. La filosofía de la ciencia se ha ocupado siempre de la relación entre la teoría y el

experimento, pero éste siempre ha sido supeditado a la teoría. Los filósofos del Circulo de Viena, centran la atención en el debate sobre la producción de las teorías científicas, llegando a considerarse al experimento como comprobador o verificador de teorías (Carnap 1995) o el papel de falseador de las mismas (Popper 1935). Solamente hasta la aparición del libro “La estructura de las revoluciones científicas” de Kuhn (1962), se sugirió que no hay distinción definida entre teoría y observación y que el contexto de justificación no puede separarse del contexto de descubrimiento. La importancia de estas ideas promovió nuevos enfoques en la filosofía de las ciencias, siendo uno de ellos la llamada filosofía de la experimentación (Hacking 1996), donde se da un giro a la relación teoría y práctica experimental, dando importancia y reivindicando el papel de la experimentación. El giro hacia el estudio de la práctica, en filosofía de la ciencia, obliga a que los temas de racionalidad, objetividad, verdad y mundo dejen de ser tratados desde la teoría y a que se redefinan nuevos problemas filosóficos, promoviendo una nueva imagen de la ciencia. (Iglesias 2004).

Hacking (1996) hace notar que:

“La filosofía debía empezar a reflexionar sobre lo que comenzó por allá en el siglo XVII. La aventura que entonces se inició, y que puso por base la experimentación, fue llamada filosofía experimental”

En este sentido se considera que la tradición experimental no es nueva, los antiguos griegos ya realizaban “experimentos” (Arquímedes, Hieron...) Pero Gilbert y Galileo son los primeros en sistematizar y caracterizar publicaciones donde la base empírica de la física está formada por resultados experimentales (Ordóñez y Ferreiros 2002).

Se puede tomar como ejemplo el caso de Faraday, caso que es llamativo porque los historiadores han encontrado que sus trabajos *fueron una genuina base experimental*, esto es, los experimentos tenían vida propia, el laboratorio era un espacio de construcción de conocimiento. La base empírica genuina no consistía en un conjunto de situaciones naturales, sino que los experimentos eran creados, los aparatos se diseñaban y construían para producir o evidenciar efectos deseados (fenomenotécnica).

Con las investigaciones de estudios de caso, (como el caso Faraday mencionado arriba), los filósofos de la ciencia quieren poner de manifiesto la carga experimental (Hacking 1983) (Franklin 2002 y 1990) (Galison 1987) (Pickering 1992, 1995) (Gooding 1990) (Gooding, Pinch y Schaffer 1989) y avanzar hacia una nueva imagen de ciencia, llegando a considerar que la miseria del teoreticismo está en reducir la riqueza y la complejidad del proceder científico a un asunto de mera elaboración conceptual, dejando de lado la riqueza del conocimiento que se esconde detrás de las prácticas experimentales (Ordóñez y Ferreiros 2002).

Reconocer entonces la importancia y la validez de las prácticas experimentales en la constitución de la ciencia, su función independiente de la teoría o en equilibrio con ella, y no supeditado a ella solamente en el papel verificacionista o falsacionista que usualmente se le ha otorgado, es el fundamento del campo de investigación de la filosofía.

En este sentido Pickering (1995) considera que en la producción de cualquier resultado experimental entran en juego tres elementos fundamentales: un procedimiento material, un modelo instrumental y un modelo fenoménico:

El procedimiento material. Disponer de los aparatos e instrumentos necesarios, verificar que funcionen y controlar su funcionamiento encierra un conocimiento práctico

El modelo instrumental. En el diseño, realización e interpretación del experimento, es fundamental la comprensión conceptual del funcionamiento de aparatos e instrumentos. El experimentador tiene un modelo conceptual que le permite identificar, aplicar y usar los aparatos.

El modelo fenoménico. Está en la comprensión conceptual de los aspectos del mundo fenomenológico que es estudiado por parte del experimentador. Sin él, los resultados carecerían de sentido y significación y no podrían ser interpretados.

La experimentación supone observaciones y experiencias, la observación sería imposible sin la percepción de señales sensibles. La experimentación es una actividad que supone la intervención activa en los procesos naturales con el objeto de obtener respuestas a las preguntas formuladas hipotéticamente, de acuerdo con un plan establecido (Latour 1995).

Además en la propia experimentación podemos distinguir entre experimentos cualitativos y cuantitativos o experimentación exploratoria y experimentación guiada. Para filósofos e historiadores de la ciencia en la escuela del positivismo, era común describir los procesos de elaboración de teorías científicas a partir de mediciones y datos cuantitativos precisos, los experimentos cuantitativos eran el referente de las investigaciones. Esta versión simplificada del método científico llevó a borrar del mapa la experimentación cualitativa (Ordóñez y Ferreiros 2002).

Los nuevos filósofos e historiadores rescatan ahora el papel de los experimentos cualitativos y su incidencia en la construcción de conocimiento. La experimentación en este sentido se aleja de la vieja tradición de estar orientada por la teoría, como lo llegó a sugerir Popper, 1935, (citado en García, 2010,p.11) “*solo cabe realizar experimentos a la luz de las preguntas y los conceptos determinados por una teoría*” y pasa a tener vida propia, independiente de la teoría, como lo sugiere Hacking (1996)

Se reconoce además la importancia de la experimentación cualitativa exploratoria que suele estar presente en las primeras fases del desarrollo de una ciencia, pero que no por ello es menos valiosa que los experimentos cruciales (experimentación cuantitativa guiada) en la estructuración de la ciencia.

Otro aspecto que resulta importante desde la filosofía de la experimentación es el tipo de discurso que hay en la propia experimentación. Es necesario admitir que en la acción hay pensamiento; esto implica romper y superar el dualismo cartesiano que divide mente y cuerpo, naturaleza y cultura. Hay un lenguaje diferente que se expresa en la actividad experimental y del cual surgen pensamientos e ideas que posteriormente se articulan conceptualmente. El conocimiento experimental está presente al diseñar y construir aparatos, también lo es manipular entidades y crear fenómenos...

Hemos de reconocer entonces que en la actividad experimental hay una riqueza conceptual que no había sido reconocida ni valorada en su justa dimensión. Tener presente que en la experimentación, como lo sugiere Mercedes Iglesias (2004)

“la naturaleza no se nos muestra ella por si sola: ella se abre, se despliega, según lo imponga la manera a la que fue sometida en una acción específica” (p.114).

2.2.2 Teoría y Experimentación.

¿Qué papel juega entonces la teoría? Para no caer en tendencias relativistas, es importante apuntar a una interacción entre ambas, teoría y experimentación, donde la una no sea subsidiaria de la otra sino que se complementen mutuamente. Para ello es necesario replantear las formas de representar el conocimiento, donde la denominación de “práctica científica”, que hace referencia a la actividad de los científicos no sea determinada solo por el producto (teorías) sino también el proceso de dicha actividad (práctica) (Estany 2007). Un aporte en esta dirección lo sugiere Hutchins (2005) (1995) al proponer el enfoque de la cognición socialmente distribuida, donde lo relevante del conocimiento (cognición) no es que este influenciado por la sociedad y la cultura sino que es en sí un proceso cultural o social. Así pues la ciencia es una actividad cultural, realizada de acuerdo con necesidades e intereses individuales y sociales, económicos y políticos, éticos y estéticos. Lo importante de este enfoque es que se considera, además de la conducta y el proceder del científico los procesos cognitivos que intervienen en dicha conducta, esto es, necesidades, intereses y formas de ver el mundo, de describirlo, caracterizarlo y modelarlo, teniendo en cuenta los contextos sociales y culturales en los que se desarrolla (García y Estany 2010).

Finalmente debemos reconocer que la nueva imagen de ciencia está orientada por una relación entre la teoría y el experimento mucho más profunda y con mayor riqueza conceptual. Los filósofos e historiadores han mantenido hasta el momento una relación de dependencia del experimento a la teoría, pero las nuevas corrientes filosóficas promueven la importancia de la “vida propia” que posee la experimentación en la construcción de la ciencia, y que, como dice Iglesias (2004)

“cuando se asume la perspectiva de estudios de casos, se encuentra que no es la teoría la que siempre ha guiado la ciencia, que la relación entre teoría y experimento ha sido diversa y no unitaria como han querido mostrarnos la historia y la filosofía de la ciencia” (p.112).

Tener este distanciamiento frente a las formas explicativas usuales permite establecer que las verdades no son reveladas por la autoridad del modelo, sino que ellas se construyen en la medida que podemos validar nuestras formas de organización y socializarla en el contexto cultural en el que nos movemos. Dentro del enfoque que nos orienta se aborda el conocimiento como una construcción de sentidos, significados y explicaciones, en la que se presenta una imagen de la ciencia como actividad cultural. Ello implica elaborar formas de organización de acuerdo a las preocupaciones individuales en torno a los fenómenos abordados. Dichas formas de organización son dinámicas y se transforman en la medida que se amplían las explicaciones. En este enfoque el compromiso no es con las teorías o modelos de explicación establecidos, al contrario, se hace posible tomar distancia frente a los modelos explicativos y entrar a analizar la experiencia misma (García 1999).

2.3 La Actividad Científica como Actividad Cultural

El interés de la filosofía de la ciencia se desplaza entonces del positivismo (conocimiento como productos verdaderos, objetivos, reales, independientes, acumulativos, ahistóricos e individuales) hacia el estudio de la actividad de comunidades científicas sometidas a las dinámicas culturales, las manifestaciones ideológicas y los intereses sociales. Se vuelve de interés ahora el estudio de la ciencia no como producto sino como actividad. Los historiadores de la ciencia encuentran nuevos elementos para rastrear a lo largo del curso de la historia explicaciones diferentes y diversas para un mismo fenómeno, aspectos sociales y culturales que incidieron en el nacimiento de una teoría, dilemas ideológicos que promovieron la imposición de unas teorías sobre otras y su respectiva difusión, usos sociales de la ciencia y la negación de conocimientos diferenciados.

Pues bien, el interés por los estudios sociales de la ciencia, inicia y se considera a Ludwik Fleck (1896-1961) como el primer científico que cuestionó la ciencia en la que el mismo se formó y propuso nuevas formas de valorar el conocimiento científico y dimensionar la actividad científica como tal.

Fleck (1935) cuestiona el método en la ciencia y su tendencia a la generalización a todas las disciplinas científicas. Por lo tanto no se puede imponer métodos para conocer la naturaleza, estos responden más a las demandas sociales y culturales que a las doctrinas filosóficas. Para Fleck,

“la ciencia no es un constructo formal, sino, esencialmente, una actividad llevada a cabo por comunidades de investigadores” (Arrizabalga, 1987, p.476).

.

La sugerencia de Fleck es que no se puede desconocer que hay en una sociedad que nos determina y la cual nosotros determinamos, esta relación biunívoca no es universal, es relativa al contexto social y las problemáticas surgen de las necesidades personales pero en el ámbito social que nos implica.

Algunos historiadores, epistemólogos y científicos que resaltan la importancia de los aspectos culturales en la actividad científica, por ejemplo Shapin (2000) manifiesta que:

[...] Muchos historiadores rechazan incluso la noción de que existiera en el siglo XVII una única entidad cultural coherente llamada ciencia que pudiera experimentar un cambio revolucionario. Lo que había, más bien, era una diversidad de prácticas culturales que se proponían comprender, explicar y controlar el mundo natural. (Shapin, 2000, p.34)

En este sentido afirma: “Doy por supuesto que la ciencia es una actividad social históricamente situada que debe ser entendida en relación con los contextos en que se desarrolla” (p.34)

Lo que se pretende con la perspectiva sociocultural es entender la actividad científica como una actividad cultural más del hombre que esta mediada por el contexto en el que se encuentre.

2.4 La Formación Docente desde la Perspectiva Sociocultural

Investigadores en enseñanza de las ciencias, bajo esta imagen de ciencia, consideran que la historia puede tener un uso mucho más enriquecedor en el espacio de las clases de ciencias, pues consideran que lo relevante, más que “relatar” la historia, es encontrar en ella los problemas epistemológicos que permitieron un avance científico porque asumen y pueden ver un cierto paralelismo entre las dificultades que presentan los estudiantes para explicar los fenómenos y las dificultades que en su momento tuvieron los científicos que aportaron al conocimiento universal. Desde esta perspectiva los aportes de la historia y la epistemología a la enseñanza de las ciencias

son relevantes por cuanto permiten una apropiación más racional del conocimiento mismo, esto es, establecer características fundamentales de la naturaleza de la ciencia y el trabajo científico, lo que posibilita al docente tener un acercamiento a la manera como se estructuró un determinado cuerpo de conocimiento, con todos los aspectos epistemológicos inherentes al mismo.

Pues tener un conocimiento de las dificultades y problemas que se detectan en el análisis histórico permiten plantear estrategias metodológicas para lograr los cambios conceptuales en los estudiantes. Por lo tanto se busca con este uso de la historia superar la metodología de transmisión verbal empleada en la enseñanza habitual; lo que le implica al maestro conocer los aspectos epistemológicos de las teorías y conceptos que pretende enseñar.

Esta imagen de ciencia hace posible construir historia y validarla en un contexto particular. La historia deja de ser objetiva y única, es decir deja de ser ahistórica.

En este sentido el maestro se reconoce así mismo como sujeto cognoscente capaz de intervenir en el desarrollo del conocimiento, transformarlo y enriquecerlo de acuerdo a sus necesidades particulares. Se pierde la relación de exterioridad y se entra en un plano en el que sus acciones son determinantes para la orientación de la enseñanza de las ciencias en el contexto particular donde se desempeña. Así el maestro es constructor de conocimiento científico escolar.

2.4.1 La Actividad Experimental en el Proceso de Formación de Profesores de Ciencias

El papel de la experimentación en los procesos de formación de profesores de ciencias adquiere especial relevancia, tanto por la estrecha relación que se puede establecer con los procesos de construcción de conocimiento, como porque su modo de significarlo devela también un modo particular de asumir lo que es la ciencia y su enseñanza.

Una perspectiva de la experimentación en la clase de ciencias, fundamentada en una mirada sociocultural sobre la construcción de conocimiento científico, se convierte en un espacio propicio para poner en relación los procesos epistémicos inherentes a enseñar a hacer ciencias —proponer, defender, negociar, validar y compartir significados y representaciones—, y aquellos concernientes a enseñar sobre las ciencias —provisionalidad, dialéctica de la relación teoría-

experimento—. Como lo resaltan algunos autores, (Malagón, 2002; García, 2011); incentivar la construcción de explicaciones a fenómenos físicos en el marco de actividades experimentales, encierra necesariamente procesos discursivos en relación con lo que se quiere “observar”, lo que se “percibe”, lo que se nombra como “hecho” y lo que se pretende “representar” con ese hecho. En estos procesos, el rol del lenguaje es primordial, en la medida en que permite llenar de significado la experimentación (García, 2011).

En particular, llevar a la clase de ciencias la relación entre la experimentación y los procesos argumentativos visibiliza reflexiones en torno al carácter sociocultural de la construcción del conocimiento científico, en la medida en que, además de posibilitar a los estudiantes participar de la actividad de aislar regularidades (fenomenologías) y construir simbologías, permite centrar la atención en la comunicabilidad de tal elaboración, aspectos estos que solo se obtendrán si es posible llegar a una serie de acuerdos y consensos en lo que se percibe en determinadas circunstancias de la construcción del fenómeno (Romero et ál., 2011).

Es así que en las imágenes proyectadas por la filosofía de la ciencia popperiana y pospopperiana, el experimento ha quedado cautivo de la teoría: la teoría es lo primero y primordial, lo que antecede y acompaña al experimento, y por supuesto lo que resulta de él.

Sin embargo, teniendo en cuenta que el reo ha mostrado muy buena conducta, y que en opinión popular la ciencia moderna le debe tanto, en este trabajo solicitaremos formalmente su libertad condicional: esto es, el reconocimiento de la autonomía relativa de la experimentación. Teorización y experimentación deben ser reconocidos como pares entre los que no hay un primero: la teoría no es el rey.

Desde luego, “autonomía relativa” es una expresión ambigua, pero parece lo mejor que podemos lograr, al menos de momento.

Lo que se quiere decir es que, en la actividad científica, la fase experimental y la fase teórica están situadas cuando menos en el mismo plano: que la primera goza de al menos tanta autonomía como pueda tener la segunda.

En suma, a través de esta puesta en relación se favorecen debates, consensos, disensos y justificaciones que, en conjunto, permiten una mejor comprensión de los conceptos científicos y la formación de un pensamiento crítico y reflexivo.

Dicho en palabras de García (2011) la manera de presentar los experimentos no debe ser solamente descriptiva o narrativa para reforzar el papel de las teorías, sino que debe avanzar hacia la caracterización de experimentos que involucren problemáticas y que tengan una riqueza conceptual en sí mismos.

2.5 Historia de la Microbiología

El asentamiento de la Microbiología como ciencia está estrechamente ligado a una serie de controversias seculares (con sus numerosas filtraciones de la filosofía e incluso de la religión de la época), que se prolongaron hasta finales del siglo XIX. La resolución de estas polémicas dependió del desarrollo de una serie de estrategias experimentales fiables (esterilización, cultivos puros, perfeccionamiento de las técnicas microscópicas, etc.), que a su vez dieron nacimiento a un cuerpo coherente de conocimientos que constituyó el núcleo aglutinador de la ciencia microbiológica. El reconocimiento del origen microbiano de las fermentaciones, el definitivo abandono de la idea de la generación espontánea, y el triunfo de la teoría germinal de la enfermedad, representan las conquistas definitivas que dan carta de naturaleza a la joven Microbiología en el cambio de siglo.

En este apartado nos centraremos en el papel de los microorganismos en las fermentaciones haciendo uso de la historia de la ciencia desde los trabajos realizados por Luis Pasteur.

2.5.1 Trabajo de Pasteur: la función de los microorganismos en la fermentación.

(Toda la información que se presenta a continuación es tomada del libro original de Luis Pasteur, sobre los estudios de la generación espontánea)

Sus estudios sobre la fermentación inician cuando decide investigar las dificultades que estaba teniendo M Bigo en su destilería con la fermentación del azúcar de remolacha.

“Fermentación” se aplicaba entonces de un modo general a los cambios espontáneos que ocurren a veces en soluciones orgánicas y que dan por resultado la producción de sustancias alcohólicas o ácidas, por ejemplo:

La producción del alcohol durante el proceso del vino, la cerveza o la sidra se llama fermentación alcohólica.

Conversión del vino o sidra en vinagre fermentación de ácido acético

La acidificación de la leche durante la cual el azúcar de la leche se convierte en ácido láctico o fermentación de ácido láctico.

También había otras sustancias naturales que sufrían cambios y se consideraba que era producto de la putrefacción= algo similar a la fermentación pero que difería por los productos formados como evidencia de las emanaciones malolientes.

Tanto para la fermentación o la putrefacción actuaban fermentos o catalizadores (Berzelius), por ejemplo el fermento responsable de la producción de alcohol era conocido también bajo el nombre de “levadura”

Proceso estudiado por químicos (Lavoisier, Gay-Lussac, Thénard y Dumas) habían estudiado la conversión del jugo de caña de azúcar en alcohol por los métodos de la química cuantitativa. Habían obtenido una fórmula que aparecía tan exacta como que daba ilusión de que la naturaleza fundamental del fenómeno había sido finalmente descubierta, Según Lavoisier, el azúcar se descomponía en dos partes, una de las cuales era oxidada a expensas de la otra con la formación de ácido carbónico, mientras que la segunda parte, cediendo su oxígeno a la primera, constituía la sustancia combustible, alcohol.

Pasteur como químico estaba confiado que más allá de la reacción química, la fermentación se debía a que la levadura era un ser vivo y era esta que se encargaba de fermentar la sustancia.

Mostro que los productos de la fermentación alcohólica eran numerosos y complejos que como señalaban los simples términos de la fórmula química de Lavoisier

Estudios antes de Pasteur indican que: por ejemplo en 1835 Cagniard de Latour había observado que la levadura producida durante la fermentación constaba de organismos celulares vivos que se multiplicaban por gemación y sugirió que la vida de estas células estaba íntimamente asociada con el proceso de la fermentación.

En 1837 fue publicada otra memoria sobre el mismo tema por Kützing, quien al igual que Cagniard de Latour, fundaba sus opiniones en observaciones microscópicas; consideraba a la levadura como un organismo vegetal y describió su aspecto exacto. Según él, la fermentación alcohólica dependía de la formación de la levadura, cuya cantidad aumentaba siempre que estuvieren presentes los elementos necesarios y las condiciones adecuadas para su propagación. Es obvio decía que los químicos deben separar la levadura de la lista de los compuestos químicos, debido a que no es un compuesto químico, sino un cuerpo organizado, un organismo.

Para el año 1857 Pasteur ya tenía una exposición completa de la teoría del germen proponiendo la metodología de su experimentación. Desgraciadamente, se conoce pocos datos que indiquen el desarrollo de esta magnífica realización intelectual, y que nos revele en particular cómo superó, en su propia mente, la presión de la opinión científica autorizada y llegó a adoptar una interpretación biológica para un fenómeno que se describía en todos los libros de texto como una reacción química.

Entre sus trabajos sobre la teoría microbiana se resalta el de la conversión de azúcar en ácido láctico, reacción que es responsable de la acidez de la leche. Aunque no se explica con una demostración rigurosa de la teoría microbiana, se utiliza para hacer una analogía de la levadura con el fermento láctico, al igual que la levadura el fermento láctico tiene asimismo una configuración organizada, aunque es diferente, más pequeña y más difícil de ver.

Pasteur mostro que se puede desarrollar el fermento en un caldo de cultivo transparente, en donde se multiplica hasta dar lugar a una población de seres vivos microscópicos, cuyos individuos todos se asemejan unos a otros.

Lo que se destaca importante en los trabajos sobre fermentación del alcohol, es el papel de los microorganismos que intervienen en este proceso.

Para cada tipo fermentación existe un microorganismo específico. Por ejemplo para la conversión del vino en vinagre dependía del desarrollo de una delgada película que consistía en bacterias microscópicas llamadas *Mycoderma aceti*, que eran capaces de flotar en la superficie del líquido debido a su naturaleza grasa. El *Micoderma aceti* crece mejor a temperaturas bastante altas y por esta razón la transformación del vino en vinagre se hace más rápidamente en cuartos calentados a 15 a 20 °C

Encontró que las malas fermentaciones son debidas comúnmente a la contaminación de microorganismos que engendran productos indeseables. Insistió también en que las actividades de un microorganismo determinado están condicionadas por las características fisicoquímicas de su ambiente y que en consecuencia aun el propio y adecuado microorganismo puede formar productos indeseables si las condiciones de la fermentación no están adecuadamente controladas. El comportamiento químico de los microorganismos está regido por las condiciones nutritivas y respiratorias en que vive.

Por ejemplo se introduce en la ciencia la idea de que existe una forma de vida que puede funcionar en ausencia de oxígeno, mientras observaba bajo el microscopio una gota de líquido sufriendo fermentación butírica. Se asombró al ver que las bacterias se hacían inmóviles en el margen de la gota aun cuando continuaba moviéndose con agilidad en la porción central. Ante esta observación, se preguntó si los microorganismos estarían tratando de evitar el oxígeno; y pronto halló que era en verdad posible retardar y hasta evitar la fermentación butírica haciendo pasar una corriente de aire a través del líquido en fermentación.

Para evitar que los microgramos se estropeen el vino cerveza vinagre, era necesario inhibir el desarrollo de microorganismos que alteren el producto. El calor juega un papel importante afortunadamente el conocimiento de Pasteur sobre la susceptibilidad de los microorganismos al calor. Sabía que el vino esta siempre ligeramente ácido y que el calor es un desinfectante mucho más efectivo en medio ácido que en neutro así temperaturas tan bajo como las de 55°C se encontró que eran suficientes para mejorar la preservación del vino corriente, Pasteur concluyo

que el calor no tiene por qué afectar en forma perjudicial el sabor del vino si se aplica únicamente después que se ha agotado el oxígeno originalmente presente. (Pasterización)

El aislamiento, cambio y desarrollo de los cultivos microbianos tuvieron que hacerse sin la ayuda del equipo bacteriológico; no había autoclaves; el uso de las placas de gelatina y de agar no se había introducido aun; PASTEUR encontró nuevas especies de microorganismos diferenciándolos por sus estados fisiológicos y pudo diagnosticar las enfermedades del vino vinagre y cerveza.

La investigación sobre fermentaciones llevo a Pasteur al contacto con el mundo práctico y pronto desarrollo un profundo conocimiento acerca del poder del método científico para aumentar la efectividad de las operaciones técnicas. No compartía la creencia común de que la ciencia pura y la ciencia aplicada correspondían a dos formas independientes de la actividad intelectual, demandando diferentes dotes para aquellos dedicados a cada una de ellas. No hay tal cosa de ciencia pura y aplicada; solo hay una ciencia y las aplicaciones de la ciencia

3. METODOLOGIA

3.1 Diseño Metodológico:

El proceso metodológico para este trabajo de investigación se basa en tres actividades claves para su desarrollo:

Primero; estudiar y analizar la estructura de guías de laboratorio utilizadas en el curso de Microbiología para licenciados en ciencias naturales. Se analiza tanto la estructura retórica de estas guías, como la secuencia de contenidos, para así identificar problemáticas de este tipo de presentación.

Segundo; Análisis histórico a través del estudio de caso “La Fermentación; el papel de los microorganismos” para destacar aspectos importantes de la actividad experimental para el desarrollo del conocimiento científico

Tercero; Plantear una actividad de intervención en las practicas experimentales para el curso de microbiología e la “acción de los microorganismos en la fermentación” guiados por el modelo propuesto por Pickering (1995).

3.2 Contexto de Investigación:

La investigación es de tipo cualitativo e interpretativo.

- Para la primera fase, solo se hará uso de las guías de laboratorio utilizadas por estudiantes del curso de microbiología de la formación inicial docente.
- En la segunda fase se hace una revisión histórica en cuanto al papel de los microorganismos en la fermentación, se tiene en cuenta ejemplares de libros históricos originales como: Rene J Dubos 1953 “Luis Pasteur; el francotirador de la ciencia” y Estudios Sobre Generación Espontánea, Luis Pasteur.

- Y la tercera fase como tiene que ver con la propuesta de enseñanza, entonces de los análisis anteriores se toma aspectos importantes que contribuyan en el desarrollo de la propuesta.

3.3 Instrumentos para recogida de datos

- Para la obtención se hace uso de los siguientes instrumentos; para la primera fase en el estudio y análisis cualitativo de las guías de laboratorio se utiliza el análisis de la estructura de textos: superestructura, macroestructura y microestructura así como también aplicación de la red sistémica
- Para el análisis histórico-crítico; se hace análisis histórico desde el estudio de caso para el papel de los microorganismos en la fermentación, para el estudio de caso se recoge las situaciones históricas y problemáticas relacionadas con el papel de los microorganismos en la fermentación.

3.3.1 Estructura de textos: (guías de laboratorio)

Para el caso de las “guías de laboratorio” ‘utilizadas en el curso de microbiología en la formación inicial docente se hace un análisis de la estructura de acuerdo con la propuesta de Van Dijk.

De acuerdo con las ideas de Van Dijk (1997) se pueden identificar en los textos tres tipos de estructuras fundamentales, la superestructura, la macroestructura y la microestructura

La superestructura atiende a la “forma” u organización del texto, o de los fragmentos recogidos de éste en su conjunto. Se identifican las ideas principales o globales que dan lugar a diferentes superestructuras: narraciones, informes científicos, descripciones, Van Dijk (1997)

La microestructura establece la relación y conexión entre las ideas. Estas relaciones se pueden plasmar en un mapa conceptual de tal manera que se pueda identificar la forma progresiva del tema, además de la coherencia y estructura de la secuencia de las proposiciones.

La macroestructura tiene que ver con el significado general del contenido. Esta suele estar presente en el resumen del tema, lo cual permite su comprensión y orientación porque jerarquiza las ideas y le proporciona coherencia global.

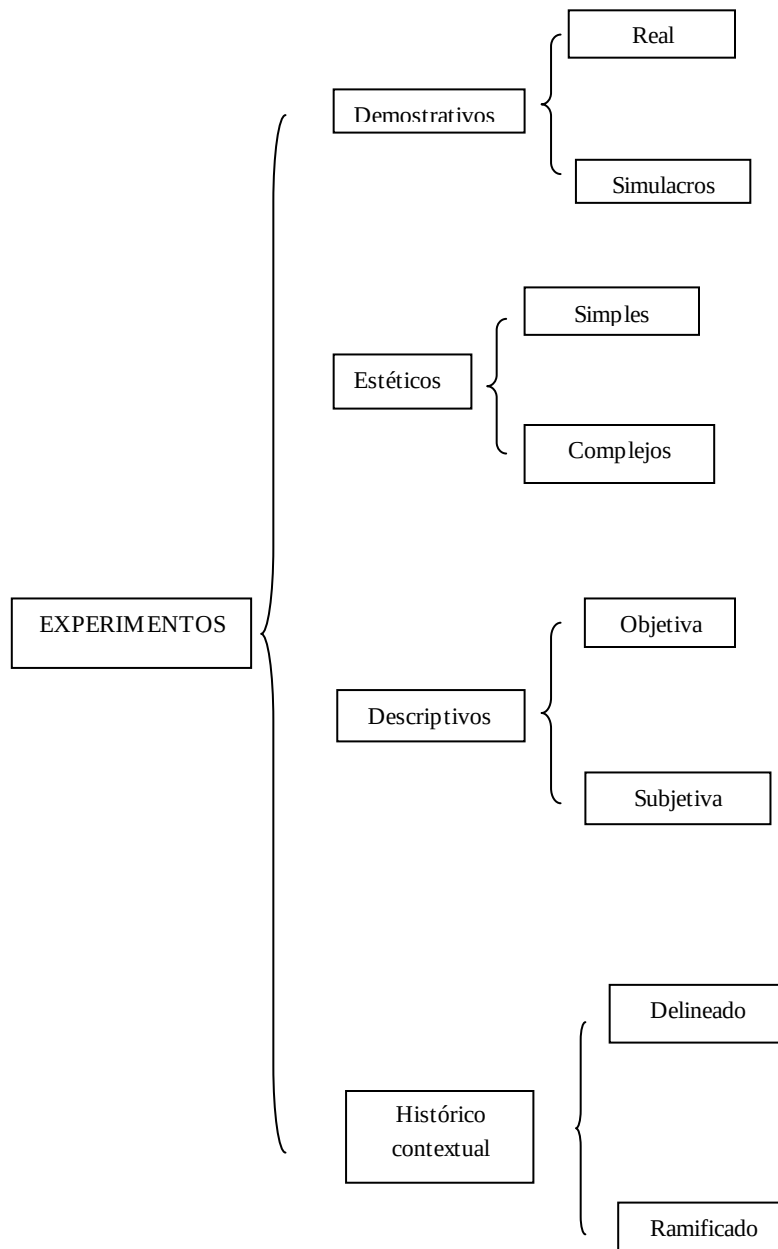
3.3.2 Estudio de caso

Los estudios de caso como herramienta de investigación permiten obtener información y un conocimiento más amplio sobre determinado tema, analizar un fenómeno desde este punto de vista es reconocer la importancia que brinda la historia de las ciencias, no solo porque brinda información de contenidos, ni teorías sino porque nos relaciona con la experiencia misma, se destaca el énfasis en las problemáticas y preocupaciones de los investigadores en la búsqueda del conocimiento. De aquí se desprende el interés por la experimentación y la forma como es recogida en la construcción del conocimiento en cuanto a la función de los microorganismos en la fermentación.

Red Sistémica

Para recoger información del estudio de caso se acude al uso de la **red sistémica**, ya que esta permite organizar y analizar datos cualitativos a partir de cuestionarios abiertos, entrevistas y/o observaciones en el aula. Es un método propuesto por (Bliss, J. Monk, M. y Ogborn, J. (1983) en García 2011) quienes afirman que *“La lingüística sistémica está interesada en la descripción y representación del significado de los recursos semánticos del lenguaje”*. Según la intención de la búsqueda de información se establece categoría y subcategorías, para el estudio de caso se establece una red sistémica que brinde información relevante en cuanto a la actividad experimental sobre el papel de los microorganismos en el proceso de fermentación estudiado por Luis Pasteur.

Para este caso se tendrá en cuenta los criterios de selección de los experimentos propuestos por Harré R. (1986)



Esquema # 1: Red sistemática; criterios de selección para experimentos.

4. RECOGIDA DE DATOS

4.1 Descripción general guías de laboratorio.

Aunque en el programa académico de Microbiología General para estudiantes de la licenciatura previamente mencionada, la enseñanza está orientada por el componente teórico y el componente práctico, el interés de este trabajo se centra en este último componente.

Componente práctico.

El *Manual de Prácticas de laboratorio de Microbiología General* para estudiante de Licenciatura en Ciencias Naturales y Educación Ambiental, está constituido por siete (7) prácticas cuyo objetivo principal es: *Utilizar técnicas apropiadas para reconocer y cuantificar microorganismos, particularmente bacterias y hongos.*

Tabla # 1: Temáticas de cada una de las guías de laboratorio de microbiología

6.2 COMPONENTE PRÁCTICO

FECHAS	PRACTICA
Marzo 15	Fundamentación y Manejo del microscopio
Marzo 29	Bioseguridad, técnicas y métodos de asepsia en el laboratorio de microbiología Ubicuidad de los microorganismos
Abril 12	Tinción de microorganismos (Coloración de Gram)
Abril 26	Cultivo de microorganismos: Preparación de medios de cultivo. Siembra y aislamiento de microorganismos.
Mayo 10	Caracterización bioquímica y morfológica de Enterobacterias Identificación de estructuras reproductivas en hongos
Mayo 24	Análisis microbiológico de alimentos
Junio 07	Elaboración de Yogourt

En términos generales cada una de las guías de laboratorio está estructurada así:

Tabla # 2: visión general de las guías de Laboratorio

SECUENCIA	DESARROLLO
Título	Se presenta la temática del texto
Parte Introductoria	Hace referencia a lo que se debe conocer como un marco teórico
Objetivos o propósitos	Lo que se pretende conseguir
Materiales	Elementos necesarios para desarrollar la guía
Metodología	Procedimiento a llevar a cabo
Cuestionario	Con lo que se pretende evaluar el conocimiento

4.1.1 Estudio estructural de las guías de laboratorio

De acuerdo a lo anterior, se puede decir que la manera como están estructuradas las guías de laboratorio se las puede clasificar dentro de los textos expositivos, el autor da a conocer la información necesaria para el lector, esto es, invitar al lector a que dé cumplimiento de la guía, y en la parte metodológica se muestra detalladamente los pasos a seguir, cual si fuese receta de cocina.

Dentro de los criterios de clasificación de los textos según Van Dijk (1992), Calsamiglia (2001), se puede decir que las guías de laboratorio clasifican dentro de los textos expositivos, pues según Fuenmayor, (2008) dicen: El texto expositivo es frecuente concebirlo como aquel texto cuyo objetivo principal es expresar información o ideas con la intención de mostrar y explicar o hacer más comprensible dichas informaciones. El texto expositivo, es también llamado explicativo, ilustrativo, informativo, posicional, por ser un discurso escrito objetivo, ya sea explicando, definiendo y/o clasificando. También puede interpretar o evaluar ideas, pero siempre se le considera un discurso denotativo, impersonal, exacto, objetivo e informativo. (p.272)

Ahora bien cada tipo de texto responde según Van Dijk (1992) a diferentes estructuras (superestructura, macroestructura, microestructura).

La superestructura para los textos expositivos está constituida por la siguiente secuencia:

1 Introducción: se da a conocer de forma clara y precisa el tema del texto y la intención del autor, utilizando un lenguaje ameno para despertar el interés del lector

De las guías de laboratorio se puede decir que los aspectos que forman parte de la introducción de la superestructura son: (Título, Parte introductoria, Objetivo) en estos aspectos el autor expone su intención o brinda la información que contribuye al desarrollo del texto

2 Desarrollo: es la parte del texto que expone de forma clara y ordenada la intención del autor, en otras palabras dar cumplimiento al propósito del autor.

De las guías del laboratorio los aspectos que se hacen parte de este apartado son (Materiales y Metodología), bajo estos aspectos el autor busca que el lector amplíe o de cumplimiento al propósito expuesto en la introducción

3 Conclusión: el autor busca que el lector enfatice los principales puntos tratados en el texto.

En este caso se puede decir que el Cuestionario hace parte de este apartado, a través del tipo de preguntas expuestas el autor pretende que el lector recapitule lo más relevante del tema expuesto.

Macroestructura

El manual de prácticas de laboratorio de Microbiología para docente en Formación inicial, estructurado bajo el modelo de guías de laboratorio en el que se desarrolla paso a paso, y que se utiliza para evidenciar lo que sugiere la teoría, como se utiliza en la enseñanza tradicional, el objeto de investigación en cada guía es para que el lector se familiarice con las técnicas apropiadas para conocer los microorganismos, en otras palabras manipular instrumentos y observar, estructuras y las diferentes morfologías que adoptan los microorganismos.

Microestructura

La panorámica del *manual de práctica de laboratorio* en términos generales presenta una estructura de forma secuencial así: **(Título, parte introductoria, objetivo, materiales, metodología, cuestionario)**.

Para un análisis más estructurado se toma como ejemplo una de la guías de laboratorio, por su carácter aplicativo y/o real (se presenta en la vida cotidiana o en la industria alimenticia) y porque de alguna manera se relaciona con el tema de la fermentación.

De acuerdo a la presentación de la guía se identifica los siguientes aspectos.

Título: la guía da conocer la temática a desarrollar por ejemplo “*Elaboración del Yogur*”, (Ver Anexo 1) en otras palabras, desde el inicio el autor da a conocer su intención, esto dar a conocer el contenido y desarrollo que está relacionado con el procedimiento para elaborar yogur.

Introducción: hace referencia al conocimiento que debe tener el experimentador, en este caso define a las *bacterias lácticas (microorganismos) como un grupo de bacterias unidas por una amplia serie de características morfológicas, metabólicas y fisiológicas. Están generalmente asociados a la industria agroalimentaria ya que son consideradas agentes de alteración de las*

materias primas para la obtención de la calidad organoléptica de los alimentos y menciona algunos tipos de bacterias, además afirma que el yogur es la modificación de los componentes de la leche, causado por el desarrollo de estos microorganismos que transforman la lactosa en ácido láctico. Aunque afirma que ciertos microorganismos alteran la materia prima y que aun así puede ser consumida no existe una explicación clara de la manera como el microorganismo altera la materia prima, en este caso no es claro el proceso como las bacterias lácticas transforman la lactosa hasta llevarla a ácido láctico.

Objetivos: el desarrollo de esta guía tiene la intención de que el experimentador: *Aprenda la técnica básica de siembra de microorganismos en leche para la producción de yogur; e identifique las bacterias que participan en la fabricación de productos lácteos como el yogur.* Pues bien, se puede decir que los objetivos están relacionados con el título de la guía, que solo busca que el experimentador aprenda la técnica de preparar yogur a nivel industrial y que también conozca el tipo de bacterias que se utilizan para este proceso.

Materiales: se da a conocer el material que se necesita para la elaboración de yogur (*Caja de Leche entera, Azúcar, Cepa Lactobacilos, Medio MRS, Frascos para siembra, Caja Petri, Tubos de ensayo con agua peptonada*); aunque es muy importante tener en cuenta el material o instrumentos requeridos en la actividad experimental, el listado es muy específico, pareciera ser que solo con este material e instrumentos se puede elaborar yogur. Ante esto nacen preguntas ¿Por qué leche entera y no otra? ¿Qué papel juega el azúcar?, otra de las dudas que salen a flote para solicitar material como el medio MRS, cajas Petri y tubos de ensayo con agua peptonada, en otras palabras qué necesidad hay de realizar una siembra de la cepa si de igual en el material ya se está dando a conocer el género de esta, pues en el cultivo solo se evidenciara crecimiento bacteriano y en sí, está sola prueba no ayudara a identificar las bacterias que participan en la fabricación de productos lácteos como el yogur.

Metodología: hace referencia al procedimiento que se debe llevar a cabo para la fabricación de yogur. En este apartado y como es clásico de los métodos tradicionales se muestra un procedimiento paso a paso, tal cual receta de cocina como lo hace referencia en las lecturas críticas sobre la actividad experimental.

Un análisis detallado de este apartado, nos muestra que este procedimiento se desarrolla en dos partes, la primera parte está relacionada con la elaboración de yogur, descrito así:

Caliente la leche cruda a 82 °C, deje enfriar hasta 45°C. Para leche pasteurizada caliente a 45 °C, mida su pH.

Adicione la cepa microbiana y 4% de azúcar.

Incube a 45 °C, durante 3 horas y media, midiendo el pH de la leche a la hora y media y al finalizar la incubación.

La segunda parte tiene que ver con la siembra de la cepa en el medio de cultivo, y su respectiva identificación como se describe a continuación:

Tomar una alícuota de 1 ml y adicionarla a un tubo de ensayo con 9 ml de agua peptonada, hacer diluciones hasta 10⁻³.

Sembrar 1 ml de cada dilución y adicionar medio MRS.

Incubar a 30 °C por 24 horas

Realizar los extendidos y coloraciones de las colonias aisladas.

Monte al microscopio y realice esquemas y descripciones.

Es importante mencionar que para la actividad de laboratorio se cuenta con 3 horas y según esto el tiempo no es suficiente para dar cumplimiento a lo propuesto en la metodología, en este caso solo se puede realizar a cabalidad la primera parte del procedimiento y la segunda parte quedaría incompleto.

Ahora bien, en la metodología se propone dos tipos de leche (cruda o pasteurizada), pero el tratamiento de la leche cruda requiere de más tiempo y el procedimiento ha de prolongarse si se trabaja con esta materia prima, pues no es conveniente ya que el tiempo estipulado de trabajo es corto. Algo importante en esta primera parte y sin tener en cuenta el tiempo es que se puede jugar con las dos materias primas pues al pensarse la diferencia entre una leche cruda y una pasteurizada, también podría pensarse si hay o no diferencia en el producto obtenido.

La segunda parte del trabajo según el tiempo estipulado quedaría inconcluso, pues lo que se refiere a extendidos y coloración no se puede realizar ya que la siembra de la cepa requiere 24 horas de incubación para su crecimiento, ante esto se puede mencionar lo siguiente:

Primero; creo que esta parte no se hace necesaria realizarla pues como se dijo en párrafos anteriores al conocer que se trata de bacterias *Lactobacillus* se hace innecesaria su identificación,

pues una buena consulta bibliográfica brindaría la información deseada en cuanto a morfología y estructura de este tipo de bacterias.

Segundo; lo que hace importante el desarrollo en sí de los pasos de la segunda parte como lo he catalogado, es que el experimentador tiene una cercanía con los instrumentos y técnicas propios de la actividad experimental en la microbiología.

Cuestionario: la guía de laboratorio termina con un cuestionario, con el cual se pretende evaluar el conocimiento de la temática, las preguntas que se plantean son muy enfáticas al tema, para definir conceptos, son preguntas aproblemáticas, característico del modelo tradicional.

Cabe anotar que la secuencia de la guía coincide con la intención del autor expresado en el título de la guía, busca que los estudiantes aprendan la *elaboración del yogur* de forma industrial.

4.2 Estudio de caso:

Sobre el trabajo de Pasteur: La función de los microorganismos en la fermentación

Para este apartado se analizan los trabajos experimentales realizados por Luis Pasteur, quien en 1853 fue nombrado profesor y decano de la flamante facultad de Ciencias de Lille. Allí enseñó durante tres años, y de su contacto con los industriales de la región surgieron sus estudios sobre las fermentaciones (alcohólica, láctica, del ácido tartárico). Pasteur demostró que la fermentación alcohólica, es decir, el desdoblamiento del azúcar en alcohol y anhídrido carbónico, se debía a la acción de un organismo viviente.

Para la época el término *“Fermentación”* se aplicaba entonces de un modo general a los cambios espontáneos que ocurren a veces en soluciones orgánicas y que dan por resultado la producción de sustancias alcohólicas o ácidas.

Pues bien el estudio de la fermentación que fue tema de interés para los químicos de la época, pero no de gran importancia como para el Señor Pasteur, daban una explicación diferente a la del Sr Pasteur...

*...Pues los químicos han descubierto hace veinte años un conjunto de fenómenos verdaderamente extraordinarios, designados bajo el nombre genérico de **fermentaciones**. Todos estos fenómenos exigen el concurso de dos materias: una llamada **fermentable**, tal como el azúcar, y otra **azoada**, que es siempre una sustancia albuminoide. Ahora bien, he aquí la teoría aceptada universalmente: las materias albuminoideas sufren, cuando han sido expuestas al contacto del aire, una alteración, una oxidación particular, de naturaleza desconocida, que les da el carácter de **fermento**, es decir la propiedad de obrar después, por su contacto, sobre las sustancias fermentables.*

Toman como ejemplo sobre fermento el más notable de la época; existe un fermento que se sabía ser organizado: la levadura de cerveza, que al igual que otras fermentaciones descubiertas, no se había podido descubrir la existencia de seres organizados, incluso buscándolos con cuidado, entonces se aplicaba a la levadura de cerveza la teoría general diciendo: “No es porque sea organizada por lo que la levadura de cerveza es activa; lo es porque ha estado en contacto con el aire. Es la porción muerta de la levadura, la que ha vivido y está en vía de alteración, la que obra sobre el azúcar.

Pues para lo químicos y como se manifiesta en el marco teórico y Según Lavoisier, (Dubos, 1953), el proceso de fermentación se resumía en una reacción química el azúcar se descomponía en dos partes, una de las cuales era oxidada a expensas de la otra con la formación de ácido carbónico, mientras que la segunda parte, cediendo su oxígeno a la primera, constituía la sustancia combustible, alcohol.

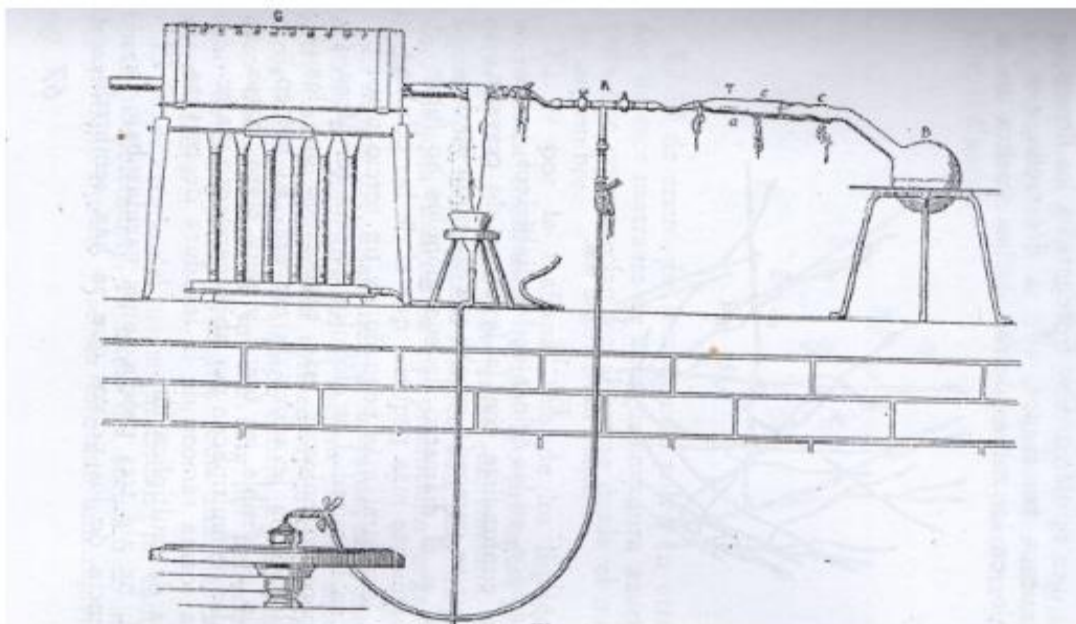
Explicación no muy convincente para Pasteur, aunque también era químico el argumentaba:

Mis estudios me llevaban a conclusiones completamente diferentes. Comprobaba que todas las fermentaciones propiamente dichas, viscosas, láctica, butírica, la fermentación del ácido tartárico, del ácido málico, de la urea..., coincidían siempre con la presencia y multiplicación de los seres organizados. Y lejos de que la organización de la levadura de cerveza fuese una cosa embarazosa para la teoría de la fermentación, era por eso mismo, al contrario, por lo que entraba en la ley común y era el tipo de todos los fermentos propiamente dichos. En mi opinión, las materias albuminoides no eran nunca fermentos sino el alimento de los fermentos. Los verdaderos fermentos eran seres organizados.

Para sus estudios Pasteur ideó varios experimentos con diferentes sustancias o materia primas, que a la vez se hizo necesario crear o diseñar elementos materiales e instrumentales para poder realizar los estudios al final esto lo llevo a conocer sobre diferentes organismos inferiores vivientes,

Descripción del diseño material e instrumental.

En un matraz de 250 a 300 centímetros cúbicos, introduzco de 100 a 150 centímetros cúbicos de líquido... como se muestra en la imagen # 1.



*Imagen # 1: Artefacto de trabajo del laboratorio de Pasteur, el montaje del instrumento de trabajo para purificar muestras (Donde **T** es un tubo de cristal fuerte, de 10 a 12 milímetros de diámetro inferior, en el que he colocado una punta de tubo de pequeño diámetro **a**, abierto en sus extremidades, libre para deslizarse. **R** es un tubo de latón en forma de T, provisto de llaves, una de las cuales comunica con la maquina neumática, otra con el tubo de platino y la tercera con el tubo **T**. **cc** representa el tubo de goma que une el matraz **B** con el tubo **T**. **G** representa el calorífico de gas.) (tomado del libro de Luis Pasteur sobre los estudios de la generación espontánea)*

El cuello delgado del matraz comunica con un tubo de platino calentado al rojo como indica la (Imagen 1). Se hace hervir el líquido durante dos a tres minutos, después de lo cual se lo deja enfriar por completo. Se llena de aire ordinario a la presión de la atmósfera, pero del cual todas las partes han sido puestas al rojo; después se cierra con la lámpara el cuello del matraz, que adquiere entonces la forma indicada en la imagen # 2.

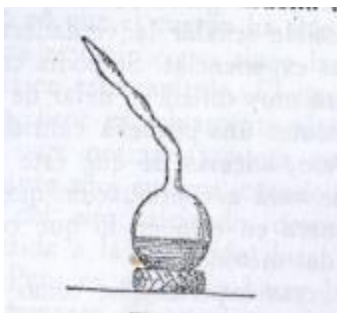


Imagen # 2: matraz con cuello estirado

El matraz así preparado, se coloca en una estufa a una temperatura aproximada de 30°; puede conservarse indefinidamente, sin que el líquido que contiene experimente la menor alteración.

Actividad experimental con diferentes muestras.

Pasteur llevó a cabo los experimentos con muestras tales como agua de levadura azucarada, de orina y de leche, de los cuales se obtuvieron resultados diferentes en cuanto a la aparición o no de infusorios, por ejemplo de la orina y del agua de levadura azucarada, llevados a la temperatura de la ebullición a 100° durante tres o dos minutos, y luego expuestos al contacto del aire que ha sufrido la temperatura roja, no experimenta ninguna alteración.

Caso contrario al de la leche; Palabras de Pasteur el 10 de abril de 1860, *preparo un matraz de leche con el aparato de la figura 1. La ebullición ha durado dos minutos, desde el momento en que el vapor de agua había calentado ya bastante la parte delgada del cuello para que no se la pudiese resistir con la mano. Después del enfriamiento del líquido, se cierra con ayuda de la lámpara el cuello del matraz, como de ordinario y se lleva a una estufa a la temperatura de 25° a 30°.*

*El 17 de abril, la leche de este matraz esta cuajada. Ninguna apariencia de desprendimiento de gas. Corto el cuello con ayuda de una lima. Débil olor de leche cuajada. El suero es tan alcalino como la leche fresca. Examinado al microscopio, lo encuentro lleno de vibriones de una misma especie, pero de longitudes muy variables. Tienen un movimiento lento, sinuoso; no hay en absoluto **bacterium termo**, ni ninguna otra producción vegetal o animal. No hay, pues duda de que la leche se ha cuajado bajo la influencia de la vida de esos vibriones...*

El análisis del aire del matraz ha dado Oxígeno: 0,8; Ácido carbónico: 17,2; Hidrogeno 0,2; Ázoe por diferencia: 81.8 para un total de 100.0

Resulta de este análisis que el oxígeno había desaparecido en gran parte, y había sido remplazado por el ácido carbónico, sin duda alguna bajo la influencia de las respiraciones de los vibriones.

El hecho de la existencia de los vibriones todavía vivos al abrir el matraz, aunque no hubiese 1/100 de oxígeno, muestra que la vida de estos pequeños seres continúa mientras existe oxígeno e incluso cuando la proporción del ácido carbónico es considerable.

*Las experiencias que acabamos de hablar me han ofrecido siempre resultados análogos. La leche, sometida a la ebullición a 100° y abandonada al contacto del aire calentado, se llena después de algunos días de pequeños infusorios, lo más a menudo de una variedad de **Vibrio lineola** (ver imagen # 3) y de bacterias, y, conservando completamente su alcalinidad, se cuaja.*



*Imagen # 3: **Vibrio lineola***

Ahora bien la leche cuajada o putrefacta aun hervida a 100°C y expuesta al aire calentado, no era más que un accidente provocado por este hecho: *que la temperatura de ebullición no había sido suficientemente elevada. Basta practicarla a 100 grados y pico, e incluso prolongarla, para que los resultados tengan toda claridad y precisión de los que hemos ya obtenido operando con el agua de levadura y orina.*

Pero queda una duda, se dirá *¿cómo es posible que el agua de levadura azucarada y la orina no tengan necesidad de sufrir más que una ebullición a 100°C , para que nunca se vean aparecer en ellas (organismos vivos) vibriones, al contacto del aire calentado?*

Pues bien, bajo este interrogante Pasteur manifiesta que esto se deba probablemente a que los líquidos como agua de levadura azucarada y orina son muy débilmente ácidos, mientras que la leche es alcalina, por lo tanto idea un nuevo experimento.

El nuevo experimento consiste en añadir aire calcinado (1 gramo de carbonato de cal) Tanto para el agua de levadura azucarada y la leche.

21 de marzo 1860, preparo seis matraces con ayuda del aparato de la figura 1, estos contienen azúcar, agua de levadura y carbonato de cal. Después de haberlos llenado de aire calcinado los cierro con la lámpara de esmaltador y los deposito en la estufa. El 25 de marzo encuentro en efecto que varios de los matraces está lleno vibriones que se mueven muy lentamente como si estuvieran enfermos.

Pero si ahora repetimos a esos mismos ensayos haciendo hervir el líquido a 105° solamente, no se verá formarse en ningún caso la menor turbulencia.

Esto indica que si la leche se altera en presencia del aire calcinado, cuando no ha sufrido más que una ebullición a 100° , es porque es ligeramente alcalina, ya que basta con añadir un poco de creta al agua de levadura azucarada para comunicar las mismas propiedades, propiedades que no tiene nunca si es puesta a hervir sin la adición de creta.

Pero ahora veamos lo que ocurre con la leche en presencia de aire calcinado, cuando se siembra los polvos del aire en la leche conservada intacta por una ebullición a 100 grados y pico.

El 7 de abril de 1860, hago pasar a un matraz, cuya leche hervida a 108°, ha permanecido sin alteración desde hace dos meses, una porción de un pequeño taco de amianto cargada de polvos suspensos en el aire.

El 9 y 10 de abril, la leche parece intacta, pero ya el 10 de abril por la tarde la capa mantecosa de la superficie presenta burbujas de gas. Agito el recipiente para hacerlas desaparecer; dos horas después se han formado ya nuevas burbujas. El 11, la fermentación continúa manifestándose con burbujas de gas; pero la leche no está cuajada.

*El 15 de abril, la leche, sin estar cuajada. Abro el matraz en la cuba de mercurio, a fin de estudiar el contenido. Del matraz sale con fuerza una cantidad notable de gas; es, pues evidente que ha habido fermentación. Al llevar la muestra al microscopio se encuentra **bacterium termo**, mezclada con **vibrio lineola** de pequeña dimensión.*

Pues bien es un mismo diseño experimental para el estudio de diferentes muestras, que dan resultados diferentes. En los párrafos anteriores se puede evidenciar algunas modificaciones que sufre el diseño instrumental a causa de los diferentes resultados, esto es la aparición o no de infusorios en los líquidos estudiados, Pasteur convencido de la rigurosidad de su trabajo no podía asimilar esos resultados, pues el mismo argumenta que: “*la experiencia, dirigida como he descrito en la (Imagen 1), no falla nunca*”. Muestras como la orina y agua de levadura azucarada revelan resultados positivos, pero la leche revela un resultado negativo, en esta última hay aparición de infusorios, con o sin modificación del instrumento y/o variables a tener en cuenta como la temperatura o tiempo de ebullición del líquido. Es importante aclarar que Pasteur no se detuvo analizar el origen de los infusorios en la leche; argumentando que: *Yo habría deseado indagar cual es el verdadero origen de los gérmenes de los vibriones que aparecen en la leche hervida a 100°, y luego expuesta al aire calcinado. ¿Existen esos gérmenes en la leche natural? Esto es imposible. Sin embargo, me siento inclinado a creer que pertenecen simplemente a los polvos que caen en la leche durante y después del ordenamiento, o que se encuentran siempre en los recipientes empleados para recoger la leche.*

4.2.2 Pertinencia del estudio de caso

Este estudio de caso que se ha realizado tiene como finalidad comprender la ciencia como un proceso de construcción de conocimiento y más aún comprender la actividad científica como una actividad humana y cultural; en palabras de Harré R. (1986) es muy importante tener en cuenta “la naturaleza de los experimentos y el papel que desempeñan en la adquisición de conocimientos científicos” (p.20).

La información obtenida en cuanto a la experimentación sobre *el papel de los microorganismos en la fermentación* adquirida por la red sistémica (categorías y subcategorías);

Tabla # 3: Categorías y Subcategorías para la clasificación de experimentos

CATEGORIA	SUBCATEGORIAS	CLASIFICACION
Demostrativos	Real Simulacro	X
Estéticos	Simple Complejo	X
Descriptivo	Objetiva Subjetivo	X
Histórico contextual	Delineado Ramificado	X

Se puede considerar que el trabajo experimental de Pasteur cumple con las cuatro categorías propuestas, así que veremos a continuación con qué tipo de subcategorías cumple

Real: por que se desarrolla dentro del contexto que el autor se encuentra, pues recordemos que ciudad de Lille era zona industrial de licores, y Pasteur tuvo la osadía de hacer de estas industrias un sitio de trabajo, al cual adecuo un laboratorio para poder estudiar porque algunos licores sufrían alteraciones, esto era una situación real dentro del contexto.

Para estos estudios Pasteur idea una serie de diseños materiales e instrumentales (ver figura 1) que a su vez hacen que estos experimentos sean *complejos*, pues estos aparatos requieren de modificaciones, a simple vista se observa que es un aparato rustico, pues en si hacer que estirar el cuello del matraz bajo calor, ya es un tanto complejo y ni que decir cuando utiliza aire calcinado como fuente de esterilización.

El texto descriptivo desde el mismo autor esto hace que se considere como *subjetivo*, pues como científico se apropia del asunto, además la información es obtenida del texto original del autor, en el cual se evidencia la pasión por su trabajo, pues no solo expone sus ideas, sino que argumenta pues demuestra con hechos su creencia del papel de los microorganismos en la fermentación; trabajo que toma un rumbo *delineado*, pues es a través de un caso como la fermentación que logra dar respuesta a otras temáticas que fueron fundamentales al desarrollo de una nueva ciencia, relacionada con el estudio de los microorganismos en diferentes procesos.

En el estudio de caso se evidencia el trabajo experimental que desarrollo Pasteur quien con perseverancia y acuciosidad, se preparó para el uso de estos métodos, no por el gusto de dominarlos sino para obtener una respuesta a las preguntas que tenía en su mente. El predominio de los problemas sobre los procedimientos técnicos es uno de los aspectos más destacados de su genio experimental. Una vez había reconocido y formulado un problema, era capaz de encauzar hacia su solución cualquier técnica asequible, fuera física, química o biológica; estaba siempre dispuesto a dedicarse a dominar los métodos experimentales más adecuados para dar una respuesta a sus problemas. Esto es en cuanto a técnicas de laboratorio se interesaba y utilizaba solamente aquellas que se adaptaban en forma debida para responder a sus problemas para fundar la verdad de sus hipótesis y para permitirle la elaboración de procedimientos efectivos y seguros.

Demostró una de las características fundamentales de los experimentadores bien dotados: la habilidad para reconocer un problema importante, y formularlo en términos susceptibles a la experimentación.

5. ANALISIS DE DATOS

5.1 Aspectos identificados entre las guías de laboratorio y el estudio de caso

De acuerdo a lo que se indicó en la metodología, para el estudio tanto a las guías o prácticas de laboratorio como el estudio de caso, se tuvo en cuenta desde la tesis de Pickering (1995) los tres elementos fundamentales del experimento dentro de la construcción de conocimiento: un procedimiento material, un modelo instrumental y un modelo fenoménico.

5.2 Sobre las Guías de Laboratorio

La enseñanza de las ciencias por muchas décadas ha sido sujeta de modelos tradicionales en el que el docente transmite un conocimiento y el estudiante actúa como un simple receptor, en cuanto a las guías o prácticas de laboratorio también se puede decir que son regidos por este modelo, en el que se promueve un trabajo científico limitado y además se concibe como la ilustración de lo que se ha trabajado en clase con la teoría, el desarrollo procedimental de las guías de laboratorio se lleva a cabo bajo una secuencia de pasos a seguir, como quien sigue las indicaciones de una receta de cocina, pues la finalidad de este tipo de guías según García (2011), Malangón (2012), Marín (2010), es de carácter demostrativa en el que las prácticas experimentales solo se utilizan para validar, verificar u observar lo que dice la teoría dando mayor importancia al conocimiento conceptual e ignorando o dejando en un segundo plano el conocimiento procedimental y actitudinal, y es en este sentido que se critica este tipo de presentación, pues, el lector actúa como simple receptor, anulando la capacidad de comprensión y entendimiento.

Aunque las guías del laboratorio de microbiología no son ajenas a lo mencionado anteriormente, no es que se pretenda satanizar esta manera de hacer práctica experimental, pues en cierto modo genera conocimiento conceptual, aunque este conocimiento puede ser momentáneo por su estilo memorístico y repetitivo, ante esto García (2011) dice: “la manera de presentar los experimentos no debe ser solamente descriptivo o narrativo, sino que debe avanzar

hacia la caracterización de experimentos que involucren problemáticas y que tengan una riqueza conceptual en sí mismo” (p.14), esto es pensar en actividades que permitan explorar, que en su proceso vayan dando respuesta acerca del fenómeno estudiado, y si *El experimento tiene vida propia*, (Hacking, 1996) se debería aprovechar y plantear actividades que generen riqueza en conocimiento tanto conceptual como procedimental y actitudinal.

Ahora bien, se puede decir que las guías de laboratorio carecen de los elementos identificados según lo propuesto por Pickering, pues no se evidencia un modelo fenoménico las temáticas se presentan de forma simple bajo los propósitos o intenciones del autor del texto, se le indica al lector desde el inicio *el que hacer* para llegar al producto y/o resultado.

También se evidencia la carencia del procedimiento material, pues la forma de proceder que se expone en las guías de laboratorio, es decir, la rigidez del experimento y el seguir instrucciones paso a paso anula o desplaza el desarrollo de los procesos cognitivos, en otros términos se limitan las habilidades para explicar, interpretar y sistematizar información” (García y Ramos, en Marín 2010).

De las guías de laboratorio se rescata lo que para Pickering (1995) es importante ya que entra en juego en los resultados experimentales y en la construcción de conocimiento se habla del *modelo instrumental* que se refiere a los aparatos e instrumentos necesarios para llevar a cabo el trabajo experimental. El material hace parte del contenido de la guía, esto demuestra que el autor reconoce la importancia de estos, pues ha de entenderse que son necesarios en la obtención de resultados.

5.3 Sobre el Estudio de Caso

Sin duda alguna la historia de la ciencia permitir conocer de forma más profunda el origen de determinado fenómeno, y más aún revela la estrecha relación entre el carácter teórico y metodológico de la ciencia en la producción de conocimiento.

El estudio de caso brinda referentes importantes para comprender los motivos teórico y prácticos que llevaron a Pasteur a plantear un problema y que obstáculos tubo en la construcción del mismo.

En el trabajo experimental de Pasteur sobre la función de los microorganismos en la fermentación se evidencia como los elementos fundamentales que hacen parte de los resultados experimentales tiene un valor importante. El desarrollo de la actividad experimental comienza cuando Pasteur decide investigar las dificultades que estaba teniendo *M Bigo en su destilería con la fermentación del azúcar de remolacha*.

Ahora bien, lo interesante del caso es observar como a través de una problemática dada en el contexto se desencadena todo un trabajo experimental en el que entran en juego los elementos fundamentales propuestos por Pickering (1995).

Es muy importante mencionar que Pasteur decide realizar la investigación sobre la fermentación del azúcar de remolacha por que ya tiene unas bases de conocimiento a través de sus estudios sobre la alteración de materia orgánica agua de levadura (fermentación). En este sentido el conocer (modelo fenoménico) se hace importante y toma relevancia en la explicación de un fenómeno, saber microbiología no es simplemente saber de la gran cantidad de microorganismos, de sus morfologías, etc. Saber de fermentación no es simplemente decir que es un proceso de transformación de una sustancia en otra, saber sobre estos temas es poder relacionar y entender como un microorganismo actúa en una sustancia o materia prima hasta tal punto de transformarlo en otra.

A demás del conocer otros aspectos que son importantes en los resultados de la actividad experimental son el diseño instrumental y el procedimiento material, elementos que Pasteur les da gran importancia, pues bien sabe que sin ellos hubiese sido imposible llevar a cabo sus estudios sobre la fermentación, implementa todo un montaje del equipo que ayudaría a responder sus inquietudes.

El aparato u artefacto (Imagen 1) tiene una razón de ser, cada parte del equipo o instrumento tiene una función especial, y es evitar por calentamiento la contaminación o alteración de la sustancia estudiada pero para que se dé cumplimiento de esto la sustancia no debía estar en contacto con el aire ordinario.

Algo interesante y que es importante mencionarlo es que a pesar de su conocimiento, y de los cuidados que tuvo al utilizar el equipo y una de sus muestras no pudo explicar por qué la leche sufría alteraciones aun si las condiciones de trabajo era modificadas.

El conocer, el comprender el funcionamiento de instrumentos y reconocer la importancia que cobran los materiales dentro de la actividad experimental es muy necesario, pero esto no significa que los resultados sean perfectos pues en el agua de levadura los resultados fueron positivos, pero en la leche no se obtuvo los mismos resultados, había algo más en la leche que Pasteur no pudo descifrar.

5.4 Cuadro comparativo entre la Guía de Laboratorio-Estudio de Caso

Elementos	Guía de laboratorio	Estudio de Caso
Tipo de experimento	Es descriptivo-narrativo, lineal y metódico.	Es demostrativo, real, genera inquietudes, interrogantes que a la vez desencadenan mayor conocimiento
Modelo fenoménico	Brinda toda la información, se le indica al experimentador que hacer y cómo hacer, para llegar al producto final anulando así la capacidad de comprensión	Bajo ciertos conocimientos que tiene el experimentador, actúa bajo su propio interés proponiendo sus propias alternativas de trabajo, que le permiten explorar hasta llegar al resultado final
Procedimiento material	Tiene gran importancia, se menciona en un listado el material (aparatos e instrumentos) necesario para desarrollar el trabajo, solo que presentado de esta manera el experimentador no tiene autonomía para saber qué hacer con el material pues en la metodología se le indica qué hacer con el material y como utilizarlo.	El experimentador sabe de la importancia que tiene el material (aparatos e instrumentos) para el desarrollo del trabajo, es autónomo para seleccionar que material necesita y sobre todo sabe que función puede darle al material requerido.

Modelo instrumental	Al estar implicado el diseño, realización e interpretación del experimento, así como el funcionamiento de los aparatos, el experimentador bajo las órdenes e indicaciones de la guía de laboratorio actúa según los propósitos del autor del texto. En este sentido el experimentador no está implicado ni el diseño, ni en el conocer sobre el funcionamiento de los aparatos, pues la guía ya le ofrece un procedimiento que se debe llevar paso a paso, anulando la capacidad de comprensión e interpretación del experimento, las variables de trabajo ya están controladas para que el producto obtenido sea el que indica la teoría	Al estar implicado el diseño, realización e interpretación del experimento, así como el funcionamiento de los aparatos, la autonomía que tiene el experimentador le permite ser el principal autor de su diseño experimental , dirige su propio trabajo, selecciona el material requerido, no se limita en seguir paso a paso un procedimiento. Llega al resultado final bajo su propio camino, permitiéndole comprender y entender el que, el para qué y el cómo. Aporta conocimiento
-----------------------------------	--	---

Tabla # 4. Cuadro comparativo entre la Guía de Laboratorio y el Estudio de Caso

6. PROPUESTA DE INTERVENCIÓN EN LAS PRÁCTICAS EXPERIMENTALES PARA LA ENSEÑANZA DE LA MICROBIOLOGÍA

Los aspectos identificados entre el análisis de las guías de laboratorio y el estudio de caso, permiten pensar en nuevas formas de experimentar en microbiología. En este sentido el análisis histórico-crítico del estudio de caso se hace con una finalidad pedagógica, pues de este se identifican las problemáticas y experimentaciones y esto a su vez es lo que permite plantear y proponer una nueva visión sobre la actividad experimental en el aula de clase.

En otras palabras es superar la imagen de ciencia y de la actividad científica heredada por la corriente positivista, ya que es importante considerar que la actividad experimental en el proceso de enseñanza y el aprendizaje de las ciencias no puede abordarse de manera independiente y desarticulada de la actividad de construcción conceptual. (Romero, Guzmán y Restrepo 2013)

En este sentido se tiene en cuenta las sugerencias de García (2011); cuando manifiesta que es necesario plantear experimentos que involucren problemáticas y que tengan una riqueza conceptual en sí mismo (vida propia), esto es plantear experimentos que permitan explorar, e indagar sobre el comportamiento de un determinado fenómeno, pero que se comprenda y entienda que detrás del experimento se esconde una gran riqueza en conocimiento. (p.14).

Para la propuesta que se plantea en este trabajo recoge los aspectos de la teoría de contenidos (Izquierdo, 2005) y (García, 2010), pero en este caso enfocados hacia la práctica experimental, pues bien los aspectos a tener en cuenta son:

1. Los objetivos
2. Los procesos epistemológicos
3. Los criterios
4. Los núcleos temáticos

Con lo cual se busca reorientar el papel del experimento en la enseñanza de la microbiología

1. Los Objetivos

La microbiología es una de las ciencias que por su naturaleza facilita pensar en esa nueva manera de experimentar, por ejemplo lo que se busca con el desarrollo de la propuesta es que el experimentador comprenda el papel de los microorganismos en el proceso de fermentación. Además que sea capaz de reflexionar sobre su propio conocimiento y, con esto, se construya como una persona (docente) capaz de orientar el proceso de construcción del conocimiento, capaz de transformar el conocimiento, dinamizarlo e involucrar a los estudiantes en este sentido

La propuesta se basa en plantear experimentos basados en problemáticas que pueden ser reestructuradas desde la historia y filosofía de la ciencia, la vida cotidiana, o fenómenos naturales partiendo del supuesto que el abordaje de temáticas desde problemáticas experimentales exige un tratamiento tanto teórico como metodológico para hallar su solución.

Por otra parte se pretende que el docente en formación inicial se involucre en el proceso de construcción y organización de la actividad experimental, con el fin de ampliar su visión sobre el papel del experimento en la enseñanza y poder confrontar sus ideas con las que circulan tradicionalmente, en otras palabras, tener presente que el desarrollo de un resultado experimental esta mediado por instrumentos, artefactos, conocimiento conceptual, en otras palabras está relacionado con los elementos que hacen parte de la dinámica de la experimentación (un procedimiento material, un modelo instrumental, y un modelo fenoménico) Pickering (1995).

La propuesta de intervención en las prácticas experimentales para la enseñanza de la microbiología se aleja del modelo lineal, y metódico; se desarrolla en dos momentos; en el primer momento se presenta un situación en torno a la fermentación tomado desde la historia de la ciencia, la cual servirá como referente o antecedentes de conocimiento que permitirá abordar su organización; y esto a la vez lo conduce a un segundo momento que lo incita al proceso de construcción y desarrollo de la actividad experimental.

2. Los procesos epistemológicos.

La propuesta se orienta principalmente al desarrollo de la actividad experimental, tomando como referente los estudios sobre el papel de los microorganismos en la fermentación, ya que los estudios de la historia y filosofía de la ciencia demuestran cómo alrededor de estos estudios, los

cuales están relacionados con el trabajo experimental se originó un cuerpo de conocimiento que contribuyó al desarrollo de la microbiología como ciencia.

Esto es entender que:

- A través de la actividad experimental se genera mayor conocimiento y permite comprender el comportamiento de un fenómeno.
- Los resultados de la actividad experimental dependen además del conocimiento conceptual de los materiales, instrumentos u artefactos los cuales juegan un papel importante
- Los estudios realizados por Pasteur entorno a la fermentación brinda muchos elementos a tener en cuenta para el trabajo experimental dentro de la enseñanza de la microbiología.

3. Los criterios.

En el análisis de las guías de laboratorio para el curso de microbiología se percibe un trabajo experimental lineal y metódico, pues lo que se pretende con esta propuesta es dar un giro a ese tipo de trabajo experimental, ya que la manera como ha sido llevado al aula de clase (laboratorio) es solo para observar, entonces el tipo de experimentación que se propone incita al experimentador a explorar e indagar a plantear su propia ruta de trabajo para llegar al resultado, esto es, que se vaya construyendo conocimiento a medida que va avanzando en su trabajo.

Por otra parte, se pretende con esta propuesta que el experimentador además de conocer diversidad, morfologías, estructuras de los microorganismos, conozca o comprenda el comportamiento de los microorganismos en los diferentes ambientes, en este caso sería relacionar la acción de los microorganismos en los procesos de fermentación.

A partir de esta propuesta también se busca que el experimentador ejerza autonomía para expresar su opinión y pueda confrontarla ante el grupo de trabajo; además que adquiera responsabilidad para desarrollar su respectivo trabajo.

4. Los núcleos temáticos.

El proceso de fermentación es una temática que desde la actividad experimental permitirá comprender ciertos aspectos que se relacionan con este proceso y también aspectos que se relacionan en la actividad experimental de la microbiología. Por ejemplo:

Tabla # 5: Núcleos temáticos

Aspectos que se relacionan con la fermentación	Aspectos que se relacionan con la actividad experimental
Clases de fermentación y productos obtenidos	Cepa microbiana
Transformación de carbohidratos	Medio de cultivo
Metabolismo y nutrición microbiana	Esterilización
Fuentes de nutrición	Asepsia
microorganismos	Incubación
Carbohidratos	Variables de trabajo (temperatura, presión)

La propuesta planteada consiste en:

El estudio de la fermentación láctica. Se pretende estudiar e identificar el comportamiento de los microorganismos fermentadores en diferentes muestras (diferentes tipo de leche).

Entonces, la propuesta se desarrolla en dos momentos

Primer momento: está relacionado con el estudio del comportamiento de los microorganismos en las diferentes muestras. Para esto se toma información desde la historia de las ciencias sobre la teoría del germen de la fermentación, pues además de brindar conocimiento conceptual se puede identificar problemáticas y experimentaciones que han de servir como base para emprender el desarrollo metodológico de la propuesta.

El *modelo fenoménico* o conocimiento conceptual se expresaría bajo los antecedentes que provienen del estudio de la teoría del germen en la fermentación (fermentación alcohólica).

El estudio de alimentos producto de la fermentación microbiana, proviene desde la antigüedad, pero 1850 cobra mayor importancia, cuando Pasteur enfoco su atención en una de las industrias más importantes de Francia: la fábrica de vino. Al examinar muchos lotes de vino, descubrió microbios de diferentes clases, en los lotes buenos encontró predominio de cierta

clase de microorganismos; en los lotes malos o peores estaban presentes otras clases.

Posteriormente, Pasteur determinó que con la selección apropiada de un microorganismo, el fabricante obtendría un producto consistente, bueno y uniforme. Para lograr esto debía eliminar los microbios que ya estaban en los mostos y comenzar una nueva fermentación con un cultivo (masa de microorganismos en crecimiento), procedente de una cava de vino que había sido satisfactorio.

Pasteur sugirió que las clases de microbios indeseables podrían eliminarse calentando los mostos, no tanto como para estropear el aroma del zumo frutas, pero si lo suficiente para matar esos microbios. Descubrió que sometiendo los mostos a temperaturas de 62,8 °C (145°F) por 30 minutos se lograba el objetivo deseado. Este proceso se conoce en la actualidad como *pasteurización*. (Montoya, V. H. 2008)

En los párrafos anteriores se da a conocer suficiente información a tener en cuenta para que el experimentador desarrolle su estrategia metodológica, sin olvidar el material (*procedimiento material*) requerido y la importancia que ha de tener para obtener un resultado (*modelo instrumental*).

Entonces para dar cumplimiento al propósito planteado, se invita al experimentador a que altere variables e intervenga desde diferentes procedimientos experimentales (jugar con las diferentes cepas microbianas, los diferentes tipos de muestra), y que también altere las condiciones de trabajo esto es modificar tiempo y temperaturas.

Tabla # 6: Cuadro cruce entre cepa microbiana y tipo de muestra

Cepa microbiana Tipo de Muestra	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>C</i>	Condiciones de trabajo
A				
B				
C				

Con esta propuesta se pretende que el experimentador busque experimentos que le permitan concluir con que cepa, que muestra y bajo qué condiciones se puede obtener un producto consistente, bueno y uniforme.

Segundo momento: está relacionado con la identificación de la cepa microbiana que ayudó a obtener mejores resultados. Esto lo llevara a realizar consultas sobre procesos para identificar cepas microbianas; pero lo importante de este segundo momento es que el experimentador se relacione con la adecuada planificación que se requiere en la practicas de laboratorio como son el pre, durante y pos trabajo experimental (Marín 2010)

El pre trabajo experimental está relacionado con el conocimiento conceptual (temática, metodología) que se requiere para hacer trabajo en el laboratorio

El durante, que es el trabajo experimental se relaciona con el desarrollo metodológico

Y el post trabajo experimental, está relacionado con el conocimiento adquirido y generado

Estos tres momentos le permitirán al experimentador no solo diseñar su propia ruta de trabajo, sino que además le permitirá construir mayor conocimiento, pues esta ha de ser la mejor riqueza ya que al lograr comprender y entender el comportamiento del mundo, lograra que otros también lo hagan

CONCLUSIONES

No puede negarse la relevancia que tiene la historia de las ciencias en la enseñanza de las ciencias, pues no solo permite el conocer, sino que permite entender el comportamiento del mundo. Además pone en evidencia que la actividad científica es una actividad humana, en la que el científico se involucra en la problemáticas y busca alternativas para presentar una solución.

La historia de las ciencias es una valiosa herramienta para mejorar la enseñanza de las ciencias, pues permite un acercamiento más profundo de cómo es creada y validada la ciencia y su actividad científica, en este sentido en el estudio de caso se evidencia que lo importante no es simplemente el resultado o producto obtenido en la actividad experimental, sino que detrás de los resultados de la actividad experimental participan diferentes factores como la infraestructura, el material, los instrumentos, la interacción humana, aspectos políticos, económicos etc.

Fomentar el uso de las fuentes primarias en la búsqueda de la información directa, pues estos brindan información real que no suele ser considerada en los libros de textos utilizados para la enseñanza.

Sobre el papel del experimento

Reconocer el rol que tiene la actividad experimental en la enseñanza de las ciencias, es reconocer la importancia que cobra en la construcción del conocimiento. No es simplemente realizar trabajos experimentales en el que se siga paso a paso un procedimiento para comprobar una teoría, sino lograr crear interacciones entre la teoría y el experimento.

El estudio estructural realizado a las guías de laboratorio permite concluir que estos textos son expositivos en el que el lector actúa de acuerdo a los propósitos del autor. El papel del experimento es demostrativo anulando el papel que tiene en la construcción de conocimiento.

Con respecto a las guías de laboratorio, no es que se quiera demeritar la estructura de estas, pero no necesariamente la actividad experimental se debe desarrollar bajo un modelo establecido, la actividad experimental va más allá de seguir paso a paso un procedimiento para obtener un resultado, producto, u observar estructuras o formas, claro está que el conocer es muy importante, pero el conocimiento obtiene mayor riqueza cuando se adquiere con la experiencia propia, un claro ejemplo de esto se evidencia en el estudio de caso, en cuanto al trabajo

experimental que desarrolla Pasteur, fue a través de las experiencias mismas que él comprendió, por así decirlo el papel de los microorganismos en la fermentación, conoció que existen diferentes tipos de fermentación (láctica, alcohólica, butírica) y que cada fermentación estaba relacionada con un microorganismo diferente. Con esto se puede entender que no necesariamente la teoría está al servicio de la experiencia o viceversa, son dos procesos que van de la mano y es tan importante el uno como el otro.

Sobre la propuesta de intervención

Con la propuesta planteada en el marco de las prácticas experimentales para la enseñanza de la microbiología se busca involucrar al docente en formación inicial en la actividad misma de organización y construcción de la experiencia, con el fin de ampliar su visión sobre el papel del experimento en la enseñanza y poder confrontar sus ideas con las que circulan tradicionalmente.

Es importante que el docente en formación y aquellos que se dedican a la actividad docente que se enfrentan a las ciencias experimentales conozcan que los resultados experimentales están precedidos por ciertos elementos fundamentales mencionados por Pickering: modelo fenoménico, modelo instrumental, procedimiento material, pues comprender sobre la función que cumple cada uno de estos en los resultados experimentales es lograr reorientar el papel que se le ha dado a la actividad experimental y considerar la riqueza conceptual que se esconde detrás de esta, es reconocer que en el diseño, construcción y funcionamiento de aparatos e instrumentos también hacen parte de la construcción del conocimiento.

La propuesta de intervención permite considerar que es posible reorientar el papel que se le está dando a la experimentación y considerar la riqueza conceptual que allí se esconde. Saber microbiología no es simplemente saber de la gran cantidad de microorganismos, de sus morfologías, etc. Saber de fermentación no es simplemente decir que es un proceso de transformación de una sustancia en otra, saber sobre estos temas es poder relacionar y entender como un microorganismo actúa en una sustancia o materia prima hasta tal punto de transformarlo en otra, es darle importancia a la actividad experimental que se esconde en este proceso.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Arrizabalga, J. (1987). La teoría de la ciencia de Ludwik Fleck (1896-1961) y la historia de la enfermedad. *Acta Hispanica ad Medictinae Scientiamque Illustrandam* Vol. 7-8, 1987-88, pp. 473-481. ISSN: 021 1-9536
- Ayala, M. (2006). Los análisis histórico-críticos y la recontextualización de saberes científicos. Construyendo un nuevo espacio de posibilidades. *Pro-Posições*, v. 17, n. 1 (49) - jan./abr. 2006
- Ayala, M. M. Malagón, J.F. Sandoval, S. (2011). Magnitudes, medición y fenomenologías. *Revista de Enseñanza de la Física*. Vol. 24, N° 1, 2011, pp. 43-54
- Campanario, J. M. y Moya, A. (1999). ¿Cómo enseñar ciencias? Principales tendencias y propuestas. *Enseñanza de Las Ciencias*, 17(2), 179–192
- Candela, M. (2001). Como se aprende y se puede enseñar ciencias en la escuela. Pdf
- Calsamiglia y Tusón. (2001). *Las cosas del decir. Manual de análisis del discurso*. Barcelona: Editorial Ariel, S.A., 1999, 386 p
- Carrascosa, Gil y Vilches. (2006). Papel de la actividad experimental en la educación científica. *Cad. Brás. Ens. Fís.*, v. 23, n. 2: p. 157-181, ago. 2006.
- Cuellar Fernández, L; Quintanilla Gatica, M; Marzàbal Blancafort, A. (2010). La importancia de la historia de la química en la enseñanza escolar: Análisis del pensamiento y elaboración de material didáctico de profesores en formación. *Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho. Ciência & Educação (Bauru)*, vol. 16, núm. 2, 2010, pp. 277-291. São Paulo, Brasil.
- Días Gonzáles R. (1996) ¿son los alumnos capaces de atribuir a los microorganismos algunas de las transformaciones de los alimentos? *Revista de la enseñanza de las ciencias*, 1996, 11 (1), 33 – 44.
- Díaz, B. Á. (2005). *El docente y los programas escolares: Lo institucional y lo didáctico*. Ediciones Pomares, S. A.

- Diéguez, A. (2011) ¿Qué es la filosofía de la biología? Catedrático de Lógica y Filosofía de la Ciencia. Universidad de Málaga. Vol.4 | N° 132 Enero-Febrero 2011
- Dubos, R. J. (1953). *Louis Pasteur. El francotirador de la ciencia*, publicaciones Mexicanas. México D.F
- Estany, A. (2007). “*Innovación tecnológica y tradiciones experimentales. Una perspectiva cognitiva*”, México, Facultad de Ciencias, UNAM.
- Fuenmayor, G. (2008). Metodología lingüística para desarrollar los niveles de comprensión de textos expositivos en estudiantes universitarios Laurus, vol. 14, núm. 27, mayo-agosto, 2008, pp. 262-280
- García, E. (2009). *Historia de las ciencias en textos para la enseñanza.*, Cali, Editorial Universidad del Valle.
- García, E. (2011). *Las practicas experimentales en los textos y su influencia en el aprendizaje.* Tesis doctoral. Barcelona: Universidad Autónoma de Barcelona.
- García, E. (2011). Explanation based models experimental practices. Historicist philosophy contributions. *Revista científica* N° 14. Julio-diciembre 2011. Bogotá DC
- García, E y Estany, A (2010). Filosofía de las prácticas experimentales y enseñanza de las ciencias. *Revista Praxis Filosófica* No 31. Departamento de Filosofía. Universidad del Valle. Cali.
- Gil, D. (1983). *Tres paradigmas básicos en la enseñanza de las ciencias.* Enseñanza de Las Ciencias, 1, 26–33
- Hacking, I. (1986). *Representar e Intervenir.* Editorial Paidós. México.
- Harré, R. (1986) *Grandes experimentos científicos.* Editorial Labor. Barcelona.
- Iglesias, M. (2004). El giro hacia la práctica en filosofía de la ciencia: una perspectiva de la actividad experimental. *En revista de ciencias humana y sociales*, núm. 20, pp 44

Izquierdo, Merce; Sanmartí, Neus Y Espinet, Mariona, (1999). Fundamentación y diseño de las prácticas escolares de ciencias experimentales. *Enseñanza de las Ciencias*, 17 (1), 45 - 59.

Kuhn, T. (1962) *La estructura de las revoluciones científicas*. Ediciones del Fondo de Cultura Económica, Breviarios. México.

Latour, B. (1995) *La vida en el laboratorio. La construcción de los hechos científicos*. Alianza universidad. Madrid.

Luis Pasteur. Estudios sobre la generación espontánea.

Malagón, J. F. (2012). Teoría y experimento, una relación dinámica: Implicaciones en la enseñanza de la física. Física y Cultura: *Cuadernos sobre Historia y enseñanza de las ciencias* - No. 8 , 2014 / ISSN 1313-2143 / Análisis Histórico-Críticos

Malagón, Ayala y Sandoval. (2013). *Construcción de fenomenologías y procesos de formalización: Un sentido para la enseñanza de las ciencias*. Universidad Pedagógica Nacional. Editorial.pedagogica.edu.co. Bogota 2013

Marin, Q. M. (2010). El trabajo experimental en la enseñanza de la química en contexto de Resolución de Problemas. Revista EDUCYT. Vol 1, Enero-Junio de 2010.

Marín, M. García, E. (2013). *Construcción de fenomenologías y procesos de formalización: Un sentido para la enseñanza de las ciencias*. Cap 3 Pensar y actuar en el aula. La construcción de conocimiento a través de la experimentación: el caso de la combustión. Universidad Pedagógica Nacional. Editorial.pedagogica.edu.co. Bogota 2013

Matthews, M. (1994). Historia, Filosofía de las Ciencias. La aproximación actual. *Revista enseñanza de las Ciencias*. N° 12 (2), pp. 255-277

Nolasco y Modarelli. (2009). Metodología didáctica innovadora: una experiencia en el aula universitaria. *Revista iberoamericana de Educación*. N° 48/2 10 de Enero de 2009.

Ordoñez, J y Ferreiros, J. (2002) Presentación: Hacia una filosofía de la experimentación. *Revista Theoria*, Vol. 17. Número 44, 209 – 219

- Pickering, A. (1995). *The mangle of practice. Time, agency and science*. The University of Chicago Press.
- Pozo, J. I., & Gómez Crespo, M. A. (1998). *Aprender y enseñar ciencia. Del conocimiento cotidiano al conocimiento científico*. Ediciones Morata, S. A.
- Pulido de Castellanos, R. (2006). Representaciones sociales acerca de los microorganismos en estudiantes de Licenciatura en Biología. Pdf.
- Ordoñez, J y Ferreiros, J. (2002). Hacia una filosofía de la experimentación. *Revista Hispanoamericana de filosofía*, Vol. 34. Número 102, pp. 47– 86
- Shapin, S. (2000). *La Revolución Científica: una interpretación alternativa*. Editorial Paidós. Barcelona.
- Van Dijk, T. A. (1997). *La ciencia del texto*. Editorial Paidós. Barcelona.

ANEXO

ANEXO 1

ELABORACION DE YOGUR

1. INTRODUCCIÓN

Las bacterias lácticas son un grupo de bacterias unidas por una amplia serie de características morfológicas, metabólicas y fisiológicas. Están generalmente asociados a la industria agroalimentaria ya que son consideradas agentes de alteración de las materias primas para la obtención de la calidad organoléptica de los alimentos.

La producción de yogur es el resultado del desarrollo de determinados microorganismos que modifican los componentes normales de la leche, donde la lactosa se transforma parcialmente en ácido láctico. Entre estos microorganismos se encuentran *Lactobacillus bulgaricus*, *Lactobacillus casei* y *Streptococcus thermophilus*. Estas bacterias soportan muy bien los medios ácidos cuando se cultivan conjuntamente producen más ácido láctico que cuando crecen aislados.

2. OBJETIVOS

- ☐ Aprender la técnica básica de siembra de microorganismos en leche para la producción de yogur.
- ☐ Identificar las bacterias que participan en la fabricación de productos lácteos como el yogur.

3. MATERIALES

Caja de Leche entera Azúcar Cepa Lactobacilos
Medio MRS Frascos para siembra Caja petri
Tubos de ensayo con agua peptonada

4. METODOS

- ☐ Caliente la leche cruda a 82 °C, deje enfriar hasta 45°C. Para leche pasteurizada caliente a 45 °C, mida su pH.
- ☐ Adicione la cepa microbiana y 4% de azúcar.
- ☐ Incube a 45 °C, durante 3 horas y media, midiendo el pH de la leche a la hora y media y al finalizar la incubación.
- ☐ Tomar una alícuota de 1 ml y adicionarla a un tubo de ensayo con 9 ml de agua peptonada, hacer diluciones hasta 10⁻³. Sembrar 1 ml de cada dilución y adicionar medio MRS.
- ☐ Incubar a 30 °C por 24 horas.
- ☐ Realizar los extendidos y coloraciones de las colonias aisladas.
- ☐ Monte al microscopio y realice esquemas y descripciones.

5. PREGUNTAS

- ☐ ¿Cuáles son las diferencias entre los términos: Homogenización, pasteurización, inoculación e incubación, con respecto a la producción de yogurt?
- ☐ Describa la forma casera para preparar yogur.
- ☐ ¿Cuáles son las propiedades nutritivas del yogur?