



Una propuesta para la enseñanza de la radiactividad en docentes en formación inicial desde un
análisis histórico crítico

Gina Marcela Mosquera Mina

Universidad Del Valle

Instituto De Educación Y Pedagogía

Santiago De Cali

2017



Una propuesta para la enseñanza de la radiactividad en docentes en formación inicial desde un
análisis histórico critico

Gina Marcela Mosquera Mina

trabajo de grado realizado para optar a título de
Licenciatura en Educación Básica con Énfasis en Ciencias Naturales
y Educación Ambiental

Director:

Dr. Edwin Germán García Arteaga

Universidad Del Valle

Instituto De Educación Y Pedagogía

Santiago De Cali

2017

Dedicatoria

Por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor. A mi madre Jenny, por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada, por su amor. A mi padre Luis Eduardo, por los ejemplos de perseverancia y constancia que lo caracterizan y que me ha infundado siempre, por el valor mostrado para salir adelante y por su amor.

Mi gran abuelo, amigo y ejemplo a seguir Manuel, por ser esa luz y ese guía, por mostrarme el mundo desde una mirada distinta, por haber hecho de mi lo que soy.

Y a ti...Andres, mi compañero de aventuras, de sueños, de alegrías, por cada palabra de aliento, por la comprensión y el apoyo incondicional, por ser mi soporte y compañía durante todo el periodo de estudio.

Todo esto se lo debo a ustedes...

Agradecimientos

Le agradezco a Dios por haberme acompañado y guiado a lo largo de mi carrera, por ser mi fortaleza en los momentos de debilidad y por brindarme una vida llena de aprendizajes, experiencias y sobre todo felicidad.

Le doy gracias a mis padres Luis Eduardo y Jenny por apoyarme en todo momento, por los valores que me han inculcado, y por haberme dado la oportunidad de tener una excelente educación en el transcurso de mi vida. Sobre todo, por ser un excelente ejemplo de vida a seguir.

A Andres, por ser una parte muy importante de mi vida, por haberme apoyado en las buenas y en las malas, sobre todo por su paciencia y amor incondicional. Te Amo Cielo.

Le agradezco la confianza, apoyo y dedicación de tiempo a mis profesores: Henry Cabrera, Angélica Mejía, Daiana Campo, Andres Espinosa y Robinson Rojas. Por haber compartido conmigo sus conocimientos y sobre todo su amistad.

Gracias a Dr. Edwin Germán García Arteaga por creer en mí, y brindarme la oportunidad de desarrollar mi Trabajo de Grado. Por darme la oportunidad de crecer profesionalmente y aprender cosas nuevas.

A mis amigos: Cristian, Viviana y Estefani, por ser parte significativa de mi vida, y por haber hecho el papel de una familia en todo momento, gracias por su apoyo, comprensión y sobre todo amistad.

A mis abuelos que siempre han creído en mí. ¡Ya soy Licenciada!

Tabla de contenido

RESUMEN	11
 UNA PROPUESTA PARA LA ENSEÑANZA DE LA RADIATIVIDAD EN DOCENTES EN FORMACIÓN INICIAL DESDE UN ANÁLISIS HISTÓRICO CRITICO	 13
 CAPÍTULO 1	 16
 1. JUSTIFICACIÓN	 16
 2. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	 19
 2.1 sobre las ideas de los estudiantes	 20
2.2 sobre la radiactividad	21
 CAPÍTULO 2	 24
 ANTECEDENTES	 24
 2.1 Los aportes de la historia de las ciencias para la enseñanza de las ciencias naturales	 24
2.2 La importancia de la actividad experimental en la enseñanza de las ciencias naturales	29
2.3 La construcción histórica de los conceptos y el aprendizaje de las ciencias	33

2.4 El fenómeno de la radiactividad en el ámbito educativo. -----	36
CAPÍTULO 3 -----	42
MARCO TEÓRICO -----	42
3.1 Historia de la ciencia en la enseñanza -----	42
3.2 La actividad experimental desde la historia de las ciencias y la formación profesores -----	46
3.3.1 Los orígenes de la actividad experimental en la física. -----	47
3.3.2 Relación de la actividad experimental y la historia de las ciencias -----	49
3.3.3 El procedimiento material -----	54
3.3.4 El modelo instrumental en las prácticas experimentales. -----	54
3.3.5 Modelo fenomenológico de las ciencias naturales -----	56
CAPÍTULO 4 -----	58
4.1 Antes de la radiactividad -----	58
4.2 Trabajos sobre radiactividad -----	61
4.3 Implicaciones del descubrimiento de la radiactividad -----	72
4.4 El conocimiento de los estudiantes sobre la radiactividad -----	75
ASPECTOS A TENER EN CUENTA EN EL DISEÑO DE UNA SECUENCIA DE	
ACTIVIDADES -----	90

CONCLUSIONES	95
---------------------	-----------

BIBLIOGRAFÍA	98
---------------------	-----------

Lista de Figuras

Figura 1.¿ Hacia dónde orientar la enseñanza de las ciencias? Fuente: Ayala, Malagón y Sandoval.....	43
Figura 2. Análisis estadístico de la pregunta 1 del instrumento de recolección de ideas previas	77
Figura 3. Análisis estadístico de la pregunta 2 del instrumento de recolección de ideas previas.	79
Figura 4. Análisis estadístico de la pregunta 3 del instrumento de recolección de ideas previas	81
Figura 5. Análisis estadístico de la pregunta 4 del instrumento de recolección de ideas previas	83
Figura 6. Análisis estadístico de la pregunta 5 del instrumento de recolección de ideas previas	85
Figura 7. Análisis estadístico de la pregunta 6 del instrumento de recolección de ideas previas	87
Figura 8. Análisis estadístico de la pregunta 7 del instrumento de recolección de ideas previas	89

Lista de Tablas

Tabla 1. Análisis estadístico pregunta 1 del instrumento de recolección de ideas previas	76
Tabla 2 . Análisis estadístico de la pregunta 2 del instrumento de recolección de ideas previas	78
Tabla 3. Análisis estadístico de la pregunta 3 del instrumento de recolección de ideas previas	80
Tabla 4. Análisis estadístico de la pregunta 4 del instrumento de recolección de ideas previas	81
Tabla 5. Análisis estadístico de la pregunta 5 del instrumento de recolección de ideas previas	83
Tabla 6. Análisis estadístico de la pregunta 6 del instrumento de recolección de ideas previas	86
Tabla 7. Análisis estadístico de la pregunta 7 del instrumento de recolección de ideas previas	88

Lista de Imágenes

Ilustración	1.	Montaje Experimental de Röntgen.	Fuente:	
		http://almadeherrero.blogspot.com.co/2011/10/el-descubrimiento-de-los-rayos-x.html		59
Ilustración	2.	Mano de la esposa de Röntgen impresa en placa fotográfica.	Fuente:	
		http://www.hachisvertas.net/blog/yonini/de-como-rontgen-descubrio-los-rayos-x/		59
Ilustración	3.	Tubos de Crookes.	Fuente:	
		https://www.fayerwayer.com/2011/04/el-tubo-de-rayos-catodicos-viva-el-ingenio/		60
Ilustración	4.	Líneas del Espectro Solar.	Fuente:	
		https://metodolea.wikispaces.com/G9N22		61
Ilustración	5.	Placa fotográfica de Henri Becquerel.	Fuente:	
		https://www.earthmagazine.org/article/benchmarks-henri-becquerel-discovers-radioactivity-february-26-1896		64
Ilustración	6.	Esquema general del banco de medidas. Modificado de Curie 1910.	Fuente:	
		http://museovirtual.csic.es/csic75/laboratorios/lab1/lab1b.html		67
Ilustración	7.	Trayectoria de los rayos, Experimento de Rutherford.	Fuente:	
		http://ww2.educarchile.cl/psu/estudiantes/Contenidos.aspx?sector=4&nivel=4&ejtem_sem=124		74

Resumen

Palabras Claves: Historia De Las Ciencias, Radiactividad, Análisis Histórico Crítico, Formación Inicial De Profesores

Desde hace varios años se evidencia la existencia de una constante preocupación en torno al proceso de aprendizaje de los estudiantes, de ahí la existencia de investigaciones alrededor de los procesos de Enseñanza – Aprendizaje (EA) que son vistos como un todo dentro del proceso educativo. Se ha establecido que en gran parte estos procesos están relacionados con la poca interacción entre las concepciones de los estudiantes y los contenidos educativos, limitando el proceso de enseñanza a la transmisión de forma abstracta y descontextualizada, sin tener en cuenta el contexto y las necesidades socioculturales en medio de las cuales han surgido los conceptos a lo largo de la historia de las ciencias. Este panorama se evidencia en la educación básica y en los programas de formación inicial docente.

En la formación inicial docente, se observa entonces que las metodologías empleadas no contribuyen en los procesos de construcción de conocimiento, pues se centran en la transmisión de los saberes, productos de la actividad científica de forma anecdótica y en ocasiones ahistórica carente de significado.

La presente investigación rescata la importancia y pertinencia del uso de la historia de la ciencia en la enseñanza de la misma con fines pedagógicos. Bajo esta perspectiva, se plantea el siguiente interrogante: ¿Qué elementos para la enseñanza sobre radiactividad se pueden reconocer a partir del uso de la historia de la ciencia en docentes en formación inicial?

Para responder a este interrogante es necesario comprender en concepto de radiactividad y el uso de la historia de las ciencias en los procesos de formación. Para ello, se realiza un análisis bibliográfico en torno a (I) los aportes de la historia de las ciencias para la enseñanza de las ciencias naturales, (II) la importancia de la actividad experimental en la enseñanza de las ciencias naturales. (III) la construcción histórica de conceptos y el aprendizaje de las ciencias, (IV) el fenómeno de la radiactividad en el ámbito educativo.

También es necesario realizar una conceptualización teórica en torno a (I) la historia en la enseñanza de las ciencias, (II) la actividad experimental desde la historia de las ciencias y la formación de profesores y (III) un análisis histórico critico que aporta a la reflexión sobre la construcción del concepto, destacando la realidad sociocultural de la época las necesidades y los materiales con que se llevaron a cabo las diferentes investigaciones científicas.

Finalmente se plantean una serie de observaciones a tener en cuenta para el diseño de una secuencia de actividades haciendo uso de la HC.

Una propuesta para la enseñanza de la radiactividad en docentes en formación inicial desde un análisis histórico critico

Este documento expone pautas a tener en cuenta al momento del diseño y aplicación de una secuencia de actividades para la enseñanza de la radiactividad en docentes en formación inicial, a partir de un análisis histórico crítico del fenómeno y las ideas previas de los docentes en formación frente a ello. Debido a que el descubrimiento de este fenómeno desencadenó una nueva manera de entender el comportamiento de la materia, potenciando un nuevo campo de acción dentro de la física y la química en grandes incidencias no solo científicas sino también sociales.

Se ha evidenciado en múltiples investigaciones, que, para la mayoría de los docentes de ciencias, la historia de las ciencias (HC) se reduce a un conjunto de hechos linealmente ordenados, frente a los que no se realiza un proceso de reflexión o análisis en relación con los contenidos específicos. Esto se encuentra derivado del paradigma positivista, que entiende la ciencia como un cúmulo de conocimiento que debe ser aceptado como verdadero, teniendo en cuenta que por su alto grado de complejidad no se encuentra a la altura de las masas, pero que a su vez estas no deben preocuparse por entender, ya que ha sido validado y aceptado por quienes sí están en capacidad de hacerlo. Frente a esto el rol del docente se reduce al transmisionismo, promoviendo un proceso de enseñanza – aprendizaje de la ciencia, acrítico, ahistórico y memorístico.

Esta investigación se llevó a cabo con el interés de plantear estrategias para el diseño de una secuencia de actividades haciendo uso de la HC, que incida en las ideas previas de los docentes en formación inicial frente al concepto radiactividad.

Frente a ello, El capítulo 1 se preocupa por evidenciar un panorama general del proceso de enseñanza – aprendizaje en docentes en formación inicial de la radiactividad, para finalmente plantear la pregunta de investigación: ¿Qué elementos para la enseñanza sobre radiactividad se pueden reconocer a partir del uso de la historia de la ciencia en docentes en formación inicial?

El capítulo 2, se centra en la realización de un análisis bibliográfico, en el cuál se presentan diversos trabajos de investigación y publicaciones relacionados con la problemática anteriormente establecida. Para ello se categorizaron en cuatro grupos, (I) los aportes de la historia de las ciencias para la enseñanza de las ciencias naturales; (II) la importancia de la actividad experimental en la enseñanza de las ciencias naturales; (III) la construcción histórica de conceptos y el aprendizaje de las ciencias y (IV) el fenómeno de la radiactividad en el ámbito educativo.

Por su parte, el capítulo 3, tiene como propósito la presentación de dos contenidos temáticos necesarios para resolver la problemática planteada, como lo son: (I) la historia en la enseñanza de las ciencias, donde se pone en evidencia el valor educativo que presenta el uso de los episodios históricos, además de abrir la posibilidad de construir conocimiento desde una perspectiva sociocultural; (II) la actividad experimental desde la historia de las ciencias y la formación de profesores, donde se realiza un análisis sobre la importancia de la actividad experimental llevada a cabo detrás del estudio de los fenómenos, así como la importancia de realizarla dentro del proceso de enseñanza-aprendizaje de las ciencias.

El capítulo 4, Este capítulo se presenta un análisis histórico crítico que aporta a la reflexión sobre la construcción del concepto, destacando la realidad sociocultural de la época las necesidades

y los materiales con que se llevaron a cabo las diferentes investigaciones científicas. Primero se plantean los estudios realizados antes de la radiactividad, se continua con un análisis histórico crítico de la actividad experimental realizada por los esposos Curie y Henri Becquerel en torno al fenómeno que denominaron Radiactividad. Finalizando con el análisis de una encuesta que contrasta lo anteriormente presentado en los antecedentes sobre las ideas previas que tiene los estudiantes sobre el fenómeno de la radiactividad.

Posterior a ello se plantean una serie de observaciones a tener en cuenta para el diseño de una secuencia de actividades haciendo uso de la HC; finalmente, se plantean las conclusiones obtenidas al realizar el proceso de investigación, seguida de los referentes bibliográficos que la fundamentan.

Capítulo 1

La finalidad de este capítulo es evidenciar un panorama general del proceso de enseñanza-aprendizaje de las ciencias naturales en docentes en formación inicial. Caracterizar los análisis históricos como una herramienta, a través de la cual los estudiantes pueden realizar construcciones en torno a un tema específico, como lo es la radiactividad. Desde esta perspectiva es posible entender la HC como una alternativa viable para abordar en las aulas de clases, ya que permite establecer nexos entre la actividad experimental, la construcción teórica y el contexto social en el cual se desarrollan dichas construcciones, que permitan incidir en las ideas previas de los estudiantes.

1. Justificación

La radiactividad, es un fenómeno que en el panorama actual tiene grandes incidencias, a pesar de ello, es posible evidenciar que existe un amplio desconocimiento frente a ella; los medios de comunicación por ejemplo hacen referencia, sin hondar en sus implicaciones científicas y se centran en brindar información. Este desalentador panorama, no es lejano de los sistemas educativos en los cuáles no se abordan fenómenos concernientes a la física moderna, dejando así, que las ideas y vacíos en torno a estos fenómenos continúen formando parte de la cadena de desinformación que hay respecto a ellos.

Se ha demostrado, además, que existe un gran interés en comprender fenómenos modernos, como lo es la radiactividad, razón por la cual existe la necesidad de realizar propuestas orientadas hacia el proceso de enseñanza-aprendizaje (EA) de este tipo de fenómenos.

Desde esta perspectiva, es posible pensar en la historia de las ciencias (HC) como un nexo, el cual permite ubicar a los estudiantes en los contextos sociales que motivaron los intereses investigativos de diferentes científicos, así como las dificultades que debieron sortear en el proceso, con la finalidad de analizar las conclusiones a las que llegaron, a la luz de buscar que los alumnos tengan una comprensión del fenómeno y la actividad científica. Se busca que la HC permita visualizar situaciones que muestren una relación entre ciencia y sociedad, teniendo en cuenta que desde este punto de vista los procesos de EA no se limita a los contenidos científicos sino a los componentes sociales implicados en ello. Esto proporcionara a los estudiantes una comprensión de los contenidos científicos, pero además se acercará más a esa misión última de la enseñanza de las ciencias de construir una cultura científica donde los estudiantes puedan entender las ciencias como procesos en continua evolución y que está ampliamente ligada a las problemáticas y necesidades sociales.

Pero, además, podrán apreciar todas las transformaciones que han sufrido a lo largo del tiempo no sólo las técnicas y procedimientos en los cuales se fundamenta la ciencia experimental, sino también en las teorías y proceso. Y ello así mismo pone de entrevisto la resistencia que tan frecuentemente oponen las comunidades científicas –y la sociedad en general– ante cualquier cambio a lo oficialmente establecido como “verdad”, aunque la evidencia demuestre lo contrario (Kuhn, 1975).

Cuando se logra esta conexión los contenidos científicos y los contenidos de la historia de la ciencia, el objeto de estudio ha de ser la evolución de las ideas, como el orientador que ha impulsado la evolución del pensamiento científico, de las teorías y de las técnicas implicadas. Y

entendiendo la evolución de las ideas las otras evoluciones se entenderán fácilmente. Por ello el análisis de la historia de la ciencia no significa simplemente aprender una serie de datos acumulados, generalmente cronológicos y biográficos, sino que es necesario que todos estos datos vayan acompañados de un análisis de sus interrelaciones e influencias recíprocas (Esteban, 2000).

De esta manera, pueden llegar incluso a resultar esenciales para explicar cuál ha sido el papel de un determinado científico dentro de la ciencia y por qué y cómo ha contribuido a construir el conocimiento científico.

Pareciese entonces que un enfoque interdisciplinar es la única de forma de llevar al aula la historia y la ciencia, pero para esto es necesario pensar en un modelo de conocimiento que hace posible un enfoque interdisciplinar del currículo. Pero esto es posible verlo desde dos perspectivas diferentes, la primera podría ser unificando la forma de “enseñar” en todas las asignaturas con el fin de relacionar hechos y teorías adaptándolas al contexto escolar: pero esta propuesta puede traer como consecuencia la limitación del docente en cuanto a modelos didácticos, además que se caería en el error de las clases tipo receta donde es necesario desarrollar la habilidad de seguir instrucciones.

Finalmente, la HC en el aula es quizás la única manera de conseguir que los alumnos se convenzan de que las ciencias están estrechamente relacionadas con la cultura, o con lo que algunas veces se entiende como cultura, que para este caso sería la literatura, la poesía, la religión. Es necesario mostrar que no es incompatible con ninguna de estas manifestaciones culturales y que todas están influyen en científicos.

2. Problema de investigación

En el marco de la educación básica, al igual que en la formación inicial de profesores, ha sido posible observar que el proceso de EA de las ciencias naturales, ha estado fuertemente enmarcado dentro de un paradigma de enseñanza tradicionalista, donde se reconoce a la ciencia como un cúmulo de conocimientos acabados, objetivos, absolutos y verdaderos estipulados por los científicos, así que el objeto único de su estudio es memorizarla y asumirla como verdadera e irrefutable. Que reconoce el método científico como la única e infalible fórmula para enseñar ciencia, que además muestra una radical y absoluta incompatibilidad del conocimiento cotidiano con el conocimiento científico. Dentro de este modelo también se concibe alumno como un ente vacío que actúa como sujeto receptor al cuál le son transmitidos los conocimientos, así que el papel del docente es evidentemente el poseedor y trasmisor de los conocimientos teóricos, donde su papel es transmitir de forma clara y precisa los conocimientos científicos, dando como resultados procesos mecánicos cuantitativos. (Ortega,2007)

Desde este punto de vista es posible establecer entonces que el estudiante aprende de forma acrítica bajo una constante acumulación de contenidos científicos los cuales debe memorizar y aceptar. Lo que se logra bajo este paradigma, es que los estudiantes desarrollen ideas que se convierten después en unas de las dificultades en el proceso de aprendizaje de las ciencias porque son altamente resistentes al cambio.

Actualmente se reconoce que el proceso de aprendizaje por parte de los estudiantes se produce como resultado de la interacción entre los contenidos que los estudiantes abordan en el aula y los

conceptos pre-existentes en la mente del estudiante (Ausubel, 1968). Desde esta perspectiva, se hace evidente la necesidad de tener en cuenta las ideas de los estudiantes al momento de diseñar actividades que tengan como propósito la comprensión de un tema determinado. Esto conlleva a la modificación parcial o total de la estructura cognitiva del estudiante.

2.1 sobre las ideas de los estudiantes

De una forma generalizada, podría decirse que estas ideas son personales y responden a una particularidad de pensamiento, son producto de la experiencia y son distintas a los conocimientos científicos escolares, razón por la cual como afirma Viennot, son resistentes al cambio, aún después de la enseñanza. Dado que se encuentran relacionadas con la experiencia, responden a lo que los estudiantes conocen y las explicaciones “intuitivas” que construyen en torno a ellas, que al parecer sufren un proceso de progreso a medida que los estudiantes van adquiriendo experiencias más amplias que se van desarrollando hacia un pensamiento más forma. No obstante, algunas ideas previas pueden llegar a prevalecer aún en la edad adulta. También es posible afirmar que estas ideas son comunes entre grupos de estudiantes en edades y contextos socioculturales semejantes, además de ello pueden ser un obstáculo, en la comprensión del conocimiento.

En la formación docente, ha sido posible establecer que los profesores poseen diversas ideas sobre contenidos de la ciencia, estas ideas que suscitan en su práctica, dirigen diferentes acciones, estrategias, elaboran recursos, así mismo evalúan a sus alumnos y las actividades que realizan. Una de las características de las ideas de los docentes, es que se encuentran implícitas dentro de

su práctica, es decir, que pocas veces se hace conciencia sobre las diferencias entre el conocimiento científico y los componentes de sus ideas, que generalmente son usadas al momento de dar explicaciones y argumentos frente a un tema. Los profesores fundamentan estas ideas a partir de las construcciones que han realizado tanto en sus propios procesos de formación como en su experiencia cotidiana y en su práctica docente. También ha sido posible establecer que existe una similitud entre algunas de las ideas de los profesores y las de los alumnos de educación básica.

El reconocer estas ideas, posibilita una evolución en el proceso de EA de las ciencias, hacia una construcción de conocimiento que se realiza a partir del estudiante, ya que posibilita la formación de este de manera integral, promoviendo el desarrollo de pensamiento, las habilidades científicas y la construcción de un conocimiento significativo de las ciencias.

Es indiscutible entonces que los docentes, llevan al aula, su interpretación de los fenómenos y conceptos científicos, lo que hace necesario incidir de forma directa en las ideas e interpretaciones de los docentes en formación inicial con el fin de realizar construcciones en torno a los conceptos científicos, que contribuyan en su futura praxis.

2.2 sobre la radiactividad

La radiactividad, es un fenómeno que permite observar un amplio espectro de ideas de los docentes en formación inicial, debido que es un tema abstracto y controvertido, además de que existen ideas que se encuentran arraigadas acerca del fenómeno que de forma general se han dado como resultado de la interpretación mediática o del entorno.

Diversos estudios en torno a las ideas de los estudiantes sobre la radiactividad han demostrado que los estudiantes poseen conocimientos sobre los aspectos sociales del tema, sin haber abordado en las aulas de clases discusiones al respecto, lo que refuerza la idea sobre el origen de dichas ideas y la imagen, generalmente negativa que se tiene al respecto; desconociendo por completo el contexto en el cual se desarrollaron las investigaciones, los sujetos quienes la realizaron y aún más la actividad experimental y teórica que hay detrás del fenómeno.

2.3 sobre la actividad experimental

Una de las principales preocupaciones que deben abordar los docentes es el fomentar el interés por la interpretación de los fenómenos que son presentados en el aula, más allá de llevar a cabo una imposición de un único método científico estereotipado, descontextualizado y ahistórico, o de enseñar hechos aislados que solo aparecen como confirmaciones de teorías, sin tener en cuenta que esto hecho pueden ser presentados unos en función de otros (Nersessian, 1989, 1992; Estany; Izquierdo, 1990).

Es necesario pensar en una alternativa para incluir la historia en la enseñanza de las ciencias y más aún en las prácticas experimentales. Desde este punto de vista, la HC permite visualizar como surgieron esas leyes y teorías que durante los siglos vienen transformando los imaginarios de ciencia socialmente, la experimentación particularmente puede ser una herramienta que permite recrear, desde cierto punto de vista, el proceso que el científico tuvo que llevar a cabo hasta llegar hasta ese fin último, que todos conocemos que es el hecho científico. Cuando se hace referencia a “cierto punto de vista” se pretende dar a entender que solo es posible recrear con limitaciones las

condiciones en que el científico llevó a cabo su quehacer, porque responden a espacios temporales distintos, con contextos sociales diferentes y condiciones socio ambiental diferente. Con el fin de contribuir a la formación inicial de docentes de ciencia, la HC puede ser utilizada como un medio para promover un cambio social en los imaginarios de ciencia y del método utilizado para hacer ciencia, con el fin de contribuir a formar un imaginario que responda más a las realidades del quehacer científico, dejando así la puerta abierta a docentes y estudiantes a desarrollar un pensamiento crítico sobre los hechos científicos que se le están presentando, teniendo en cuenta el contexto socio-político, económico, cultural y ambiental durante el cual el hecho fue llevado a cabo.

Bajo este panorama, se plantea la siguiente pregunta:

¿Qué elementos para la enseñanza sobre radiactividad se pueden reconocer a partir del uso de la historia de la ciencia en docentes en formación inicial?

Capítulo 2

Este capítulo busca presentar trabajos de investigación y publicaciones relacionadas con la problemática establecida. Dichos trabajos han sido categorizados para su posterior análisis en cuatro categorías:

- I. Los aportes de la historia de las ciencias para la enseñanza de las ciencias naturales
- II. La importancia de la actividad experimental en la enseñanza de las ciencias naturales
- III. La construcción histórica de los conceptos y el aprendizaje de las ciencias
- IV. El fenómeno de la radiactividad en el ámbito educativo.

Antecedentes

2.1 Los aportes de la historia de las ciencias para la enseñanza de las ciencias naturales

En la enseñanza de las ciencias naturales, se ha exaltado de forma constante los aportes que realiza la HC en el proceso de EA de los conceptos científicos, desde esta perspectiva son múltiples los trabajos de investigación que se han enfocado en este campo, dentro de este trabajo se retoman algunos de ellos, ya que ponen en evidencia los diversos usos de la HC en el campo de la educación, así como los resultados obtenidos.

Rodríguez y Romero (1999), realizaron un análisis del seminario de historia y epistemología de las ciencias en la Universidad Pedagógica Nacional, la construcción de la historicidad de las

ciencias y la transformación de las prácticas pedagógicas, tiene como propósito la reflexión en torno al sentido de la HC en los cursos de formación docente.

Para la realización de este estudio, se hace la distinción en dos momentos, el primero de ellos está relacionado con el asumir la labor del docente como una práctica cultural, desde esta perspectiva se parte del hecho de que los problemas específicos que deben enfrentarse los docentes de ciencias están ligados al conocimiento disciplinar por un lado y por otro al conocimiento común de los estudiantes, teniendo en cuenta que estos se encuentran inmersos en una cultura, razón por la cual poseen formas específicas de asumir y abordar el mundo. Desde este punto de vista el propósito del carácter cultural de la labor educativa debe tener en cuenta la necesidad de involucrarse activamente en el generar nuevos sentidos culturales para su quehacer, a través de la construcción de imágenes y representaciones, que permitan dinamizar estos contextos problemáticos, además de adelantar reflexiones sobre las implicaciones socioculturales que tiene el asumir una imagen en particular.

El segundo momento, se centra en superar la concepción de la dimensión histórica como algo obvio y natural de las ciencias, parte del desvirtuar la idea de que el sujeto es independiente del objeto de estudio. Esto reafirma el carácter subjetivo de las ciencias, particularmente en la HC, resulta determinante la imagen de ciencia con la que cuente el sujeto ya que precisará el tipo de historia que se construya. Desde este punto de vista puede decirse entonces, que los conocimientos elegidos deben ser explicados desde su carácter histórico.

Esta investigación brinda una representación del uso de la historia de las ciencia en la formación docente como una necesidad, pues fomenta la construcción de una imagen de ciencia que permite abordar los problemas propios del proceso de enseñanza desde una perspectiva acorde con las exigencias del mundo actual y con los cambios constantes que se dan en esta sociedad; además posibilita la inclusión en los currículos educativos una enseñanza de las ciencias que responda al contexto social, histórico y filosófico.

García (2009), en esta investigación el autor muestra el uso de la HC desde dos perspectivas diferentes, desde la concepción positivista de la ciencia y el relativismo científico. El interés de la investigación, historia y enseñanza de las ciencias (perspectivas socioculturales) es mostrar el debate a través de las concepciones de ciencia consideradas desde la filosofía de la ciencia, reconociendo el impacto en el desarrollo del conocimiento mostrando su incidencia en los programas de formación docente.

El análisis parte de la concepción positivista de la ciencia, afirmando que esta surge para justificar la consolidación de la mecánica como la forma verdadera de explicar el comportamiento de la naturaleza y el método inductivo como método universal de investigación. Considera la importancia de demarcar el conocimiento científico de otras formas culturales de conocimiento, demostrando que esta forma la legitimidad del conocimiento científico occidental. Esta perspectiva muestra una concepción de realidad, donde los hechos y fenómenos naturales existen por sí mismo, donde el rol del científico es descubrir las leyes que están en la naturaleza. Desde este paradigma se considera la HC con un carácter lineal, progresista y evolutivo del conocimiento científico, que busca conocer quién, cuándo, dónde y de qué manera se realizó un hecho científico, es decir,

mostrar la ciencia como un producto acabado y las leyes y teorías como el resultado que se debe divulgar.

El aprendizaje de las ciencias desde este paradigma se entiende entonces como un ejercicio de aprendizaje memorístico y acumulativo de información que no genera un concepto significativo de la ciencia, ya que desconoce aspectos relevantes de la actividad científica como tal. El docente que está formado desde esta imagen de la ciencia, considerar que lo importante es enseñar la ciencia como un producto acabado, así que el uso posible que se puede hacer de la historia de la ciencia es descriptivo en la enseñanza. Entonces, se ve el papel del docente como mediador entre el conocimiento científico y el conocimiento común de los estudiantes debe limitarse a transmitir de la mejor forma posible el conocimiento científico establecido. No se reconoce como sujeto cognoscente y por tanto no se ubica solamente como un divulgador de una historia.

Por otro lado, está el relativismo científico, en donde la naturaleza deja de ser exterior a sus leyes objetivas y pasa a ser parte de una relación mutua con el observador, en este sentido el hombre es quien constituye la realidad y las leyes resultan ser modelos y elaboraciones que responden a los interrogantes que le hacemos a la naturaleza. Así que la verdad no está en la naturaleza misma, está en el hombre y en su actividad humana y cultural, que 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. Los historiadores de la ciencia desde este punto de vista son de un conocimiento dentro de un contexto de producción.

El relativismo científico, encuentra en la perspectiva sociocultural la necesidad e importancia de involucrar los factores sociales y culturales en la constitución del conocimiento científico se vuelve relevante, así que desde esta forma de hacer HC que permite considerar no solo el producto del conocimiento sino también los procesos inherentes a su elaboración.

Las propuestas de enseñanza de las desde la perspectiva sociocultural destacan la ciencia como una actividad cultural más del hombre y acercan la brecha entre la cultura científica y la cultura común. Los docentes parados desde este paradigma actúan como mediadores los cuales deben establecer criterio que le permitan acercar a los científicos y a los estudiantes en la construcción y validación del conocimiento para ver, valorar y actuar en la sociedad en que vive. Así pues, que desde este punto de vista tener un conocimiento científico de las dificultades y problemas que se detectan en el análisis histórico permite plantear estrategias metodológicas para lograr los cambios conceptuales en los estudiantes. En este sentido el maestro se reconoce a sí mismo como sujeto cognoscente capaz de intervenir en el desarrollo del conocimiento, transformándolo y enriqueciéndolo de acuerdo a sus necesidades particulares. El maestro es entonces constructor de conocimiento científico escolar.

El anterior análisis marca el paradigma bajo el cual se soporta esta investigación el uso de la HC desde una perspectiva sociocultural, donde no es posible desconocer que la ciencia está ligada a una sociedad la cual la determina. Es relativa al contexto social y las problemáticas surgen de las necesidades personales, pero en el ámbito social, además resaltan la importancia de los aspectos culturales en la actividad científica.

2.2 La importancia de la actividad experimental en la enseñanza de las ciencias naturales

Existe una tendencia en pensar la labor docente en replicadores de conocimiento, limitándose a repetir conceptos que se consideran importantes, es por esto que las prácticas experimentales se presentan como una oportunidad de salir del paradigma donde se encuentra restringida la práctica docente. Las prácticas experimentales posibilitan recrear aquellos experimentos, los cuales conllevaron a los hombres de ciencia a formular conceptos, es necesario que se rompa con ese pensar que la ciencia es un ente aparte de la sociedad y que está última no tiene repercusión alguna dentro de la ciencia. Los siguientes estudios evidencian la importancia de la actividad experimental en la enseñanza de las ciencias naturales:

García y Estany (2010), en filosofía de las prácticas experimentales y enseñanza de las ciencias, plantean que la ausencia del análisis y reconocimiento de la naturaleza de las ciencias ha llevado a que se desarrollen modelos educativos basados en el teoricismo lo que reduce la complejidad del proceder científico a procesos de construcción conceptual sin reconocer la riqueza detrás de las prácticas experimentales, lo cual no permite un proceso de enseñanza y aprendizaje significativo y además se logra una visión de ciencia abstracta y descontextualizada; lo cual permite que los procesos experimentales generalmente sean vistos como los complementos del trabajo teórico dejados entonces en un segundo plano en la formación docente, pero en la actualidad historiadores y filósofos de las ciencias reconocen el valor del trabajo experimental en la construcción del conocimiento.

Así es como se plantea las prácticas experimentales en la formación de los docentes los cuales lograran tener una visión más amplia y significativa de las realidades científicas a través del análisis de tres elementos cruciales en el trabajo experimental: un procedimiento material (disposición de aparatos e instrumentos), un modelo instrumental (diseño, realización e interpretación del experimento) y un modelo fenoménico (comprensión conceptual de los aspectos del mundo fenomenológico), este planteamiento no descarta la importancia teórica de la ciencia, de lo que se trata es de convertir la experimentación y el trabajo teórico en herramienta completa y eficaz en la formación del profesorado en ciencias.

Desde esta perspectiva, la presente investigación busca reconocer el valor de la actividad experimental dentro del desarrollo del concepto, alejándose de la posición positivista del experimento como fuente de valida, sino entendiendo a este como fuente de construcción de conocimiento.

García (2013), reconoce que existe una preocupación en torno al uso de la historia y la filosofía de las ciencias respecto a las practicas experimentales y su influencia en la didáctica de las ciencias, en las practicas experimentales exploratorias el caso histórico de la conducción eléctrica: aportes a la enseñanza de la física. En esta publicación se afirma que existe una tendencia desde la nueva filosofía de las ciencias, que busca reconocer la importancia y la validez de las prácticas experimentales en la constitución de las ciencias; está posición surge como contraposición a la concepción positivista de las ciencias, en las que sugerían que el experimento solo es posible a la luz de las teorías, sea con el fin de verificarlas, demostrarlas o falsearlas.

Pensar en el papel de la experimentación, sugiere un análisis desde una nueva imagen de ciencia que responda a la necesidad de identificar efectos y mostrar los comportamientos de los fenómenos, más allá de la explicación de una ley universal. Desde esta nueva corriente de pensamiento, se reconoce al experimento cualitativo y su rol en la elaboración de nociones. Este estudio plantea los elementos a analizar de los resultados experimentales: la producción de efectos; la creación y estabilización de fenómenos; la manipulación de entidades; diseño y construcción de aparatos; construcción de modelos y explicaciones.

Son precisamente estos elementos, los que se analizaran en la actividad experimental seleccionada en torno al desarrollo del fenómeno de la radiactividad, reconociendo así pues la ciencia como actividad cultural, realizada de acuerdo con necesidades e intereses individuales y sociales.

Insuasty (2000), en una propuesta para el aprendizaje de contenidos procedimentales en el laboratorio de física y química, menciona que el verdadero aprendizaje de las ciencias no ha de reducirse a un mero acopio de saberes descontextualizados e inoperantes sino, muy al contrario, debe entrar a formar parte del esquema general de conocimiento del individuo donde la interrelación de los conceptos y la funcionalidad de los mismos ha de ser una realidad. Así pues, el alumno ha de “aprender ciencia” y “aprender a hacer ciencia”, y a ello responde la presencia de los contenidos procedimentales en los currículos de ciencias modernos. La finalidad de los contenidos procedimentales es que el alumno aprenda no solo los contenidos cognitivos sino también los metacognitivos, esto es, métodos y destrezas que permiten acceder al conocimiento cognitivo. En el caso de las ciencias experimentales parece razonable que el ámbito donde deben

aprenderse los procedimientos sea el mismo ámbito en que esa ciencia ha sido construida, es decir, el laboratorio. Por otro lado, se acepta en general que esos aprendizajes han de hacerse mediante actividades lo más afines posible con las tareas científicas que permitieron acceder a esos conocimientos. Esta es una forma de pensar consensuada por la práctica totalidad del profesorado, y precisamente por ello, son numerosos los trabajos realizados por los investigadores en torno al tema del laboratorio como importante recurso para el aprendizaje de las ciencias.

Desde este punto de vista, es necesario reconocer la necesidad de la inclusión de propuestas educativas en formación docente, que favorezca la mejor comprensión de conceptos científicos y la formación de un pensamiento crítico y reflexivo.

Romero (2012), en este documento el autor busca realizar reflexiones en torno a la naturaleza de las ciencias, así como una formación para la acción y la crítica, entendiendo el carácter sociocultural de la actividad científica; así que parte por preguntarse por la experimentación en la educación en ciencias, existe dos posibles paradigmas desde los cuales se pueden pensar las propuestas didácticas centradas en la experimentación, el primero que tiene como objetivo servir de medio de validación o medio motivacional, en el cuál el estudiante no desarrolla una apropiación del objeto de estudio, asume los datos experimentales como independientes al sujeto y estrechamente relacionados con conceptos físicos, además se basan en la aparente linealidad entre la actividad empírica y la teorización. Esta imagen es en la cual los docentes de ciencias consideran la naturaleza del experimento desde la imagen positivista de la ciencia, aceptando la distinción entre la dimensión teórica y la experimental en la construcción de saber, relegando a la dimensión experimental al validar o contrastar teorías.

Pero existe una segunda teoría, que parada desde el paradigma fenomenológico enuncia que el experimento no interviene en el desarrollo del conocimiento científico como simple verificador de los enunciados teóricos o como la única fuente de conocimiento, desde esta perspectiva el experimento abandona su rol como anexo de la teoría, sino que las dos dimensiones, la teórica y la experimental, son asumidas como complementarias y constitutivas en los procesos de producción científica.

Las anteriores consideraciones evidencian la necesidad que subyace esta investigación, realizar reflexiones y propuestas sobre la actividad experimental en la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias, que contribuyan a la forma de concebir la relación entre teoría y experimento, llevando a la clase de ciencias propuestas educativas de pongan en juego la relación entre la experimentación y los procesos discursivos en torno al carácter sociocultural de la construcción del conocimiento científico, a medida que posibilita a los estudiantes mejorar la comprensión de los conceptos científicos.

2.3 La construcción histórica de los conceptos y el aprendizaje de las ciencias

Existe cierta tendencia a atribuirle a la HC en la enseñanza, un valor educativo relacionado con la existencia de una concordancia en la construcción de conceptos desde el punto de vista histórico y la construcción de conocimiento científico escolar por parte de los estudiantes. A continuación, se presentan algunos estudios que contribuyen a justificar el uso de la HC en el proceso de construcción de conocimiento, específicamente en conceptos científicos.

Uribe y Quintanilla (2005) En su estudio enseñar a comprender la ciencia desde una perspectiva histórica: aplicación del modelo de Toulmin a la evolución del concepto fisiología cardíaca, entre los diversos objetivos que representan destacamos el realizar un análisis histórico acerca de la evolución del concepto de fisiología cardíaca desde las civilizaciones antiguas hasta el siglo XVIII, además muestra el interés en plantear algunas hipótesis acerca de las ventajas de utilizar la HC en la enseñanza del concepto sangre y el sistema cardiovascular.

El estudio plantea que para la mayoría de los científicos y de los docentes de ciencias naturales, la HC aparece como un conjunto de hechos y linealmente ordenados, basados en algún contenido específico que poco o nada ofrece a la reflexión y el análisis de la construcción del conocimiento científico; esta afirmación es ampliamente compartida por diversos investigadores que afirman que no existe en las aulas una evidente conexión entre el desarrollo de la ciencia y los procesos de EA.

Esta investigación presenta como hipótesis que es posible utilizar aspectos concretos de la HC, específicamente de la biología, de manera que se plantea el origen histórico del proceso de creación y desarrollo de los principales conceptos y teorías como fruto de un trabajo colectivo y una construcción humana, donde se analiza la complejidad de las relaciones ciencia, tecnología y sociedad (CTS) a lo largo de la historia y sus implicaciones en los procesos sociales.

Para realizar el análisis evolutivo de los conceptos sobre la fisiología cardíaca a través de la historia se utilizó el modelo de cambio conceptual de Toulmin, que hace referencia al seguimiento de un concepto determinado a través del tiempo.

El análisis permite concluir que es posible incorporar los elementos de la HC y la enseñanza que favorece la discusión y el desarrollo del lenguaje. Esto se podría lograr elaborando unidades didácticas que resignifiquen los temas tratados permitiendo que los estudiantes relacionen, comparen, expliquen y describan el concepto desde una orientación histórica que favorece además el desarrollo de habilidades cognoscitivas y lingüísticas.

Este estudio ratifica la posibilidad de incidir en los procesos de EA de la ciencia, a través de la utilización de secuencias de actividades que desde una perspectiva histórica y contextualizando el desarrollo del conocimiento en una época, sus valores, sus puntos de vista, conflictos e instrumentos permitan comprender la ciencia.

Por su parte Saltiel y Viennot (1985) En el estudio ¿Que aprendemos de las semejanzas entre las ideas históricas y el razonamiento espontaneo de los estudiantes? Afirman que los estudiantes tienen ideas arraigadas acerca de fenómenos diferentes de las que se le enseña en la escuela, concluyendo además que estas ideas son altamente resistentes al cambio; las investigaciones buscan entonces hacer una descripción de lo que los estudiantes piensan, buscando estrategias de EA más eficaces, uno de los referentes más usados por los investigadores en este intento es la historia de la ciencia.

El estudio intenta hacer un paralelismo entre las teorías preclásicas y las concepciones de los estudiantes, en mecánica específicamente; entre los resultados más notorios se destaca el hecho de que el uso indiscriminado de términos para dar explicaciones, indican que existe un tipo de mezcla conceptual.

También afirma que un paralelismo entre el razonamiento espontáneo y un cierto periodo histórico puede funcionar parcialmente. Entre las razones existentes para que se ve este resultado está la limitación de la validez de un paralelismo dado, ya que los contextos culturales son diferentes y no todas las características observadas en el razonamiento espontáneo en la actualidad se han dado en alguna etapa del desarrollo histórico de la ciencia.

El paralelismo presenta cierta utilidad, ya que permite extraer alguna información sobre los estudiantes a partir de la historia, dado que evidencia y las dificultades conceptuales, además de indicar qué conceptos y nociones no deben ser introducidos demasiado rápido.

Este trabajo justifica la existencia de un paralelismo entre el desarrollo del concepto y las concepciones de los estudiantes, además evidencia la existente necesidad de partir de dichas concepciones al diseñar la secuencia de actividades que plantea esta propuesta de enseñanza.

2.4 El fenómeno de la radiactividad en el ámbito educativo.

Si bien la radiactividad no hace parte del currículo formal de la química o la física en la educación básica y media en Colombia, esta propuesta busca diseñar una secuencia de actividades para docentes en formación acerca del ya mencionado concepto, en aras de que se reconozca su importancia para comprender algunas propiedades de la materia, a continuación, se presentan algunos estudios sobre los procesos educativos en torno a la radiactividad:

Gutiérrez, Capuano, Perrotta, De la fuente y Follari (2000) en su estudio ¿Que piensan los jóvenes sobre la radiactividad, estructura atómica y energía nuclear?, plantean la necesidad de

tener en cuenta las ideas previas de los estudiantes, si se busca fomentar en ellos un aprendizaje significativo.

Afirman que existen estudios que buscan reconocer las ideas que poseen los alumnos sobre radiactividad, los cuales manifiestan que éstos tienen conocimientos sobre aspectos sociales de dicho tema, Sin que estos hagan parte necesariamente de su currículo escolar, además de estas tienen que las ideas presentes en los estudiantes provocan opiniones negativas.

Los autores que plantearon como objetivo indagar lo que piensan los alumnos sobre temas de física moderna vinculados con la radiactividad, la estructura atómica y la energía nuclear; para ellos realizaron 395 encuestas durante el año de 1997 estudiantes entre 16 y 18 años de la educación media. El cuestionario consta de 11 preguntas, de las cuales para este análisis seleccionamos 3 que hacen referencia directa a la radiactividad, donde se buscaba entregar las ideas sobre que emiten los materiales radiactivos, qué transformación ocurre en dicha emisión y cuál es el decaimiento radiactivo en el tiempo; sobre encontraron que la mayoría de los estudiantes responden que los materiales radiactivos emiten ondas y partículas; también se identificó que la mayoría y envía pensar que un material radiactivo sólo pierde energía al emitir, manteniendo el mismo elemento. Aparentemente no se admite una modificación del núcleo; y por último consideran que la emisión se mantiene constante a medida que transcurre el tiempo.

Las conclusiones que se encuentran directamente relacionadas con esta propuesta sobre el fenómeno de la radiactividad, son que aún sin diferenciar o especificar de qué radiación se trata, los alumnos tienen idea de que la emisión existe, aunque piensan que el material a emitir

únicamente pierde energía pero conserva su estructura; también es posible concluir que la sociedad existe una visión negativa en torno a la radiactividad como resultado de la contaminación radiactiva de los desechos nucleares.

Esta investigación deja en evidencia, la necesidad de incluir en las propuestas educativas, las ideas previas de los estudiantes con la finalidad de que ellos modifiquen su modo de interpretar los fenómenos de acuerdo con sus necesidades de conocimiento para así promover un aprendizaje significativo.

Por su parte, Puzzella, López, Alborch (2006) en su estudio las radiaciones y sus efectos biológicos: una integración a docentes y alumnos desde la perspectiva ciencia, ética y sociedad; plantean una indagación exploratoria sobre las radiaciones y sus efectos.

Este estudio nace de la necesidad de indagar sobre el interés de los alumnos en los temas de física relacionados con otras ciencias y con situaciones cotidianas, mostrando que los estudiantes tienen interés sobre los contenidos vinculados con las radiaciones; Así que se tratan como objetivo evaluar el grado de conocimiento de los alumnos y el nivel de información de los docentes sobre conceptos básicos en el tema propuesto.

Para ello se utiliza una encuesta a una muestra aleatoria de 275 alumnos y 80 docentes. Entre los alumnos 206 pertenecía a la educación media y 69 a estudiantes de primer año de carreras universitarias de ingeniería y educación.

Entre los resultados que se destacan encontramos que los estudiantes de la educación media relacionan la radiación con fuentes naturales como el sol, pero existe una persistente información fragmentada, con una escasa integración de los conceptos físicos que involucra.

También se destaca la tendencia en los estudiantes universitarios a relacionar las radiaciones con efectos perjudiciales, evidenciando la influencia de los medios de comunicación a favor de dichos efectos.

En el grupo de profesores como era de esperarse poseen explicaciones adecuadas debido a su nivel de formación, sin embargo, aparecen algunas concepciones erróneas lo que es preocupante ya que su función está en orientar la construcción de conocimiento.

La investigación anterior hace un llamado de atención al cambio de rol del docente, en el cual el profesor actual no debe ser sólo consumidor sino también creador de contenidos educativos debido a que nadie como el propio docente conocer las necesidades de sus alumnos. Esto justifica esta propuesta enseñanza y la necesidad de centrarse en los docentes en formación.

Cao y Castiñeiras (2015), en su estudio en estado de la cuestión sobre el aprendizaje y la enseñanza de la radiactividad en la educación secundaria, realizan una revisión bibliográfica sobre las dificultades de enseñanza y aprendizaje en el campo conceptual de la radiactividad, desde diferentes perspectivas, las ideas de los alumnos, las ideas de los profesores en formación, actividades de aula y propuestas didácticas.

Los criterios de selección se determinaron por el objetivo de la revisión que era obtener una visión global sobre la problemática entre aprendizaje de la radiactividad desde diferentes

perspectivas; así como también fue tomada en cuenta la fiabilidad y validez de los artículos, partiendo de su calidad metodológica y el cumplimiento de los criterios de calidad científica.

Para el análisis bibliográfico se establecieron categorías, en las ideas previas de los docentes en formación y los alumnos, el análisis se realiza desde el punto macroscópico, que centra aspecto fenomenológico y desde un plano que considera el proceso radiactivo a nivel atómico nuclear.

Por su parte las actividades de aula y sus propuestas didácticas muestran que existen muchas actividades sobre el tema, aunque centrados en la radiactividad natural el proceso de decaimiento radiactivo; de la misma manera hay trabajos desde la perspectiva CTS o de los asuntos socio científicos, aunque no se encuentran propuestas didácticas completas.

Este análisis es posible concluir que los estudios realizados con alumnos, se observan gran cantidad de ideas o concepciones que son consideradas erróneas desde el punto de vista de la ciencia escolar, estas ideas son de tipo social y de origen educativo.

Entre las ideas de origen social que piensa que los medios de comunicación representan un papel importante debido al uso del lenguaje inadecuado, impreciso o erróneo en temas relacionados con los fenómenos radiactivos.

Con relación al ámbito educativo, es necesario tener en cuenta las dificultades que poseen los alumnos para interpretar el comportamiento de la materia a nivel atómico - molecular, donde se evidencia que la enseñanza en ocasiones puede reforzar alguna de esas dificultades, pues se encontró que existe gran cantidad de coincidencias entre la ciudad de los alumnos de los docentes en formación, lo que lleva a pensar debe ser integral desde lo didáctico y lo disciplinar. Esta

investigación invita a orientar futuras investigaciones hacer diseño, implementación y evaluación de propuestas de enseñanza innovadoras, eficaces y basadas en los resultados de la investigación educativa, que ayuden a superar las dificultades y a cubrir las carencias en el campo conceptual.

Capítulo 3

En este capítulo se presentan tres contenidos temáticos que son necesarios para resolver la problemática planteada en el capítulo 1. Estas temáticas son: **(I) Historia de la ciencia en la enseñanza**, esta sección pone en evidencia el valor educativo que presenta el uso de la HC, además de la posibilidad de construir conocimiento desde una perspectiva sociocultural, es decir, teniendo en cuenta la realidad social, los conflictos e intereses que motivaron el estudio de un fenómeno específico. **(II) La actividad experimental desde la historia de las ciencias y la formación profesores**, dónde se realiza un análisis sobre la importancia del análisis de la actividad experimental lleva a cabo detrás del estudio de los fenómenos, así como la importancia de llevarla a cabo dentro de los procesos de EA de las ciencias en la formación inicial de profesores. En este apartado se establece la relación de las practicas experimentales con la HC y su papel en los desarrollos científicos. También se incluye los conceptos de procedimiento material, modelo fenomenológico y el modelo instrumental en las practicas experimentales.

Marco teórico

3.1 Historia de la ciencia en la enseñanza

Existen diversas investigaciones que muestran que el uso de la HC en la enseñanza es cada vez mayor, sin embargo es necesario reconocer que el uso de la HC que lleven a cabo dentro de su práctica está estrechamente relacionado con la concepción que este tenga de ciencia.

Desde este punto de vista es necesario reconocer que es posible identificar varios usos de la HC de acuerdo con las variadas posiciones que se dan sobre el enfoque que debe dársele a la enseñanza, desde la concepción que se tiene de la ciencia y de su historia.

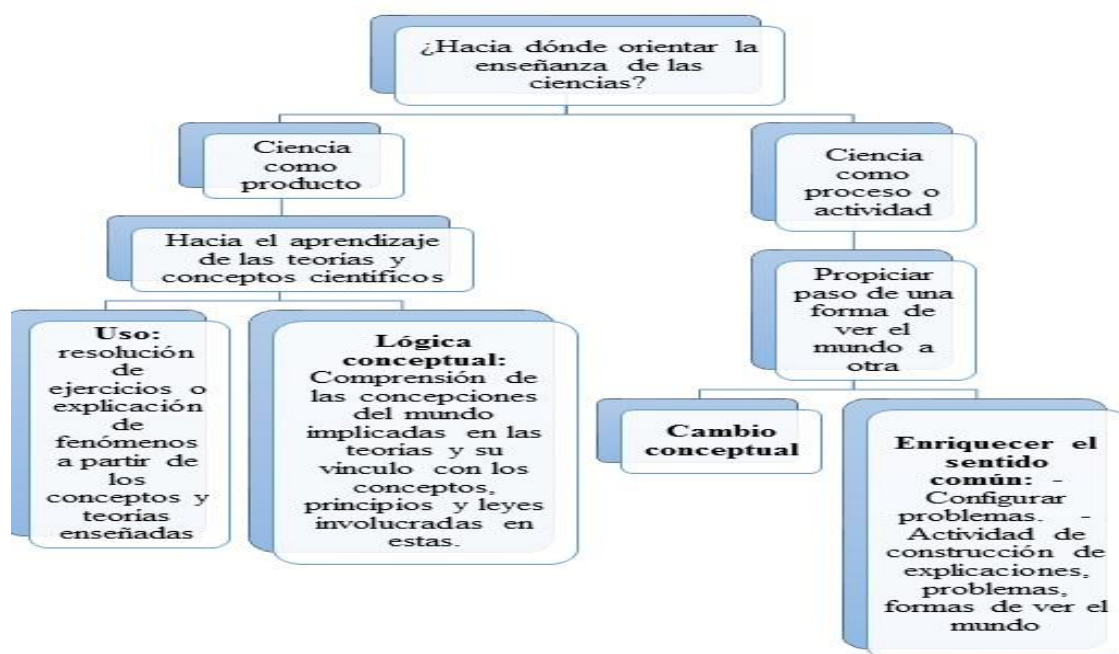


Figura 1. ¿Hacia dónde orientar la enseñanza de las ciencias? Fuente: Ayala, Malagón y Sandoval

Existe una tendencia de corte positivista, que considera la ciencia como un producto acabado, es decir, un cuerpo organizado de conceptos, leyes, principios, teorías y procedimientos, que deben ser divulgados. Desconociendo las dificultades, errores o debates de los científicos, así como la influencia de su contexto social.

Esta perspectiva condiciona la acción pedagógica hacia un proceso de EA que se limita a la memorización de conceptos y leyes, con intensiones acumulativas de información, que por sí

mismos no generan un concepto significativo de ciencia y que desconoce aspectos relevantes de la actividad científica como tal. Así que el uso de la HC desde este enfoque está caracterizado por la posición del maestro en el proceso de EA, en el cual se centra para lograr que el estudiante resuelva ejercicios o explique fenómenos a partir de conceptos y construcciones teóricas previamente enseñadas.

Desde esta manera de entender la ciencia y el uso de la HC, se puede decir que los historiadores ponen en evidencia la existencia de una lógica conceptual alrededor de las diferentes teorías científicas ligadas a la manera de comprender el universo de sus gestores.

Existe también una visión de la ciencia como un proceso y una actividad, es tal vez, la que menos corresponde a la realidad del ámbito escolar; desde este paradigma la ciencia es concebida como un producto no acabado, que se encuentra en construcción constante en diversos contextos, esta manera de entender la ciencia, promueve un uso de la historia de la ciencia en la enseñanza que se mueve en la preocupación de generar cambios conceptuales en los estudiantes, implica una necesidad de involucrar los factores sociales y culturales en la construcción del conocimiento científico.

Esta investigación se fundamenta en el uso de la HC, como el medio a través del cual permite enfrentar la enseñanza desde el ángulo de la construcción de conocimientos y no de la memorización de información, lo que significa centrar la actividad en el desarrollo de la capacidad de aprender suponiendo por parte del alumno la transformación de su estructura cognitiva en función de lo que aprende, resaltando la importancia de la realidad sociocultural en que se llevaron

a cabo las diversas investigaciones. Se reconoce de ante mano que el alumno actual piensa y construye sus conocimientos en una sociedad diferente en la cual se produjeron los conocimientos que se deben construir en clase, sin embargo, está claro que conocer cuáles fueron las trabas (obstáculos epistemológicos) para desarrollar socialmente ciertos conocimientos científicos puede ser útil para comprender las dificultades de los alumnos Gagliardi (1988) de modo que permite identificar conceptos para la definición de contenidos de la enseñanza necesarios para comprender temas de ciencias determinados, mostrando las previsiones teóricas y los hechos reales que desempeñaron un papel fundamental en la superación de teorías anteriores Pérez (1996), por esta razón ha surgido el interés educativo por reflexionar, investigar utilizar la HC en el proceso de enseñanza – aprendizaje de las ciencias naturales.

En la HC es posible encontrar elementos que permitan rastrear explicaciones diferentes para un mismo fenómeno, así como los aspectos socioculturales que incidieron en la formación de teorías, así como el prevalecimiento de unas sobre otras.

Las propuestas de enseñanza de las ciencias desde una perspectiva sociocultural, destacan la ciencia como una actividad cultural inherente al hombre y promueven la cultura científica el papel que juega el profesor desde esta perspectiva es el de mediador entre la cultura científica y la cultura común, donde se establezcan criterios que permiten acercar la ciencia y la ciencia escolar, en la construcción del conocimiento significativo del alumno.

Desde el enfoque sociocultural de la enseñanza de las ciencias, se plantea, que la historia puede tener un uso más enriquecedor en el espacio de clase, ya que se considera la relevancia de encontrar

en ellas los problemas epistemológicos que permitieron un avance del conocimiento científico, ya que reconoce el posible paralelismo que existe entre las dificultades de los estudiantes para explicar los fenómenos y las dificultades que tuvieron los científicos.

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 científico, que posibilita al profesor tener un acercamiento a la manera como se estructuró un determinado cuerpo de conocimiento.

También se plantea que tener un conocimiento de las dificultades y plantear estrategias metodológicas para lograr los cambios conceptuales en los estudiantes. Por ellos, se busca con este uso de la historia superar la metodología transmisionista a la que se encuentra relegada la enseñanza habitual.

Gracias a esto, la historia deja de ser objetiva y única, es decir, que abandona su carácter ahistórico y cronológico; en este sentido el profesor se reconoce a su mismo como un sujeto capaz de intervenir en el desarrollo del conocimiento, transformándolo y enriqueciéndolo de acuerdo a sus necesidades particulares, es decir, un profesor constructor de conocimiento científico escolar.

3.2 La actividad experimental desde la historia de las ciencias y la formación profesores

Las prácticas experimentales desde la concepción positivista son vistas como los procedimientos, métodos y experiencias que pueden dar soporte a una teoría científica, por medio instrumentos que permitan o ayuden a simular los fenómenos. La aplicación del método es primordial para poder llegar a posibles explicaciones que fundamenten la verdad sobre el

fenómeno que se encuentran en estudio. Es decir, la teoría determina las practicas experimentales, tal y como lo afirma K. Popper (1935) “sólo cabe realizar experimentos a la luz de las preguntas y los conceptos determinados por una teoría”.

Ahora bien, desde la concepción constructivista la práctica experimental constituye una manera significativa de construir el conocimiento acerca de los fenómenos, para lo cual no se necesita seguir rigurosamente una serie de pasos para llegar a una posible justificación del fenómeno en estudio. Entre teoría y práctica hay cierto bidireccionalismo, lo que abre paso a la posibilidad de la teoría se puede partir a la experimentación, de la misma forma se puede partir de experimentación a teoría. Como ejemplo de ello se puede mencionar los escritos de Stephen Gray publicados en la Philosophical Transactions de la Royal Society (1729), describen una serie de experimentos cualitativos que fueron trascendentales en la visión que posteriormente derivó en la visión de campos. Garcia E. (2010).

Para las tendencias constructivistas la práctica experimental, es concebida como experiencias en las cuales, a partir de un acercamiento a los fenómenos, ya sea por medio de la interacción con estos o buscando la forma de crear un modelo que los represente constituyen un elemento clave en el proceso de enseñanza y aprendizaje en donde la misma aula de clases puede ser un espacio para experimentar según sea el fenómeno a tratar.

3.3.1 Los orígenes de la actividad experimental en la física.

Los antiguos griegos, tales como Arquímedes, Hieron, Cardano, etc., ya realizaban experimentos, aunque se atribuye a Gilbert y Galileo como los primeros en sistematizar y

caracterizar publicaciones donde la base empírica de la física está formada por resultados experimentales (Ordóñez y Ferreirós, 2002).

En física, los experimentos cualitativos han sido una parte fundamental de los procesos de formación de conceptos (procesos de formación de datos). Por ejemplo, los experimentos cualitativos en electromagnetismo desempeñaron, desde el primer resultado de Oersted en 1820, un papel fundamental en la elaboración de nociones como líneas de fuerza y campo. Oersted y el propio Faraday trabajaron de manera más intuitiva y directa, modelando sus concepciones según algunos rasgos fenomenológicos (o fenomenotécnicos) que surgían directamente de los experimentos que realizaron y como resultado del experimento, el modelo fenoménico es refinado, acomodado y especificado con mayor precisión.

La importancia de los resultados empíricos se expandió rápidamente a otros campos de conocimiento como la óptica, la electricidad y el calor. En electricidad, por ejemplo, se reconocen las aportaciones de Gray, Hauksbee, Dufay, Volta, Franklin y Faraday, entre otros, en la construcción experimental del fenómeno eléctrico. García (2010).

Desde este punto de vista es posible entonces afirmar que las prácticas experimentales tienen como propósito dentro del proceso EA de profesores en formación:

Formar profesores capaces de articular en su quehacer la teoría con la práctica, de manera que exista una relación equitativa entre ellas.

Comprender la importancia de la experimentación en física desde la historia de la ciencia como estrategia útil, con el objetivo de encontrarle realmente significado y sentido a los fenómenos físicos que se están estudiando.

Que los futuros profesores comprendan que existen otros espacios de construcción del conocimiento en torno las prácticas experimentales.

Formar profesores que promuevan los 3 elementos fundamentales (procedimiento material, modelo instrumental, modelo fenoménico) en sus experiencias de laboratorio con sus futuros estudiantes.

3.2.2 Relación de la actividad experimental y la historia de las ciencias

Thomas Kuhn en su libro la estructura de las revoluciones científicas afirma:

Si SE CONSIDERA a la historia como algo más que un depósito de anécdotas o cronología, puede producir una transformación decisiva de la imagen que tenemos actualmente de la ciencia. Esa imagen fue trazada previamente, incluso por los mismos científicos, sobre todo a partir del estudio de los logros científicos llevados a cabo, que se encuentran en las lecturas clásicas y, más recientemente, en los libros de texto con los que cada una de las nuevas generaciones de científicos aprende a practicar su profesión. (1971, p.20)

Desde este punto de vista, la HC permite visualizar como surgieron esas leyes y teorías que durante los siglos vienen transformando los imaginarios de ciencia socialmente, la

experimentación particularmente puede ser una herramienta que permite recrear, desde cierto punto de vista, el proceso que el científico tuvo que llevar a cabo hasta llegar hasta ese fin último, que todos conocemos que es el hecho científico. Cuando se hace referencia a “cierto punto de vista” se pretende dar a entender que solo es posible recrear con limitaciones las condiciones en que el científico llevó a cabo su quehacer, porque responden a espacios temporales distintos, con contextos sociales diferentes y condiciones socio ambientales diferentes, a lo que García (2011) llama visión anacrónica del pasado, “según la cual se estudia y se valida a la luz del presente” y hace una invitación en contra posición a tener una “visión diacrónica, consiste en estudiar la ciencia del pasado de acuerdo a las condiciones que existían realmente en ese pasado” esto con el fin de entender que las formas de pensamiento responden al “paradigma” o “forma de pensamiento colectivo” dominante en dicho momento espacio-temporal.

Con el fin de contribuir a la formación de profesores divulgadores de ciencia, la HC puede ser utilizada como un medio para promover un cambio social en los imaginarios de ciencia y del método utilizado para hacer ciencia, con el fin de contribuir a formar un imaginario que responda más a las realidades del quehacer científico, dejando así la puerta abierta a profesores y estudiantes a desarrollar un pensamiento crítico sobre los hechos científicos que se le están presentando, teniendo en cuenta el contexto socio-político, económico, cultural y ambiental durante el cual el hecho fue llevado a cabo.

Es así como la HC nos permite tener una estrecha relación con el conocimiento a través de las experiencias, las cuales permiten comprender los fenómenos para así construir nuestras explicaciones, las cuales promueven el aprendizaje significativo en ti, pero que en el momento de

llevarlo al aula de clase permite hacer más visible los fenómenos a los estudiantes, apartándolos de los conceptos almacenados en los libros de textos descontextualizados y que promueven un proceso de EA de las ciencias memorístico y replicativo.

Los profesores en formación, generalmente al convertirse en profesores en ejercicio, se redefinen como replicadores de conocimiento, limitando así su labor al acto de repetir conceptos que se consideran importantes, es por esto que las prácticas experimentales se presentan como una oportunidad de salir del “paradigma” donde se encuentra restringida la enseñanza.

Las prácticas experimentales posibilitan recrear aquellos experimentos, los cuales conllevaron a los científicos a formular conceptos, es necesario que se rompa con ese paradigma en el cual la ciencia es un sujeto aparte de la sociedad y que está última no tiene repercusión alguna dentro de la ciencia.

Cuando se piensa en ciencia desde un punto de vista histórico, entendiendo así el contexto socio-político, económico y cultural que se vive durante los momentos en que se han llevado a cabo los grandes descubrimientos de la ciencia, es posible comprender como fue el proceso de construcción del hecho científico, dejando de ser un simple concepto aislado, pasando así a formar parte del desarrollo científico y social de la humanidad.

Actualmente, las sociedades humanas utilizan dentro de su lenguaje cotidiano múltiples palabras, que no necesariamente conoce o interpreta de forma correcta su significado, un claro ejemplo de ello es la ciencia. Es bastante normal que le preguntes a cualquier persona en un contexto cotidiano sobre si conoce o no el significado de ciencia y sus respuestas sean afirmativas,

no obstante en el momento de definir ciencia se evidencian concepciones de ciencia como “fuente del conocimiento” “hacedora de verdades absolutas” “conjunto de leyes y teorías que determinan el conocimiento sobre fenómenos naturales”, este tipo de concepciones son las que llamamos heredadas, ya que han estado en la mente de las personas que se sienten ajenas a la ciencia desde el momento mismo que adquieren dicha conciencia, además de esto, las concepciones heredadas no se quedan únicamente en la mente de una persona, sino que esta persona la transmite a quienes están a su alrededor, esto tiene como consecuencia de que estas concepciones sean cada vez más normales y terminen siendo aceptadas popularmente como verdaderas.

El proceso de formación de profesores en ciencias naturales actualmente es ampliamente criticado, ya que se observa que, al interior de los programas académicos, las dinámicas y maneras de entender las ciencias siguen siendo bajo enfoques positivistas intrínsecos en las actividades que desmerecen las prácticas experimentales y no permiten un aprendizaje significativo. En este sentido los planteamientos metodológicos deben ser reforzados por los enfoques conceptuales de la naturaleza de las ciencias propuestos por (García y Estany, 2010) en filosofía de las prácticas experimentales y enseñanza de las ciencias: La ausencia del análisis y reconocimiento de la naturaleza de las ciencias ha llevado a que se desarrollen modelos educativos basados en el teoricismo lo que reduce la complejidad del proceder científico a procesos de construcción conceptual sin reconocer la riqueza detrás de las prácticas experimentales, lo cual no permite un proceso de enseñanza y aprendizaje significativo y además se logra una visión de ciencia abstracta y descontextualizada; lo cual permite que los procesos experimentales generalmente sean vistos como los complementos del trabajo teórico dejados entonces en un segundo plano en la formación

profesores, pero en la actualidad historiadores y filósofos de las ciencias reconocen el valor del trabajo experimental en la construcción del conocimiento.

Así es como se plantea las prácticas experimentales en la formación de los profesores los cuales logran tener una visión más amplia y significativa de las realidades científicas a través del análisis de tres elementos cruciales en el trabajo experimental: un procedimiento material (disposición de aparatos e instrumentos), un modelo instrumental (diseño, realización e interpretación del experimento) y un modelo fenoménico (comprensión conceptual de los aspectos del mundo fenomenológico), este planteamiento no descarta la importancia teórica de la ciencia, de lo que se trata es de convertir la experimentación y el trabajo teórico en herramienta completa y eficaz en la formación del profesorado en ciencias.

Aspectos como la falta de comprensión de la naturaleza de las ciencias, la ausencia de promoción de las practicas experimentales basadas en una visión que las relega a un segundo plano como simples comprobaciones de la teoría, lo cual se hace evidente en las prácticas y actividades tradicionales tales como los trabajos de laboratorio tipo receta que confluyen en poco menos que en la teorización , la memorización de procedimientos teniendo como resultado un aprendizaje poco significativo que se refleja en la práctica de los futuros profesores.

Por todo lo anterior se hace necesario empezar a replantear la formación profesores desde el análisis de la naturaleza y la filosofía de la ciencia, por medio de la cual se logren proponer estrategias didácticas que le den un cambio a la manera de valorar la experimentación, viéndola

de una manera integrada entre la teoría y la práctica dando así significado y sentido al estudio científico.

3.2.3 El procedimiento material

Reconocer 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 su papel más allá del verificacionista o falsacionista que usualmente se le ha otorgado, constituye el fundamento de este campo de investigación de la filosofía de la ciencia.

En esta línea resultan interesantes las aportaciones de Pickering (1995) sobre la producción de cualquier resultado experimental en el que entran en juego tres elementos: un procedimiento material, un modelo instrumental y un modelo fenoménico.

El procedimiento material supone disponer de los aparatos e instrumentos necesarios, verificar que funcionen y controlar su funcionamiento, todo lo cual encierra un conocimiento práctico.

Por otro lado el modelo instrumental está implicado en el diseño, realización e interpretación del experimento, siendo fundamental la comprensión conceptual del funcionamiento de aparatos e instrumentos. (García y Estany, 2010)

3.2.4 El modelo instrumental en las prácticas experimentales.

El modelo instrumental está implicado en el diseño, realización e interpretación del experimento siendo fundamental la comprensión conceptual del funcionamiento de aparatos e instrumentos.

La historia inicial de muchas ramas de la física no fue tanto un asunto de teoría como del control de técnicas experimentales relativas a la fabricación y utilización de instrumentos, como las botellas de Leyden y los pararrayos, de dispositivos tales como la pila, de los aparatos que permitían lograr efectos de conversión entre fuerzas físicas diversas, etc. Ferreiros (2002)

Este modelo supone partir no de una fenomenología si no de un fenomenotecnia. Es decir, desde el estudio de los implementos o instrumentos que permiten evidenciar los fenómenos.

En su obra de 1824, el análisis de Sadi Carnot partía del interés por los fenómenos de transformación calor/trabajo, pero centraba su atención en el funcionamiento de las máquinas de vapor y no en los fenómenos de transformación que se pueden encontrar en la naturaleza, como los fenómenos meteorológicos o telúricos. Así el trabajo de este no partía de la fenomenología si no de la fenomenotecnia. Se pone ese ejemplo por que la máquina de vapor fue un verdadero icono de la revolución industrial y más que ser usada como banco de pruebas experimentales, fue empleada para obtener trabajo a partir del fuego.

Las prácticas experimentales en física no deben centrarse únicamente en el estudio de los fenómenos sino también en el diseño, uso y comprensión del funcionamiento de los instrumentos que permiten evidenciar los fenómenos; aspecto que es muy poco usual en la formación del profesores; se debe recordar que uno de las mayores características que caracterizan a un maestro es su recursividad, si bien es cierto que no todos los instrumentos para estudiar y evidenciar fenómenos físicos pueden ser diseñados fácilmente, pero también es cierto que existen una gran cantidad de materiales o instrumentos que pueden ser diseñados fácilmente , para estudiar su

funcionamiento, y utilizarlos como recursos educativos, esto hace parte del constructo de conocimientos en un aula experimental, ya que estos instrumentos juegan un papel muy importante en la comprensión de los fenómenos. Debe quedar claro que no se pretende asegurar que los conocimientos no pueden ser contruidos sin hacer uso de los instrumentos, lo que realmente se pretende dar a entender es que un profesor puede hacer uso de un modelo instrumental en sus clases que facilite el proceso de enseñanza y aprendizaje, se debe entender también que cuando se habla de instrumentos no se está refiriendo necesariamente a instrumentos sofisticados de laboratorio, a lo que realmente se refiere es a objetos que faciliten la comprensión de un fenómeno, pero para que esto ocurra primero hay que entender el objetivo de ese instrumento y como funciona.

3.2.5 Modelo fenomenológico de las ciencias naturales

Lo que responde a la definición del modelo fenoménico es el trabajo que se realiza para la comprensión conceptual de los aspectos del mundo fenomenológico (los factores del fenómeno físicos), que están siendo estudiados por parte del experimentador, y sin los cuales los resultados carecerían de sentido y significación, por lo cual ya no podrían ser interpretados de manera amplia.(García y Estany, 2010).

Es crucial antes que entender los cálculos, procedimientos y el análisis de resultados en un experimento (que por lo general es en lo que siempre se pone más la atención), entender el fenómeno del cual quiere dar fe el experimento: ¿porque se está estudiando?, ¿cómo ocurre?, ¿que lo causa?, analogía con la cotidianidad; es poco usual que la experimentación en física

llevada a cabo en los programas académicos de formación profesores estén encaminadas hacia los factores descritos anteriormente. Por lo que uno de los grandes obstáculos para llevar a cabo un trabajo experimental que sea significativo para los futuros profesores es la ausencia de un modelo fenomenológico, que le dé un verdadero sentido a la importancia del estudio a nivel experimental de los fenómenos físicos.

Capítulo 4

Este capítulo se presenta un análisis histórico crítico que aporta a la reflexión sobre la construcción del concepto, destacando la realidad sociocultural de la época las necesidades y los materiales con que se llevaron a cabo las diferentes investigaciones científicas. Primero se plantean los estudios realizados antes de la radiactividad, se continua con un análisis histórico crítico de la actividad experimental realizada por los esposos Curie y Henri Becquerel en torno al fenómeno que denominaron Radiactividad. Finalizando con el análisis de una encuesta que contrasta lo anteriormente presentado en los antecedentes sobre las ideas previas que tiene los estudiantes sobre el fenómeno de la radiactividad.

4.1 Antes de la radiactividad

Hacia el año 1842, existía un latente interés por el estudio de los fenómenos ópticos, Edmundo Becquerel ya estudiaba el infrarrojo, demostrado que en este existen unas rayas oscuras semejantes a las del espectro visible, es Edmundo precisamente, uno de los fenómenos de fosforescencia, investigando el comportamiento de algunos sulfuros, como el de calcio, de bario y de estroncio; utiliza diferentes sales de uranio que unos años más tarde serán utilizadas por su hijo Henri para sus investigaciones.

En 1895 Konrad Wilhem Röntgen anuncia haber descubierto la existencia de unos misteriosos rayos capaces de atravesar los cuerpos opacos. Explica haber observado que de un tubo emisor de rayos catódicos, previamente envueltos en un cartón negro, para impedir el paso de los rayos luminosos y ultravioleta, emitan invisibles radiaciones capaces de excitar la fluorescencia de una

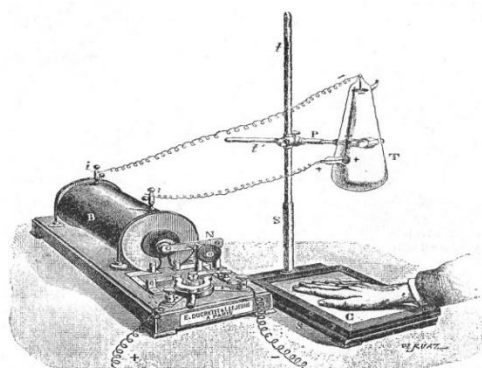


Ilustración 1. Montaje Experimental de Röntgen. Fuente: <http://almadeherrero.blogspot.com.co/2011/10/el-descubrimiento-de-los-rayos-x.html> escribe:

pantalla de planito cianuro de bario, esta es una sal de platino y cianuro, ubicada exteriormente, está es la característica más notable de este fenómeno.

Röntgen en sus memorias entregadas a la Sociedad de Física y Medicina de Würzburg, en el año de 1895

(...) Es el hecho de que un agente activo pasa aquí por una envoltura de cartulina negra, que es opaca a los rayos visibles y ultravioleta del sol o del arco eléctrico; un agente que posee además la propiedad de producir fluorescencia activa (Röntgen, citado por Cortes, 1946, p.28).

La ilustración 1, muestra un circuito formado por una máquina de Holtz, conectada a los tubos de rayos catódicos (Tubos de Crookes), la cual está orientada hacia un papel de platino cianuro de bario, sobre el cual está ubicado la mano que se posteriormente se proyecta, fue el platino cianuro de bario, el que empezó a brillar cuando se conectaron los tubos, poniendo en evidencia la existencia de los rayos que podían atravesar cuerpos opacos. La ilustración 2,



Ilustración 2. Mano de la esposa de Röntgen impresa en placa fotográfica. Fuente: <http://www.hachisvertas.net/blog/yonini/de-como-rontgen-descubrio-los-rayos-x/>

muestra la primera placa fotográfica, donde se evidencian los hallazgos de Röntgen, al quedar impresa la mano de su esposa y el anillo que llevaba en uno de sus dedos.

A partir de ese momento, el principal interés de Röntgen es investigar la naturaleza y propiedades de esta nueva y extraña radiación. Busca revelar el grado de transparencia que los cuerpos opacos presentan a la nueva radiación, probando con grandes libros, metales de diferentes espesores, maderas, ebonitas, líquidos entre muchos otros materiales, llegando a establecer los espesores equivalentes de varios cuerpos para que provoquen una idéntica absorción de esos rayos. Logra además identificar la trayectoria rectilínea de la radiación, su facultad para impresionar placas fotográficas, su capacidad para ionizar los gases, además de la imposibilidad de desviar su trayectoria por acción de un campo magnético o eléctrico. Enunciando así las propiedades de esta “nueva luz”. (Pla, 1946. P.28)

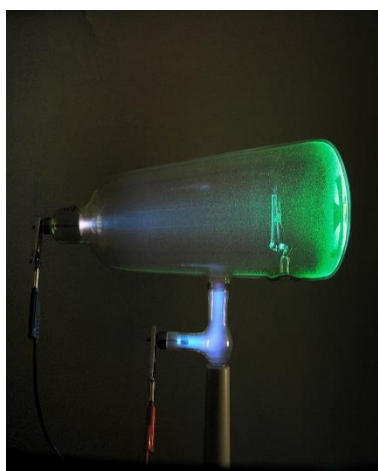


Ilustración 3. Tubos de Crookes.

Fuente:

<https://www.fayerwayer.com/2011/04/el-tubo-de-rayos-catodicos-viva-el-ingenio/>

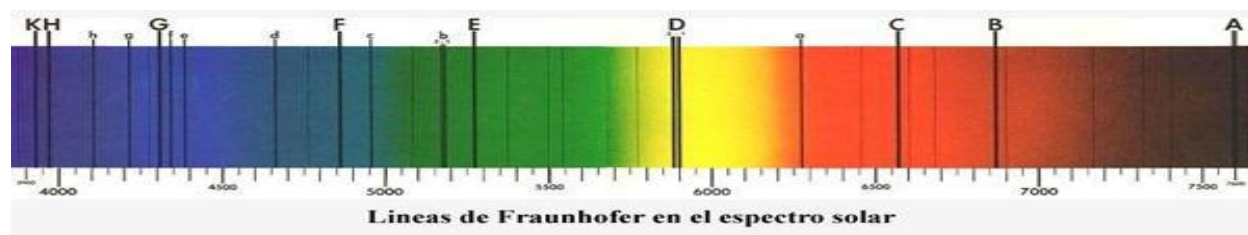
Lo interesante de los planteamientos de Pla, es que ponen en evidencia el carácter colaborativo de la actividad científica, refiriéndonos específicamente a la utilización de los tubos de Crookes y la máquina de Holtz, también muestran la ciencia como una construcción continua, pues presentan las investigaciones en las que se involucró Röntgen posterior a su descubrimiento de los rayos X.

La ilustración 3, muestra los tubos de Crookes, iluminado por el paso de la corriente eléctrica a través de un gas enrarecido.

Experimento usado para demostrar la trayectoria rectilínea de los rayos.

4.2 Trabajos sobre radiactividad

En Francia, Henri Becquerel, siguiendo con la tradición familiar, realiza investigaciones acerca de la fluorescencia y de sustancias fluorescentes, concentra su atención en medir longitudes de onda en el espectro infrarrojo, utilizando un método que fue diseñado por su padre, descubriendo que los metales presentan rayas de emisión características en el infrarrojo, al operar con potasio, sodio, calcio, aluminio, zinc, plomo, estaño, plata y estroncio. Llevándolo esto a centrar su estudio en los espectros de fluorescencia de las sales de uranio, descubriendo que las luces emitidas por esas sales proporcionaban un espectro discontinuo, donde aparecían siete u ocho bandas entre las



rayas C y F del espectro solar.

La ilustración 4, muestra las líneas del espectro solar a las que hace referencia Becquerel, es necesario resaltar, que la imagen actual muestra la existencia de más bandas que las observadas por Becquerel en su experiencia, aun así, se incluyen ya que permite vislumbrar los resultados obtenidos.

El 24 de febrero de 1896, presenta a la Academia de Ciencias de París una memoria titulada: “Sobre las radiaciones emitidas por fosforescencia”, explica su experiencia así:

Se envuelve una placa fotográfica Lumiere al gelatino bromuro en dos hojas de papel negro muy espesas, tal que la placa no se vea por una exposición al sol durante el día.

Se coloca sobre la hoja de papel, exteriormente, una placa de la sustancia fluorescente y se expone al sol durante varias horas. Cuando se revela luego la placa fotográfica, se reconoce que las siluetas de las sustancias fluorescentes aparecen en negro sobre el cliché.

Se puede repetir las mismas experiencias, interponiendo entre las sustancias fluorescentes y el papel una delgada lamina de vidrio, lo que excluye la posibilidad de una acción química debida a los vapores que podría emanar de las sustancias calentadas por los rayos solares. (Becquerel, 1896 Citado por Pla, 1946 P. 64).

Becquerel utilizó para su experimento una placa fotográfica Lumiere al gelatino bromuro, que es una placa de vidrio sobre la que se extiende una solución de bromuro de cadmio, agua y gelatina sensibilizada con nitrato de plata, fue esta placa la que envolvió en papel negro, para después exponerla a la acción de la sustancia fluorescente y de sol, para observar posteriormente que las siluetas se marcan en negro sobre la placa.

Una semana después, Becquerel da a conocer al mundo los resultados de nuevas investigaciones en las que describe la existencia de un nuevo fenómeno: La radiactividad.

En su memoria llamada “sobre las radiaciones invisibles emitidas por los cuerpos fosforescentes” da a conocer su experiencia, afirmando:

(...) Los caracteres de las radiaciones luminosas emitidas por esta sustancia han sido estudiados anteriormente por mi padre, y yo he tenido luego ocasión de señalar algunas particularidades interesantes que presentan estas radiaciones luminosas.

Se puede verificar muy simplemente que las radiaciones emitidas por ella cuando está expuesta al sol o a la luz difusa del día, atraviesan no solamente hojas de papel negro, sino también de diversos metales. He hecho especialmente la siguiente experiencia:

Una placa Lumière al gelatino bromuro de plata, ha sido encerrada en un chasis opaco de tela negra, cerrado en un extremo por una placa de aluminio; si se exponía el chasis a pleno sol hasta durante todo un día, la placa no se velaba; pero si se fijaba sobre la placa de aluminio, en su exterior una lámina de sal de uranio, en su exterior, se reconoce cuando se revela luego la placa por los procedimientos corrientes, que la laminilla cristalina aparece en negro sobre la placa sensible y que la sal de plata ha sido reducida en frente de la laminilla fosforescente.

(...) He aquí como fui llevado a hacer estas observaciones: entre las experiencias precedentes, algunas habían sido preparadas el miércoles 26 y el jueves 27 de febrero, y como en esos días el sol apareció solo de manera intermitente, conservé las experiencias completamente preparadas colocando los chasis en la oscuridad en el cajón del mueble, dejando en su lugar las laminillas de sal de uranio.



Ilustración 5. Placa fotográfica de Henri Becquerel.
 Fuente: <https://www.earthmagazine.org/article/benchmarks-henri-becquerel-discovers-radioactivity-february-26-1896>.

No apareció el sol en los días siguientes, revelé las placas fotográficas el 1° de marzo, esperando encontrar imágenes muy débiles, las siluetas aparecieron, al contrario, con una gran intensidad. Pensé al instante que la acción había debido continuar en la oscuridad. (Becquerel, 1896 Citado por Pla, 1946 P. 66).

En su experiencia, Becquerel utiliza la placa al Gelatino Bromuro, como en la experiencia anterior, con la diferencia de que esta vez, la guardo en un chasis, es decir en un bastidor opaco, cubierto con una tela negra, encerrado por un extremo con una placa de aluminio y en su exterior una placa con sal de uranio. La conclusión a la que llega Becquerel sobre la reducción de la sal de plata, se refiere al nitrato de plata con que se encontraba cubierta la placa de gelatino bromuro.

Una hipótesis que se presenta naturalmente, sería el suponer que estas radiaciones, cuyo efecto tiene gran analogía con los efectos producidos por las radiaciones estudiadas por Röntgen y Lenard, serían radiaciones invisibles emitidas por fosforescencias y cuya duración de persistencia sería infinitamente más grande que la duración de las radiaciones luminosas emitidas por estos cuerpos. (Becquerel, 1896).

La afirmación realizada por Becquerel -esperando encontrar imágenes muy débiles- deja entrever que el hecho de que revelara la placa no fue cuestión del azar, como constantemente se afirma. Es necesario reconocer que Alexander Becquerel había dedicado su vida a estudiar las propiedades de las sustancias fosforescentes, por tanto, Henri Becquerel, conocía que las sales de uranio sobresalían entre muchas otras por su actividad fosforescente. Así que relevar las placas era el paso a seguir, teniendo en cuenta que las placas no podrían ser utilizadas nuevamente.

Demostrada ya la existencia del nuevo fenómeno, Henri Becquerel prosigue sus investigaciones, para demostrar las características y las propiedades que distinguen a las sales de uranio.

El legado de los trabajos de Becquerel, deja como evidencia que la ciencia no se construye en un día, es un trabajo colectivo, presenta avances y también retrocesos, pero aun así tiene el poder de cambiar al mundo. Aprendimos que los rayos uránicos, como fueron llamados, presentan la propiedad de descargar los cuerpos electrizados sometidos a su acción, la persistencia de la emisión de los rayos uránicos, la desigual absorción experimentada por los diferentes cuerpos, así como la cantidad de tiempo empleada por las sales de uranio en descargar un electroscopio. Becquerel

evidencio que un electroscopio cargado, puesto en la proximidad de una de estas sales de uranio perdía rápidamente su carga, como también sucedía con los rayos Röntgen.

De la afirmación de Henri Becquerel (...) Todas las sales de uranio que he estudiado, sean fosforescentes o no, estén cristalizadas, fundidas o en solución, han dado resultados comparables. Esto me ha conducido a pensar que el efecto es debido a la presencia en estas sales del elemento uranio. Surge el interés de Marie Sklodowska, posteriormente conocida como Marie Curie, por examinar los rayos uránicos, preguntándose si estas particulares propiedades eran exclusivas de este cuerpo, o si por el contrario eran compartidas por algún otro cuerpo en proporciones mayores, menores o en igual intensidad, llegando a demostrar que la actividad aumentaba con el porcentaje de uranio, además se demostró que la intensidad de la radiación era independiente del estado físico (Sólido, líquido, gaseoso) o químico (Sales uranosas o uránicas), dependiendo únicamente del uranio contenido en la sustancia sometida a la experiencia.

A partir de estas observaciones surgió el problema de ¿Cómo saber de dónde extraía el compuesto de uranio una energía tal que le permitía oscurecer las emulsiones fotográficas a través de diversos espesores de papel protector o incluso un metal? Cuando Marie se dispuso a realizar su investigación, bajo la ambición de ser además la primera mujer en Europa en doctorarse, encontró un limitante para su investigación, el no disponer de un laboratorio adecuado, el laboratorio del que dispuso se encontraba constantemente expuesto a la humedad.

Anteriormente, Becquerel ya había demostrado que los rayos de uranio, provocaban un desprendimiento de aire conductor de electricidad, es decir, que cuando los rayos uránicos

atravesaban el aire, las moléculas se separaban formando iones positivos, cargados eléctricamente.

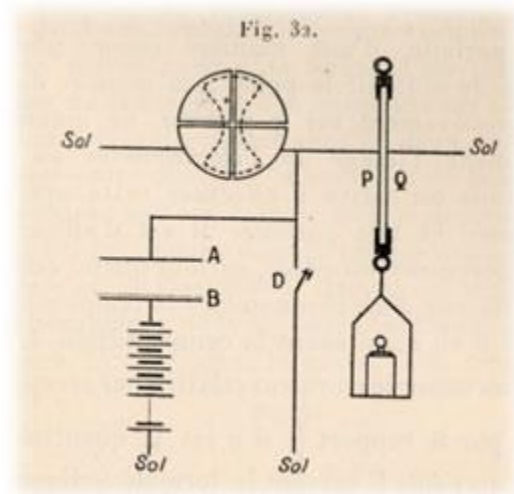


Ilustración 6. Esquema general del banco de medidas. Modificado de Curie 1910. Fuente: <http://museovirtual.csic.es/csic75/laboratorios/lab1/lab1b.html>

Marie buscó ser quien por primera vez lograra cuantificar el fenómeno utilizando el electrómetro de cuarzo piezoeléctrico para medir las cantidades de electricidad transmitidas por el aire. La piezoelectricidad es un fenómeno que ocurre en determinados cristales que, al ser sometidos a tensiones mecánicas, en su masa adquieren una polarización eléctrica y aparecen una diferencia de potencial y cargas eléctricas en su superficie.

Este fenómeno también ocurre a la inversa: se deforman bajo la acción de fuerzas internas al ser sometidos a un campo eléctrico. El efecto piezoeléctrico es normalmente reversible: al dejar de someter los cristales a un voltaje exterior o campo eléctrico, recuperan su forma. La propiedad de la piezoelectricidad fue observada por primera vez por Pierre y Jacques Curie en 1881 estudiando la compresión del cuarzo. Al someterlo a la acción mecánica de la compresión, las cargas de la materia se separan. Esto propicia una polarización de la carga, lo cual causa que salten chispas. Para que en la materia ocurra la propiedad de la piezoelectricidad debe cristalizar en sistemas que carezcan de centro de simetría y, por lo tanto, de eje polar.

Si se ejerce presión en los extremos del eje polar se produce polarización: flujo de electrones se dirige hacia un extremo y genera en él una carga negativa, mientras que en el extremo opuesto se induce una carga positiva.

Cuando se utilizan láminas de cristal estrechas y de gran superficie, el alto voltaje obtenido es mayor. Las láminas estrechas se cortan de manera que el eje polar cruce perpendicularmente dichas caras.

La corriente generada es proporcional al área de la placa y a la rapidez de la variación de la presión aplicada ortogonalmente a la superficie de la placa.

La ilustración 6, muestra el esquema presentado por Marie Curie en 1910, del cuarzo piezoeléctrico utilizado para hacer sus experiencias. Este presenta un funcionamiento sencillo, cuando se estira un cristal de cuarzo cortado de forma apropiada, aparecen cargas en las caras perpendiculares a la dirección de la fuerza. Estas cargas de superficie inducen, a su vez, cargas en las armaduras que las recubren. Cuando se aumenta el valor de la fuerza aplicada aumenta la carga cautiva en sus láminas laterales, y cuando esa fuerza disminuye el aparato libera parte de la carga cautiva.

A Marie se le ocurrió investigar si existían otras sustancias del uranio capaces de hacer que el aire fuese conductor de electricidad.

Para probarlo realizó el siguiente experimento:

1. Se colocaba el material sobre una placa de metal frente a otra bandeja de metal

2. Utilizaba el electrómetro para comprobar si podía hacer pasar corriente eléctrica por el aire contenido entre las placas.

Para realizar este experimento utilizó diferentes minerales que le fueron cedidos por los miembros de la escuela de física donde realizaban sus experimentos, utilizaron Oro, Aluminio, Zinc y Torio, encontrando solo resultados en el último de estos minerales.

El 12 de abril de 1898, Marie Curie presenta a la Academia de Ciencias una memoria titulada: “Rayos emitidos por los compuestos del uranio y del torio” (...) Los minerales de uranio, la pechblenda (óxido de uranio) y la calcolita (fosfato de cobre y uranio) son mucho más activos que el mismo uranio. Este hecho es muy notable y hace creer que estos minerales pueden contener un elemento mucho más activo que el uranio.

Es entonces, que Pierre Curie, se une a las investigaciones de su esposa, en condiciones precarias y con escasos recursos, fue cuando los esposos Curie buscaron radiaciones ya no en los elementos puros, sino en los minerales de uranio en que este elemento está mezclado con otros metales y minerales. Por algún tiempo midieron la intensidad de las radiaciones emitidas por los minerales de uranio. Algunas muestras emitían radiaciones con una mayor intensidad que los compuestos de uranio puros.

Encontraron que el Óxido de Uranio era menos activo que el uranio metal, el Uranato de amoníaco es menos activo que el uranio metal, la Calcolita era dos veces más activo que el uranio metal y por último la Pechblenda era cuatro veces más activo que el uranio metal.

Sus investigaciones posteriores se centraron en la Pechblenda. Sabían que el uranio era sólo parte del mineral que estaban estudiando y que el material estaba formado también por otros elementos.

Así pues, Marie empezó a separar por procesos químicos todos los elementos. En cada paso del proceso de eliminación su muestra se volvía más pequeña, pero se daba cuenta que la intensidad de la radiación emanada era mayor, quedando un producto cuyas radiaciones eran cientos de veces más intensas que las que emitía el uranio; se dio cuenta, además, de que las radiaciones emitidas eran capaces de atravesar el papel, la madera y hasta placas de metal.

En julio de 1898 en una comunicación firmada por ambos, publican: (...) Creemos, pues, que la sustancia que hemos retirado de la pechblenda contiene un metal hasta ahora desconocido, próximo al bismuto por sus propiedades analíticas, como la electronegatividad.

Si la existencia de este nuevo metal se confirma proponemos denominarle polonio, del nombre del país de origen de uno de nosotros (Curie & Curie, 1898). Agregando que si el descubrimiento llegase a ser comprobado sería debido únicamente al nuevo procedimiento de investigación proporcionado por Becquerel.

Esta afirmación hecha por los esposos Curie reivindica la idea de ciencia como construcción colectiva y continua, reconoce los aportes realizados de forma independiente por Henri Becquerel, demostrando una admirable modestia.

Es en esta comunicación, Marie y Pierre proponen por vez primera el término radiactividad para denominar a la nueva propiedad de la materia. Una vez separado el polonio de los residuos

del mineral, éstos seguían emitiendo radiaciones, por lo cual los esposos Curie concluyeron que debían de contener aún otro elemento diferente al polonio y al uranio, pero con la misma propiedad de emitir radiaciones. Siguieron separando de estos residuos las fracciones de material que no despedían radiaciones de aquellas que sí lo hacían desconociendo que era la fuente de las radiaciones misteriosas. Es así como el 26 de diciembre de 1898 anuncian la existencia en la pechblenda de un segundo elemento químico: (...) Hemos encontrado una segunda sustancia fuertemente radiactiva y enteramente diferente de la primera por sus propiedades químicas, con todas las apariencias químicas del bario casi puro. (...) Las diversas razones que acabamos de enumerar nos hacen creer que la nueva sustancia radiactiva contiene un nuevo elemento, al cual nos proponemos dar el nombre de radium,”. (Curie & Curie, 1898).

Lograron extraer un compuesto de radio de una tonelada de residuos de pechblenda. El proceso fue tan laborioso que se tardaron años en obtener una cantidad suficiente del elemento para determinar su peso atómico y determinar otras propiedades. Los hallazgos de Marie Curie permitieron determinar que la radiación no resulta de la interacción de los átomos. Esta energía de radiación tiene como origen el átomo propiamente dicho, es por esto que la radiactividad es una propiedad puramente atómica.

El estudio de las radiaciones uránicas y de las propiedades de los nuevos cuerpos, se intensifica. Los Curie logran añadir un producto más, el descubrimiento de la radiactividad inducida.

En las memorias presentadas a la Academia de Ciencias de París, en el año de 1899, tituladas “Sobre la radiactividad provocada por los Rayos de Becquerel”, enuncian (...) Estudiando las

propiedades de la materia fuertemente radiactivas preparadas por nosotros (el polonio y el radio), hemos comprobado que los rayos emitidos por esas materias, actuando sobre las sustancias inactivas, pueden comunicarles radioactividad, y que esta radioactividad inducida persiste durante un tiempo bastante largo (Curie & Curie, 1898, citado en Calpe, 1949, p39).

La admirable propiedad solo podía ser observada con sustancias tan fuertemente radiactiva como el polonio y el radio.

4.3 Implicaciones del descubrimiento de la radiactividad

Descubiertas las familias del uranio y del torio como típicamente radiactivas, era natural pensar en la posibilidad de que fuese una propiedad más general. Es así como en 1904 Debiene, por insistencia de Marie y Pierre, investiga si en los residuos de la Pechblenda existía alguna otra sustancia. Su trabajo le permitió descubrir la familia del actinio, una sustancia cien mil veces más radiactiva que el uranio.

Como consecuencia directa de los trabajos vinculados, creció la necesidad de modernizar la perspectiva sobre los átomos, siendo en su momento el paradigma de pensamiento dominante, teoría atomista clásica de Dalton.

Anteriormente, Perrin y Thomson, ya habían probado que los rayos catódicos estaban constituidos por partículas electrizadas negativamente, partículas a las que llamaron electrón. Logrando además determinar su velocidad de propagación, su masa y su carga específica.

Fue Joseph John Thomson quien, en 1907, propuso un modelo del átomo, al que visualizó como una esfera con carga positiva, distribuida en el volumen del átomo de aproximadamente 0,00000001 cm de diámetro. Supuso que partículas con cargas negativas, electrones, estaban dispersos en alguna forma ordenada en esta esfera. Éste fue el primer modelo del átomo que trató de explicar su constitución.

En 1899, Ernest Rutherford comenzó a investigar la naturaleza de los rayos emitidos por el uranio. Pronto descubrió que el uranio al emitir esos rayos se transformaba en otro elemento. Junto a su colaborador químico Frederick Soddy propusieron una teoría que describía el fenómeno de la radiactividad. A este proceso se le conoce ahora como decaimiento radiactivo. En 1902, explicaron la naturaleza de la radiactividad y encontraron que el átomo ya no podía considerarse como una partícula indivisible, dado que de él se desprendían partículas con propiedades particulares e independientes; estudiaron los productos del decaimiento de un material radiactivo separado químicamente del resto de los elementos de dónde provenía, y descubrieron que los materiales radiactivos, al emitir radiación, se transforman en otros materiales, ya sea del mismo elemento o de otro.

Fue así, como múltiples investigadores, se centran en el análisis de la compleja radiación de los cuerpos radiactivos. Se evidencia que quedan caracterizados por tres grupos de rayos, a los cuales Rutherford les dio los nombres de alfa (α), beta (β) y gamma (γ), respectivamente, tomados de las tres primeras letras del alfabeto griego.

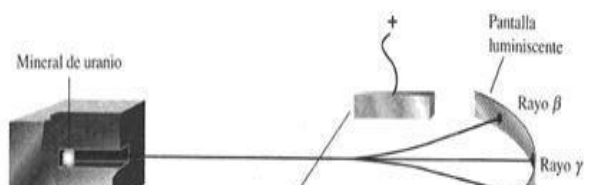


Ilustración 7. Trayectoria de los rayos, Experimento de Rutherford.

Fuente: http://ww2.educarchile.cl/psu/estudiantes/Contenidos.asp?sector=4&nivel=4&je_tem_sem=124

encontraron que una parte, los rayos alfa, se desviaban ligeramente en un sentido; otra parte, los rayos beta, se desviaban fuertemente en el sentido contrario, y, finalmente, una tercera parte, los rayos gamma, no se

desviaban. Rutherford fue el primero en detectar los rayos alfa, y descubrió que, en presencia de campos magnéticos, se desvían en forma opuesta a la de los electrones. De aquí se concluyó que los rayos alfa tenían que estar cargados positivamente, estableciendo posteriormente que son núcleos de átomos de helio, siendo comparables con los rayos positivos de Goldstein, como además resultaban desviados sólo muy ligeramente, calcularon que debían de tener una masa muy grande; en efecto, resultó que tenían cuatro veces la masa del hidrógeno. Los rayos beta, están formados por rayos catódicos de gran velocidad; por su parte, los rayos beta se caracterizan por no ser desviados por un imán o por acción de un campo eléctrico, son de la misma naturaleza que la luz y los rayos X, podría afirmarse que son rayos X muy penetrantes.

Todos estos descubrimientos despojan a la electricidad de su alto nivel de abstracción. Donde su carácter corpuscular se acentuaba cada vez más. Además, abría las puertas a una corriente de pensamiento donde los viejos pensamientos de los fluidos iban siendo dejados a un lado por nuevas concepciones que eran posibles de verificar experimentalmente; demostrando lo absurdo de la división entre las diferentes ramas de las ciencias.

4.4 El conocimiento de los estudiantes sobre la radiactividad

El propósito de esta etapa es determinar las ideas previas de los docentes en formación inicial, para a partir de ellas proponer aspectos a tener en cuenta en el diseño de una secuencia de actividades para la enseñanza del concepto radiactividad. Para lograr este fin se debe utilizar una técnica de investigación cualitativa que permita realizar una descripción de las ideas encontradas, por tratarse de una investigación de tipo exploratoria no se plantean hipótesis respecto a las posibles ideas de los docentes en formación en cuanto a los temas relacionados.

Para reconocer las ideas de los docentes en formación, se seleccionó un cuestionario de preguntas cerradas como instrumento de recolección de ideas previas, consta de siete preguntas de las cuales las primeras 3 tienen como objetivo indagar las ideas sobre temas de física moderna como lo es la radiactividad, sobre su consideración de lo que emiten los materiales radiactivos, que transformaciones ocurren en dicha emisión y cuál es el decaimiento radiactivo en el tiempo. Los cuatro cuestionamientos siguientes intentan averiguar las ideas sobre la estructura atómica, específicamente la constitución de la materia, las dimensiones del átomo, las fuerzas atómicas y las fuerzas nucleares. Este cuestionario es una adaptación del instrumento de ideas previas utilizado por Gutierrez, Capuano, Perrotta, De la fuente y Follari (2000) en su estudio ¿Que piensan los jóvenes sobre la radiactividad, estructura atómica y energía nuclear?

El cuestionario, permitía para algunos casos una única respuesta y en otras varias respuestas, por tal razón la suma del cálculo de los porcentajes supera el 100% en caso de que se seleccionara más de una opción que no fuesen contradictorias entre sí.

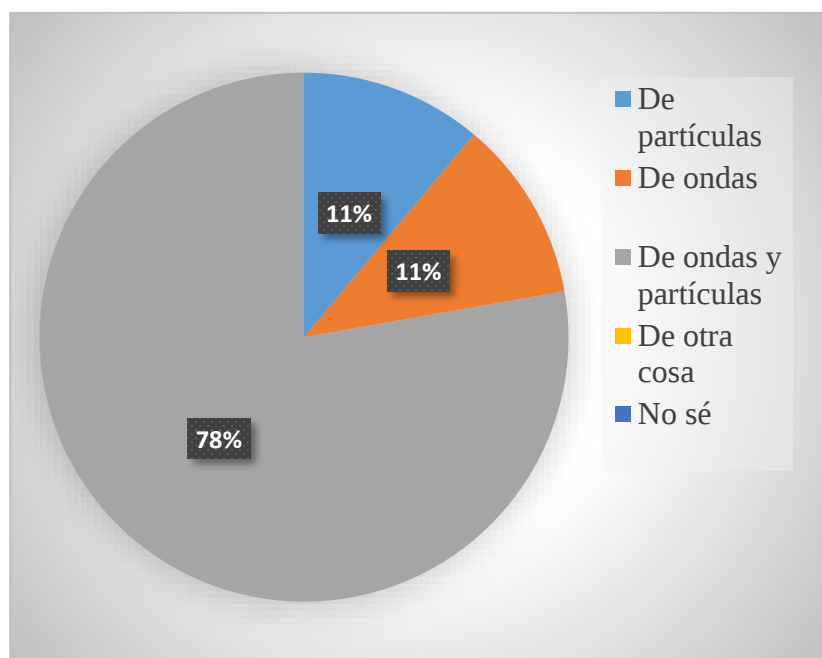
El instrumento fue aplicado a nueve estudiantes, pertenecientes al programa de Licenciatura en Educación Básica con Énfasis en Ciencias Naturales y Educación Ambiental de la Universidad del Valle- Sede Meléndez, dichos estudiantes cursan entre 8 – 10 semestre, a partir de ello es posible concluir que ya han cursado las asignaturas correspondientes a los niveles I y II de química general, química orgánica, química ambiental y los niveles I y II de física general incluidos sus respectivos laboratorios. Múltiples estudios reconocen que las ideas previas son comunes entre grupos de estudiantes en edades y contextos socioculturales semejantes, razón por la cual no era necesario seleccionar estadísticamente la cantidad de estudiantes que debían formar parte de la muestra, ya que es de esperarse que los resultados obtenidos sean semejantes a los de otros estudiantes bajo las condiciones mencionadas anteriormente.

A continuación, se presenta el análisis del instrumento utilizado, así como el porcentaje que indica el grado de preferencia para cada opción, tomando como muestra la totalidad de las respuestas de los docentes en formación.

Tabla 1. Análisis estadístico pregunta 1 del instrumento de recolección de ideas previas

Los materiales radiactivos (ciertos elementos químicos) tienen distintas propiedades que los caracterizan, entre las cuales se encuentra la emisión de ciertos «rayos». Estos rayos son:	
De partículas	1
De ondas	1

De ondas y partículas	7
De otra cosa	0
No sé	0
Total	9



El propósito de esta pregunta es identificar cuáles son las ideas de los docentes en formación inicial sobre lo que emiten los materiales radiactivos.

La mayor parte de la población encuestada, el 78%,

Figura 2. Análisis estadístico de la pregunta 1 del instrumento de recolección de ideas previas

responde que los materiales radiactivos emiten ondas y partículas, opción b. El 11% ondas y el 11% restante partículas. Según esto el 22% de la población encuestada presenta dificultades para comprender el concepto de dualidad onda- partícula propuesta por De Broglie, a pesar de que este concepto forma parte del currículo de la educación media en las áreas de química y física, que además debieron ser reforzados en los cursos de química y física general.

En relación a esto es posible concluir que aún sin diferenciar de que radiación se trata, los docentes en formación tienen idea de que la emisión existe. Por tanto, no debe ser propósito central de la secuencia de actividades, el reconocimiento de la existencia de dicha emisión por parte de los docentes.

Tabla 2 . Análisis estadístico de la pregunta 2 del instrumento de recolección de ideas previas

Los materiales radiactivos, cuando emiten rayos:	
Se transforman en otro elemento	0
Queda el mismo elemento químico, pero con menor energía	5
Se transformó en dos elementos químicos iguales	1
Otra respuesta	2
No sé	1
Total	9

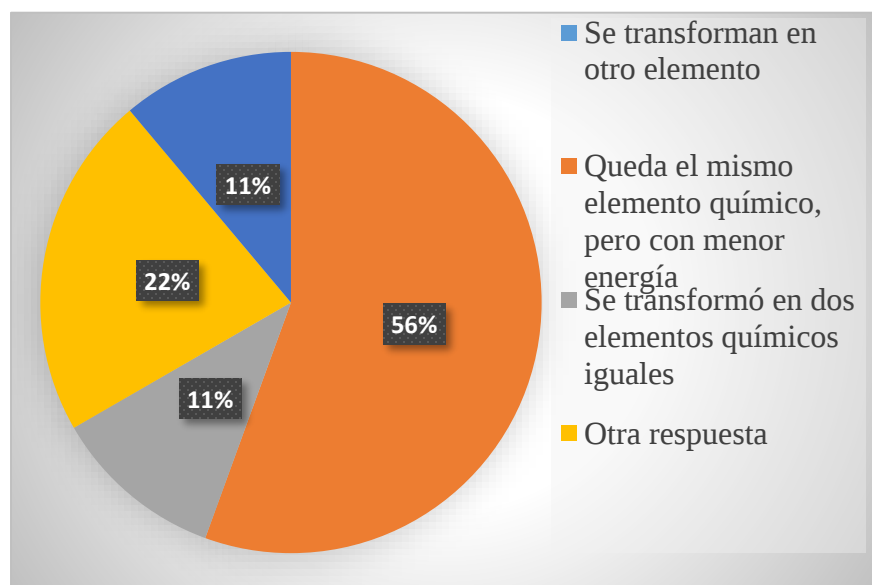


Figura 3. Análisis estadístico de la pregunta 2 del instrumento de recolección de ideas previas.

El propósito de esta pregunta, es reconocer las ideas sobre la transformación que ocurre en el átomo cuando hay una emisión de rayos.

El 56% de la población encuestada, asume que después de la emisión de rayos queda el mismo elemento químico, pero con menor energía, el 11% responde que se transforma en dos elementos químicos iguales, el 22% selecciona la opción otra respuesta, sin embargo, no plantean una alternativa, poniendo en evidencia que no se tiene una claridad sobre si existe o no la transformación. El 11% restante responden que no saben, es decir, que al igual que el grupo anterior, no existe una claridad conceptual frente al fenómeno. La mayor parte de la población, asume que un material radiactivo solo pierde energía al emitir, pero continúa siendo el mismo elemento.

De forma generalizada, los estudiantes encuestados no aceptan la posibilidad de una transformación del núcleo. Posiblemente como resultado de instrucciones reduccionistas sobre la estructura atómica; es necesario reconocer que las ideas previas son resistentes al cambio y permanecen aun cuando son adultos. El resultado anterior, concuerda con los hallazgos realizados

por Gutierrez et al. (2000) en el que concluyen (...) “los alumnos tienen ideas de que la emisión existe, aunque piensan que el material, al emitir, pierde sólo energía sin modificar su estructura.” (p.252).

Según esto, es necesario que algunas de las actividades propuestas, estén directamente relacionadas con la transformación que sufre en núcleo cuando hay emisiones, alterando de esta forma la estructura atómica.

Tabla 3. Análisis estadístico de la pregunta 3 del instrumento de recolección de ideas previas

Dentro de los materiales radiactivos se encuentran el I131 (isótopo del yodo útil para el diagnóstico clínico), el C14 (isótopo del carbono, que se utiliza para determinar la edad de materiales antiguos) y el Pu239 (isótopo del plutonio, desecho de la reacción nuclear). Sus efectos (rayos que emiten), en cualquiera de los tres casos:	
Disminuyen a medida que transcurre el tiempo	5
Aumentan a medida que transcurre el tiempo	1
Se mantienen constantes a medida que transcurre el tiempo	2
Otra respuesta	0
No sé	1
Total	9

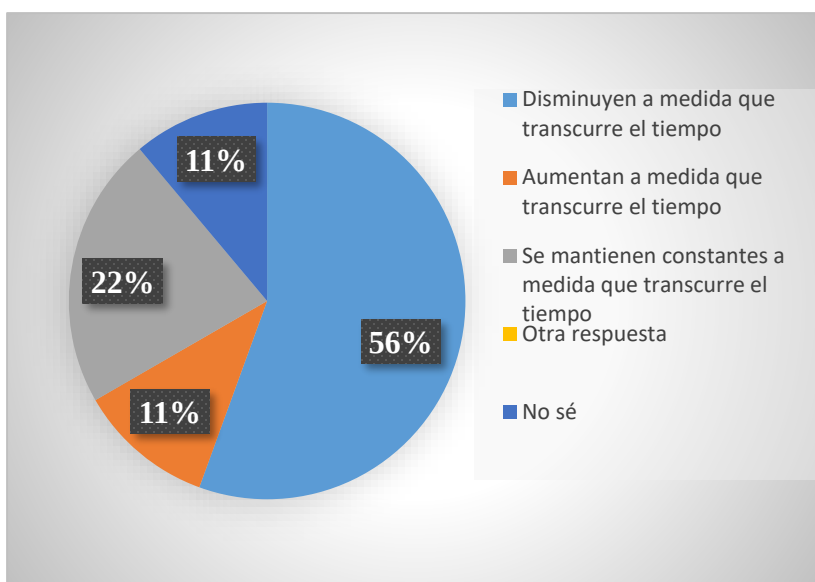


Figura 4. Análisis estadístico de la pregunta 3 del instrumento de recolección de ideas previas

El propósito de esta pregunta se centra en indagar sobre el decaimiento radiactivo en el tiempo.

Sobre este cuestionamiento el 22% considera que se mantiene constante a medida que transcurre el tiempo; el 11%

aumenta a medida que transcurre el tiempo y otro 11% responde no sé, evidenciando que no existen claridades sobre el decaimiento radiactivo.

Por su parte, el 56% acepta que disminuye a medida que transcurre el tiempo. En lo referente a la cantidad de radiación emitida, se piensa en general que se mantiene constante o disminuye a medida que transcurre en tiempo, posiblemente este resultado se encuentre relacionado con la influencia de factores sociales, como los medios de comunicación.

Desde este punto de vista, las actividades a realizar no deben centrarse únicamente en el reconocimiento del decaimiento radiactivo en el tiempo, pues podría avanzarse en el reconocer el decaimiento de diferentes materiales.

Tabla 4. Análisis estadístico de la pregunta 4 del instrumento de recolección de ideas previas

Cuál/es de las siguientes cosas están compuestas por átomos:

Los minerales (por ejemplo, una roca)	5
---------------------------------------	---

Los vegetales (por ejemplo, un árbol)	2
---------------------------------------	---

Los animales y los seres humanos	3
----------------------------------	---

Si no se marcó ninguna de las afirmaciones anteriores,	3
--	---

exprese cuál es el elemento más pequeño que lo constituye

en cada caso:

Los tres estudiantes que no marcaron ninguna de las afirmaciones, concluyeron que todo es materia, a su vez que la materia está compuesta por átomos, así que este es el elemento más pequeño que constituye todo.

Total	13
--------------	-----------

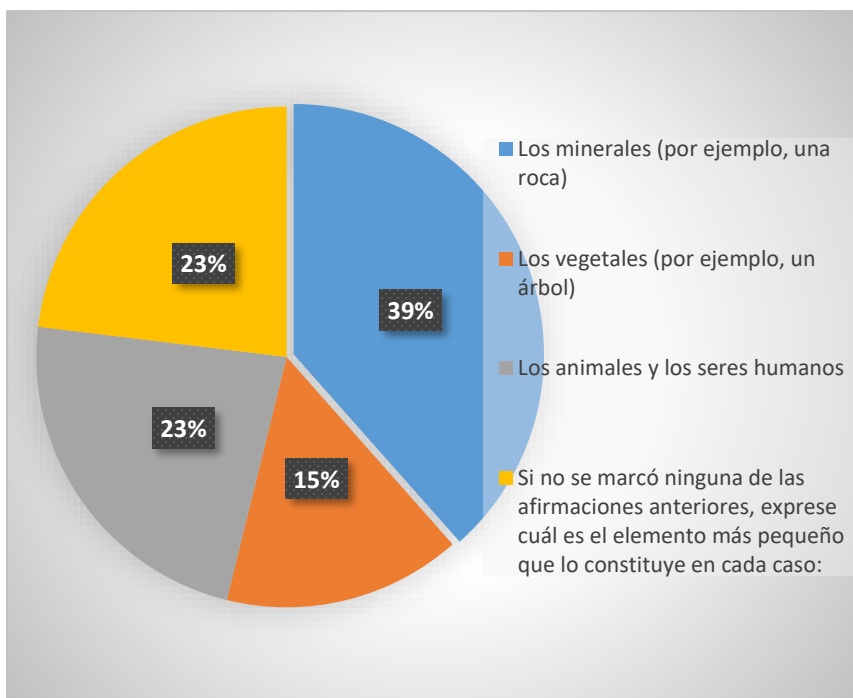


Figura 5. Análisis estadístico de la pregunta 4 del instrumento de recolección de ideas previas

El propósito de esta pregunta, es indagar las ideas sobre la constitución de la materia.

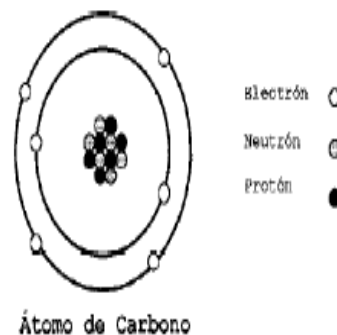
Donde se encontró como resultado que el 39% afirma que los minerales están constituidos por átomos, el 23% responde que los

vegetales están formados por átomos, otro 23% afirma que los animales y los seres humanos. Tan solo el 15% afirma que todo es materia y que por tanto la unidad mínima de todo debe ser el átomo.

Aun así, las respuestas permiten afirmar que algunos docentes en formación presentan ideas sobre una diferencia entre la materia viva y la materia inerte. Tal vez como resultado de la fragmentación del currículo de la educación básica y la educación superior donde no se establecen conexiones entre contenidos, promoviendo un aprendizaje memorístico, acrítico y descontextualizado de la ciencia.

Tabla 5. Análisis estadístico de la pregunta 5 del instrumento de recolección de ideas previas

La representación más sencilla de un átomo (la figura muestra la representación en un dibujo hecho sin escala) ubica en la zona central del núcleo, compuesto por protones y neutrones y a una cierta distancia girando en órbitas más o menos circulares, de los electrones. Si



pudiésemos ampliar el tamaño de estas pequeñísimas partículas de modo que el núcleo tuviese el tamaño de una naranja, ¿cuál crees que sería el tamaño del radio de la primera órbita electrónica?

Más o menos como el de una sandía	2
Más o menos como el del cantero circular de un jardín	3
Más o menos como el de una rotonda o plaza redonda	1
Más o menos como la de una avenida de circulación de una gran ciudad	1
No sé	2
Total	9

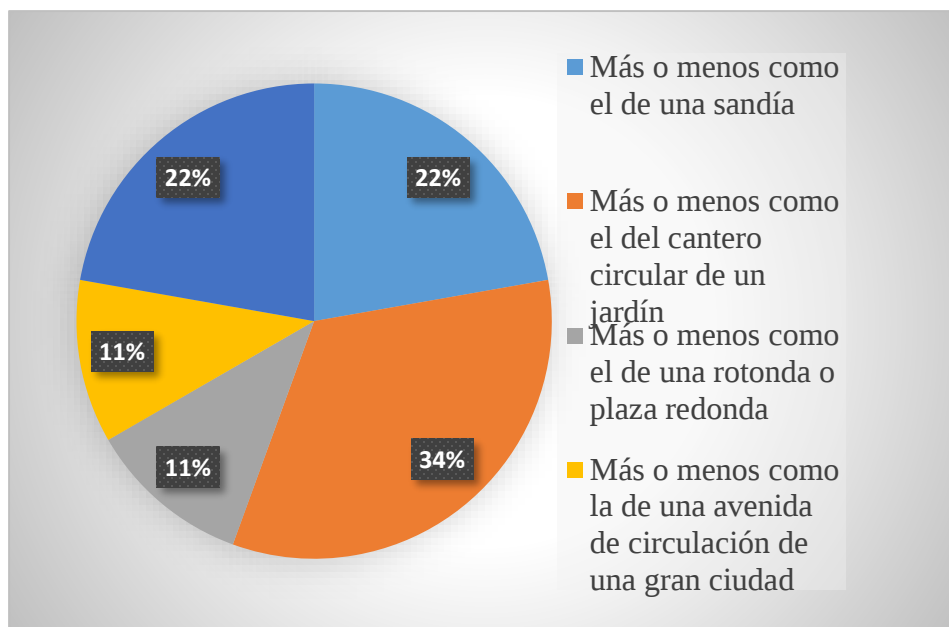


Figura 6. Análisis estadístico de la pregunta 5 del instrumento de recolección de ideas previas

El propósito de esta pregunta, es indagar las ideas acerca de las dimensiones del átomo.

El 22% afirma que el tamaño de la órbita más cercana al núcleo

es más o menos el de una sandía, el 11% más o menos como la de una avenida de circulación de una gran ciudad, el 22% reconoce no saber y otro 22% afirma que el tamaño es más o menos como el de un cantero de jardín; solo el 11% afirman que el tamaño es más o menos como el de una rotonda o plaza redonda.

Como resultado de la imposibilidad de dibujar un átomo a escala, existe un obstáculo que trae consigo la idea de que el tamaño de la primera órbita, debe de ser el doble del tamaño del núcleo, lo que se evidencia cuando lo relacionan con el tamaño de una sandía o el tamaño de una materia de jardín.

Las respuestas muestran que no existe una idea bien formada sobre las dimensiones del átomo. Esto puede ser causado por la imposibilidad de observarlo o de realizar modelos a escalas reales,

así como la utilización de unidades de medida imperceptibles, aún con la utilización de instrumentos tecnológicos.

Tabla 6. Análisis estadístico de la pregunta 6 del instrumento de recolección de ideas previas

En relación con el dibujo de la pregunta anterior: ¿Crees que debe existir alguna fuerza que actúe sobre el electrón para que éste describa órbitas circulares?	
Si	9
No	0
Si respondiste que sí a la pregunta anterior, ¿qué tipo de fuerza piensas que es? Te damos las siguientes opciones de tipos de fuerzas:	
Fuerzas gravitatorias	0
Fuerzas eléctricas	3
Fuerzas magnéticas	3
Fuerzas nucleares	2
No sé	1
Total	9

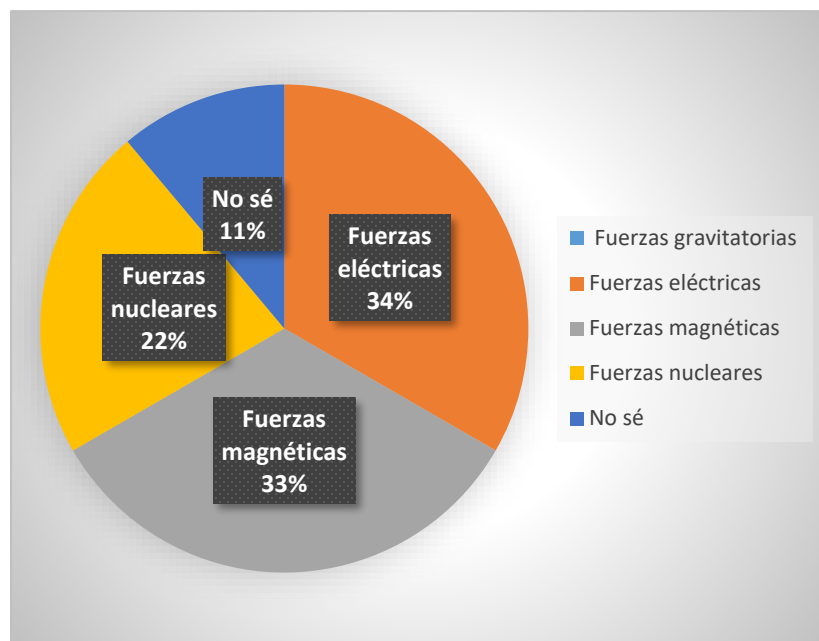


Figura 7. Análisis estadístico de la pregunta 6 del instrumento de recolección de ideas previas

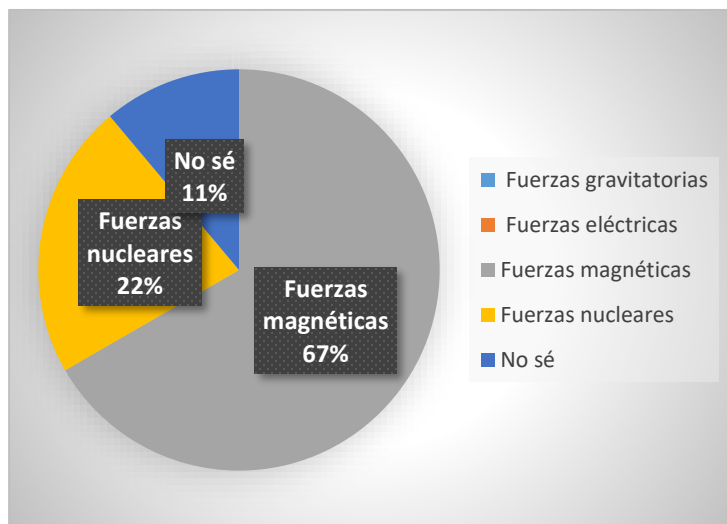
Esta pregunta, se presenta en dos etapas, donde la primera tiene como propósito identificar las ideas sobre la existencia de fuerzas en el átomo, la segunda por su parte, busca indagar si los docentes en formación identifican de qué fuerza se trata.

En los resultados se encontró que el 100% de los encuestados reconoce que existe una fuerza que actúa sobre el electrón en el átomo.

En los resultados sobre las fuerzas que actúan, se encontró que el 34% asume que dicha fuerza es de carácter eléctrico, así como el 33% que es de carácter magnético, el 22% asume que son fuerzas de tipo nuclear y el 11% restante afirma no saber. Desde este punto de vista, es posible establecer que las respuestas son comparables entre sí en el caso de las fuerzas eléctricas y magnética, lo que deja en evidencia que los docentes en formación inicial no tienen bien formadas las ideas sobre la fuerza de la que se trata. Además, es evidente que la fuerza magnética, resulta menos abstracta al tratarse del tipo de fuerza con el que más han interactuado durante todo su proceso formativo, desde la educación básica, media y superior.

Tabla 7. Análisis estadístico de la pregunta 7 del instrumento de recolección de ideas previas

Observa con cuidado el dibujo de la cuestión 5. Advierte que en el núcleo se apilan muy cerquita, uno de otro, protones y neutrones.	
¿Crees que debe existir alguna fuerza entre neutrones y protones para que el núcleo no se desarme?	
Si	9
No	0
Si respondiste que sí a la pregunta anterior, ¿qué tipo de fuerza piensas que es? Te damos las siguientes opciones de tipo de fuerzas:	
Fuerzas gravitatorias	0
Fuerzas eléctricas	0
Fuerzas magnéticas	6
Fuerzas nucleares	2
No sé	1
Total	9



Esta pregunta plantea dos etapas, en la que la primera tiene como propósito, identificar las ideas sobre la existencia de fuerzas que actúan sobre los protones y neutrones en el núcleo del átomo; la segunda parte busca indagar sobre la identificación con el tipo de fuerza.

Figura 8. Análisis estadístico de la pregunta 7 del instrumento de recolección de ideas previas

En concordancia con la pregunta anterior, el 100% de los docentes en formación encuestados aceptan la existencia de fuerzas que actúan al interior del núcleo atómico, manteniendo cerca los protones y los neutrones.

En relación con las fuerzas que actúan al interior del núcleo, el 67% afirma que dichas fuerzas son de tipo magnético, el 11% afirma no tener conocimiento sobre el tipo de fuerza que actúa, a pesar de reconocer la existencia de dicha fuerza. Por su parte el 22% de los encuestados aceptan que se trata de fuerzas nucleares.

A pesar de ello, es necesario considerar que quienes respondieron fuerzas nucleares, pudo haber sido gracias a la asociación que se hace con el concepto núcleo. Se evidencia entonces que al igual que en la pregunta seis, existe una preferencia por las fuerzas magnéticas, ya que se asume que el carácter atractivo es fundamental en el fenómeno.

Aspectos a tener en cuenta en el diseño de una secuencia de actividades

En el ámbito educativo, se ha recalcado el papel que juega la HC en la formación de profesores, de igual manera, ha sido posible evidenciar el papel que juegan las practicas experimentales en el proceso de EA de las ciencias naturales. Por esta razón, se pretende llevar a cabo una serie sugerencias para la creación de una secuencia de actividades para la enseñanza del fenómeno de la radiactividad. Es necesario resaltar entonces, que las experiencias planteadas a continuación no son una secuencia de actividades por si solas, sin embargo se utilizan como ejemplos que ilustran las sugerencias que se realizan a continuación.

Es posible afirmar que la HC proporciona narraciones e historias anecdóticas que introducen a los estudiantes en las actividades científicas llevadas a cabo por los “científicos”, de esta manera se pone en evidencia la humanidad de estas personas, las cuales están en constante interacción con una sociedad, la cual proporciona a ellos motivaciones y expectativas personales que intervienen e influyen directamente en su trabajo.

También ofrece la posibilidad de modelizar determinados fenómenos, con la finalidad de poder interpretar dicha actividad, este tipo de actividades juegan un rol importante en la ciencia escolar ya que puede promover la habilidad interpretativa y argumentativa en los educandos, al momento de realizar reflexiones alrededor del fenómeno.

Uno de los principales aportes de la HC en la formación inicial de los profesores es evidenciar la necesidad de una aproximación fenomenológica de las representaciones científicas: los estudiantes necesitan saber con qué y cómo se relacionan dichas representaciones y poderlas así

confrontar con situaciones de su vida cotidiana, o mejor aún con situaciones de la vida real en otros momentos de la evolución de la ciencia misma (García-Martínez, 2003). Plantear analogías supone que la HC se convierta en un vehículo para formar al docente en formación inicial, ya que no solo se está estudiando la disciplina, sino que además se llevan a cabo procesos de reflexión de la manera como se produce el conocimiento, además de la forma en que se trasmite de generación en generación.

Desde este punto de vista, se propone entonces el diseño de actividades, en las cuales los estudiantes se vean enfrentados al contexto sociocultural en el cuál se desarrollaron los descubrimientos de los fenómenos; la lectura y análisis de originales permite entonces comprender la relación entre el contexto en que se desarrollaba el fenómeno y el estudio del mismo, pone en evidencia las motivaciones de los científicos para estudiar ese fenómeno en particular. Para ello se propone que sean los estudiantes quienes a través de diversas formas de representación (Videos, Comics, Obras de teatro) muestren dicha relación, promoviendo así un aprendizaje significativo del concepto. Se proponen los siguientes fragmentos como ejemplos.

Experiencia 1

(...) En la noche del 8 de noviembre de 1895, se encontró con que, si el tubo de descarga está encerrado en una caja de cartón negro sellado, gruesa como para excluir toda la luz, y si trabajaba en un cuarto oscuro, un plato de papel con una cara cubierta con platinocianuro de bario colocado en la trayectoria de los rayos fluorescentes se convirtió incluso cuando estaba en la medida de hasta dos metros de tubo de descarga. Durante los experimentos posteriores se encontró que los objetos de diferentes espesores interpuestos en la trayectoria de los rayos mostraron transparencia variable para ellos cuando se graba en una placa fotográfica. Cuando inmovilizado durante algunos momentos de la mano de su mujer en la trayectoria de los rayos sobre una placa fotográfica, observó después del desarrollo de la placa de la imagen de la mano de su esposa, que mostró las sombras proyectadas por los huesos de la mano y la de un anillo que llevaba puesto, rodeado por la penumbra de la carne, que era más permeable a los rayos, por lo que arrojó una sombra más tenue. Este fue el primer "röntgenogram" (Nobel Lectures, 1967).

Experiencia 2

(...) En el fondo de una caja de cartón opaco, coloqué una placa fotográfica; luego, sobre la cara sensible, puse una laminilla de sal de uranio, la laminilla convexa que solo tocaba en algunos puntos el gelatinobromuro; después al lado, dispuse sobre una misma placa otra laminilla de la misma sal, separada de la superficie del gelatinobromuro por una delgada lámina de vidrio. Habiendo sido realizada esta operación en la cámara oscura, la caja fue vuelta a cerrar y luego encerrada en otra caja de cartón y después en un cajón.

Opere igualmente con el chasis cerrado por una placa de aluminio, en el cuál una placa fotográfica y luego, en el exterior una laminilla de sal de uranio. Todo fue encerrado en un cartón opaco y después en un cajón. Al cabo de cinco días revele las placas y las diferentes siluetas de las laminillas cristalinas aparecieron en negro. (Becquerel, 1896)

Experiencia 3

(...) El experimento era sencillo. Colocaba el material sobre una placa de metal frente a la que se encontraba otra bandeja, también de metal, que hacía las veces de condensador; utilizaba el electrómetro para comprobar si podía hacer pasar una corriente eléctrica por el aire contenido entre las placas.

Pudo así comprobar rápidamente decenas de sustancias con la minuciosidad obsesiva que había convertido en su método de investigación. Muy rápidamente obtuvo los primeros resultados. De acuerdo con sus observaciones, el torio y sus componentes vertían el aire en conductor de electricidad y emitían rayos que, por lo que ella había podido comprobar, se parecían a los rayos de uranio emitidos por Becquerel. (Reid, 1985)

Se propone entonces para la enseñanza del fenómeno de la radiactividad, el análisis del contexto sociopolítico en el cuál se desarrollaron los descubrimientos alrededor del fenómeno; es necesario tener en cuenta cuales eran los intereses científicos de la época, reconocer esto, es reconocer el carácter colaborativo y de constante construcción de la ciencia. Ya que deje claro, que los intereses de los científicos surgen como resultado de tensiones sociales, políticas y científicas, muestra que el trabajo científico está en constante construcción y desmitifica ese carácter verdadero y absoluto derivado del positivismo.

En el contexto escolar, es posible incluir el uso del análisis de la actividad experimental, donde los alumnos además de elaborar explicaciones teóricas del mundo y son capaces de reflexionar en torno a los conceptos. El trabajo en torno a la actividad experimental, en la ciencia escolar, tiene como objetivo transformar la separación entre lo teórico.

La actividad científica va a transformar los hechos científicos en el marco del modelo teórico en el cual se trabaja; como ocurre con toda actividad humana, la actividad científica escolar está influenciada por ciertas variables sociales entre las cuales destacamos la construcción de explicaciones, mejor argumentadas, haciendo uso de herramientas presentes en el entorno de quien aprende.

Las reflexiones, las réplicas de los instrumentos y los diseños soportados desde la actividad experimental a la luz de la HC, logran situar a los profesores en el rol de estudiantes, lo que posibilita potenciar el rol como diseñador de clases. Este rol de diseñador se potencia en los procesos de réplica mediante los cuales construyeron los instrumentos para sus clases, lo cual se

constituyó en potentes actividades generadoras de actividades científicas escolares. El conocimiento de la historia de la ciencia ha brindado un soporte a la hora de programar y adelantar el trabajo de aula, dando mayor seguridad para desarrollar las actividades, para modificarlas y para generar otras propuestas nuevas.

Se propone la realización de modelos de los instrumentos utilizados, por ejemplo el cuarso piezo eléctrico construido por Pierre Curie, supone un excelente punto de partida para el análisis del comportamiento de los cuerpos que emiten energía radiactiva.

Finalmente es necesario reconocer que la radiactividad, hace parte de cotidianidad de las personas, sin embargo, no se posee un conocimiento en torno a ella, desde este punto de vista, se propone establecer una relación CTS, en la cual se evidencie la relación entre los fenómenos radiactivos con las realidades sociales, para ellos se propone, por ejemplo, el análisis de fragmentos de noticias.

De forma colectiva, se realiza la lectura de la noticia ¿Porque desaparecen las fuentes radiactivas en México? Del diario español El País, publicada el 09 de agosto del 2016, adjunta a esta ficha. Posterior a ello, deben seleccionar los conceptos, que, bajo su juicio, son de carácter científico. Con ellos, deben realizar una presentación donde expongan cada uno de los conceptos, teniendo en cuenta las siguientes preguntas:

- ¿cuáles son los conceptos científicos que se presentan en la noticia?
- ¿Qué características tienen?
- ¿Cuáles son las implicaciones sociales?

De acuerdo a la problemática planteada en esta investigación en la cual se pretendía diseñar una secuencia de actividades para la enseñanza de la radiactividad a docentes en formación inicial haciendo uso de la historia de las ciencias y teniendo en cuenta que el objetivo fue diseñar y secuenciar actividades con el fin de promover el aprendizaje de los estudiantes en torno al

concepto, se concluye que:

1. La HC se presenta como un recurso educativo que logra incidir en las concepciones previas de los estudiantes, pues constituye un referente conceptual para pensar en el diseño y secuenciación de actividades en la enseñanza del concepto Herencia biológica.
2. El docente de ciencias naturales debe hacer uso de la HC, puesto que brinda la posibilidad de fomentar un sentido crítico y reflexivo en los estudiantes con respecto a las cuestiones científicas, desde este punto de vista es preciso el estudio de los fenómenos con un enfoque historiográfico, que permita comprender, las necesidades por las cuales surgió dicho fenómeno.
3. Cuando los estudiantes interactúan con algún concepto se fortalece el dialogo de saberes entre profesor y estudiante, esto trae consigo como consecuencia llevar a cabo un el proceso de EA que tenga como objetivo la construcción de un aprendizaje significativo. Para esto es necesario tener en cuenta que el dialogo docente - alumno, donde se parta de las no se las ideas y las necesidades de los alumnos.
4. La utilización de la HC como un nexo el cual permite ubicar a los alumnos en las situaciones problemáticas en que se vieron inmersos los científicos con el fin al analizar cómo superaron éstos las dificultades y a qué conclusiones llegaron, al hacer esto es

posible que los alumnos tengan una mejor comprensión del fenómeno y del pensamiento científico.

Bibliografía

1. Aduriz, A. (2013). La historia de la ciencia en la enseñanza de la naturaleza de la ciencia:
2. Maria Skłodowska-Curie y la radiactividad.
3. Ausubel, D. P., Novak, J. D., & Hanesian, H. (1968). Educational Psychology: A Cognitive View.
4. Barona, J. L., & Vilar, J. L. B. (1994). Ciencia e historia. Debates y tendencias en la historiografía de la ciencia (No. 7). Universitat de València.
5. Barros, G., Losada, M., & Alonso, C. M. (1998). Hacia La Innovacion De Las Actividades Practicas Desde La Formacion Del Profesorado, 16(2), 353–366. Retrieved From [Http://Ddd.Uab.Es/Pub/Edlc/02124521v16n2p353.Pdf](http://Ddd.Uab.Es/Pub/Edlc/02124521v16n2p353.Pdf)
6. Becquerel, A. H. (1896). Émission de radiations nouvelles par l'uranium métallique. CR Acad. Sci. Paris, 122, 1086.
7. Becquerel, H., & Pla, C. (1946). El descubrimiento de la radioactividad.
8. Cao, J. C., & Castiñeiras, J. M. D. (2015). Estado de la cuestión sobre el aprendizaje y la enseñanza de la radiactividad en la educación secundaria. Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas, 33(3), 137-158.
9. Curie, E. (2001). Madame Curie: una biografía
10. Curie, E. (1995). La Vida Heroica De María Curie. Planeta-De Agostini.
11. Curie, M. (2013). Pierre Curie: With Autobiographical Notes by Marie Curie. Courier Corporation.
12. Curie, M. (2011). Escritos Biográficos (Vol. 2). Univ. Autònoma De Barcelona

13. Curie, P.; Curie, M. (1898). «Sur une substance nouvelle radio-active, contenue dans la pechblende». *Comptes Rendus*, 127(3): 175-178
14. Estany, A; Izquierdo, M. (1990): La Evolución Del Concepto De Afinidad Analizada Desde El Modelo De Toulmin. *Llull* 13, 349-378.
15. Esteban, S. (2000). Evolution Of The Scientific Ideas: A Way Of Learning Chemistry. IV Summer Symposium On The Philosophy Of Chemistry And Biochemistry, Poznan (Polonia).
16. Esteban, S. (2001). Introducción A La Historia De La Química. Madrid: UNED (Colección Cuadernos De La UNED)
17. Ferreirós, J., & Ordóñez, J. (2002). Hacia una filosofía de la experimentación (Towards a Philosophy of Experiment). *Crítica: Revista Hispanoamericana de Filosofía*, 47-86.
18. Fleck, L. (1935) Génesis Y Desarrollo Del Hecho Científico. Traducción De 1986. Alianza Editorial Madrid.
19. García, E. (1999) Construcción Del Fenómeno Eléctrico En La Perspectiva De Campos. Elementos Para Una Ruta Pedagógica. Tesis De Maestría. Universidad Pedagógica Nacional. Bogotá.
20. García E. (2009). Historia Y Enseñanza De Las Ciencias: Un Caso En Neumática E Hidrostática. Colombia. Editorial Universidad Del Valle. Pag.24-27.
21. García, E. (2011) Las Prácticas Experimentales En Los Textos Y Su Influencia En El Aprendizaje Aporte Histórico Y Filosófico En La Física De Campos. Tesis Doctoral. Universidad Autónoma De Barcelona. Barcelona.

22. García, E. (2013). La Conducción Eléctrica De La Filosofía Experimental A La Práctica Pedagógica. *Revista Virtual Educyt*, 15.
23. García E., Estany, A. (2010). Redalyc. Filosofía De Las Prácticas Experimentales Y Enseñanza De Las Ciencias, 7–24.
24. García E., & Bravo, C. (2016). Franklin y la experimentación sobre la conservación de carga. *Aportes a la enseñanza de la física. Revista Física y Cultura*, (9).
25. Giere, R. (1992, 1988): *La Explicación De La Ciencia. Un Acercamiento Cognoscitivo*. México: Consejo Nacional De Ciencia Y Tecnología.
26. Gutiérrez, E. E., Perrotta, M. T., Follari, B. D. R., & Capuano, V. C. (2000). ¿Qué Piensan Los Jóvenes Sobre Radiactividad, Estructura Atómica Y Energía Nuclear? *Enseñanza De Las Ciencias*, 18(2), 247-254.
27. Insuasty M. (2000). *Una Propuesta Para El Aprendizaje De Contenidos Procedimentales En El Laboratorio De Física Y Química*. Universidad De Valladolid,
28. Izquierdo, M. (1995): ¿Cómo Se Escribe Sobre Los Experimentos? *Análisis De Textos Químicos*. Comunicación Presentada En El V Simposio De Historia E Ensino Das Ciencias En Vigo.
29. Kuhn, T. (1962) *La Estructura De Las Revoluciones Científicas*. Ediciones Del Fondo De Cultura Económica, Breviarios. México
30. Kuhn, T.S. (1971): *La Estructura De Las Revoluciones Científicas*. México: Fondo De Cultura

31. Lukowski, J., Zawadzki, H., Ortíz, J. M. P., & González, F. P. (2002). Historia De Polonia. University Press.
32. Luzscienski, M. (1956). Historia De Polonia. Surco.
33. Malagón, F., Ayala, M. M., & Sandoval, S. (2012). Construcción De Fenomenologías Y Procesos De Formalización. Un Sentido Para La Enseñanza De Las Ciencias.
34. Moreira, M. A. (1997). Aprendizaje Significativo: Un Concepto Subyacente. Actas Encuentro Internacional Sobre El Aprendizaje Significativo, (Burgos, España. Pp. 19-44, 1999).
35. Nersessian, N. J. (1992). How do scientists think? Capturing the dynamics of conceptual change in science. *Cognitive models of science*, 15, 3-44.
36. Nersessian, N., & Resnick, L. B. (1989,). Comparing historical and intuitive explanations of motion: Does “naive physics” have a structure. In *Proceedings of the Eleventh Annual Conference of the Cognitive Science Society* (pp. 412-420).
37. Ortega, F. J. R. (2007). Modelos Didácticos Para La Enseñanza De Las Ciencias Naturales. *Revista Latinoamericana De Estudios Educativos* (Colombia), 3(2), 41-60.
38. Price, R. (1999). Historia De Francia. Ediciones Akal.
39. Pickering, A. (1995): *The mangle of practice. Time, agency and science*, Chicago, The University of Chicago Press
40. Popper, K. R. (1935) *La Lógica De La Investigación Científica*. Trad. Víctor Sánchez De Zavala 1962. Editorial Tecnos, Madrid.

41. Puzzella, A., Lopez, N., & Alborch, A. Las radiaciones y sus efectos biológicos Una indagación a docentes y alumnos desde la perspectiva ciencia, tecnología y sociedad.
42. Quiroga, J. D. S. Y. (1846). Historia De Francia. P. Madoz Y L. Sagasti
43. Ron, J. M. S. (2011, January). Historia De La Química-Marie Curie, La Radioactividad Y Los Premios Nobel. In *Anales De Química* (Vol. 107, No. 1).
44. Reid, R. (1995). Marie Curie. Salvat Editores.
45. Roqué, X. (1997). Ciencia E Industria En El Desarrollo De La Radiactividad: El Caso De Marie Curie. *Arbor*, 156(613), 25-49.
46. Rodríguez, L Y Romero, A. (2001). La Construcción De La Historicidad De Las Ciencias Y La Transformación De Las Prácticas Pedagógicas. Colombia. Editorial Universidad Pedagógica Nacional. Pag 15-19.
47. Rayas, J. (2002). El Reconocimiento De Las Ideas Previas Como Condición Necesaria Para Mejorar Las Posibilidades De Los Alumnos En Los Procesos Educativos En Ciencias Naturales. *La Revista Xictli De La Unidad UPN*, 94.
48. Saltiel, E., & Viennot, L. (1985). ¿Qué aprendemos de las semejanzas entre las ideas históricas y el razonamiento espontáneo de los estudiantes? *Enseñanza de las Ciencias*, 3(2), 137-144.
49. Stake, Robert. Investigación Con Estudios De Casos. Madrid, España. Ediciones Morata. (1998).

50. Uribe, M. E., & Quintanilla, M. (2005). Enseñar a comprender la ciencia desde una perspectiva histórica: aplicación del modelo de Toulmin a la evolución del concepto de “fisiología cardíaca”. Enseñanza de las Ciencias, (Extra), 1-4.