

**ESTRATEGIA PARA LA ENSEÑANZA DE LA QUÍMICA EN EL LABORATORIO
DE LA I. E. SOL DE ORIENTE DE LA CIUDAD DE MEDELLÍN**

JOHN BYRON HOLGUÍN ESCUDERO

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
FACULTAD DE CIENCIAS
MEDELLÍN, COLOMBIA
2016**

**ESTRATEGIA PARA LA ENSEÑANZA DE LA QUÍMICA EN EL LABORATORIO
DE LA I. E. SOL DE ORIENTE DE LA CIUDAD DE MEDELLÍN**

JOHN BYRON HOLGUÍN ESCUDERO

**Trabajo final de maestría presentado como requisito parcial para optar al título de:
Magister en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales**

Director (a):

YENNY BIBIANA LÓPEZ SALAZAR



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

FACULTAD DE CIENCIAS

MEDELLÍN, COLOMBIA

2016

Nota de aceptación

Presidente del jurado

Jurado

Jurado

Nota obtenida: _____

DEDICATORIA

“A dos grandiosas mujeres; mi Madre y mi Esposa”.

TABLA DE CONTENIDO**RESUMEN****ABSTRACT****INTRODUCCIÓN**

1. Aspectos Preliminares	16
1.1 Tema	16
1.2 Problema de Investigación	16
1.2.1 Descripción del problema	16
1.2.2 Antecedentes	20
1.2.3 Formulación de la pregunta	20
1.3. Justificación	20
1.4 Objetivos	21
1.4.1 Objetivo General	21
1.4.2 Objetivos Específicos	22
2. Marco Referencial	22
2.1 Marco Teórico	22
2.1.1. El constructivismo	23
2.1.2. El aprendizaje significativo	29
2.1.3. El aprendizaje significativo crítico	32
2.1.4. Las competencias	35
2.2 Marco Disciplinar	40
2.2.1. Las actividades experimentales en el laboratorio	40
2.2.2 El laboratorio de química	41

2.2.3 El laboratorio en la historia	42
2.2.4 El laboratorio de química moderno	46
2.2.5. El laboratorio en la enseñanza de la química	47
2.2.6. Competencias y contenidos procedimentales en el laboratorio	50
2.3 Marco Legal	51
2.4 Marco Espacial	52
3. Diseño metodológico	53
3.1 Tipo de Investigación	53
3.2 Método de Investigación	53
3.3 Instrumentos de Recolección de Información	54
3.4 Población y Muestra	54
3.5 Delimitación y Alcance	55
3.6 Cronograma	55
4. Estrategias para la Enseñanza-Aprendizaje en el Laboratorio	57
4.1. Clasificación de las Actividades Prácticas en el Laboratorio	57
4.2. El modelo de Enseñanza tradicional en el Laboratorio	66
4.3. Aprendizaje por Descubrimiento	68
4.3.1. Generalidades	68
4.3.2. Tipos de Aprendizaje por Descubrimiento	69
4.3.3. Algunas Críticas	69
4.3.4. Aspectos Positivos del Aprendizaje por Descubrimiento	70
4.4. Aprendizaje por Indagación	72
4.4.1. Generalidades	72

4.4.2. Tipos de Indagación en la enseñanza de la ciencia	74
4.4.3. Enseñanza de las Ciencias Basada en la Indagación (ECBI)	75
4.4.4 Características de la Enseñanza Basada en la Indagación	76
4.4.5. Rol del Docente en la Enseñanza de la Ciencia con Base en la Indagación	77
4.4.6. Otras Propuestas de Educación en Ciencias con Sustento en la Indagación	78
4.4.7. Algunas recomendaciones para la aplicación del modelo	79
4.5. Aprendizaje Basado en Problemas	79
4.5.1 Antecedentes	79
4.5.2. ¿Qué es un problema?	80
4.5.3. ¿En qué consiste resolver un problema?	81
4.5.4. Tipos de Problemas	81
4.5.5. Por qué recurrir al aprendizaje basado en problemas	83
4.5.6. Cómo aplicar la estrategia	84
4.6. Aprendizaje por Investigación	85
4.6.1. Antecedentes	85
4.6.2. Definiciones	86
4.6.3. Importancia del aprendizaje basado en la investigación	89
4.6.4. Pasos para la aplicación de la estrategia	89
4.6.5. Críticas	90
4.7. Aprendizaje basado en proyectos	91
4.7.1. Antecedentes	91
4.7.2. Generalidades	91
4.7.3. Las fases o etapas en un proyecto	92

4.7.4. Recomendaciones para los docentes	93
4.7.5. Ventajas del trabajo por proyectos	93
4.7.6. Algunas críticas	94
4.8. Unidades de Enseñanza Potencialmente Significativas (UEPS)	94
5. Selección de la Estrategia	95
6. Aplicación de la Estrategia	99
6.1. Situación para iniciar	99
6.2. Desarrollo de la actividad experimental	101
7. Conclusiones y Recomendaciones	102
7.1 Conclusiones	102
7.2 Recomendaciones	103
8. Referencias	104
9. Anexos	116

LISTA DE ABREVIATURAS

I.E (Institución Educativa).

MEN (Ministerio de Educación Nacional).

P.E.I (Proyecto Educativo Institucional).

P-O-E-R (Prever-Observar-Explicar-Reflexionar).

RPE (Resolución de Problemas Experimentales).

LISTA DE TABLAS

Tabla No 1. Normatividad educación y uso de laboratorios de química en Colombia	51
Tabla No 2. Planificación de actividades	55
Tabla No 3. Cronograma de actividades	57
Tabla No 4. Clasificación de los estilos de enseñanza o tipos de laboratorio	58
Tabla No 5. Clasificación según Caballer y Oñorbe	62
Tabla No 6. Clasificación de Herrón	63
Tabla No 7. Clasificación según Caamaño y Perales	63

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Clasificación de las competencias	37
Figura 2. Las competencias en la educación colombiana	39
Figura 3. Idealización de un obrador del antiguo Egipto	43
Figura 4. Crisoles primitivos	43
Figura 5. Horno metalúrgico y la balanza sobre la mesa	44
Figura 6. El alquimista, grabado de Hans Weiditz	45
Figura 7. Laboratorio de docencia e investigación de Justus von Liebig en Giesen	48

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Plantilla diligenciada por uno de los grupos de trabajo	117
Anexo2. Algunas fotografías de la actividad experimental realizada	123

RESUMEN

Ante la implementación del laboratorio para la enseñanza de la química en la I. E. Sol de Oriente de la ciudad de Medellín y la incertidumbre del cuerpo docente sobre cómo encarar la enseñanza-aprendizaje en ese nuevo espacio, en este trabajo se ha realizado una búsqueda bibliográfica acerca de las estrategias didácticas que se aplican o han aplicado en los laboratorios para la enseñanza de las ciencias naturales. Se ha recopilado información sobre seis estrategias y analizando los comentarios, positivos y negativos, a cada una de ellas, se ha seleccionado el aprendizaje por investigación en su versión de “Pequeñas Investigaciones Dirigidas” como la adecuada para iniciar la tarea educativa en el aula-laboratorio de la institución, teniendo en cuenta su potencial para el desarrollo de las competencias indicadas por el M.E.N. y del seguimiento de los principios del aprendizaje significativo crítico. Finalmente se diseñó y aplicó una actividad a manera de pequeña investigación dirigida.

Palabras clave: laboratorio, estrategias, aprendizaje por investigación, competencias, aprendizaje significativo crítico.

ABSTRACT

Before the implementation of laboratory for teaching chemistry at I.E. Sol de Oriente from Medellín city and uncertainty of teachers on how to approach teaching and learning in this new space, in this work was carried out a literature search about teaching strategies that apply or have been applied in laboratories for teaching of natural sciences. It has compiled information on six strategies and analyzing the comments, positive and negative, to each of them. It has been selected learning research in their version of "Small Directed Research" as appropriate to start educational work in the classroom-laboratory of the institution. Taking into account its potential for the development of the skills laid down by the M.E.N. and monitoring of the principles of critical meaningful learning. Finally it is designed and implemented an activity as a small directed research.

Keywords: laboratory, strategies, learning research, skills, critical meaningful learning.

INTRODUCCIÓN

Con el presente trabajo se pretende realizar una búsqueda bibliográfica acerca de las estrategias utilizadas en la enseñanza-aprendizaje en los laboratorios de química, para seleccionar la más adecuada con el fin de aplicarla en el nuevo laboratorio de la Institución Educativa Sol de Oriente, adscrita a la Secretaría de Educación del Municipio de Medellín, el cual .

La Institución en sus 20 años de existencia no ha contado con un espacio propicio para llevar a cabo prácticas experimentales en la asignatura de química que se imparte en los grados décimos y once, con la consecuente desactualización docente sobre la manera de adelantar la labor educativa en dicho espacio.

Una primera opción sería recurrir a la educación tradicional que en su versión para la enseñanza en un laboratorio se limita al seguimiento al pie de la letra por parte de los alumnos de unas guías pre elaboradas por los docentes, pero esta estrategia ha venido siendo objeto de muchas críticas por lo que se hace necesario la búsqueda de otras alternativas.

La estructura de este documento comprende una primera parte que incluye el problema, la justificación y los objetivos. En la segunda parte, denominada Marco referencial, se presenta el Marco Teórico en el cual se tratan teorías como el constructivismo, el aprendizaje significativo y el aprendizaje significativo crítico.

En el Marco Disciplinar, se tratan aspectos relacionados con el laboratorio como su historia, las actividades experimentales que en él se realizan, su importancia en la enseñanza de las ciencias y las competencias que se pueden desarrollar.

Seguido del Diseño Metodológico, viene el cuerpo principal del trabajo; el resultado de la búsqueda bibliográfica sobre las diversas estrategias de enseñanza en el laboratorio, de las cuales se selecciona una, la cual se aplica en el grado once de la I.E. Sol de Oriente. Se cierra este trabajo con las Conclusiones, Recomendaciones y las referencias bibliográfica

1. Aspectos Preliminares

1.1. Tema

El papel del trabajo práctico de laboratorio en la enseñanza/aprendizaje de la química en la Educación Media de la Institución Educativa Sol de Oriente de la ciudad de Medellín (Colombia).

1.2. Problema de Investigación

1.2.1. Descripción del problema

La Institución Educativa Sol de Oriente, desde su creación en el año 1998, nunca ha dispuesto de un laboratorio de química para las actividades prácticas o experimentales de la asignatura, a pesar que en los diseños y construcción de la edificación había un espacio para tal fin con posibilidad de conexión a redes de energía, agua y alcantarillado, pero el espacio fue destinado como un aula más de clase. Para finales del año 2015 o comienzos del 2016, se tiene presupuestado el montaje del laboratorio de química en el espacio inicialmente señalado para su funcionamiento, de hecho ya se adquirieron los mesones de trabajo. La situación problemática radica en que no hay definida una línea didáctica para la enseñanza en el laboratorio de química y en el desconocimiento por parte de los docentes de la asignatura sobre cómo abordar la enseñanza en ese espacio para propiciar un aprendizaje significativo en los estudiantes.

1.2.2. Antecedentes

Flores, Caballero y Moreira (2009) presentaron el documento “El laboratorio en la enseñanza de las ciencias: Una visión integral en este complejo ambiente de Aprendizaje”, el cual fue resultado de la revisión crítica de artículos y libros especializados. Con dicho trabajo, sobre la problemática de la enseñanza-aprendizaje en el laboratorio de química, pretendían: (a) mostrar un panorama actualizado y generalizado de la problemática; (b), suministrar información de utilidad para futuras investigaciones; y (c) suscitar la reflexión sobre la labor docente en el laboratorio. El documento contempla aspectos tales como: (a) un repaso a la

historia del laboratorio en la enseñanza de la Química, (b) los objetivos de la labor en el laboratorio, (c) los enfoques o estilos empleados en la enseñanza en el laboratorio, (d) la efectividad de las actividades de laboratorio, (e) las ideas sobre la naturaleza de la ciencia, (f) la enseñanza con enfoque epistemológico en el laboratorio, y (g) la evaluación empleando mapas conceptuales y diagramas V.

Merino y Herrero (2007), proponen una serie de situaciones para realizar prácticas de laboratorio fundamentadas en el método “Resolución de Problemas Experimentales, RPE” como alternativa a las tradicionales prácticas de laboratorio de estilo “recetista”. Plantean las condiciones para la aplicación del diseño RPE, presentan un modelo de ficha de trabajo y de evaluación.

Ramos (2009) analiza el uso de estrategias metacognitivas, más concretamente la V de Gowin, antes, durante y después de la práctica de laboratorio para el mejoramiento de los procesos didácticos que allí se efectúan. Para ello realizó un estudio de un año académico con estudiantes de la Unidad Educativa “Ramón Bastidas”, con sede en la población de Turmero del estado de Aragua en Venezuela, concluyendo, entre otros aspectos que al incorporar la V de Gowin al trabajo en el laboratorio de química, se optimiza el grado de la integración de las diversas competencias y contenidos actitudinales, procedimentales y conceptuales, implicados en las actividades experimentales. Otra conclusión es que al emplear la V de Gowin se va más allá de las experiencias prácticas ya que puede ser aplicada a otras situaciones didácticas bien sea como un organizador previo de la clase o como estrategia de evaluación para sustituir las tradicionales pruebas previas al laboratorio o los informes de laboratorio.

López y Tamayo (2012) realizaron una investigación con el fin de caracterizar las prácticas de laboratorio de la Licenciatura en Biología y Química que se ofrece en la Universidad de Caldas, de la ciudad de Manizales (Colombia). Esa caracterización incluía el análisis de las guías de laboratorio y de las concepciones de profesores y alumnos acerca del cómo se realizan y deberían realizarse las prácticas de laboratorio. En la publicación de los resultados de su trabajo recopilan argumentos a favor y críticas a las prácticas de laboratorio. También, exponen la forma en que varios autores han clasificado las prácticas de laboratorio. Concluyen que las prácticas de laboratorio son en su gran mayoría del tipo “receta”, en la que los estudiantes

deben seguir una serie de pasos para llegar a una conclusión ya predeterminada. Confirman que en la manera en que se efectúan las prácticas actualmente se le brinda una mayor importancia al aprendizaje de conceptos y no tanto al aprendizaje de procedimientos y actitudes, que para la construcción del conocimiento científico también son de gran importancia.

Miranda y Maite (2009) consideran el aprendizaje en el laboratorio basado en resolución de problemas reales. Describen los objetivos de la enseñanza de las ciencias naturales, critican las prácticas de laboratorio presentadas como receta donde el papel del estudiante es pasivo y que poco tienen que ver con la naturaleza del trabajo científico. Destacan la importancia del trabajo práctico de laboratorio y la necesidad de reorientarlo para darle una visión más próxima al quehacer científico y, por último, explican la propuesta y hacen recomendaciones para su aplicación.

Galagovsky (2007) en su documento “Enseñar química vs. Aprender química: una ecuación que no está balanceada” comienza exponiendo las dificultades de la enseñanza de la química en el sistema educativo argentino y luego compara con la información de investigadores sobre la situación educativa en los EE. UU. Analiza diversas situaciones, haciendo críticas y ofreciendo propuestas alternativas.

Gamboa (2003) realiza un estudio para conocer las diversas opiniones de docentes y alumnos sobre las prácticas de laboratorio y sus conceptos acerca de las prácticas como actividad investigativa. Buscaba establecer si las actividades propuestas en las prácticas familiarizan a los alumnos con el trabajo habitual de los científicos o si por el contrario no son más que acciones repetitivas de habilidades o técnicas para verificar alguna teoría vista en clase.

Entre los resultados del estudio se tienen: a) la noción de experimento está asociada a práctica de laboratorio, pero en nada relacionada con la producción de conocimiento, sino a la demostración de una teoría, b) las actividades de laboratorio no originan discusiones grupales ni son aprovechadas para contrastaciones teóricas, por lo tanto, los estudiantes no tienen los espacios para vivenciar situaciones análogas a las que tienen los investigadores científicos, c) En las prácticas de laboratorio no hay una clara formulación de problemas ni se aplica una

metodología de investigación. Como recomendación, considera que es necesario diseñar un programa basado en el enfoque de aprendizaje por investigación como propuesta didáctica y evaluar el impacto del mismo, y que las prácticas de laboratorio sean el resultado de la necesidad de resolver una situación problemática.

Sandoval, Mandolesi y Cura (2013), manifiestan que el rol del docente debería ser el de un profesional que elabore y propicie ambientes de aprendizaje comprometiendo a los alumnos en la exploración y construcción del conocimiento, a través de estrategias y actividades adecuadas. El rol del educando deberá ser dinámico para construir su propio proceso de aprendizaje; ha de ser indagador, investigador, crítico, reflexivo y creativo. Ante las dificultades en el proceso enseñanza-aprendizaje del sistema academicista, reseñan la aplicación de algunas estrategias: *Química en la vida diaria* (situaciones problemáticas reales que los estudiantes deben resolver de manera grupal); *Problema integrador* (fundado en interrogantes que relacionan e integran diversos temas de la asignatura con temas de interés, actuales y atractivos); *Aprendizaje basado en problemas* (situaciones problemáticas que se organizan y presentan en un contexto del mundo real y se resuelven activamente en el aula o laboratorio); *Experimentando la química* (prácticas sencillas realizadas por los estudiantes en el aula o laboratorio).

Crisafulli y Villalba (2013) presentan un estudio sobre el espacio, la dotación y la forma en que los estudiantes de educación media de cuatro colegios del estado Anzoátegui (Venezuela) realizan las prácticas de laboratorio en las asignaturas de física, química y biología. Definen lo que son las prácticas de laboratorio y las condiciones de los espacios donde se realizan. Señalan las dudas sobre la eficacia del trabajo que realizan los estudiantes en los laboratorios de ciencias experimentales para aprender conceptos y procedimientos científicos por el enfoque tradicional que los profesores le dan a las prácticas.

Tenreiro y Vásquez (2006) realizan un proyecto de formación por investigación tendiente a validar, en contextos reales en el aula de clase, actividades prácticas de laboratorio diseñadas para promover el pensamiento crítico en los alumnos. En él, justifican el trabajo de laboratorio en la enseñanza-aprendizaje de las ciencias en la escolaridad básica y describen diferentes actividades de laboratorio y como se clasifican según el propósito. Encuentran muy apropiadas las prácticas de laboratorio del tipo Prever-Observar-Explicar-Reflexionar (P-O-E-

R) y del tipo investigativo para fomentar capacidades de pensamiento crítico en los alumnos y critican que en la práctica docente estas actividades no se aplican. En su lugar se realizan prácticas del tipo “receta de cocina” en las que los alumnos son espectadores o técnicos que siguen instrucciones.

La propuesta lleva la intención de influir en las prácticas didácticas de los docentes mediante la formación para la investigación y así darle a la utilización del trabajo en el laboratorio un enfoque que promueva la construcción del conocimiento y el desarrollo del pensamiento crítico en los estudiantes.

1.2.3. Formulación de la pregunta

¿Qué tipos de estrategias y actividades didácticas que contribuyan al aprendizaje significativo en los alumnos de la Educación Media de la Institución Educativa Sol de Oriente se podrían aplicar para la enseñanza en el laboratorio de química?

1.3. Justificación

La química es una ciencia de carácter teórico-experimental, y en ese sentido las actividades en el laboratorio son inherentes al trabajo de los profesionales de la química y de quienes la enseñan y/o la aprenden. Si bien no hay consenso entre los expertos acerca de la efectividad de las prácticas experimentales para el aprendizaje de conceptos, para el desarrollo de competencias procedimentales su importancia es innegable. Desde los propios Lineamientos Curriculares para las ciencias naturales y la educación ambiental, propuestos por el Ministerio de Educación Nacional, se enuncia la importancia del papel del laboratorio en la didáctica de las ciencias naturales.

El cuerpo docente de la asignatura de química en la I.E. Sol de Oriente, en algo más de veinte años, no ha realizado ni recibido capacitación en actividades prácticas de laboratorio, por lo que la primera idea sería recurrir a los textos guía de la asignatura para aplicar las actividades de laboratorio que en ellos se encuentran, con la preocupación de aplicar estrategias didácticas obsoletas o poco provechosas para los alumnos, además, la mayoría de los manuales de laboratorio y sus prácticas son copias unos de otros sin una justificación teórica para el contexto

donde se aplican y siguen el estilo “recetista”, tan criticado hoy en día por los expertos. En los mismos Lineamientos Curriculares, como propuesta de renovación de la educación colombiana, se critica esta manera de proceder y se sugiere no seguir utilizando manuales de laboratorio en los que se les dan indicaciones exactas a los alumnos sobre las actividades experimentales que deben efectuar y luego se les conmina a presentar las conclusiones “esperadas”.

Según Maite y Miranda (2009), es necesario reorientar las actividades prácticas de laboratorio que normalmente se realizan en la enseñanza y pretender darles un enfoque más próximo al quehacer de los científicos. Y para López y Tamayo (2012), una de las dificultades para el logro de aprendizajes profundos es el desconocimiento por parte de los docentes de estrategias de enseñanza-aprendizaje apropiada en las que se relacione la teoría con la práctica. Por su parte García y Martínez (2003), citados por Crisafulli y Villalba (2013), expresan que muy a menudo los docentes orientan el trabajo práctico en el laboratorio hacia un modelo tradicional de enseñanza de las ciencias experimentales, de tal forma que las actividades estarán regidas por las respuestas que espera el profesor o por las señaladas como correctas en los libros guía, y no tanto a los resultados obtenidos auténticamente por los alumnos en detrimento de su desarrollo en competencias científicas.

Por lo anteriormente expuesto es necesario recopilar la mayor cantidad de información posible sobre la forma en que actualmente se aborda e históricamente se ha abordado la enseñanza en el laboratorio de química, analizar crítica y reflexivamente tal información para que con el conocimiento que se tiene del tipo de estudiante de la Institución Educativa Sol de Oriente y de su contexto, se pueda optar por un enfoque didáctico con sus respectivas estrategias que responda a las nuevas exigencias de formación integral que una sociedad en constante transformación va generando.

1.4 Objetivos

1.4.1. Objetivo General

Diseñar una propuesta didáctica para la enseñanza en el laboratorio de química que contribuya al aprendizaje significativo en los alumnos de los grados décimo y once de la

Institución Educativa Sol de Oriente.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Realizar un breve estudio acerca de los enfoques didácticos bajo los que se llevan a cabo las prácticas en los laboratorios de química de las instituciones educativas y cuáles son los tipos de estrategias y prácticas de laboratorio que involucran.
- Analizar cada estrategia prestando especial atención a los comentarios que se hagan sobre ellas, sobre su utilidad, ventajas, desventajas, etc.
- Con base en los artículos de investigación consultados sobre la enseñanza en el laboratorio de química, seleccionar una o varias de las estrategias de enseñanza utilizadas para ser aplicadas en la Institución Educativa Sol de Oriente, atendiendo criterios tales como: contexto de la población estudiantil de la Institución, el Proyecto Educativo Institucional (PEI), la disponibilidad de recursos físicos y económicos, los Lineamientos Curriculares y los Estándares Básicos de Competencias definidos por el Ministerio de Educación Nacional de la República de Colombia.
- En consonancia con las estrategias de enseñanza seleccionadas, diseñar una práctica de laboratorio teniendo en cuenta que la intensidad horaria para la asignatura de química en la Institución Educativa Sol de Oriente es de tres horas semanales en un único día.
- Aplicar la práctica diseñada. Por el tiempo que toma cada uno de los anteriores objetivos no se pretende evaluar el impacto de la aplicación de la práctica propuesta en este trabajo de grado pero se deja la puerta abierta para hacerlo más adelante a través de modelos como el de la investigación-acción, por ejemplo, y así tener argumentos para seguir aplicando esas prácticas o excluirlas y proponer otras.

2. Marco Referencial

2.1 Marco Teórico

La mayoría de los manuales de prácticas de laboratorio de química a los que se puede acceder, bien sea para la enseñanza secundaria o universitaria, contienen casi las mismas prácticas desde

hace 20 o 30 años, enmarcados en un modelo didáctico tradicional. La guía de cada práctica presenta un resumen de los conceptos teóricos que se van a aplicar, los pasos del procedimiento a seguir, solicita unas conclusiones y respuestas a algunas preguntas. Básicamente lo que el estudiante debe hacer es seguir unas instrucciones y comparar los resultados con la teoría. Desde hace algunos años se le vienen haciendo críticas a ese modelo en donde el alumno es un mero “ejecutor” de un procedimiento y se reclama una mayor participación de éste en el diseño del procedimiento para cada práctica. Esta nueva tendencia tiene un corte de tipo constructivista en oposición al corte tradicional de las prácticas criticadas.

En lo concerniente al marco pedagógico, existen cuatro conceptos básicos en los que se apoyará la presente propuesta: Constructivismo, Aprendizaje Significativo, Aprendizaje Significativo Crítico y Competencias. El constructivismo y el aprendizaje significativo, por ser paradigmas que desde hace ya un buen tiempo sirven de guías en los diferentes sistemas educativos para el desarrollo de modelos o estrategias en la enseñanza-aprendizaje, y las competencias porque hacen parte de las directrices emanadas del Ministerio de Educación Nacional como uno de los factores a desarrollar en los educandos. Bien lo dice Moreira (s.f.), “Actualmente las palabras al uso, para una buena enseñanza, son aprendizaje significativo, cambio conceptual y constructivismo”

2.1.1. El constructivismo

En la actualidad muchos docentes pretenden ser constructivistas simplemente por seguir estereotipos o estar a la moda, pero sin tener clara su significación y sin evaluar las implicaciones en su proceso de enseñanza, por lo que deberían hacer caso a las palabras de Villarruel-Fuentes (2012) “Sea cual sea la tendencia que cada educador decida seguir, lo importante es someter a revisión exhaustiva y permanente los fundamentos que le dan vida”.

En el ámbito académico muy a menudo se escuchan expresiones como modelo constructivista, didáctica constructivista, enfoque constructivista, pedagogía constructivista, etc. Pero ¿qué es o en qué consiste el constructivismo? Son numerosos los intentos por definir el constructivismo, en las siguientes líneas se expondrán las respuestas de algunos expertos.

Para Carretero (1997), es una forma de pensar según la cual el sujeto no es solo el resultado del ambiente ni de sus disposiciones internas. Es el producto de la interacción paulatina de ambos factores. Y por lo tanto, el conocimiento es una construcción del individuo y no una reproducción fidedigna de la realidad.

Manifiestan Kraftchenko y Hernández, (2000), que comparten la opinión de una gran parte de los autores que consultaron en el sentido de afirmar que el constructivismo es una epistemología para la que el conocimiento lo construye el ser humano al interactuar con el ambiente que lo rodea y en consecuencia no está presentes en el constructivismo las alternativas de conocimiento objetivo o de verdad absoluta. A similar conclusión llegan Mazarío & Mazarío (2003), “El constructivismo es esencialmente un enfoque epistemológico, que sostiene que todo conocimiento es construido como resultado de procesos cognitivos dentro de la mente humana. Rechaza la idea de que el conocimiento sea la representación de una realidad externa independiente del espectador”.

Con relación a la variedad de definiciones sobre el constructivismo, Kraftchenko y Hernández (2000), expresan, “La vasta literatura al respecto evidencia una diversidad de enfoques y criterios, que al decir de Gallego-Badillo y Pérez Miranda, es expresión de la propia esencia del constructivismo, el eclecticismo racional.” El concepto anterior guarda relación con el de Mazarío & Mazarío (2003); “En este sentido, podría señalarse además, que el constructivismo se sustenta en un eclecticismo racional y de hecho sus raíces gnoseológicas están en la denominada crisis del conocimiento en los tiempos actuales.”

ALGO DE HISTORIA

Se encuentran vestigios de la fundamentación filosófica del constructivismo en los pensadores griegos Jenófanes (570-478 a.c.), y Protágoras (485-410 a.c), quienes se disputan el título de “primer constructivista”. Según Mazarío & Mazarío (2003) “Jenófanes es reconocido por sus ideas escépticas, que en el sentido más auténtico griego, significa comprobar, analizar, reflexionar e investigar. Jenófanes fue desarrollador de toda una teoría sobre la búsqueda de la verdad y el conocimiento”. Consideraba que al transcurrir el tiempo las personas llegan a la esencia de las cosas, y no mediante manifestaciones divinas como se creía en aquellos tiempos.

Para Protágoras, todos nuestros conocimientos emanan de las sensaciones y las sensaciones son variables dependiendo de los individuos, así que el hombre es la medida de todas las cosas. En tiempos menos remotos, se encuentran antecedentes del constructivismo en el italiano Giambattista Vico (1668-1744), según el cual, para conocer algo realmente y no sólo como una percepción, es necesario que el propio conocimiento cree lo que se quiere conocer. Las personas conocen verdaderamente lo que ellas mismas han creado. (Fuentes, 1997)

Luego, el filósofo alemán Emmanuel Kant (1724-1804) propone que “todo conocimiento científico es la unión de una forma y de un contenido, el espíritu humano proporciona la forma y el contenido sólo puede provenir de la experiencia sensible” (Mazarío & Mazarío, 2003). Y en la *Crítica de la Razón Pura*, según Almeida (s.f.), considera que “el ser humano sólo podría conocer los fenómenos o expresiones de las cosas”.

Ya en tiempos modernos, en el constructivismo como teoría del conocimiento se encuentran aportes importantes, entre otros, de Jean Piaget (1896-1980) y su epistemología genética, para quien el niño construye su conocimiento a partir de la interacción con los objetos según su estado de desarrollo. De Lev Vigotsky (1896-1934), para quien el sujeto construye el conocimiento a través de la interacción social. De Jerome Bruner (1915) quien “otorga gran relevancia a lo que es el sujeto y a sus estructuras cognoscitivas, por lo que considera que el aprendiz, debe ser un ente activo en la formación de su propio conocimiento, ideas y conceptos, considerando sus saberes previos como herramientas que le permitirán forjar los nuevos conocimientos” Hernández (2012). De Ernst von Glasersfeld (1917-2010), para quien el sujeto es constructor de su conocimiento cuando interpreta al mundo físico a su alrededor. Y de David Ausubel (1918-2008), para quien el nuevo conocimiento se relaciona de una manera no arbitraria con los conocimientos preexistentes en el individuo.

Desde la década del 50 se viene desarrollando la Ciencia de la Cognición, lo que permite que para los años 80s, se formule la tesis sobre la cual se fundamenta el Constructivismo: “el hombre es un productor de conglomerados simbólicos, de sistemas de símbolos que se integran en estructuras y redes de constructos mentales”. (Kraftchenko y Hernández, 2000)

EL CONSTRUCTIVISMO EN LA PEDAGOGÍA

Si se encuentran definiciones muy diversas y hasta contradictorias para el constructivismo, al buscar su relación con la pedagogía, se observa que la discusión continúa; ¿Existe o no una Pedagogía Constructivista?. Se encuentran en la literatura respuestas argumentadas tanto positivas como negativas. Pero no se trata en este apartado de dilucidar dicha controversia sino de visualizar la importancia que ha tenido el constructivismo en los procesos educativos así como las objeciones que ha suscitado su aplicación.

Un factor clave para los docentes en su misión educativa es saber cómo aprenden sus estudiantes y es en este aspecto donde el constructivismo ha ganado protagonismo en la pedagogía contemporánea. Como manifiesta Almeida (s.f.), “el constructivismo se circunscribe como una corriente pedagógica dentro del modelo cognitivista de la educación ya que explica los aprendizajes a partir de los procesos intelectuales activos e internos del sujeto.”

En palabras de Mazarío & Mazarío (2003) “el constructivismo aplicado al proceso de enseñanza-aprendizaje proporciona estrategias de enseñanza y aprendizaje eficaces, y más aún, estrategias para “**aprender a aprender**”, concepción que marca la tendencia más importante de la educación contemporánea y se encuentra en la génesis de las ideas que sustentan el paradigma constructivista en todas sus manifestaciones”.

El constructivismo como corriente pedagógica se deriva de ese gran movimiento, crítico de la escuela tradicional, denominado Escuela Activa, en la que el niño pasa de ser un sujeto pasivo en el modelo tradicional a ser un sujeto activo en su proceso de aprendizaje, y el maestro funge como guía motivando a los niños a investigar, a experimentar, a procesar información y pensar de manera autónoma.

Es claro que la corriente constructivista en la educación se nutre de corrientes de otras disciplinas, especialmente de la psicología cognitiva. Entonces, en su fundamentación se encuentra toda una amalgama de aportes, como las teorías de Jean Piaget, Liev Vigotsky, Henri Wallon, David Ausbel, Jerome Bruner, Alexei Leontiev, sJohn Dewey, Joseph Novak, Bob Gowin, etc. De allí que se encuentren diversas vertientes del constructivismo como el

Constructivismo Radical, el Constructivismo Biológico o piagetiano, el Constructivismo Social o vigotskyano y el Constructivismo Ecléctico.

CARACTERÍSTICAS DEL DOCENTE CONSTRUCTIVISTA

Algunas de las características del docente constructivista que han resaltado algunos autores son:

- Involucra a sus alumnos en procesos de crecimiento personal enmarcados en la cultura a la que pertenecen. Para que se produzcan aprendizajes de forma satisfactoria, promueve la participación de los estudiantes en actividades premeditadas, bien planificadas y sistematizadas, y les brinda la ayuda necesaria para favorecer sus construcciones mentales. (Díaz-Barriga, 1999)
- Actúa como investigador y trata de comprender los procesos de construcción del conocimiento por parte de sus alumnos. Promueve esas construcciones y de ser necesario negocia modificaciones, pues es consciente de que los conceptos que los estudiantes aprenden hoy pueden cambiar más adelante y por tanto demuestra a sus alumnos que el conocimiento no es absoluto, que es cambiante en el tiempo, y que reconocerlo facilita el adaptarse a él. (Kraftchenko & Hernández, 2000)
- Es creador de ambientes ricos en medios y herramientas, en experiencias novedosas que facilitan la relación entre los diferentes protagonistas (docente y alumnos) para un aprendizaje a través de la acción. (Ordoñez, 2004)
- Crea o diseña situaciones adecuadas a las necesidades, intereses y condiciones de los alumnos que faciliten su aprendizaje. Es un orientador, guía y mediador de la actividad mental de construcción de conocimiento. (Sanabria, 2006), (Ramírez, s. f.)
- Ve en el alumno el elemento esencial del proceso de enseñanza/aprendizaje. Motiva a sus alumnos a ser investigadores. Incorpora estrategias metacognitivas. Favorece la integración de los nuevos conocimientos con los anteriores. Hace ver que el error puede ser una fuente de aprendizaje. (Mazarío & Mazarío, 2003)
- Es reflexivo y crítico con su actividad docente e introduce los correctivos necesarios en el tiempo justo. No es el dueño absoluto de la palabra en el aula y da cabida a las

opiniones de sus alumnos y las respeta. Promueve un clima de relaciones armónicas fundamentado en valores como la tolerancia, el respeto, etc. (Díaz-Barriga, 2005)

ALGUNAS CRÍTICAS AL CONSTRUCTIVISMO PEDAGÓGICO

(Ocampo, 2003), (Barreto, Gutiérrez, Pinilla, Parra, 2006), (Kraftchenko & Hernández, 2000), (Almeida, s. f.). El constructivismo, como vertiente del activismo, aun no se ha podido desligar de ese movimiento y existe confusión entre las dos corrientes. Muchos docentes se etiquetan como constructivistas porque sus clases son dinámicas y los alumnos participan muy activamente pero sin la certeza de que haya un aprendizaje real.

En la metodología constructivista se le da un excesivo protagonismo al estudiante en el proceso de enseñanza/aprendizaje. Como constructor de su propio conocimiento es él quien decide que es lo que debe aprender. Además, como hay que tener en cuenta los distintos ritmos de aprendizaje, con grupos de más de 40 estudiantes como ocurre en la educación pública colombiana, el proceso educativo se hace prácticamente inviable pues se tornaría en una educación individualizada para una gran masa de estudiantes.

Así, se ha observado un viraje extremo; se ha pasado de privilegiar la enseñanza por encima del aprendizaje en el modelo tradicional a privilegiar el aprendizaje por encima de la enseñanza con la metodología constructivista. El papel del docente se reduce a brindar acompañamiento al proceso de construcción individual de cada alumno, donde muchas veces las teorías de alumno y profesor compiten entre sí y se debe negociar el conocimiento. La idea del alumno se puede llegar a imponer así no sea válida científicamente, porque lo importante es su construcción interior que es diferente para cada alumno. Esto último da pie para otra crítica común al constructivismo, su subjetividad; si lo que cada alumno conoce es resultado de su propia construcción, diferente de la realidad objetiva, entonces no existen los conceptos objetivos válidos lo que va en contravía con el cúmulo de conocimientos que la humanidad ha generado durante toda su existencia.

En cuanto a los elementos del proceso docente educativo (PDE), el constructivismo se centra en el método, subvalorando los demás componentes, tales como objetivos, contenidos, etc., lo que conlleva a un PDE incompleto porque “la enseñanza y el aprendizaje se realizan sobre un objeto de estudio proveniente de la cultura de la humanidad, que es el contenido”.

(Gonzalez & Alvarez, 2002). Lo anterior es respaldado por Zubiría (citado por Kraftchenko & Hernández, 2000): “la tarea más importante de la Pedagogía hoy día es la de determinar cuáles deben ser los contenidos a trabajar en la escuela para el desarrollo de conocimientos científicos, de operaciones intelectuales, de habilidades y de valores”.

Retomando la pregunta sobre si existe una Pedagogía Constructivista, responden Kraftchenko & Hernández (2000): “no procede hablar en la actualidad de una Pedagogía y de una Didáctica Constructivista, en tanto toda teoría y práctica pedagógica deben estar fundamentadas en determinados propósitos, selección y estructuración de contenidos, medios, procedimientos, etc.”. Y en opinión de Barreto (2006), por la falta de criterios uniformes en la definición de lo que es la postura constructivista, por la ausencia de unos fundamentos sólidos para los procesos de enseñanza y por lo poco claros de los problemas a los intenta dar solución, no se puede hablar de una teoría que cumpla con los requisitos necesarios para dar cuenta de la labor educativa como un todo.

Analizando las posiciones a favor y en contra del constructivismo, se generan algunas inquietudes: ¿No se han explicado claramente los postulados del constructivismo pedagógico?, ¿se han entendido mal? o ¿fueron replanteados esos postulados?

Para terminar este apartado sobre el constructivismo, es útil traer a colación la argumentación de Durán (2014): “¿El constructivismo posee, en última instancia, valor pedagógico?(...) La realidad educativa es compleja y el objetivo de lograr conclusiones valiosas respecto a las preguntas planteadas no solo se decide mediante la comprensión teórica del constructivismo, sino también a través de un estudio acucioso de las consecuencias pedagógicas que suscita su implementación (considerando lo curricular, lo didáctico y lo evaluativo). Sin tal investigación, las conclusiones solo serían parciales e incluso insuficientes”.

2.1.2. El aprendizaje significativo

Teoría psicológica sobre el aprendizaje propuesta por el Doctor David Ausubel, según la cual las nuevas ideas que llegan a los individuos interaccionan de una forma no arbitraria y no literal con lo que el alumno ya sabe y por tanto se encuentra en su estructura cognitiva. Ausubel denomina “subsanzor” o “subsumidor” a ese conocimiento específico que ya está claro

y disponible en la estructura cognitiva del sujeto y que actúa como anclaje para los nuevos conocimientos. El nuevo conocimiento ayuda a que los subsunzores sean más elaborados, diferenciados y estables. Entonces, un aspecto fundamental de esta teoría es la importancia que se le debe dar a lo que el alumno ya sabe para su proceso de aprendizaje.

Al aprendizaje significativo, Ausubel opone el aprendizaje mecánico. En el aprendizaje mecánico los nuevos conocimientos no interactúan con los ya existentes en la estructura cognitiva por lo que se incorporan a ella de forma arbitraria y literal (o no sustantiva). Este tipo de aprendizaje ocurre cuando no se hallan en la estructura cognitiva los subsumidores apropiados por lo que se la nueva información se almacena carente de significación, es intransferible y solo se retiene a corto plazo.

Hace claridad Ausubel sobre el aprendizaje por recepción y el aprendizaje por descubrimiento ya que a diferencia del caso anterior, en donde un aprendizaje es significativo y el otro no, estos dos tipos pueden ser ambos significativos o no significativos, dependiendo de si la forma en que se producen se ajusta o no a la definición ya explicada de aprendizaje significativo. En el aprendizaje receptivo los nuevos conceptos por aprender son dados al estudiante en su forma terminada mientras que en el aprendizaje por descubrimiento debe hallarlos o reconstruirlos.

Para que se produzca un aprendizaje significativo en un alumno hay dos condiciones básicas:

1°) El material a aprender debe ser potencialmente significativo, esto es, debe ser factible de interactuar de manera no arbitraria y no literal con conocimientos específicos de la estructura cognitiva del alumno.

2°) El alumno debe tener la disposición para aprender significativamente, es decir, el alumno debe tener la disposición para facilitar la interacción, de manera no arbitraria y sustantiva, del conocimiento extraído del material potencialmente significativo con los subsumidores de su estructura cognitiva.

Según el objeto o referente aprendido Ausubel hace alusión a tres tipologías de aprendizaje significativo:

1°) *Aprendizaje Representacional*: Es el aprendizaje primario del cual dependen los otros tipos. En él se correlacionan unos significados con ciertos símbolos (generalmente palabras). Hay una equivalencia, en significado, entre un objeto (referente) y una palabra. Por lo general es el que se da en los primeros años de vida y ocurre por descubrimiento y repetición.

2°) *Aprendizaje de Conceptos*: Guarda semejanza con el anterior pero siendo este más general ya que la equivalencia se da entre el símbolo y las particularidades de diversos ejemplos de un mismo referente. Una vez presentes esos primeros conceptos en la estructura cognitiva, pueden servir como subsumidores para el aprendizaje por *asimilación* de nuevos conceptos.

3°) *Aprendizaje Proposicional*: Con él se le da significado a una proposición o idea, siendo necesario conocer el significado de cada palabra que conforma la proposición, pero siendo la idea resultante algo más que el resultado de sumar los significados de cada una de las palabras que forman la proposición.

En la Teoría o Principio de la Asimilación, Ausubel explica cómo se asimilan los conceptos; una nueva información potencialmente significativa interacciona con un subsumidor específico y como producto de la interacción asimiladora se obtienen tanto una nueva información psicológicamente significativa como un subsumidor enriquecido. Según como interactúe la nueva información con los subsumidores de la estructura cognitiva, la teoría de la asimilación propone tres tipos de aprendizaje:

1°) *Aprendizaje Subordinado*: Ocurre cuando la nueva información interacciona o se subordina a conceptos subsumidores más generales o inclusivos existentes en la mente del alumno. Hay dos variantes del aprendizaje subordinado; el derivativo y el correlativo. En el derivativo los nuevos conceptos ilustran o ejemplifican los conceptos generales existentes en la estructura cognitiva. En el correlativo los nuevos conceptos se aprenden como extensión o modificación de los ya presentes en la mente del alumno.

3°) *Aprendizaje Supraordinado*: Es el aprendizaje que se produce cuando contenidos potencialmente significativos, más generales e inclusivos, subordinan contenidos preexistentes en la estructura cognitiva.

4°) *Aprendizaje Combinatorio*: Cuando no se presentan relaciones de subordinación o supraordinación entre el nuevo conocimiento y alguno ya existente en la mente del sujeto, sino que la nueva información interacciona con la estructura cognitiva de manera global. Para la organización de los contenidos con el fin facilitar un aprendizaje significativo por parte de los alumnos, Ausubel propone cuatro principios programáticos: diferenciación progresiva, reconciliación integradora, organización secuencial y consolidación.

5°) *Diferenciación Progresiva*: Por lo general se presenta en el aprendizaje subordinado cuando un subsumidor es reiteradamente modificado, adquiriendo de esta manera nuevos significados. En consecuencia, cuando la idea más general de un contenido es presentada primero que las más específicas, va siendo progresivamente diferenciada a medida que se tratan las ideas específicas.

6°) *Reconciliación Integradora*: Se presenta en el aprendizaje supraordenado y combinatorio cuando conceptos de la estructura cognitiva, ante un nuevo conocimiento, se reconocen, se relacionan, se reconcilian, se reorganizan y adquieren nuevos significativos.

7) *Organización Secuencial*: Este principio promueve el respeto por la secuencia natural de dependencia de los contenidos, teniendo presentes los dos principios anteriores.

8°) *Consolidación*: Alude al dominio y estabilización de los contenidos vistos antes de continuar con la secuencia programada. Este principio guarda relación con la importancia que da Ausubel a lo que el alumno ya sabe.

2.1.3. El aprendizaje significativo crítico

Teoría del profesor Marco Antonio Moreira inspirada en las ideas de “Aprendizaje subversivo” de Postman y Weingartner y luego enriquecida con las ideas David Ausubel, Paulo

Freire y Don Finkel. Moreira (2005) la define como “aquella perspectiva que permite al sujeto formar parte de su cultura y, al mismo tiempo, estar fuera de ella” y agrega, “A través del aprendizaje significativo crítico es como el alumno podrá formar parte de su cultura y, al mismo tiempo, no ser subyugado por ella, por sus ritos, sus mitos y sus ideologías”. Esta teoría emerge como una estrategia, en un mundo que cambia vertiginosamente, para pasar de la enseñanza de conceptos obsoletos o poco útiles a conceptos relevantes y motivantes que conlleven a “fomentar el “aprender a aprender” que permitirá a la persona lidiar con el cambio de forma fructífera y sobrevivir. (Moreira, 2005)

Moreira sugiere una serie de principios para propiciar un aprendizaje significativo crítico en los alumnos, de manera similar a como los propuso Ausbel para lograr un aprendizaje significativo. A continuación se enumeran algunos de esos principios y su relación con el trabajo práctico en el laboratorio:

- *Principio del conocimiento previo. Aprendemos a partir de lo que ya sabemos.* Al laboratorio no se va con la mente en blanco a la espera de “llenarla” de conceptos. Como lo mencionó Ausubel, la variable que más condiciona el aprendizaje es el conocimiento previo.
- *Principio de la interacción social y del cuestionamiento. Enseñar/aprender preguntas en lugar de respuestas.* Una de las ventajas del trabajo en el laboratorio es que permite el trabajo colaborativo en el cual se negocian significados entre los alumnos y entre éstos y el docente.
- *3. Principio de la no centralización en el libro de texto. Del uso de documentos, artículos y otros materiales educativos. De la diversidad de materiales educativos.* Como ya se ha planteado, precisamente el propósito del presente trabajo es cambiar ese estilo de actividades de laboratorio en las que los alumnos se dedican a seguir las “recetas” de un manual.
- *4. Principio del aprendiz como perceptor/representador.* En el laboratorio el alumno no puede ser un receptor pasivo, la actividad allí es un proceso dinámico de interacción muy

apropiado para analizar como los alumnos perciben y/o representan fenómenos más que observar como son receptores o depositarios de conceptos.

- *5. Principio del conocimiento como lenguaje.* La química como ciencia tiene su propia simbología, adicional al de otras ciencias en las que se apoya como la física o las matemáticas. Estar familiarizados con esa simbología es fundamental al ingresar a un laboratorio para desarrollar un trabajo práctico.

- *6. Principio de la conciencia semántica.* En una práctica tradicional, tipo receta, por lo general la conclusión a la que llegan los alumnos es si los resultados se ajustan (si o no) a un modelo teórico previamente definido, facilitando, a lo sumo, un aprendizaje mecánico. Como alternativa, para lograr un aprendizaje significativo crítico, se podría abordar una situación problema para que el estudiante diseñe una práctica de laboratorio en la que trate de dar solución al problema planteado pensando en diferentes alternativas, en relaciones causa-efecto y en que sus conclusiones de ninguna manera son absolutas. Para ello debe ser consciente que: el significado está en las personas no en las palabras, las palabras no son ese “algo” a lo que se están refiriendo y que cuando se usan palabras para denominar las cosas, lo que significan esas palabras puede cambiar.

- *7. Principio del aprendizaje por el error.* El error es inherente a la naturaleza humana. Aceptando y superando los errores que se cometan en el laboratorio se aprende críticamente. Muchos grandes descubrimientos en el laboratorio se han producido por algún error cometido, lo que no significa que se deben cometer errores a propósito o se dejen de tomar las precauciones recomendadas para un trabajo seguro en el laboratorio, pues algunos errores también han resultado fatales.

- *8. Principio del desaprendizaje.* Cuando un conocimiento previo impide la asimilación de un conocimiento nuevo es necesario desaprenderlo en el sentido de no utilizarlo como subsumidor. Para aprender significativamente en el laboratorio es necesario no emplear los conceptos que sean irrelevantes y que puedan bloquear los nuevos conocimientos.

- 9. *Principio de la incertidumbre del conocimiento.* Hay que estar atentos a las definiciones ya que son una creación humana y su significado depende del contexto. El conocimiento es dependiente de las preguntas que se hagan sobre el mundo y de las metáforas empleadas para explicarlo.

- 10. *Principio de la no utilización de la pizarra, de la participación activa del alumno, de la diversidad de estrategias de enseñanza.* Una buena práctica de laboratorio es un claro ejemplo de aplicación de este principio.

- 11. *Principio del abandono de la narrativa. De dejar que el alumno hable.* Las actividades en el laboratorio podrían facilitar el aprendizaje significativo crítico a través de este principio si se permite la discusión entre los miembros de los equipos de trabajo y entre todos los estudiantes del grupo sobre los procedimientos seguidos y sobre los resultados obtenidos, por ejemplo.

2.1.4. Las competencias

La educación en Colombia ha venido transitando desde un currículo fundamentado en los contenidos, luego en los objetivos, más tarde en los logros, para, a comienzos del siglo XXI, aproximarse al modelo de las competencias. Al respecto se pronuncia el profesor Carlos Vasco para el portal “Universia”: Los anteriores programas fueron criticados principalmente porque eran aceptables para transmitir conocimientos en áreas como la tecnología, las ciencias o las matemáticas, pero al momento de aplicar esos conocimientos para resolver un problema los alumnos no eran capaces de hacerlo. Con las competencias se pretende transitar hacia un conocimiento dinámico útil en nuevas situaciones, diferentes a donde fueron aprendidos, que sirvan para solucionar nuevos problemas y no sólo los que traen los textos guía.

Es así como en 1998 es publicada la serie “*Lineamientos Curriculares*”, “que precisa la orientación de la educación básica y media al desarrollo de competencias” MEN (2013). A partir del año 2003 el Ministerio de Educación Nacional publica, por medio de la serie “Guías”, los Estándares Básicos de Competencias para diferentes áreas del saber impartidas en las instituciones educativas de primaria y secundaria del país. En la Guía N° 1, titulada “¿Conoce

usted lo que sus hijos deben saber y saber hacer con lo que aprenden?”, se puede leer “*Saber y saber hacer para ser competentes*: los estándares se definieron para que los estudiantes no se limiten a acumular conocimientos, sino que aprendan lo que es necesario en la vida y lo apliquen todos los días en la solución de problemas reales.” En la Guía N° 2, ¿Cómo entender las PRUEBAS SABER y qué sigue...?, se plantea lo que será uno de los objetivos de tales pruebas, “... nos permiten evaluar si estamos consiguiendo o no y en qué grado ese saber y saber hacer en las competencias que han sido definidas.” Para el año 2004 se dan a conocer en la Guía N° 7 los Estándares Básicos de Competencias de Ciencias Sociales y Ciencias Naturales.

Entonces, en el mismo 2006 se vuelven a publicar los Estándares Básicos de Competencias formulados hasta ese momento pero en un solo documento y en el que se incluye un breve marco conceptual para cada área haciendo ya mayor énfasis sobre las competencias. Por ejemplo, en la página 112 dice: “Formar en ciencias nos enfrenta al desafío de desarrollar en los estudiantes las competencias necesarias no solamente para que sepan qué son las ciencias naturales y las ciencias sociales, sino para que puedan comprenderlas, comunicar sus experiencias y sus hallazgos, actuar con ellas en la vida real y hacer aportes a la construcción y al mejoramiento de su entorno”.

ALGUNAS DEFINICIONES DE COMPETENCIAS

Antes de entrar a definir lo que son las competencias es necesario hacer hincapié en la gran variedad de definiciones y tipos de competencias existentes y que dependen del contexto en que estas son utilizadas. Muchas competencias aparecen en diferentes listados con definiciones distintas y otras con diferente nombre pero bajo la misma definición. Igualmente es muy variada la forma de organizarlas o clasificarlas. Las siguientes son algunas de las definiciones para el contexto de la educación básica y media en Colombia, que son las que interesan para el presente trabajo: Se lee en el portal “Colombia aprende (Mundo de Competencias)” del Ministerio de Educación Nacional de Colombia: “¿Qué son las competencias? ... son los conocimientos, habilidades, destrezas y actitudes, que desarrollan las personas y que les permiten comprender, interactuar y transformar el mundo en el que viven”.

En la página del ICFES (actualizada a 18 de enero de 2016), sección Glosario, definen Competencias como “capacidad compleja que integra conocimientos, potencialidades, habilidades, destrezas, prácticas y acciones que se manifiestan en el desempeño en situaciones concretas y en contextos específicos (saber hacer en forma pertinente)”.

Para Vasco (2013), una competencia se describe como: "Un conjunto de conocimientos, habilidades, actitudes, comprensiones y disposiciones cognitivas, metacognitivas, socioafectivas y psicomotoras apropiadamente relacionadas entre sí para facilitar el desempeño flexible, eficaz y con sentido de una actividad o de cierto tipo de tareas en contextos nuevos y retadores".

Como ya se mencionó, existen múltiples propuestas de organización de las competencias. Varios autores las clasifican en Básicas, Genéricas y Específicas, generalmente haciendo alusión al ámbito laboral, sin embargo también han sido acomodadas al ámbito educativo modificando en algunos casos su definición y abarcando otros tipos de competencias.

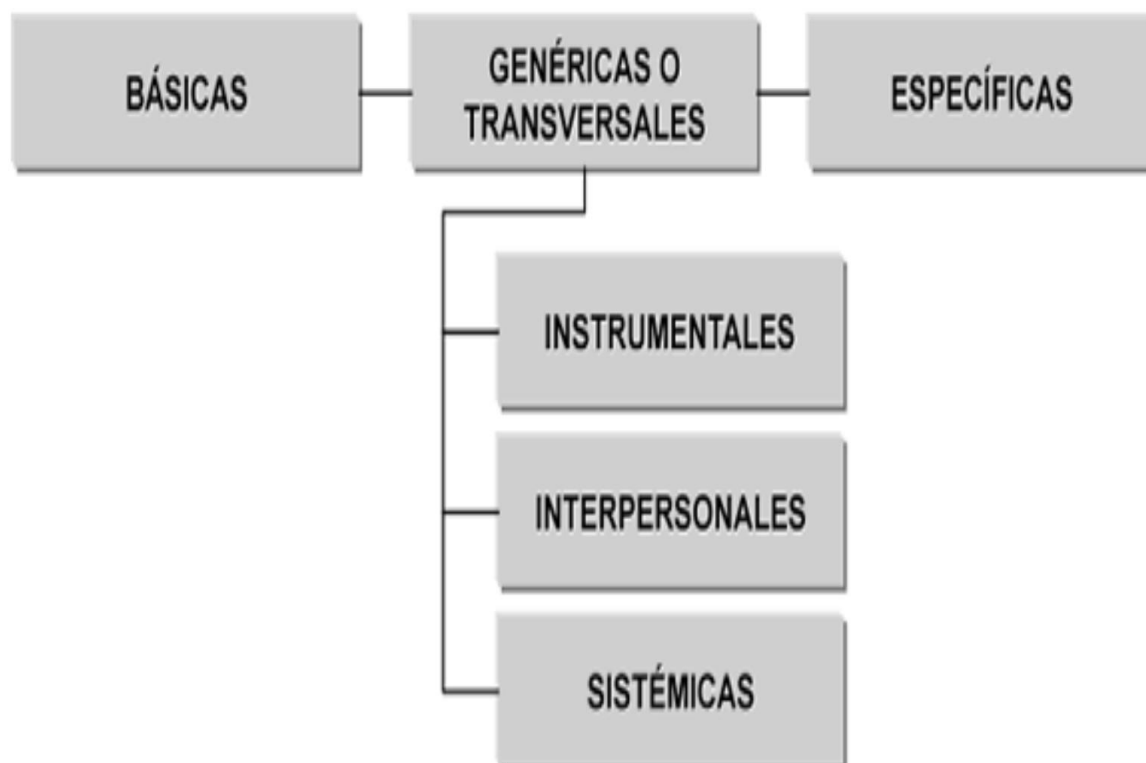


Figura 1. Clasificación de las competencias. Tomada de <http://www.mineducacion.gov.co/1621/w3-printer-299611.html>

Competencias Básicas: Son aquellas ubicadas en la base de una profesión, ocupación, disciplina o aprendizaje y contribuyen al desarrollo de otras competencias. Aquí se ubican, entre otras, las competencias comunicativas y matemáticas.

Competencias Genéricas o Transversales: Son aquellas comunes a diversas profesiones u oficios. Las competencias genéricas pueden ser: Instrumentales o procedimentales (la capacidad de organizar y planificar, la comunicación en un segundo idioma, el manejo de las TIC's, etc.), Interpersonales (el trabajo en equipo, la responsabilidad social y el compromiso ciudadano, etc.) y Sistémicas (el emprendimiento, el liderazgo, compromiso con la calidad, etc.) (Maldonado, 2002), (Badillo, 2010), MEN (s.f.).

Como se había manifestado antes, en relación a las competencias es difícil hallar un consenso general, en varias fuentes se han encontrado las competencias comunicativas y matemáticas haciendo parte de las genéricas. Incluso el MEN (2013) hace un cambio al respecto al considerar las competencias que se desarrollan en la educación básica primaria son todas de tipo genérico, abarcando las competencias básicas y ciudadanas, lo que se puede apreciar en la siguiente ilustración.

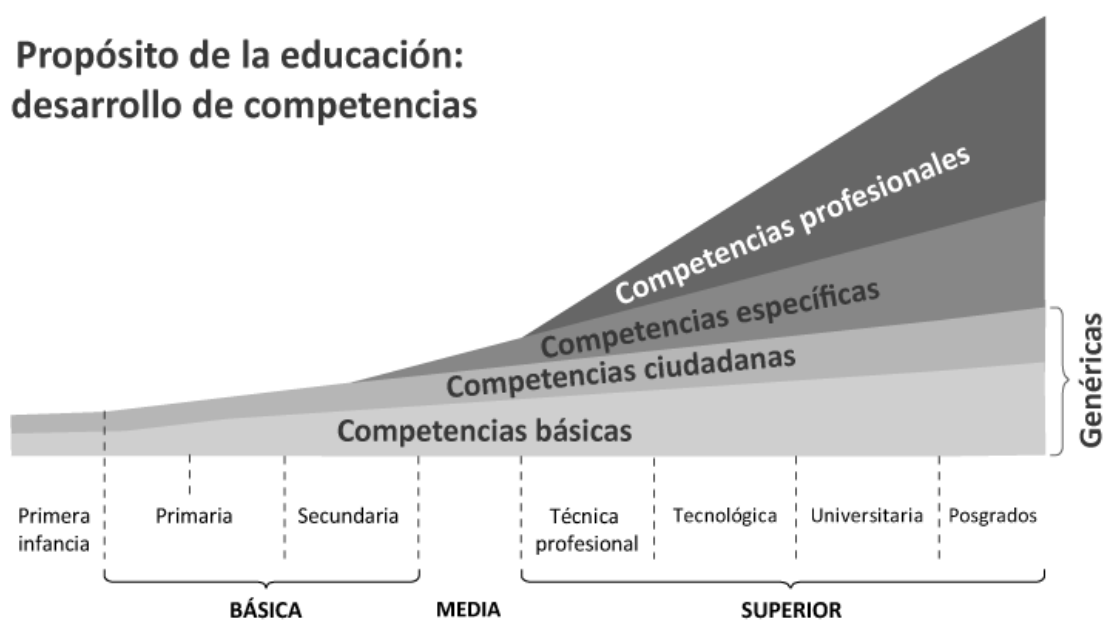


Figura 2. Las competencias en la educación colombiana. (Tomada de: www.mineducacion.gov.co/.../articles-342919_Nov27_alineacion_pruebas_saber.pptx)

Competencias Específicas: Son las que posibilitan el desempeño de las funciones propias de una profesión o actividad laboral.

Se pueden ver más ejemplos de competencias genéricas y específicas en <http://www.tuningal.org/>, página del Proyecto Tuning (América Latina) en el cual elaboraron listados de competencias deseables en los egresados de las universidades participantes en el proyecto.

¿CUÁLES SON LAS COMPETENCIAS QUE SE DEBEN DESARROLLAR DURANTE EL PROCESO EDUCATIVO EN COLOMBIA?

Para el Ministerio de Educación Nacional (Vélez, 2005), las competencias básicas a desarrollar en las instituciones educativas de primaria y secundaria del país son: Competencias Comunicativas (a través de las asignaturas de Español y Segunda lengua), Competencias en Matemáticas, Competencias Científicas (a través de las asignaturas de Ciencias Naturales y Educación Ambiental, y de las Ciencias Sociales y Humanas). Adicionalmente el ICFES (2007) propone como competencias generales básicas en el contexto escolar las de interpretar, argumentar y proponer, mencionando que “Las competencias básicas generales se desarrollan y diferencian a lo largo de la experiencia escolar”.

COMPETENCIAS ESPECÍFICAS A DESARROLLAR DESDE LAS CIENCIAS NATURALES

Las competencias específicas que según el ICFES (2007) se consideran claves para desarrollar en el aula de clase son:

1. *Identificar*: suficiencia en el reconocimiento y diferenciación de fenómenos, representaciones y de las preguntas adecuadas sobre esos fenómenos.

– 2. *Indagar*: suficiencia en el planteamiento de preguntas y procedimientos apropiados para la búsqueda, selección, organización e interpretación de la información pertinente para responder a esos interrogantes.

- 3. *Explicar: suficiencia* en la construcción y comprensión de argumentos, modelos o representaciones que den razón a ciertos fenómenos.
- 4. *Comunicar: suficiencia* en la escucha, planteamiento de puntos de vista y transmitir conocimiento.
- 5. *Trabajar en equipo;* idoneidad para la interacción productiva con otras personas asumiendo responsabilidades.
- 6. *Disposición para aceptar la naturaleza abierta, parcial y cambiante del conocimiento.*
- 7. *Disposición para reconocer la dimensión social del conocimiento y para asumirla responsablemente.*

La guía referencial para desarrollar las competencias descritas son los Estándares Básicos de Competencias formulados por el Ministerio de Educación Nacional. Los estándares vienen organizados de tal forma que para cada grado se pueden leer unos estándares generales los cuales se despliegan en tres columnas, en términos de lo que los estudiantes deben realizar: 1) me aproximo al conocimiento como científico natural, 2) manejo conocimientos propios de la ciencias naturales y 3) desarrollo compromisos personales y sociales. Columnas que los docentes suelen llamar Competencias Procedimentales, Competencias Conceptuales y Competencias Actitudinales respectivamente. “Conviene tener presente que solamente al llevar a la práctica simultáneamente acciones concretas de pensamiento y de producción de las tres columnas puede una persona ser competente en ciencias”. (MEN, 2006)

2.2 Marco Disciplinar

2.2.1. Las actividades experimentales en el laboratorio

En el desarrollo del entramado conceptual de la química, y en general de las ciencias naturales, el trabajo experimental ha sido uno de los pilares fundamentales. De allí que en la enseñanza-aprendizaje de la química, las actividades experimentales deben estar presentes si se

pretende acercar a los estudiantes al quehacer científico (entre otras finalidades), pero teniendo en cuenta que el propósito de estas prácticas es diferente al de las actividades prácticas de los científicos. Además, una enseñanza de la química donde prime la utilización de la tiza y el tablero sin brindarles a los alumnos la posibilidad de interactuar con objetos, sustancias y fenómenos puede generarles falta de interés hacia la asignatura.

Tradicionalmente los docentes han utilizado la actividad práctica o experimental en el laboratorio con el fin de que los alumnos apliquen, validen o comprendan mejor un concepto visto con anterioridad en la clase teórica, desconociendo la gama de posibilidades que puede brindar el trabajo experimental. La actividad experimental es mucho más que el complemento de una clase teórica y de los profesores depende el implementar estrategias que faciliten a los estudiantes la reconstrucción de conocimientos, la aplicación de sus conocimientos en un nuevo contexto, la resolución de problemas de su ambiente cotidiano utilizando procedimientos científicos y el admitir la asociación entre la teoría y la práctica.

Para Hodson (1994), la enseñanza de las ciencias comprende tres aspectos principales: el aprendizaje de la ciencia, el aprendizaje sobre la naturaleza de la ciencia y la práctica de la ciencia. Los tres aspectos son susceptibles de emplear actividades experimentales pero recalca Hodson sobre la práctica de la ciencia; “En este apartado no se hace hincapié en aprender los métodos de la ciencia ni en desarrollar la destreza necesaria para utilizar técnicas de laboratorio determinadas, sino en emplear los métodos y procedimientos científicos para investigar fenómenos, resolver problemas y seguir intereses concretos”. Y según Barberá & Valdéz (1996) “Si diferenciamos lo que es *aprender* ciencias y *aprender sobre* las ciencias de *aprender a hacer* ciencia, debemos ser conscientes de que los alumnos sólo aprenderán a *hacer* ciencia practicándola -al igual que ocurre con los científicos-, siguiendo sus líneas propias de indagación, lo que les permitirá conocer que hacer ciencia no solo es fuertemente dependiente de la teoría, sino también de la práctica”.

2.2.2. El laboratorio de química

“Interesaos, os conjuro, por estas estancias sagradas que designamos con el nombre expresivo de laboratorios. Pedid que se multipliquen y se equipen: ellos son los templos del

futuro, de la riqueza y del bienestar”. Luis Pasteur (citado por Alvarez,2011)

Un laboratorio de química es un espacio físico, del ámbito industrial, comercial o académico, en dónde se manipulan sustancias o reactivos químicos con equipos y materiales específicos con fines muy diversos, entre los que se cuentan:

- Análisis de sustancias.
- Prueba de procedimientos.
- Reproducción, observación, examen, comprensión o explicación de fenómenos.
- Deducción o verificación de conceptos y modelos.
- Obtención de datos experimentales.

Lo que se hace siguiendo sistemáticamente procedimientos previamente diseñados y ajustados a unas normas de higiene y seguridad emanadas de organismos del orden nacional e internacional.

2.2.3. El laboratorio en la historia

(Álvarez, 2011), (Asimov, 2003), (Homburg, 2009). Las civilizaciones antiguas trabajaron metales como el oro, el cobre, el plomo, el hierro, etc. Preparaban la aleación entre el cobre y el estaño conocida como bronce. Algunos de los metales, que no se consiguen directamente en forma pura de la tierra, eran obtenidos por tratamiento de algunos minerales en los que se encontraban presentes. También elaboraban y usaban perfumes, detergentes, pócimas medicinales, pigmentos, imitación de piedras preciosas, vidrio y otras sustancias. Es poca la información sobre el aspecto de los espacios o recintos en donde realizaban las preparaciones mencionadas, pero es lógico suponer que el tratamiento de los metales se realizaba o al aire libre o en espacios más parecidos a las herrerías o talleres metalúrgicos contemporáneos que a un laboratorio.



Figura 3. Idealización de un obrador del antiguo Egipto en el que se funde oro y se pesa en una balanza (2500 aC). (Alvarez 2011)

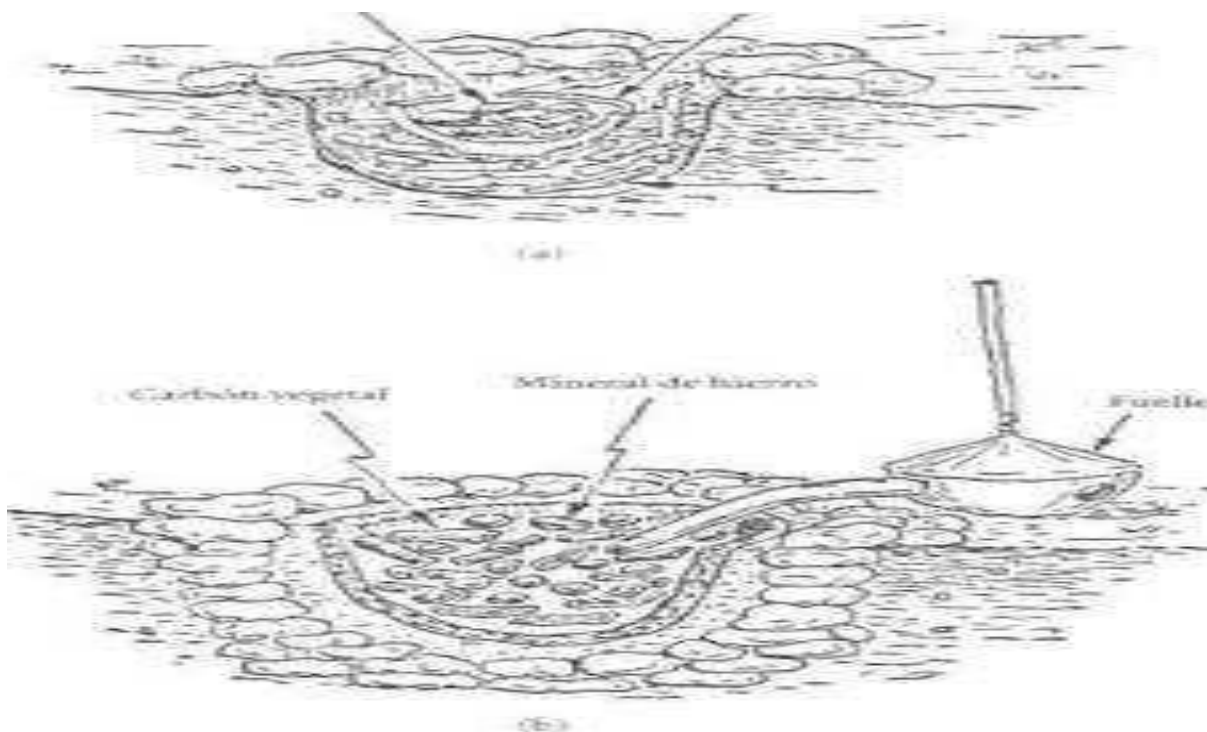


Figura 4. Crisoles primitivos cuya función era la de lograr la temperatura apropiada para la reducción de diversos minerales. En el horno para cobre (a) la mena se fundía en un crisol sobre fuego producido por leña. Para la reducción del mineral de hierro (b) era necesario más calor, y para ello el horno se llenaba de carbón vegetal y el oxígeno era suministrado por medio de un fuelle. (Asimov, 2003)

Es algo más numerosa la información sobre los laboratorios o recintos similares de los alquimistas de la edad media en Europa. Una aproximación al aspecto de tales recintos se puede apreciar en pinturas y grabados de varias épocas aunque ese aspecto se debe asumir con cautela ya que el creador de la obra de arte le podía añadir toques ajenos a la realidad con el fin de facilitar su venta. Sin embargo en esa iconografía hay elementos comunes usados por los alquimistas: hornos, alambiques, frascos, crisoles, morteros, relojes de arena y en algunos casos una balanza en un recinto caracterizado por el desorden.



Figura 5 . Das Narrenschyp (1497, de Alberto Durer). Nótese en la ilustración el horno metalúrgico y la balanza sobre la mesa. (Homburg, 2009)



Figura 6. El alquimista, grabado de Hans Weiditz, datado en 1520. (Álvarez, 2011)

Tanto para los alquimistas como para los primeros químicos, el fuego era un elemento primordial en sus laboratorios. Inicialmente era obtenido de hornos metalúrgicos (Figuras 3 y 4) pero luego, dependiendo de la función principal del laboratorio, irían a contar con hornos más específicos.

Unas descripciones de pronto más ciertas se pueden encontrar en obras literarias que si bien nacen de la imaginación de los autores tenían como referente un laboratorio real. En los textos sobre alquimia que aún se conservan se encuentran detalles más fehacientes sobre los laboratorios de la época, siendo la balanza un elemento recurrente a diferencia de las obras de arte donde era escasa su presencia. Y es que la balanza o cualquier otro instrumento semejante son indispensable en la mayoría de los procedimientos químicos.

Antes, como ahora, el factor económico ha sido determinante para el equipamiento y funcionamiento de un laboratorio por lo que muchos laboratorios del periodo medieval fueron patrocinados por nobles y reyes, incluso permitiendo su adecuación dentro de sus castillos.

Uno de los primeros laboratorios documentados es el de Wenzel von Troppau instalado en Königgrätz en el año de 1476. También hay referencias al del rey James IV de Escocia ubicado en su castillo de Stirling en 1501, supervisado por John Damian, alquimista y médico. Entre los siglos XVI y XVIII se da la transición de la alquimia a la química; en 1661 el inglés Robert Boyle (1627-1691) utiliza los términos química y químico en vez de alquimia y alquimista.

Terminando el siglo XVIII, los productos obtenidos mediante procesos químicos a pequeña escala en los laboratorios, de la mano de la revolución industrial, se van a producir a escalas mayores en plantas industriales con lo que el objetivo principal de los laboratorios pasa de la obtención de compuestos químicos al análisis o la investigación. Lo anterior conlleva a la reducción en tamaño de los equipos y utensilios usados en el laboratorio apareciendo así los tubos de ensayo y el mechero Bunsen, por ejemplo. En cuanto a la investigación aplicada, en 1871 el inventor norteamericano Thomas Alva Edison (1847-1931) crea el primer laboratorio industrial en Newar, New Jersey (USA). Después crearía varios más.

2.2.4. El laboratorio de química moderno

Mucho tiempo ha transcurrido desde los rudimentarios y caóticos laboratorios de los primeros alquimistas. El laboratorio de química de hoy se caracteriza, por lo general, por el orden, la limpieza y el apoyo de novedosos instrumentos electrónicos y computacionales.

Para el montaje de un laboratorio es necesario tener en cuenta desde su diseño diversos factores, entre los que se pueden tener:

–*Distribución:* generalmente planeada en términos de facilidad y eficiencia en los desplazamientos de los usuarios, lo que se traduce en menores tiempos de trabajo o de evacuación de ser necesario. Desde aquí se debe ir pensando en la buena iluminación del local para aprovechar al máximo la luz natural (lo mismo es recomendable sobre la ventilación). También es importante tener en cuenta espacios para futuras adquisiciones de mobiliario o equipo.

– *Conexiones:* a la electricidad, agua, gas, evacuación de gases, desagües o alcantarillado.

- *Materiales de construcción*: sobre todo para pisos y mesones. Para los pisos se debe pensar en materiales antideslizantes y para los mesones en materiales resistentes a los reactivos o sustancias a utilizar. Los materiales no deben sufrir de agrietamientos o fisuras en las que se puedan depositar sustancias químicas.
- *Dotación*: esta depende de los fines del laboratorio (docencia, investigación, industria, prestación de servicios, etc.) y de la disponibilidad de recursos financieros.
- *Seguridad*: es un aspecto primordial a tener en cuenta por lo que se debe conocer la normatividad vigente del país sobre la construcción, montaje y funcionamiento de laboratorios. Por ejemplo, hay que revisar normas sobre manipulación y almacenamiento de sustancias químicas, disposición final de residuos, protección contra incendios, etc. También se deben tener presentes las recomendaciones de diversos organismos del ámbito nacional o internacional.

2.2.5. El laboratorio en la enseñanza de la química

“El trabajo práctico de laboratorio es concebido en el contexto educativo, como todas aquellas tareas que llevan a cabo los estudiantes en un espacio y tiempos propios, que involucran el contacto con objetos y fenómenos de una disciplina científica factual, a través de eventos artificiales llamados experimentos, con la finalidad de estudiar la relación entre variables de algún modelo teórico ya conocido en esa ciencia”. (Andrés, citado por Crisafulli & Villalba, 2013). Y en relación a su importancia, recalcan Sandoval, Mandolesi & Cura (2013), “La química es una ciencia teórico-experimental idóneas para movilizar la actividad cognitiva de los alumnos de forma creativa. De hecho, en un experimento de laboratorio se recurre a los órganos sensoriales para ayudar a contemplar de manera conjunta el “¿cómo?”, el “¿por qué?” y el “¿para qué?” de lo que se aprende.”

En 1615, Johannes Michael Hartmann implementó en la Academia de Marburgo, (Alemania), el primer laboratorio con fines docentes como apoyo a la primera cátedra de química de la que se tenga noticia, la cual se venía dictando desde 1609. Y para inicios del siglo XIX se incorpora de manera sistemática a nivel de pregrado la enseñanza en el

laboratorio, orientada especialmente al desarrollo de habilidades ligadas a la industria y la investigación. (Álvarez, 2011, Flórez, Caballero & Moreira, 2009)



Figura 7. Laboratorio de docencia e investigación de Justus von Liebig en Giesen (1842). (Citado por Alvarez, 2011).

Son variados los objetivos que habitualmente se han propuesto para las actividades prácticas de laboratorio en la enseñanza de la química, entre los que se destacan:

- Interacción directa con fenómenos reales.
- Aproximar a los alumnos al método científico.
- Facilitar la comprensión, verificación o aplicación de conceptos.
- Desarrollar habilidades para la manipulación de materiales e instrumentos.
- Desarrollar habilidades para la recolección, interpretación y reporte de datos experimentales, así como para la elaboración de conclusiones a partir de ellos.
- Promover actitudes positivas frente al trabajo en equipo.

Ahora, sobre el cumplimiento y eficacia de esos objetivos, desde hace varias décadas se vienen haciendo reparos. Al respecto se pronunciaron Flórez et al. (2009), para quienes la química, por ser una ciencia de naturaleza experimental, se ha enseñado tradicionalmente de forma teórico/práctica y el laboratorio parece desempeñar una función primordial como espacio de aprendizaje y realización de prácticas experimentales, sin embargo varias investigaciones ponen en duda el verdadero aporte al aprendizaje de las ciencias por parte de la enseñanza en el laboratorio. Pero, añaden, se han adelantado otras investigaciones en las últimas décadas que permiten un mayor conocimiento de la problemática.

En varios trabajos realizados desde finales de los años 80 del siglo pasado, Hodson ha venido sugiriendo la adopción de una posición crítica y reflexiva frente a los objetivos de la actividad en el laboratorio tradicionalmente planteados. Payá, citado por Salcedo y colaboradores (2005) se suma a los críticos del estilo tradicional de trabajo en el laboratorio: “Las prácticas de laboratorio tal como son orientadas por los profesores y/o planteadas por los textos no familiarizan a los estudiantes con la metodología científica y no contribuyen al aprendizaje significativo de conceptos”. Y es que los profesores han promovido concepciones erradas en los estudiantes sobre el trabajo científico en el laboratorio, como por ejemplo:

- El trabajo científico se limita a manipular equipo de laboratorio y presentar el informe respectivo.
- Los conceptos o las teorías científicas se generan y verifican fácilmente por medio de un experimento.
- Los conceptos y las teorías científicas son verdades absolutas, irrefutables e inmutables en el tiempo.

Por lo anterior, se hace visible la necesidad replantear los objetivos tradicionales de la enseñanza en el laboratorio y abrirse a nuevos enfoques o estrategias que viabilicen, de forma amena y motivadora, el desarrollo de las capacidades intelectuales tanto de orden inferior como superior en el alumnado así como las competencias necesarias para su desempeño exitoso en el exigente mundo de hoy.

2.2.6. Competencias y contenidos procedimentales en el laboratorio

Los Estándares Básicos de Competencias de ciencias naturales, como se mencionó en el marco teórico, están estructurados con una primera columna dedicada a las competencias procedimentales. Observando las correspondientes a los grados décimo y once se concluye que dichas competencias consisten en mucho más que observar, hacer mediciones con el instrumental adecuado y luego registrar unos datos.

Lawson, citado por De Pro (1998) define: “Los procedimientos que se utilizan para generar el conocimiento declarativo-conceptual se conocen colectivamente como conocimiento procedimental.” Entendiéndose un procedimiento como “el conjunto de acciones ordenadas orientadas a la consecución de una meta” (Ministerio de Educación y Cultura de España, citado por De Pro (1998)).

El objetivo de los contenidos procedimentales es “que el alumno aprenda además de los contenidos declarativos, los métodos y destrezas que le permitan acceder al conocimiento declarativo. En el caso de las ciencias experimentales es muy razonable que el ámbito donde deben aprenderse los procedimientos sea el mismo ámbito en que esa ciencia ha sido construida, esto es, el laboratorio”. (Insausti, 2000). Y en opinión de Merino & Herreros (2007) “... el laboratorio se constituye como el más eficaz recurso para el aprendizaje de la casi totalidad de los contenidos procedimentales habituales, siempre y cuando las actividades se desarrollen de forma afin con la metodología científica”. Así que la enseñanza en el laboratorio no se trata de enseñar unos procedimientos que conduzcan a coincidir con la respuesta de un texto o manual.

Ante las múltiples competencias procedimentales que proponen los Estándares Básicos de Competencias, sumadas a las conceptuales y actitudinales, se presenta como todo un reto para los docentes el seleccionar los contenidos y diseñar o implementar una buena variedad de estrategias para poder cubrir la mayor cantidad posible de competencias pues pretender cubrirlas todas en un año lectivo es prácticamente imposible.

En consecuencia no es muy eficiente en término de enseñanza-aprendizaje la implementación de estrategias que apunten solamente a potencializar una o dos competencias

de manera aislada por lo que los diferentes tipos de competencias se deben trabajar interconectados de una manera integral pero teniendo en cuenta que actividades que comprometan demasiadas competencias pueden resultar contraproducentes para alcanzar los objetivos propuestos y aquí la experiencia del profesor es valiosísima para encontrar el equilibrio.

2.3 Marco Legal

La presente propuesta está amparada en dos aspectos legales; uno, relacionado con la educación en general y, el otro, relacionado con las orientaciones para el montaje y utilización de los laboratorios de química.

Tabla No 1.

Normatividad sobre educación en general y sobre el uso de laboratorios de química en Colombia.

Tipo de Norma/Número/Fecha	Tema	Emisor
Constitución Política de 1991	Art. 67: La educación es un derecho de la persona y un servicio público que tiene una función social; con ella se busca el acceso al conocimiento, a la ciencia, a la técnica, y a los demás bienes y valores de la cultura. La educación formará al colombiano en el respeto a los derechos humanos, a la paz y a la democracia; y en la práctica del trabajo y la recreación, para el mejoramiento cultural, científico, tecnológico y para la protección del ambiente.	Asamblea Nacional Constituyente
Ley 115 de 1994	Por la cual se expide la Ley General de Educación.	Congreso de la República
Lineamientos Curriculares	Por medio de los cuales se da cumplimiento al art. 78 de la Ley General de Educación.	Ministerio de Educación Nacional
Estándares Básicos de Competencias	Son criterios claros y públicos que permiten conocer lo que deben aprender nuestros niños, niñas y jóvenes, y establecen el punto de referencia de lo que están en capacidad de <i>saber</i> y <i>saber hacer</i> , en cada una de las áreas y niveles.	Ministerio de Educación Nacional
Ley 9 de 1979	Por la cual se dictan medidas sanitarias.	El Congreso de Colombia

Ley 55 de 1993

Por medio de la cual se aprueba el "Convenio número 170 y la Recomendación número 177 sobre la Seguridad en la Utilización de los Productos Químicos en el Trabajo", adoptados por la 77a. Reunión de la Conferencia General de la OIT, Ginebra, 1990.

El Congreso de Colombia

2.4 Marco Espacial

La Institución Educativa Sol de Oriente está localizada en la carrera 23 No. 56EH-200 del barrio 13 de Noviembre, comuna 8 del sector centro-oriental de la ciudad, laderas del Cerro Pan de Azúcar, uno de los 7 cerros tutelares de la ciudad de Medellín. Sirve a las comunidades de los barrios 13 de Noviembre, Isaac Gaviria, Enciso, El Pinal, Los Mangos. El Pacífico, Villatina, La Torre, Nueva Invasión, entre otros. Su condición es la de un colegio público popular, compuesto por una comunidad en su mayoría de extracción campesina, desplazada de distintas zonas de los departamentos de Antioquia, Córdoba y Chocó como consecuencia de la acción de los diferentes actores armados en dichas regiones. Lo anterior se ve reflejado en una población con altos niveles de pobreza, descomposición de sus núcleos familiares, bajo nivel educativo, una inadecuada infraestructura de las viviendas para tales lugares, violencia intrafamiliar y barrial, etc.

Aunque en la actualidad se respira una relativa calma, se ha tenido periodos de duros enfrentamientos entre una gran variedad de grupos armados, llámense paramilitares, guerrilleros, milicianos, combos o fuerzas del Estado. Hoy en día, la existencia del fenómeno de los “combos” se ha convertido en una fuerte competencia para la Institución Educativa en el objetivo de evitar la deserción escolar, pues muchos jóvenes se retiran para ingresar a los mencionados combos, además de las niñas que son embarazadas por sus integrantes y que optan por no regresar al colegio.

La I.E. Sol de Oriente cuenta con dos sedes: la Escuela Beato Domingo Iturrate y el Colegio Sol de Oriente las cuales se encuentran a escasos 100 metros una de otra. En la actualidad en la escuela atienden el preescolar y primaria hasta el grado cuarto, y en el colegio desde el grado quinto hasta once. En la educación media existen cuatro opciones para los estudiantes: Académico, Técnica en Recursos Naturales y Protección Ambiental, Electrónica y Diseño de Software.

El Proyecto Educativo Institucional (PEI) de la Institución se traza bajo el Modelo Pedagógico Holístico Transformador el cual permite abordar la tarea de la formación integral permitiéndole al educando alcanzar aprendizajes como: aprender a ser, aprender a saber, aprender a hacer, aprender a pensar, aprender a convivir, aprender a aprender y aprender a emprender. Como parte de la Filosofía Institucional se lee en el PEI, “Se pretende también el desarrollo de la capacidad crítica, reflexiva y analítica que fortalezca el avance científico y tecnológico de la comunidad, orientado con prioridad, al mejoramiento cultural y de la calidad de vida de la población, a la participación en la búsqueda de alternativas que reivindiquen el trabajo comunitario, en pro del fortalecimiento de valores dentro de un espíritu de cooperación y servicio a toda la comunidad”. Y como **Misión** se plantea, “Nuestra labor es ofrecer a la comunidad una educación integral, formadora de personas, analíticas, críticas y transformadoras de su realidad, centrados en el SER, en el APRENDER, en el HACER y en el CONVIVIR.

3. Diseño Metodológico

3.1. Tipo de Investigación

El presente trabajo se puede considerar como una investigación aplicada que se corresponde con el modelo de la Investigación-Acción, entendido este como un “proceso de continua búsqueda y de reflexiones sistemática sobre la práctica con el fin de optimizar los procesos de enseñanza-aprendizaje” (Bausalea, s.f.) y, así, indagando sobre la práctica, comprendiéndola y reflexionando sobre ella, se procura su transformación con la intención de mejorarla. Lo anterior se enmarca dentro del Paradigma Socio-Crítico, “el cual introduce la autorreflexión crítica en los procesos del conocimiento, dando respuestas a problemas específicos presentes en el seno de las comunidades, pero con la participación de sus miembros y considerando que el conocimiento se construye siempre por intereses que parten de las necesidades de los grupos” (Alvarado & García, 2008). El paradigma socio-critico pretende superar las falencias de los paradigmas positivista e interpretativo, enlazando dialécticamente la teoría y la práctica, construyendo y reconstruyendo el conocimiento de una manera continua.

3.2. Método de Investigación

En un primer momento se hará una revisión bibliográfica acerca de las corrientes, enfoques, modelos o estrategias empleadas en la enseñanza-aprendizaje en el laboratorio de química para luego realizar un análisis crítico, sopesando los puntos a favor y en contra, de cada una de ellas. Posteriormente, con fundamento en unos criterios previamente establecidos, se seleccionará el enfoque más apropiado para adelantar el proceso educativo en el laboratorio de química de la Institución Educativa Sol de Oriente. Una vez concretado el enfoque a seguir se diseñaran y aplicarán las actividades experimentales propuestas (4 para el grado décimo y 4 para el grado once) cuyos resultados, en términos de impacto en el aprendizaje, quedan por fuera del presente trabajo por razones de tiempo, pero con la posibilidad de hacerlo en el futuro inmediato desde la perspectiva de la Investigación-Acción.

La primera parte del procedimiento anteriormente descrito es una investigación documental con la que se busca comprender e interpretar la realidad de los espacios en donde se realizan las prácticas químicas, esto es, apuntando al contexto de los acontecimientos, en donde los protagonistas interactúan entre ellos, y entre ellos y el medio circundante.

Ya la segunda parte, que corresponde al análisis crítico de los enfoques y a la selección del enfoque a trabajar, presenta las características del paradigma socio-crítico, que entre las más importantes, según Alvarado *et al*, se tienen:

- a) La adopción de una visión global y dialéctica de la realidad educativa.
- b) La aceptación compartida de una visión democrática del conocimiento así como de los procesos implicados en su elaboración.
- c) La asunción de una visión particular de la teoría del conocimiento y de sus relaciones con la realidad y con la práctica.

3.3. Instrumentos de Recolección de Información

Hurtado (2000), define las técnicas de recolección de datos como “los procedimientos y actividades que le permiten al investigador obtener la información necesaria para dar cumplimiento a su objetivo de investigación”. Para este trabajo se recurrirá a fuentes secundarias, consultando en bibliotecas y bases de datos; libros, revistas y demás documentos sobre estudios, trabajos u opiniones acerca del tema de investigación.

3.4. Población y Muestra

Como ya se mencionó, en esta investigación no se evaluará el efecto del trabajo en el laboratorio en el aprendizaje de los alumnos, pero la puesta en funcionamiento del laboratorio de química beneficiará en promedio a una población de aproximadamente 280 estudiantes por año, correspondientes a los cuatro grupos de décimo y otros cuatro de once en los que se imparte la asignatura de química.

3.5. Delimitación y Alcance

Al finalizar este trabajo, se pretende dejar a la Institución Educativa un laboratorio de química prestando el servicio para el que fue implementado, bajo un enfoque establecido de enseñanza-aprendizaje.

3.6. Cronograma

Tabla No 2.

Planificación de actividades

FASE	OBJETIVOS	ACTIVIDADES
Fase 1: Caracterización	- Identificar y caracterizar los enfoques didácticos bajo los que se llevan a cabo las prácticas en los laboratorios de química de las instituciones educativas.	1.1. Revisión bibliográfica sobre el panorama general de la enseñanza de las ciencias y, particularmente, en el laboratorio. 1. 2. Revisión bibliográfica sobre enfoques, modelos o corrientes didácticas empleadas en la enseñanza-aprendizaje en el laboratorio de química y las estrategias que utilizan. 1.3. Revisión bibliográfica sobre las disposiciones del M.E.N. en cuanto al tipo de competencias a desarrollar en laboratorio. 1.4. Revisión bibliográfica sobre el desarrollo de competencias desde el constructivismo y la teoría del Aprendizaje Significativo

		<p>Crítico.</p> <p>1.5. Redacción del marco teórico, recogiendo las principales características de las estrategias de enseñanza encontradas en la revisión bibliográfica.</p>
<p>Fase 2: Análisis</p>	<p>- Analizar cada estrategia prestando especial atención a los comentarios que se hagan sobre ellas, sobre su utilidad, ventajas, desventajas, etc.</p>	<p>álisis crítico y reflexivo de cada enfoque y estrategia consultada.</p>
<p>Fase 3: Selección</p>	<p>- Seleccionar la(s) estrategia(s) de enseñanza utilizadas para ser aplicadas en la Institución Educativa Sol de Oriente</p>	<p>cción de la(s) estrategia(s) atendiendo criterios tales como: contexto de la población estudiantil de la Institución, el Proyecto Educativo Institucional (PEI), la disponibilidad de recursos físicos y económicos, los Lineamientos Curriculares y los Estándares Básicos de Competencias definidos por el Ministerio de Educación Nacional de la República de Colombia.</p>
<p>Fase 4: Diseño</p>	<p>- Diseñar una experiencia práctica para el laboratorio de química.</p>	<p>ño de una práctica de laboratorio en consonancia con el enfoque elegido.</p>
<p>Fase 5: Aplicación</p>	<p>- Aplicar la práctica diseñada.</p>	<p>icación de la práctica diseñada, prestando atención a fallas de diseño o procedimiento.</p>

Tabla No 3.

Cronograma de actividades

ACTIVIDADES	SEMANAS															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Actividades 1.1, 1.2, 1.3, 1.4, 1.5.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X						
Actividad 2											X					
Actividad 3												X				
Actividad 4													X	X		
Actividad 5															X	X

4. Estrategias para la Enseñanza-Aprendizaje en el Laboratorio

En un primer momento del trabajo final se ha realizado una búsqueda bibliográfica acerca de los enfoques, estrategias, paradigmas y modelos bajo los cuales se realizan las prácticas experimentales o las actividades de enseñanza-aprendizaje en los laboratorios de química con fines docentes, para en un momento posterior seleccionar de esa gama de posibilidades el modelo a seguir en el aula-laboratorio de la I.E. Sol de Oriente. Un acercamiento a los diferentes modelos se da a través de la clasificación de las actividades que se realizan en el laboratorio, para luego profundizar en algunos de ellas y complementar con estilos o modelos que no se incluyan en la clasificación.

4.1. Clasificación de las actividades prácticas en el laboratorio

Diversos autores en diferentes tiempos han propuesto clasificaciones para las actividades prácticas en el laboratorio docente atendiendo unos criterios particulares en cada caso.

Es así como Florez et al (2009), muestran una tabla-resumen con los enfoques o estilos de enseñanza en el laboratorio tal como se muestra a continuación.

Tabla No 4.

Clasificación de los estilos de enseñanza o tipos de laboratorio recopilados por Florez et al (2009)

Autor (es)	Estilo instruccional o tipo de laboratorio	Breve descripción
Moreira y Levandowski (1983)	<p>El laboratorio programado.</p> <p>El laboratorio con énfasis en la estructura del experimento.</p> <p>El laboratorio con enfoque epistemológico.</p>	<p>Es altamente estructurado.</p> <p>Se centra en el diseño de experimentos.</p> <p>Se basa en el uso heurístico de la V de Gowin para la resolución de problemas.</p>
Kirschner (1992)	<p>El laboratorio formal o académico.</p> <p>El laboratorio experimental.</p> <p>El laboratorio divergente.</p>	<p>Es el laboratorio tradicional, estructurado, convergente o tipo “receta de cocina”, verificativo.</p> <p>Es abierto, inductivo, con orientación al descubrimiento, con proyectos no estructurados, se abordan problemas que sean un reto para el alumno y que se puedan resolver dentro de las posibilidades materiales del laboratorio.</p> <p>Fusiona el laboratorio académico con el experimental; hay un manejo de una información básica</p>

		<p>general para todos los alumnos y el resto se deja de manera abierta con varias opciones de solución.</p>
Autor (es)	Estilo instruccional o tipo de laboratorio	Breve descripción
Domin (1999)	Estilo expositivo.	Modelo tradicional o verificativo: se usa un manual u hojas sueltas con un procedimiento tipo “receta de cocina” y resultados predeterminados.
	Estilo por Descubrimiento.	El procedimiento es dado al estudiante y el resultado es predeterminado.
	Estilo indagativo.	Permite al estudiante generar el procedimiento y encontrar un resultado indeterminado.
	Estilo de resolución de problemas.	El estudiante genera el procedimiento y el resultado del trabajo es predeterminado.

Woolnough y Allsop, citados por Tenreiro-Vieira & Márques (2006) consideran cinco tipos de actividades:

- (1) Experiencias: conllevan a la realización de observaciones y comprensión de fenómenos.
- (2) Experiencias ilustrativas: útiles para la comprobación y ejemplificación de principios.
- (3) Ejercicios: se emplean para el desarrollo de procedimientos y técnicas experimentales.
- (4) Experiencias para comprobar hipótesis: conducen al diseño de experiencias con la finalidad de establecer la influencia de un factor determinado en cierto fenómeno.
- (5) Investigaciones: de uso en la solución de situaciones problema.

Leite & Figueroa, también citados por Tenreiro-Vieira & Márques (2006), presentan una clasificación con seis tipos de actividades:

1) Ejercicios: orientados primordialmente al aprendizaje de conocimientos procedimentales. Su característica principal es la de favorecer el aprendizaje de técnicas de laboratorio y el desarrollo de habilidades procedimentales (como por ejemplo, medición y manipulación). En dicho aprendizaje se describe pormenorizadamente el procedimiento que se va a seguir.

2) Actividades orientadas para la adquisición de sensibilidad acerca de fenómenos (familiarización con fenómenos): Se fundamentan en la percepción de los distintos órganos de los sentidos. En ellas no se producen nuevos conocimientos, sin embargo, permiten una mayor comprensión o refuerzo de un concepto o principio ya visto.

3). Actividades ilustrativas: Están encaminadas al refuerzo del conocimiento conceptual, esto es, se emplean para confirmar que cierto conocimiento adquirido con anterioridad es verdadero. Se siguen para su desarrollo protocolos del tipo “receta”, estructurados para afianzar conocimientos previos del estudiante.

4). *Actividades orientadas para comprobar qué sucede*: Permiten la construcción de conocimientos nuevos al implementar actividades que son descritas detalladamente y en las que los estudiantes siguen protocolos conducentes a la obtención de resultados que se desconocían al iniciar la actividad.

5). *Actividades del tipo Predecir-Observar-Explicar-Reflexionar*: Llevan al estudiante a reconstruir sus conocimientos, al plantearles un interrogante o situación problémica que los haga retomar sus ideas previas para confrontarlas con los datos experimentales adquiridos.

6). *Investigaciones*: Estas actividades están orientadas principalmente al aprendizaje de conocimientos conceptuales mediante la resolución de situaciones problema. Ya que no se les brinda una guía paso a paso o “receta”, son los estudiantes quienes proponen la estrategia a seguir para resolver la situación problémica presentada, para evaluar los resultados obtenidos y para reformular el problema de ser necesario. Aparte de favorecer el desarrollo de capacidades para resolver problemas, familiarizan al estudiante con el método científico y con la naturaleza de la ciencia y sus procesos.

Caamaño (2004) propone cuatro tipos de trabajos prácticos: las experiencias, los experimentos ilustrativos, los ejercicios prácticos y las investigaciones.

Las *experiencias* son actividades prácticas cuyo objetivo es obtener una familiarización perceptiva con los fenómenos. Como ejemplos de experiencias se tienen: la observación de cambios en coloración, formación de precipitados o desprendimiento de gases durante las reacciones químicas, oler una sustancia, etc.

Los *experimentos ilustrativos* sirven para interpretar un fenómeno, ilustrar un principio o mostrar una relación entre variables. Si únicamente son realizados por el docente para la observación de los alumnos se suelen llamar *experimentos demostrativos*. Ejemplos: observar la combustión de una vela cubierta por un vaso de vidrio, experimentos sobre las leyes de Boyle, Charles o Gay-Lussac, observar la variación del pH con la concentración, etc.

Los *ejercicios prácticos* están orientados al aprendizaje de determinados procedimientos o destrezas, o para corroborar una teoría vista con antelación mediante experimentos

cuantitativos siguiendo una guía. Ejemplos: el determinar los puntos de fusión o ebullición, el clasificar las sustancias por sus propiedades físicas o químicas, determinar el punto de equivalencia en una reacción redox o ácido-base, etc.

Una *investigación* es una actividad encaminada a resolver un problema teórico o práctico mediante el diseño y la realización de un experimento y la evaluación del resultado. Un problema teórico puede ser el hallar la respuesta a una pregunta o verificar una hipótesis dentro de un modelo teórico, por ejemplo; ¿cómo es la variación de la presión ejercida por un gas al incrementarse su temperatura? El problema práctico es extraído del contexto cotidiano de los estudiantes, por ejemplo; determinar la cantidad de vitamina C en un jugo de naranja de una marca popular.

Los ejercicios prácticos son las llamadas “prácticas tradicionales” empleadas por los docentes en los laboratorios en donde el alumno realiza la práctica siguiendo un guión o receta. Según Caamaño (2004), estas prácticas tradicionales pueden ser convertidas en investigaciones transformando la presentación y ejecución de las mismas.

Entre las formas de clasificación encontradas seguidamente se exponen, en tres tablas, las registradas por López & Tamayo (2012). Ellas son: la de Caballer y Oñorbe, la de Herrón y la de Caamaño y Perales.

Tabla No 5.

Clasificación según Caballer y Oñorbe

Problemas-Cuestiones.	Tiene como objetivo el refuerzo y la aplicación de la teoría.
Problemas-Ejercicios.	Su utilidad radica aprender unas técnicas de resolución preestablecidas, como el uso de la balanza, las pipetas otros

	materiales y equipos.
Problema-Investigación	Los estudiantes aplican métodos de investigación en la resolución de problemas.

Tabla No 6.
Clasificación de Herrón

Nivel cero	A los alumnos se les proporciona la pregunta, el método y la respuesta.
Nivel uno	A los alumnos se les proporciona la pregunta y el método, pero deben llegar por sí mismos a la respuesta.
Nivel dos	A los alumnos se les proporciona la pregunta pero deben descubrir un método para llegar a la respuesta.
Nivel tres	A los alumnos se les muestra un fenómeno y deben formular las preguntas apropiadas y obtener un método para dar con las respuestas a las preguntas.

Tabla No 7.
Clasificación según Caamaño y Perales

Por su carácter Metodológico.	<p>Abiertos: Se les plantea un problema a los alumnos, el cual los conduce a la realización de experimentos, en los que aplican sus destrezas y conocimientos, pero no les basta para resolver el problema.</p> <p>Cerrados (“Tipo Receta”): Se les brinda a los alumnos de</p>
--------------------------------------	---

	<p>antemano los conocimientos necesarios bien elaborados y una guía estructurada.</p> <p>Semiabiertos o Semicerrados: No se les proporciona a los alumnos los conocimientos elaborados y se les plantean situaciones problémicas que los motiven a la indagación y a la formulación de hipótesis.</p> <p>De verificación: Conducen a los alumnos a comprobar experimentalmente los contenidos teóricos, como leyes y principios, tratados en el aula.</p> <p>De predicción: La atención de los alumnos es dirigida hacia hechos, manifestaciones u ocurrencias en una actividad experimental dada.</p>
<p>Por sus objetivos Didácticos</p>	<p>Inductivos: Por medio de actividades bien estructuradas se lleva a los alumnos, paso a paso, a la ejecución de experimentos para alcanzar unos resultados que se desconocían.</p> <p>De Investigación (integraría a los anteriores): Por medio de actividades bien estructuradas se lleva a los alumnos, paso a paso, a la ejecución de experimentos para alcanzar unos resultados que se desconocían.</p>
<p>Dentro de una estrategia general de trabajo</p>	<p>Frontales: En ellos la totalidad de los alumnos llevan a cabo la práctica de laboratorio bajo una misma guía de instrucciones para su ejecución. Por lo general se realizan al terminar los temas de un bloque teórico. Son utilizados para complementar la teoría o para desarrollar destrezas en la manipulación de materiales y equipos.</p> <p>Por Ciclos: En ellos se hace un fraccionamiento en subsistemas de la estructura didáctica de la asignatura, teniendo como criterios las dimensiones del contenido, según sean, unidades conceptuales, procedimentales o actitudinales.</p>
<p>Por su carácter de Realización</p>	<p>Personalizados: En ellos los alumnos rotan por diversos montajes experimentales que se relacionan con ciertos contenidos temáticos que serán impartidos durante el curso y que tal vez que aún no los hayan visto en las clases teóricas.</p> <p>Temporales: Son planificados en el horario del profesor, el cual les da un tiempo de duración, que debe ser cumplido estrictamente por parte de los alumnos.</p>

	<p>Semitemporales / Semiespaciales: Es establecido un límite espacio/tiempo, en la planificación del profesor, y así los estudiantes realizan las prácticas de laboratorios que correspondan a un cierto ciclo de la asignatura.</p>
<p>Por su carácter organizativo docente</p>	<p>Espaciales: Al iniciar el curso se les comunica a los alumnos como es el régimen de prácticas de laboratorio que deben desarrollar en la asignatura para cumplir con los objetivos propuestos, facilitándoles las orientaciones para que puedan realizarlos.</p>

Etkina, citado por Miranda & Maite (2009), establece tres tipos de actividades experimentales:

- 1) *De exploración:* Con ellas se pretende que los estudiantes al interactuar con un fenómeno observen e identifiquen regularidades y si es del caso propongan un modelo.
- 3) *De contrastación:* Su finalidad es contrastar las predicciones emanadas del modelo o análisis teórico del fenómeno.
- 4) *De aplicación:* Su intención es que los alumnos desarrollen la capacidad de producir inferencias desde la actividad experimental y aplicar el conocimiento científico a la solución de problemas reales

4.2. El modelo de enseñanza tradicional en el laboratorio

En la búsqueda de un estilo de enseñanza en el laboratorio no se debe excluir de entrada al modelo tradicional; por un lado porque aún se sigue aplicando en colegios y universidades, y por otro lado, porque si es el modelo que se quiere superar entonces se deben conocer sus características para no caer en las mismas prácticas simplemente disfrazadas con otro nombre.

¿Cuál es la rutina de las actividades en un laboratorio tradicional?

Bien, cada práctica cuenta con una guía en la que por lo general están presentes los siguientes ítems:

- Título de la práctica.

- Objetivos de la práctica.
- Equipo, materiales y reactivos a utilizar.
- Fundamentos teóricos de la práctica.
- Procedimiento a seguir (paso a paso).
- Conclusiones. Se deben incluir las causas o fuentes de error en caso del que el resultado del experimento difiera del esperado.
- Algunas preguntas.
- Bibliografía.

Desde hace muchos años este modelo de trabajo en el laboratorio viene recibiendo críticas desde diversas corrientes pedagógicas y aun así sigue siendo utilizado por una buena cantidad de docentes. Las siguientes son algunas de las críticas recopiladas, en las que a la vez se reflejan las principales características del modelo:

Se centra en actividades verificativas o corroborativas de la teoría expuesta previamente en clase dejando de lado actividades que impliquen desarrollar habilidades cognitivas de alto nivel como analizar, sintetizar, evaluar, crear. Incluso en muchas ocasiones no se fomentan habilidades de bajo nivel y de allí la dificultad de los estudiantes para interpretar los datos obtenidos en las prácticas o explicar el fenómeno ocurrido. Esto porque el estudiante es inducido a actuar mecánicamente y no de forma razonada.

No contribuye a que el estudiantado conozca y comprenda el verdadero trabajo científico creándoles una visión distorsionada de la labor de los científicos, como por ejemplo: teoría y experimentación son procesos separados; primero se deben crear “las teorías” y luego validarlas en el laboratorio. Asimismo, al tener como objetivo de la práctica el llegar a un resultado dado de antemano por el profesor o por el texto guía se fomenta la idea en los estudiantes de que los conceptos de las ciencias son verdades absolutas, irrefutables e invariables que se cumplen siempre bajo cualquier condición.

Al enfoque tipo tradicional lo suelen llamar “receta de cocina”, ya que requiere sólo de competencia lectora y unas competencias procedimentales básicas (manipulación de algunos elementos del laboratorio) que se trabajan casi siempre en la primera de una serie de prácticas correspondientes a cierto grado o curso.

El papel pasivo que asume el estudiante al seguir la “receta” para llegar a un resultado predeterminado impide que los alumnos enfrenten retos cognitivos en donde pongan en juego su capacidad imaginativa, creativa, de razonamiento o de toma de decisiones, lo que puede generar falta de entusiasmo e interés en las prácticas. Además, ante dificultades nuevas o en otros contextos el alumno se siente “incapacitado” para actuar sin una receta.

La mayoría de las prácticas no guardan relación con la cotidianidad de los alumnos o con situaciones reales que de alguna manera les resulten familiares por lo que ven las prácticas como “situaciones abstractas” que no motivan.

Por lo general el estudiante no logra establecer los vínculos entre lo que hace en el laboratorio, lo que debe aprender y los conceptos teóricos vistos en clase.

4.3. Aprendizaje por descubrimiento

4.3.1. Generalidades

Esta teoría está fundamentada en concepciones piagetianas y fue una de las primeras alternativas al aprendizaje receptivo, repetitivo y memorístico característico en la enseñanza tradicional. La inclinación de Piaget hacia el aprendizaje por descubrimiento se exterioriza al afirmar que “cada vez que se enseña prematuramente a un niño algo que hubiera podido descubrir solo, se le impide inventarlo y, en consecuencia, entenderlo completamente (Pozo y Carretero, citados por Campanario y Moya, 1999)”.

Tal vez el más reconocido exponente de la teoría del aprendizaje por descubrimiento ha sido el psicólogo estadounidense Jerome Seymour Bruner quien en los años sesenta la planteó como oposición al modelo de enseñanza conductista, centrado en los contenidos y en la transmisión de la información que imperaba en su país. Para Bruner el aprendizaje por descubrimiento es un proceso de aprendizaje autodirigido en el que el alumno busca

activamente, mediante la observación y el cuestionamiento, información para contrastar, comprobar o desechar hipótesis ya formuladas sobre una situación problema de su interés, apoyado en los conocimientos que ya posee. (Schaub & Zenke, 2001), (Barrón, 1993)

En los primeros trabajos de Bruner, correspondientes a la fase de su pensamiento pedagógico conocida como “revolución cognitiva”, recalca la importancia para los alumnos de la comprensión de las ideas esenciales o estructura del tema de estudio, apoyados en el aprendizaje activo e inductivo, pues así el aprendizaje será más significativo, útil y de fácil recordación. Bruner sugiere que un procedimiento inductivo demanda un pensamiento intuitivo y este tipo de pensamiento se fomenta animando a los estudiantes a especular con base en evidencias incompletas y posteriormente corroborar o descartar los supuestos mediante un procedimiento sistemático porque no se pretende que el descubrimiento sea producto de la casualidad o del ensayo y error.

Para facilitar el aprendizaje por descubrimiento, el profesor debe presentar ejemplos específicos a los estudiantes y motivarlos a descubrir por sí mismos y de una manera activa las relaciones entre conceptos, las ideas claves o principios subyacentes. En otras palabras, animarlos y brindarles las herramientas necesarias para que capten la estructura del tema por su cuenta en vez de explicarles cómo resolver un problema o exponerles los contenidos en su forma acabada (Woolfolk, 2006 citado por Guilar, 2009).

Otras de las implicaciones educativas de la etapa de la revolución cognitiva de Bruner tienen que ver con el conocimiento que deben tener los docentes de la estructura cognitiva de los alumnos, de su grado de evolución y desarrollo para seleccionar los contenidos y las estrategias de enseñanza-aprendizaje adecuadas, porque en palabras de Baro (2011) “decir que un concepto no se puede enseñar porque los alumnos no lo entenderían, es decir que no lo entienden como quiere explicarlo el profesor”. Además, es aconsejable organizar la estructura de los contenidos de aprendizaje de tal forma que sigan una secuencia de menor a mayor grado de complejidad o profundidad acorde con el desarrollo intelectual de los alumnos. A esta estructura del currículo se le conoce como “organización en espiral” (Guilar, 2009 citado por Baro, 2011).

4.3.2. Tipos de aprendizaje por descubrimiento

Se han evidenciado dos formas de aprendizaje por descubrimiento; el descubrimiento autónomo en el que la intervención del profesor es mínima, y el descubrimiento dirigido en el que es importante la orientación del docente. El primero es apropiado para el nivel preescolar pero para la primaria y la secundaria el descubrimiento guiado es la mejor opción (Woolfolk, 2006). Si se sigue cronológicamente el trabajo de Bruner se observa que en la fase de “revolución cognitiva” este armoniza con las ideas de Piaget y del descubrimiento autónomo. Más tarde en la fase de “revolución cultural” se aproxima a los conceptos de Vigotsky y al descubrimiento guiado, lo cual destaca Guilar (2009) al sintetizar las implicaciones pedagógicas de esa fase del pensamiento de Bruner: “El profesor tiene el deber de orientar los procesos de enseñanza-aprendizaje adecuando su grado de ayuda al nivel de competencia que percibe del aprendiz y dando más responsabilidad y dominio de la tarea a medida que se apropia (aprende a dominar) el instrumento, concepto, habilidad o conocimiento. Esta noción debe mucho al concepto vygotkiano de zona de desarrollo próximo”.

En el descubrimiento guiado el profesor debe crear un ambiente especial de trabajo en el aula de clases con situaciones variadas, novedosas y atractivas en las que, integrando teoría y práctica, los estudiantes puedan asumir posiciones activas como manipular y transformar objetos, y sobre todo, enfrentarse a situaciones problema en las que para llegar a una o varias alternativas de solución se encuentren ante la necesidad de realizar actividades tales como

- Observar
- Explorar
- Formular, contrastar, verificar o descartar hipótesis
- Establecer relaciones entre diferentes ideas o conceptos
- Describir, interpretar o comprender situaciones
- Aplicar el conocimiento a situaciones nuevas, etc.

Todo lo anterior permite al estudiante captar la estructura del tema de estudio, estimular su curiosidad y desarrollar su capacidad de aprender a aprender, además de proporcionarle la oportunidad de “sentir la emoción de descubrir, y de entusiasmarse al tomar conciencia de que él puede ejercer creativamente su capacidad de razonamiento o de resolver problemas”. (Méndez, 2001)

4.3.3. Algunas críticas

El aprendizaje por descubrimiento no ha estado exento de críticas y desde las primeras propuestas de Bruner se presentó una controversia con David Ausubel para quien el cúmulo de conocimientos de la humanidad se puede transmitir de generación en generación y no tiene porque ser descubierto por los jóvenes. (Schaub & Zenke, 2001). También han planteado Ausubel y otros críticos que no se puede pensar en unos alumnos trabajando como investigadores autónomos enfocados en los métodos de la ciencia, sin prestar atención a la elección de los contenidos, captando inductiva e incidentalmente lo esencial de un tema de estudio o que por el mero hecho de realizar una actividad práctica o experimental puedan lograr efectos radicales en su aprendizaje, pues aunque haya un aprendizaje por descubrimiento no necesariamente será significativo. Aunque Moreira, (1983), aclara que no es que Ausubel no valore el aprendizaje por descubrimiento ni que se deba ignorar la importancia del aula de laboratorio, sino que ve la finalidad del método del descubrimiento más orientado al aprendizaje de procedimientos científicos que a la adquisición de grandes cuerpos de conocimientos, para lo cual no sería práctico.

4.3.4. Aspectos positivos del aprendizaje por descubrimiento

Si el aprendizaje por descubrimiento ha tenido detractores, también son numerosos los autores que han salido en su defensa, como es el caso de Pozo y Gómez (1998), quienes ponderan la efectividad del aprendizaje por descubrimiento en la enseñanza de las ciencias. Por su parte Barrón (1993) controvierte con muy buenos argumentos algunas de las críticas más comunes. Entre las apreciaciones de Barrón sobresalen:

a) Para quienes identifican el aprendizaje por descubrimiento como un aprendizaje solamente inductivo que parte de la observación de datos específicos para llegar a

generalizaciones, les hace saber que el proceso cognitivo no se activa en los datos empíricos sino en los esquemas asimilativos e interpretativos de los alumnos y dice “el aprendizaje por descubrimiento no encuentra su punto de partida en la observación, sino en el enfrentamiento con problemas, los cuales emergen cuando las expectativas del sujeto resultan frustradas o son insuficientes para entender una situación o conseguir un propósito”. Por tanto es fundamental la información que ya existe en el esquema cognitivo del alumno y al respecto cita al mismo Ausubel, uno de los principales críticos: “raro es el caso en que un individuo ataca un problema sin ninguna hipótesis general para dirigir la interpretación de los datos. Es una burda y exagerada simplificación insistir en que cuando se piensa inductivamente, las hipótesis se formulan exclusivamente a partir de los datos”. Siendo así las cosas, varios autores han propuesto que en el aprendizaje por descubrimiento son factibles de emplear métodos inductivos, deductivos y transductivos.

b) Se ha igualado el aprendizaje por descubrimiento a un aprendizaje autónomo en el que el alumno llega por sí solo a descubrir lo que le interesa, pero esgrime Barrón: “No existen experiencias de aprendizaje que no se encuentren vinculadas a la mediación sociocultural, el aprendizaje por descubrimiento no se puede entender como exento de la mediación sociocultural, sino que se deriva de la autodirección del comportamiento”.

Bruner no ha negado la guía del profesor y así lo enfatiza en la fase de la revolución cultural, entonces el profesor es quien organiza las actividades y selecciona los contenidos de donde el alumno descubrirá los conceptos relevantes, más no tendrá que “descubrirlo todo” como señalaba Ausubel.

Jiménez, Parra y Bascuñan (2007) llevaron a cabo un proyecto sobre el modelo de aprendizaje por descubrimiento en la enseñanza de la química básica experimental en el que declaraban ser conscientes de las limitaciones e inconsistencias del aprendizaje por descubrimiento pero no por eso era absolutamente malo u obsoleto, y el que se haya considerado un fracaso su aplicación en los Estados Unidos entre las décadas de 1960 a 1980, entre otros factores por haber sido un burdo bosquejo del quehacer de los científicos, exige que al retornar al modelo de aprendizaje por descubrimiento no se repitan los errores del pasado y se enriquezca con otras propuestas como el trabajo colaborativo.

Otra referencia a la aplicación del modelo de aprendizaje por descubrimiento es la de Eleizalde y colaboradores (2010) que en su trabajo “Aprendizaje por descubrimiento y su eficacia en la enseñanza de la biotecnología” concluyen que el aprendizaje por descubrimiento se considera indicado para la enseñanza de la biotecnología aplicada por la eficacia mostrada en las actividades realizadas y por permitirle a los alumnos la oportunidad de relacionar cuerpos teóricos con situaciones prácticas de manera organizada.

4.4. Aprendizaje por indagación

4.4.1. Generalidades

En general, “la indagación puede ser entendida como la habilidad para hacer preguntas. Dicha habilidad se manifiesta mediante un proceso que se da en el pensamiento humano desde las primeras etapas de su desarrollo. Esta habilidad tiene su origen en las necesidades del niño, y se convierte en un medio o instrumento para comprender” (Proyecto FACE, 2009), y para Novak (1964), citado por Reyes-Cárdenas & Padilla (2012), “la indagación es una serie de comportamientos involucrados en los seres humanos para encontrar explicaciones razonables de un fenómeno acerca del cual se quiere saber algo”.

Al emplear el término “indagación” se puede estar haciendo alusión a alguno de los siguientes aspectos (Camacho, Casilla, & Finol de Franco, 2008), (Couso, s.f.):

- 1) En el lenguaje coloquial, se asemeja a “averiguar” o “consultar” con el fin de encontrar algo o a alguien.
- 2) Un método utilizado por los científicos en su labor investigativa para el progreso de las ciencias.
- 3) Una habilidad o competencia (indagativa) dentro de la gama de competencias cognitivas que coadyuvan al desarrollo del conocimiento.
- 4) Un modelo o enfoque para la enseñanza-aprendizaje de las ciencias.

Con respecto a la segunda acepción, Schwartz y colaboradores, citados por Reyes-Cárdenas & Padilla (2012), dicen, “la indagación científica se refiere a los métodos y a las

actividades que llevan al desarrollo del conocimiento científico”. Parecida a la definición dada a conocer en 1996 por el Consejo Nacional de Investigación de los Estados Unidos “La indagación científica se refiere a las diversas formas en las cuales los científicos abordan el conocimiento de la naturaleza y proponen explicaciones basadas en las pruebas derivadas de su trabajo (NRC, 1996)”.

En el proceso de indagación científica por lo general se siguen los siguientes pasos: observación de una situación o fenómeno, planteamiento de preguntas, consulta de diversas fuentes de información, planteamiento de hipótesis, diseño y ejecución de experimentos, recolección de datos experimentales, análisis e interpretación de los datos recogidos, contrastación de las hipótesis planteadas con los resultados obtenidos, elaboración de conclusiones, publicación de resultados y escucha de objeciones y recomendaciones de donde pueden surgir discusiones en las que se defiendan de manera argumentada las posiciones adoptadas. En alguna(s) fase(s) el trabajo puede ser individual y otras veces en equipo con compañeros de la misma o de otras disciplinas. De esta forma los científicos van construyendo nuevos conocimientos y por ende aprendiendo en el proceso. (Duque, 2005)

En relación a la enseñanza-aprendizaje el concepto de indagación lo presenta John Dewey iniciando el siglo XX como respuesta a la manera en que la enseñanza habitual de la ciencias se centraba en la acumulación de información por parte de los alumnos en vez de promover en ellos el desarrollo de actitudes y habilidades que los condujeran a una mejor comprensión de la ciencia. Dewey instaba a que los profesores se apoyaran en la indagación como estrategia activa de enseñanza, sacándole provecho al método científico y sus diferentes etapas. (NRC, 2000). (Garritz, 2010)

Son muy diversas las definiciones del término “indagación” así como de la indagación como estrategia de enseñanza-aprendizaje dadas por, igualmente, una diversidad de autores, lo que ha sido motivo de discusiones y de dificultades para comprender y aplicar el modelo (Garritz, 2010), (Reyes-Cárdenas & Padilla, 2012). Los *National Science Education Standards (NSES)* se refieren a la indagación como actividades de aprendizaje de los alumnos mediante las que desarrollan conocimiento y comprensión de los conceptos y teorías científicas además de

familiarizarse con las estrategias empleadas por los científicos en el estudio de la naturaleza (NRC, 1996).

4.4.2. Tipos de indagación en la enseñanza de la ciencia

Si bien existe una multiplicidad de definiciones para la indagación como estrategia de enseñanza son posibles algunas clasificaciones atendiendo a ciertas características comunes. Es así como Martin-Hansen (2002) agrupa distintas formas de indagación de la siguiente manera:

- *Indagación abierta*: El estudiante es el responsable de un proceso que inicia con una pregunta de su interés que intentará responder diseñando y realizando una investigación o experimento.
- *Indagación guiada*: El profesor asigna la pregunta y guía a los estudiantes en el proceso de investigación para llegar a la respuesta. En el camino, el profesor puede formular preguntas adicionales que sirvan de orientación a los alumnos.
- *Indagación acoplada*: Combina elementos de la indagación abierta y de la indagación guiada.
- *Indagación estructurada*: El profesor va indicando cada uno de los pasos a seguir en el proceso, hasta llegar a la solución de un cuestionamiento que ha planteado previamente. El estudiante se limita a seguir las instrucciones dadas por el profesor.

Otra tipología podría ser la de Abd-El-Khalick, et al (2004), quien hace una diferenciación entre la indagación como medio y la indagación como fin: la indagación como medio se refiere a la indagación como una estrategia de instrucción con el fin de promover en los estudiantes el desarrollo de la capacidad de comprender contenidos científicos de una manera activa, como lo propuso Dewey; es el caso de las propuestas del tipo “la mano en la masa”. La indagación como fin pretende que los estudiantes aprendan acerca de la indagación tal y como la adelantan los científicos en la realidad.

4.4.3. Enseñanza de las Ciencias Basada en la Indagación (ECBI)

En plena guerra fría entre los Estados Unidos y la Unión Soviética, y dado el avance científico de estos últimos, los estadounidenses en cabeza de la National Science Foundation (NSF) patrocinan, en diversas etapas, una buena cantidad de investigaciones destinadas a mejorar la calidad de la enseñanza de las ciencias y promover actitudes positivas hacia el trabajo científico en los estudiantes. Como resultado, se elaboran materiales y protocolos de enseñanza con orientación a la indagación guiada y al trabajo colaborativo. En los años 90's, el premio Nobel en física León Lederman, aprovechando esos materiales adelanta un proyecto en varias escuelas de Chicago (EE. UU) bajo la premisa de que era posible reproducir los procesos de la ciencia en las aulas de clase (Riascos, 2011), (Equipo de pequeños científicos, 2002).

Concedor del proyecto de Lederman, Georges Charpak, también premio Nobel en física, promueve el proyecto en Francia con la denominación de LAMAP, de la expresión francesa "*La main à la pâte*" que literalmente traduce "*La mano en la masa*" pero de forma más general se ha asociado con el "aprender haciendo". En 1997 Charpak presenta el proyecto en Colombia, el cual es acogido por el Liceo Francés Louis Pasteur y luego, junto a la Universidad de los Andes y Maloka, empiezan a promoverlo en todo el país con el programa conocido como "Pequeños Científicos" (Grupo Pequeños Científicos, s. f.). Entre los años 2013 - 2014, la Secretaria de Educación del Municipio de Medellín facilitó la divulgación del programa a través de la capacitación a un buen número de docentes por parte de personal de la Universidad de los Andes y se dotaron los colegios participantes con material didáctico financiado por la Fundación Siemens.

4.4.4. Características de la enseñanza basada en la indagación

Desde que se inicia en este trabajo el tema sobre la indagación, algunas páginas atrás, ha sido recurrente la citación a los National Science Education Standards (NSES) y a su promulgador el National Research Council (NRC) de los Estados Unidos. Y es que desde 1996, estos han influenciado o han servido de referencia para la implementación de variadas perspectivas de la enseñanza de las ciencias basada en la indagación en muchos países. (Harlen,

2014), (Reyes-Cárdenas & Padilla, 2012). Por lo anterior, a pesar de las variaciones en la estrategia de enseñanza de la ciencia basada en la indagación, en la mayoría se encuentran elementos comunes en cuanto a las actividades que se espera realicen los estudiantes.

Como competencia cognitiva, rasgo sobresaliente en los investigadores científicos, es una de las metas a alcanzar en el alumnado de la mayoría de sistemas educativos. El National Research Council resalta la importancia que tiene para los estudiantes el que se puedan involucrar en la realización de observaciones, el planteamiento de preguntas, el uso de herramientas para recopilar, analizar e interpretar datos y la comunicación de los resultados. Este comentario del NRC es recogido en casi todas las definiciones de la enseñanza de la ciencia basada en la indagación. Por ejemplo, la National Science Foundation de los Estados Unidos, citada por Harlen (2013), la define como “aquella que lleva a los estudiantes a desarrollar su comprensión de las ideas científicas fundamentales a través de la experiencia directa con los materiales, la consulta de libros, expertos y otros recursos, y a través de la discusión y debate entre ellos”.

4.4.5. Rol del docente en la enseñanza de la ciencia con base en la indagación

Bybee, citado por Reyes-Cárdenas & Padilla (2012), declara que la enseñanza-aprendizaje de la ciencia con base en la indagación debe incluir:

- *Habilidades de indagación (lo que deben hacer los estudiantes);*
- *el conocimiento acerca de la indagación (lo que se debe comprender de la naturaleza de la indagación), y*
- *una aproximación pedagógica para la enseñanza de los contenidos científicos (lo que deben hacer los docentes).*

Entre las funciones más importantes del docente orientado a la indagación están (Parra, 2003) (Gómez, 2014):

- Brindarles a los estudiantes la oportunidad de interactuar con materiales y fenómenos para explorarlos directamente.
- Utilizar preguntas cautivadoras y en lo posible cercanas al diario vivir de los estudiantes para promover la indagación.
- Conducir a los estudiantes hacia el diseño de sus propios procedimientos experimentales e invitarlos a explicar en sus propias palabras cada uno de los pasos que piensa seguir, evitando así que se apliquen mecánicamente recetas propuestas por otros.
- Facilitar las discusiones en pequeños grupos y en la clase completa en torno a los procedimientos planeados y utilizados.
- Promover la tolerancia, el respeto mutuo y la objetividad de las discusiones en clase.
- Motivar a cada estudiante a desarrollar razones para sustentar su posición.
- Proponer aspectos en los que se pueden ampliar las discusiones.
- Agrupar y hacer notar las posiciones contrarias y las que van en la misma dirección.
- Señalar las conexiones entre los argumentos de los alumnos de las que ellos no se hayan percatado.
- Facilitar el acceso a procedimientos alternativos utilizando recursos como internet y otras fuentes de ayuda.
- Insistir en la observación de normas de higiene y seguridad al manipular materiales y equipos.
- Orientar por medio de comentarios y preguntas al estudiante para que verifique si sus ideas son consistentes con la evidencia disponible.
- Ilustrar a los estudiantes sobre el registro de sus observaciones con el fin de promover el trabajo y la revisión sistemática.

- Motivar reflexiones críticas sobre cómo se aprende y como lo aprendido puede ser aplicado en futuras situaciones.

4.4.6. Otras propuestas de educación en ciencias con sustento en la indagación.

(Reyes-Cárdenas & Padilla, 2012) Entre las diversas perspectivas de la enseñanza de la ciencia basada en la indagación o ECBI se encuentran algunas con nombre propio que valen la pena mencionarse como es el caso de POGIL y MORE.

POGIL (*Process-Oriented Guided Inquiry Learning*): Tuvo su origen como método de apoyo en la enseñanza y el aprendizaje de la química pero se fue extendiendo a otras disciplinas. Con POGIL se pretenden desarrollar habilidades procedimentales por medio de la construcción y comprensión de contenidos y el aprendizaje de destrezas como el pensamiento crítico, la resolución de problemas y la evaluación. Con este método los estudiantes trabajan en pequeños grupos, el profesor es un facilitador, dejando en los estudiantes la responsabilidad de su propio aprendizaje. Los estudiantes reflexionan sobre lo que aprenden y cómo lo aprenden en actividades diseñadas teniendo en cuenta el “ciclo de aprendizaje”. El profesor aplica POGIL así:

- 1) Empieza con una pregunta cuidadosamente diseñada.
- 2) Con la observación o recolección de datos se desarrollan conceptos en vez de confirmarlos.
- 3) Orienta a los estudiantes a una conclusión adecuada proporcionando preguntas guía para que los estudiantes revisen los datos tanto individuales como grupales y así construir la comprensión del concepto de interés.
- 4) Se hace un refuerzo de la idea central por medio de una aplicación.

MORE (*Modelo-Observo-Reflexiono-Explico*): Se origina como apoyo a los estudiantes en prácticas de laboratorio. Esta estrategia de enseñanza se basa en la construcción y la refinación de su modelo a la luz de los datos obtenidos.

Modelo: Los estudiantes describen su modelo inicial por medio de textos o dibujos y luego lo

discuten entre los integrantes del equipo evidenciar diferentes explicaciones.

Observo: A través de la observación de un experimento los estudiantes recogen datos.

Reflexiono: Los estudiantes monitorean el progreso de sus experimentos, buscan comprender qué ha ocurrido, y consideran las implicaciones de las pruebas colectadas en relación con sus modelos iniciales.

Explico: Por último, con los datos obtenidos se construye una explicación científica del porqué el modelo inicial se conserva o ha cambiado.

4.4.7. Algunas recomendaciones para la aplicación del modelo

Si bien no faltan los autores que le han hecho críticas al modelo, también es cierto que son numerosos los estudios que reportan resultados positivos de su aplicación. Por tanto es importante no caer en interpretaciones erróneas del modelo como el asumir que porque haya actividad física o manipulativa de los materiales didácticos por parte de los estudiantes necesariamente haya actividad intelectual, porque una cosa es que los alumnos desplieguen todas sus habilidades procedimentales y otra que utilicen o potencien sus destrezas cognitivas. Otro error es el de apostarle solo a la indagación como fin (aprender a indagar) y olvidarse de la indagación como medio (aprender conceptos, aprender a aprender). Una última recomendación es la de no creer que ser guía o facilitador significa adoptar una posición totalmente pasiva en el proceso de enseñanza-aprendizaje por indagación, por el contrario se deben observar constantemente los comportamientos de los alumnos para detectar dificultades y estar prestos a sus requerimientos (Couso, s. f.), (Harlen, 2013).

4.5. Aprendizaje Basado en Problemas

4.5.1. Antecedentes

Para rastrear la fundamentación epistemológica, filosófica y psicológica del modelo es necesario retroceder hasta la primera mitad del siglo XX y detenerse en los postulados de autores como Dewey, Bachelard y otros (Restrepo Gómez, s.f.), (López & Costa, 1996). Ahora, el Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) como estrategia didáctica fue aplicado

inicialmente en la década del 60 por la Universidad McMaster de Ontario (Canadá) en su programa de Medicina, luego de un estudio que pretendía replantear los contenidos y las formas de enseñanza. Los estudios concluyeron que con una estrategia como el ABP, en la que los futuros egresados se enfrentarían a problemas similares a los que enfrentaría en el ejercicio de su profesión, se conseguía una mejor preparación por parte de los estudiantes y un nivel superior de desempeño profesional. Posteriormente la estrategia fue adoptada por otras escuelas de medicina de Canadá y Estados Unidos, para finalmente recalar en otras disciplinas y niveles de enseñanza en muchos países del mundo (ITM, 2012), (Sánchez Coronilla, 2010), (Restrepo Gómez, s. f.), (Campanario & Moya, 1999).

4.5.2. ¿Qué es un problema?

Sobre lo que es un problema o una situación problema, existen en la literatura un gran número de definiciones. Algunas definiciones son dadas de manera muy general y en otras es explícito su aspecto educativo. Según Fraisse & Piaget, citados por Rúa Vásquez (s.f.), un problema es “toda situación que un sujeto no puede resolver mediante la utilización de su repertorio de respuestas inmediatamente disponibles “. Y según Meirieu (1998), citado por Fernandes & Campos (2013, p 70), una situación problema “es una situación didáctica en la cual se propone al sujeto una tarea que no puede realizar sin efectuar un aprendizaje preciso. Y ese aprendizaje, que constituye el verdadero objetivo de la situación-problema, se da al vencer obstáculos en la realización de la tarea”. Varela Nieto (s. f., p 18) dice “un problema es una tarea que, de entrada, no tiene solución evidente, y como consecuencia exige una investigación” y cita las palabras de Simon (1978): “una persona se enfrenta a un problema cuando acepta una tarea, pero no sabe de antemano como realizarla”.

Jessup (s. f.), Del Valle & Curotto (2008) y Miranda & Maite (2009), recopilan en sus escritos las siguientes definiciones de varios autores:

Newell y Simon (1972): “un problema puede pensarse como una discrepancia entre un estado inicial y un estado final que constituye la meta a alcanzar”.

Gil y otros (1988): “un problema es una situación estimulante que presenta dificultades para las cuales el individuo no tiene soluciones evidentes, pues una vez conocidas éstas, dejan de constituir problemas”.

Krulik y Rudnick (1980): “un problema es una situación en la que los individuos implicados no conocen la respuesta y tampoco los medios o caminos evidentes para obtenerla”

Martinez Llantada (1986): “un problema está representando en una pregunta o grupo de preguntas que generan una tensión en el pensamiento productivo de los individuos y cuya solución requiere de la búsqueda de nuevos conocimientos”.

4.5.3. ¿En qué consiste resolver un problema?

Haciendo un lectura sobre lo que opinan diversos autores, se podría resumir que la resolución de un problema, una vez comprendido , es un proceso de búsqueda consciente en el cual se utilizan los conocimientos previos, nuevos conocimientos, habilidades procedimentales y pensamiento creativo con el objetivo de esclarecer la situación que generaba incertidumbre (Jessup, s. f.), (Restrepo Gómez, s.f.). Aunque a primera vista el objetivo del proceso de resolución del problema sea el de dar con su solución, se debe considerar la posibilidad de que el problema no tenga solución o que tenga múltiples soluciones ya que como estrategia educativa hay unos objetivos superiores tales como poner de manifiesto los conocimientos adquiridos o la adquisición de nuevos conocimientos.

4.5.4. Tipos de problemas

Una de las formas propuestas para agrupar los problemas es diferenciarlos entre “problemas cerrados” y “problemas abiertos”. En los cerrados se cuentan con datos e incógnitas y se debe llegar a una única solución correcta, generalmente siguiendo una “receta” o un algoritmo. En los abiertos, los datos o la información suministrada es insuficiente por lo quien se enfrenta al problema debe hacer uso de su pensamiento creativo para recabar la información necesaria, no se llega a una respuesta única y las respuestas obtenidas pueden ser correctas o incorrectas. Algunos identifican los problemas cerrados con problemas

cuantitativos y a los abiertos con problemas cualitativos (M.E.N. 1998), (Palacios & Zambrano, 1993)., citado por Merino & Herrero (2007), plantea la existencia de dos tipos de problemas: los “problemas artificiales” y los “problemas reales”. Los artificiales se presentan cuando la solución es conocida por quien que los plantea, mientras que los reales son aquellos que no tienen solución o cuya solución la desconoce tanto quien trata de resolverlos como quien los plantea.

Los problemas que encajan en la definición ya vista de Garret (1988), él los considera “problemas verdaderos”, mientras que a los que podrían ser resueltos dentro de un paradigma los denomina “rompecabezas”. Por consiguiente, cada persona, dependiendo de su personalidad, de sus conocimientos y de las estrategias o recursos de los que pueda disponer, puede percibir una situación determinada ya sea como un problema o como un rompecabezas, de lo que se deriva que es algo de índole personal el considerar a una situación dada como problema o carente de problema (Jessup, s. f.).

Según la forma en que los estudiantes tengan acceso al problema se puede hablar de problemas espontáneos e inducidos. Los problemas espontáneos surgen cuando el estudiante como resultado de su acción intelectual llega a un estado de desequilibrio cognitivo. En cambio cuando es el profesor quien conduce al alumno al estado de desequilibrio por medio de una pregunta, un fenómeno o una contradicción se está ante un problema inducido (M.E.N. 1998).

Otra clasificación se da según las circunstancias en las que se origina el problema, en este caso se tienen problemas empíricos, de tipo teórico-experimental y teóricos; los problemas empíricos se originan al observar un nuevo fenómeno, acontecimiento o proceso. Los problemas de tipo teórico-experimental se originan al tratar de entender nuevos procesos con nuevas maneras de concebir la realidad. Y los problemas teóricos surgen al hacer un análisis lógico-matemático de teorías científicas, que es otra forma de concebir la realidad.

Conociendo algunas definiciones de lo que es un problema, se hace necesaria entonces la diferenciación entre la situación que presenta un problema y la situación que conduce a un simple ejercicio, pues los profesores a menudo se refieren a ambas situaciones con la denominación de problema, pero privilegiando la resolución de ejercicios.

Ante una situación problema el alumno se siente inicialmente perdido debiendo exigir al máximo todas sus facultades mentales para intentar la solución, mientras que en los ejercicios lo que hace es aprender mecánicamente un procedimiento que aplica en ejercicios similares y ante un cambio en el enunciado o en el contexto se siente incapaz de resolverlos (Gamboa, 2003), (Gil Pérez, *et al*, 1999). Una opinión similar se lee en los lineamientos curriculares de ciencias naturales (M.E.N., 1998): “Muchos de los “problemas” que usualmente se trabajan en las clases de física y química, son en realidad simples ejercicios, lo cual conduce a que los alumnos prefieran un adiestramiento en técnicas que les proporcionen de modo automático la respuesta, a un razonamiento con procesos que impliquen esfuerzo mental”. Al enfrentar los problemas, los mismos Lineamientos resaltan la importancia dentro del pensamiento científico de elementos como la imaginación y la crítica, siendo esta última la que permite diferenciar los verdaderos problemas de los pseudoproblemas.

4.5.5. Por qué recurrir al aprendizaje basado en problemas

Afirma (Birch, 1986), citado por Campanario & Moya (1999, p 182): “El aprendizaje a partir de problemas es el mejor medio disponible para desarrollar las potencialidades generales de los alumnos”. El principal objetivo al plantear una situación problema apunta al aprendizaje de los alumnos, pues bien, en el proceso de resolución de una situación problema los estudiantes deben buscar información y es esa búsqueda la que viabiliza el aprendizaje. Así lo demuestran distintas investigaciones en diferentes niveles y disciplinas (Fernández & Campos, 2013). Ahora bien este proceso no solo genera aprendizaje de contenidos conceptuales sino también procedimentales y actitudinales; y como muchos tipos de problemas exigen al alumno una aplicación práctica de la teoría, se logra así integrar de manera eficaz los contenidos declarativos y los contenidos procedimentales.

En la misma línea se pronuncia Sánchez Coronilla (2010, p. 30): “... el problema es el interruptor para que los alumnos cubran los objetivos de aprendizaje del curso, y ha de advertirse que el objetivo no es la resolución del problema en sí. Por tanto, el aprendizaje basado en problemas se trata de una estrategia didáctica centrada en el alumno, quien con su trabajo y esfuerzo, logrará desarrollar habilidades, actitudes y valores para su mejora personal y profesional”.

Otra faceta interesante del aprendizaje basado en la solución de problemas es que permite a los alumnos familiarizarse con el trabajo de los científicos. Y cuando los alumnos logran comprender que gran parte de ese trabajo se genera al enfrentar y tratar de superar problemáticas de la humanidad, se favorece en ellos el desarrollo de actitudes científicas que le serán de utilidad no solo para culminar sus estudios sino en su desempeño profesional y en sociedad. Aquí, el aprendizaje basado en problemas aplicado en el trabajo en el laboratorio puede ser de gran utilidad; dicen Chang & Lederman (1994), Gangoli & Gurumurthy (1995), citados por Insausti & Merino (2000, p 97) “... unas actividades de laboratorio de tipo abierto, bien diseñadas y desarrolladas, donde el estudiante se encuentra en situaciones problemáticas al igual que el investigador, pueden ser el mejor método para que se familiarice con los procedimientos de la ciencia”.

4.5.6. Cómo aplicar la estrategia

En los lineamientos curriculares de ciencias naturales, (M.E.N. 1998), se presenta bajo el título “**Una alternativa didáctica**” una propuesta que consta de 5 pasos:

1) plantear un problema del Mundo de la Vida, relativo a él o a temas relacionados.

Además, el problema planteado debe poseer características tales como:

- Conducir implícitamente al estudiante hacia los conceptos a aprender.
- Debe ser equilibrado entre sencillez y complejidad, esto es, accesible o comprensible para los alumnos pero que les presente un verdadero reto y los obligue a involucrar conocimientos anteriores y toda una gama de destrezas cognitivas y procedimentales.
- Debe desconcertar, motivar y comprometer a los alumnos en la búsqueda de la solución.
- Debe brindar la posibilidad de que los alumnos formulen diferentes modelos explicativos con tal de fomentar la discusión

2) Asegúrese de que todos los estudiantes hayan entendido el mismo problema. Se le debe interrogar e invitarlos a preguntar con el fin de clarificar términos y revelar posibles

confusiones. Para facilitar la comprensión del problema, no es recomendable recurrir a palabras “rebuscadas” ni al llamado “lenguaje duro” de la ciencia en la elaboración del enunciado.

3) *Inicie la discusión sobre el problema.* Se debe invitar a los estudiantes a hacer explícitos los modelos sobre los que fundamentan la discusión y a diseñar experimentos con el fin de zanjar conflictos entre modelos.

4) *Realice un balance de las implicaciones para el modelo, de los resultados del experimento.* Hay que reflexionar sobre la validez o invalidez de los modelos inicialmente planteados por los alumnos.

5) *Invite a los estudiantes a establecer implicaciones del nuevo modelo construido.* Si hay acuerdo para aceptar algún modelo, se podrían generar nuevos experimentos y ponerlo a prueba en diferentes contextos que permitan observar si modelan de forma adecuada la realidad.

Se encuentran en la literatura otras propuestas sobre la secuencia didáctica de la estrategia de aprendizaje basado en problemas. Por ejemplo, Restrepo Gómez (s.f.) describe cinco propuestas aplicadas en algunas universidades de Europa y Norteamérica que varían entre los cinco y nueve pasos o fases. De su lectura se desprende que son más las similitudes que las diferencias entre ellas, y entre ellas y la sugerida por los lineamientos curriculares.

4.6. Aprendizaje por investigación

4.6.1. Antecedentes

Es extensa la historia de las propuestas que consideran a los alumnos como investigadores en el aula de clase. Va desde autores clásicos como Rousseau, Locke, Pestalozzi, Dewey, Kilpatrick, Makarenko y otros, hasta contemporáneos como Bruner, Freinet, Piaget, Tonucci, Claxton, Giordan y demás (García & Cañal, 1995), (Mora, s. f.). Comentan Peñaherrera, Chiluiza & Ortiz, (2014, p. 207) que “ya en 1916 Dewey, proponía un método pedagógico basado en el método científico, en el cual los educandos investigaban situaciones cotidianas plenamente significativas para ellos. Además, expresaba que la educación había cometido el grave error, de fomentar en los estudiantes el aprendizaje de los resultados de la investigación en lugar de su vinculación al proceso mismo”.

Otro referente importante del modelo proviene del mundo anglosajón; la Comisión Boyer para la Educación de las Universidades de Investigación en Estados Unidos, en la última década del siglo pasado, en su informe recomendaba el aprendizaje basado en la investigación ya que la educación impartida en las universidades de ese país carecían de una adecuada alfabetización científica (Peñaherrera, Chiluita & Ortiz, 2014). En España, autores como Cañal, Gil, Porlán, Pozuelos, Travé, etc., también han dedicado esfuerzos para enriquecer la estrategia.

4.6.2. Definiciones

Según Lasa (2000), citado por Hernández & Martínez (2008), “el término investigación procede del verbo latino *investigare* que significa rastrear, seguir la huella”. Por ende para Caturelli (1982), también citado por Hernández & Martínez (2008), “investigación no es otra cosa que la búsqueda de la verdad”. En palabras de Mora (s. f. p. 46), “Convencionalmente se considera que cualquier tipo de investigación, particularmente aquella conocida como investigación científica, tiene por finalidad básica buscar respuestas, objetivas y subjetivas, a interrogantes de interés individual y colectivo”.

La curiosidad, inherente a su condición de niños o jóvenes, hace que estos presenten unos impulsos naturales hacia la interrogación, hacia la exploración y búsqueda de respuestas. Esta realidad se debe aprovechar en la educación y darle mayor cabida en los espacios de enseñanza-aprendizaje a la investigación y la reflexión. (Mora, s. f.), (Cañal, 2008).

La estrategia de enseñanza-aprendizaje apoyada en la investigación se puede consultar bajo diversas denominaciones sin mayores diferencias en sus postulados. Es así como en la literatura se refieren a aprendizaje basado en la investigación (ABI), aprendizaje por investigación, investigación escolar, investigación dirigida o investigación guiada a las estrategias centradas en el alumno como investigador.

Para el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, el aprendizaje basado en la investigación (ABI) consiste en “La aplicación de estrategias de enseñanza y aprendizaje que tienen como propósito conectar la investigación con la enseñanza, las cuales

permiten la incorporación parcial o total del estudiante en una investigación basada en métodos científicos, bajo la supervisión del profesor.” (Peñaherrera, Chiluzza & Ortiz, 2014, p 208)

Gil Pérez (1993, p. 4) propone “organizar el aprendizaje de los alumnos como una construcción de conocimientos mediante una *investigación dirigida*, en dominios perfectamente conocidos por el “director de investigaciones” (profesor) y en la que los resultados obtenidos por los alumnos, pueden ser reforzados, matizados o puestos en cuestión, por los obtenidos por los científicos que les han precedido”. Gil ilustra su propuesta por medio de la analogía del “investigador novel” y explica que cuando alguien se vincula por primera vez a un equipo de investigación alcanza con relativa facilidad el desempeño promedio del equipo, y eso no lo logra por una mera información verbal sino participando activamente en las investigaciones del equipo y bajo la tutela de investigadores expertos, integrando de esta manera el concepto de la “zona de desarrollo próximo” de Vygotski (Pozuelos & Travé, 2005), (Gil Pérez, 1993).

Importancia del aprendizaje basado en la investigación

La investigación dirigida como método de construcción del aprendizaje brinda a los estudiantes las herramientas para el auto-aprendizaje facilitando así el desarrollo de la competencia de “aprender a aprender” lo cual les genera autonomía y capacidad crítica (Cañal & Porlán, 1987), (Torres, 2010). Además, la investigación exige al alumno poner en práctica toda una serie de operaciones intelectuales como distinguir, definir, analizar, criticar, establecer relaciones y causas, sistematizar, etc., así como desarrollar toda una variedad de actitudes, habilidades y hábitos tales como la lectura y la autocrítica (Hernández & Martínez, 2008).

Manifiesta Hodson (1992), citado por Gil Pérez et al (1999, p. 2), “los estudiantes desarrollan mejor su comprensión conceptual y aprenden más acerca de la naturaleza de la ciencia cuando participan en investigaciones científicas, siempre y cuando haya suficientes oportunidades y apoyo para la reflexión”.

De manera similar opinan Minner *et al.* (2010), citados por Reyes-Cárdenas & Padilla, (2012), “las estrategias de enseñanza que involucran al estudiante activamente en el proceso de aprendizaje a través de investigaciones científicas incrementan la comprensión conceptual mejor que las estrategias que se basan en técnicas pasivas.” En conclusión, la investigación en

el ámbito escolar ha demostrado ser una vía expedita para alcanzar objetivos educativos de todo tipo, bien sean conceptuales, procedimentales o actitudinales (Cañal, 2008), (Umbarila, 2013).

La investigación escolar como estrategia de enseñanza es compatible con muchas otras estrategias con las que se puede alternar. Pero hay que resaltar que la estrategia de investigación no debe ser tomada como una opción global, que haya que aceptarse en su totalidad, sino que existen posibilidades de aproximación parcial apelando al empleo o aplicación de una parte de sus fases.

4.6.4. Pasos para la aplicación de la estrategia

La estrategia de aprendizaje basada en la investigación pretende emular en los espacios educativos el proceso investigativo mediante el cual los científicos producen conocimiento (Tovar-Gálvez, 2009), pero no se debe reducir estrategia solo al aprendizaje de un *método científico* «como conjunto de reglas perfectamente definidas que se aplican mecánicamente» (Gil, 1983, p. 26), citado por Campanario y Moya, (1999, p 186).

Son muy variadas las propuestas sobre los momentos o pasos a seguir al realizar una investigación como estrategia de aprendizaje en el aula de clase o en los laboratorios de ciencias. El listado de pasos o fases que se presenta a continuación trata de recoger tanto los pasos comunes a todas las propuestas consultadas como los que solo aparecen en alguna(s) de ellas, pero “sin que ello implique la necesidad de seguir forzosamente una secuencia predeterminada”, como dijera Gil y colaboradores, citados por Campanario & Moya, (1999, p 186), pues los momentos seleccionados dependen de muchos factores como el tipo de problema, los objetivos de enseñanza-aprendizaje, los recursos disponibles (espacio, tiempo, materiales y equipos) o la forma de asumir la estrategia; total o parcial, como ya se mencionó en líneas anteriores. Entonces, los diferentes momentos serían (García & Cañal, 1995), (Cañal & Porlán, 1987), (Cañal, 2008), (Campanario & Moya, 1999, p 186), (Rabadán, s. f.):

- Adecuar el ambiente de la clase: Generar un clima adecuado buscando facilitar la labor investigadora.
- Elección del objeto de estudio y planteamiento del problema(s): El problema debe interesar intelectual y afectivamente a los alumnos.

- Expresión de las ideas de los alumnos: Se debe dar oportunidad a los alumnos de expresar sus ideas acerca del problema planteado. Deben salir a flote los conocimientos previos de los alumnos así como el grado de comprensión y delimitación del problema, y las posibles vías de solución.
- Lanzamiento de hipótesis: Acordes a las preconcepciones y modelos mentales de los alumnos.
- Planificación de la investigación: Se debe tener claridad sobre los procedimientos a seguir para incorporar nueva información. El alumno debe diseñar las actividades pero seguido muy de cerca por el profesor. Deben definirse las tareas o funciones de cada grupo o integrante de grupo.
- Nueva información: Realización de las actividades planificadas (experimentos, lecturas, encuestas, visitas...)
- Interpretación de los resultados y conclusiones: Se dan a la luz de las hipótesis y del cuerpo teórico existente. Conducen a la validación o rechazo de las hipótesis, a la conceptualización y estructuración del conocimiento y a un posible cambio en las creencias o actitudes.
- Expresión y/o comunicación de los resultados: Es la puesta en común o debate acerca de los resultados de los diferentes equipos. Los resultados se pueden presentar a manera de informe, memorias e incluso publicarse en algún medio escolar.
- Metacognición: Reflexión sobre lo aprendido, sobre las actividades realizadas y sobre nuevos problemas que pudieran surgir en el proceso.
- Aplicación a nuevas situaciones: Por medio de la generalización se pueden profundizar y afianzar conceptos y procedimientos.
- Actuación en el medio: Propuestas de intervención.

4.6.5. Críticas

Una de las críticas más recurrentes a la estrategia es la exigencia a los alumnos de actuar de manera similar a como lo hacen los científicos, sin tener en cuenta que a su edad no han alcanzado un desarrollo adecuado de las capacidades o habilidades de pensamiento y/o procedimentales que un científico experto ya ha logrado hace tiempo (Umbarila, 2013). Pero eso algo en lo que algunos autores promotores de la estrategia han llamado la atención desde hace varias décadas. Por ejemplo, Cañal & Porlán (1987, p. 91) recomiendan “considerar las diferencias de contexto, capacidad operativa, estructuración conceptual, especialización temática, dominio de técnicas concretas y finalidad que existen entre el científico y el escolar.”

4.7. Aprendizaje basado en proyectos

4.7.1. Antecedentes

Si bien el término “proyecto” venía siendo utilizado en educación desde varios siglos atrás, la concepción actual de la estrategia tiene su fundamentación pedagógica y epistemológica en las ideas propuestas por Dewey y más tarde sistematizadas por algunos de sus discípulos, entre los que sobresale Kilpatrick, quien publicara en 1918 el artículo “*The Project Method*”. En ese mismo año se empieza a aplicar el método en la Universidad de Columbia, Nueva York, pero con poco éxito y la propuesta es poco a poco olvidada, para luego ser rescatada en la década del setenta e integrada a currículos de tipo abierto orientados a la educación comunitaria y a la promoción social (Pozuelos & Travé, 2005), (Ciro, 2012)

4.7.2. Generalidades

Con esta estrategia “el aprendizaje se construye a partir de la realización de un proyecto que enfrenta al estudiante con situaciones que le permiten aplicar lo que aprende dentro de un contexto determinado (Eraso et al, 2014)”. Un proyecto es un plan de acción cuya finalidad es que los estudiantes puedan comprender los nuevos conocimientos mediante la realización de algo concreto, real y práctico; es una cadena organizada de actividades sobre un tema específico que tiene como objetivo el desarrollo de un producto (ITM, 2012, p.57)”. En el aprendizaje

basado en proyectos, “a partir de una situación problema se desarrollan procesos de aprendizaje y de construcción de conocimiento, vinculados a la cotidianidad y al contexto (Salas, s. f., p. 8)”. Por lo que para Valero & Navarro (2008), citados por Eraso et al (2014, p. 162), “se trata de un caso particular de aprendizaje basado en problemas”

La intencionalidad pedagógica concreta del aprendizaje basado en proyectos es el aprendizaje mediante el cual los alumnos planean, implementan y evalúan proyectos que tienen una utilidad en contextos reales más allá del salón de clase y, como alternativa formativa, trasciende los principios de la pedagogía activa y permite observar el desempeño del estudiante en un contexto real (Ciro, 2012). En síntesis, el aprendizaje basado en proyectos se presenta como un esquema flexible que se organiza en torno a una temática concreta de la que se desligan una serie de cuestionamientos que necesitan de un plan de acción que progresivamente les vaya dando respuestas. Son de especial importancia los intercambios de significados y la colaboración entre los alumnos así como los aportes del profesor de tal forma que el proceso se configura como un tejido cultural compartido. El producto, siempre heterogéneo y ajustado a las características de cada grupo y alumno, se relaciona directamente con los interrogantes iniciales que habrán sido respondidos con su obtención (Pozuelos & Travé, 2005).

4.7.3. Las fases o etapas en un proyecto

En la aplicación del método de aprendizaje por proyectos es recomendable seguir las siguientes etapas (Eraso et al, 2014), (Ciro, 2012), (Cañal, 2008):

a) Identificación y descripción del problema que se pretende solucionar con el proyecto, resaltando la pertinencia y los beneficios en términos de desarrollo de competencias y mejoramiento del entorno de los estudiantes en lo social, ambiental, etc., para generar en ellos un mayor interés.

b) Planificación y organización del proyecto de manera conjunta con los estudiantes de aspectos como: la definición de objetivos generales y específicos (incluidos los de aprendizaje), la justificación, las actividades a seguir, los recursos disponibles, los grupos de trabajo y el papel de cada integrante, el cronograma y guías de trabajo, y los criterios de evaluación del desempeño de los participantes y del producto a obtener.

c) Ejecución de las actividades planeadas previamente. Estas varían de acuerdo a cada proyecto y pueden incluir consultas bibliográficas y a expertos, visitas, entrevistas, experimentos y construcciones.

d) Evaluación del proyecto: Es una evaluación integral. Se evalúan cada una de las fases y de las actividades realizadas, la pertinencia de los recursos empleados, el alcance de las metas u objetivos previstos, el desempeño grupal e individual y la calidad del producto. Es muy importante aquí la reflexión y discusión sobre lo que salió bien y lo que salió mal en la totalidad del proceso, lo que se deberá tener en cuenta para futuros proyectos. Igual de importante es el análisis de las ideas surgidas a lo largo del trabajo y que puedan servir de génesis de nuevos proyectos.

4.7.4. Recomendaciones para los docentes

(Coria, 2011), (Cañal, 2008), (Parra, 2003), (Ciro, 2012) Una de las características de la estrategia es que el desarrollo de un proyecto es un trabajo de largo plazo por lo que es recomendable, para iniciarse en el modelo, implementar proyectos cortos y en la medida en que se vayan (profesor y alumnos) familiarizando con él, se podrán llevar a cabo proyectos de mayor extensión.

Una vez adoptada la estrategia, el docente asume un papel activo en los proyectos; tiene la autoridad y es el responsable de que las actividades se ajusten a las normas y a los objetivos curriculares, estimulando y canalizando la atención de los alumnos hacia los propósitos planteados.

Antes de seleccionar o dar a conocer a los alumnos la situación problemática el profesor debe considerar varios aspectos:

- ¿La complejidad del problema es acorde a la capacidad de resolución de los alumnos?
- ¿Hay la disponibilidad de recursos para suplir las necesidades de los alumnos?
- ¿Los alumnos tienen claro cómo utilizar los recursos disponibles?

Además, se debe prestar especial atención a la conformación de los grupos de tal forma que queden lo más equilibrados posible desde el conocimiento que se tenga del alumnado en su desempeño actitudinal, procedimental y conceptual.

El equilibrio también debe estar presente en las funciones de cada miembro del equipo; cada uno debe tener un rol y entenderlo claramente.

4.7.5. Ventajas del trabajo por proyectos

El aprendizaje basado en proyectos permite involucrar diferentes disciplinas y, por tanto, el trabajo transversal entre las áreas del currículo, lo que conlleva al estudiante a encontrar conexiones entre las diferentes ramas del saber y a desarrollar una mayor variedad de competencias. Otra ventaja a considerar es la oportunidad de realizar un trabajo colaborativo en el que los estudiantes aprenden en la diversidad y el respeto mutuo (Coria, 2011), (ITM, 2012).

4.7.6. Algunas críticas

La queja más frecuente entre quienes han trabajado con el modelo es el tiempo prolongado que requieren los proyectos lo cual dificulta el cubrimiento de los contenidos del currículo. Otra crítica es que el modelo se enfoca en el producto final no prestándole la importancia debida al proceso en general, pero otros argumentan, en defensa de la estrategia, que es más una falla de quien la aplica que del modelo en sí.

4.8. Unidades de Enseñanza Potencialmente Significativas (UEPS)

Es una propuesta didáctica del profesor Marco Antonio Moreira, para quien consisten en una secuencia de enseñanza con un fundamento teórico y con orientación al aprendizaje significativo (no mecánico), que tienen la posibilidad de estimular la investigación en la cotidianidad de los contextos de aula. (Moreira, 2011). Para la aplicación de la estrategia Moreira (2011) sugiere la siguiente secuencia:

- 1) Definición de la temática a tratar, señalando los contenidos declarativos y procedimentales a involucrar.
- 2) Crear o proponer actividades que permitan detectar los conocimientos previos de los alumnos y que sean de relevancia para la temática definida. Las actividades podrán ser cuestionarios, situaciones-problema, etc.
- 3) De acuerdo a los conocimientos previos que hayan exteriorizado los alumnos se plantean situaciones-problema de bajo nivel de complejidad que sirvan como introducción a los contenidos declarativos y procedimentales que se procuran enseñar.
- 4) Presentación inicial y de manera general de los contenidos de enseñanza-aprendizaje para adentrarse luego en contenidos específicos en consonancia con el principio de diferenciación progresiva.
- 5) Se retoman en un grado mayor de complejidad los contenidos centrales que se pretenden enseñar, brindando nuevos ejemplos y destacando diferencias y semejanzas con los tratados anteriormente, promoviendo así la reconciliación integradora. Se recomienda aquí una actividad colaborativa como la resolución de un problema, un experimento de laboratorio, la elaboración de un mapa conceptual o de un diagrama V, que conduzca a la interacción social entre los alumnos y a la negociación de significados, con la mediación del docente.
- 6) En una tercera presentación, para ir cerrando la unidad, se busca la integración de los significados centrales del contenido objetivo, pero continuando a la vez con el proceso de diferenciación progresiva. Se proponen situaciones-problema más complejas que las ya realizadas, promoviendo el trabajo cooperativo y la discusión, siempre mediada por el profesor.
- 7) Evaluación, tanto formativa como sumativa, del aprendizaje logrado por los alumnos a través de la UEPS, con las evidencias observadas y datos recolectados durante todo el proceso. Se deben considerar la comprensión de conceptos, la captación de significados, la capacidad de transferencia y la evolución de las habilidades procedimentales.
- 8) De acuerdo a los resultados obtenidos en el paso anterior se evalúa cualitativamente la UEPS como estrategia de enseñanza-aprendizaje.

En la Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín, se han llevado a cabo varios trabajos de grado para optar por el título de Magister en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales en los que se elaboraron y aplicaron UEPS para la enseñanza-aprendizaje de conceptos de la física o de la química. Se presenta a continuación una breve selección de conclusiones de algunos de esos trabajos:

Las UEPS utilizadas para trabajar conceptos como *La materia*, *Los estados de agregación de la materia* y *Los cambios de estado de la materia* fueron favorables para que los alumnos asimilaran y retuvieran esos conceptos e igualmente los interpretaran en fenómenos cotidianos. (Murillo, 2013)

Por las evidencias recolectadas a través de diversas actividades se concluye que la aplicación de las Unidades de Enseñanza Potencialmente Significativas propiciaron en los alumnos de décimo grado de la *Institución Educativa Lola González* el aprendizaje significativo de contenidos relacionados con la energía. (Zapata, 2013)”

La puesta en práctica de la Unidad de Enseñanza Potencialmente Significativa fue positiva para el desempeño académico del alumnado, fue útil para despertar su curiosidad por los temas tratados y motivaron a la indagación y a la discusión. (Bastidas, 2013)”

Enseñar bajo los principios que orientan las Unidades de Enseñanza Potencialmente Significativas redundan en el objetivo de todo docente de producir un aprendizaje genuino en los estudiantes y desarrollar en ellos competencias como las científicas. (Gómez, 2013)

Cabe resaltar que en algunos de los trabajos de grado mencionados aparece como asesor o director el Doctor Rodrigo Covalada, profesor de la Universidad Nacional y de la Universidad de Antioquia, gran impulsor de las ideas de Marco A. Moreira en el medio y con quien ha sido coautor de artículos de interés didáctico.

5. Selección de la estrategia

Antes de proceder a la escogencia de la estrategia de enseñanza-aprendizaje para el aula-laboratorio de la Institución Educativa Sol de Oriente, es prudente considerar lo manifestado

por Martin, de Rojas & Sánchez, citados por Tejada, Chicangana & Villabona, (2013): "... es importante en la enseñanza tener en cuenta que ningún medio, método, o técnica es la panacea, por eso se debe buscar un equilibrio en la utilización de todas las posibilidades, pensando que siempre que se abuse de una de ellas se está perdiendo todo lo bueno y positivo que tienen las demás. Lo ideal sería estar en capacidad de buscar cuál es el más adecuado en cada momento, acorde a los diferentes estilos y ritmos de aprendizaje que tienen los estudiantes". Al realizar la lectura de las diversas estrategias consultadas, por todo lo expuesto, se concluye que cualquiera de ellas sería mejor opción que el modelo tradicional. Sin embargo, no es fácil la decisión a la hora de optar por alguna de ellas ya que es casi imperceptible la línea que separa una estrategia de otra siendo, en algunos casos, el título o denominación de la estrategia la mayor diferencia. Como se ha podido observar, algunas de las alternativas expuestas son presentadas inmersas dentro de otra de las alternativas, por ejemplo la solución de problemas aparece como objetivo en el aprendizaje por investigación, por descubrimiento, por indagación, por proyectos y como una actividad en las UEPS. Incluso en las definiciones o descripciones de varias de las estrategias se alude a alguna de las otras, como se puede corroborar en las siguientes citas:

"De acuerdo con Minner *et al.*, la enseñanza a través de la indagación científica promueve que, para probar sus ideas, los estudiantes propongan y lleven a cabo actividades de investigación y al hacerlo también investiguen sobre la naturaleza de la ciencia (Reyes-Cárdenas & Padilla, 2012, p. 417)".

"El aprendizaje por indagación es un estado mental caracterizado por la investigación y la curiosidad, la búsqueda de la verdad, la información o el conocimiento (Escalante, citado por Umbarila, 2013, p.63)".

"En los laboratorios basados en la indagación los conceptos que hay detrás de los experimentos se deducen durante el trabajo en el laboratorio... Se ha referido múltiples veces como importante la realización de investigación como una de las herramientas para cultivar la indagación ... (Garritz, 2010, p. 108, 109)".

“Tal como señalan (Gil, 1993; Cañal, 2006), la idea central del modelo de enseñanza y aprendizaje de las ciencias como investigación consiste en el tratamiento de situaciones problemáticas abiertas de interés... (Rabadán , s. f.)”

“La resolución de problemas como investigación se propone como alternativa a los problemas y ejercicios tradicionales... (Gil, Martínez-Torregrosa y Senent, 1988, citados por Campanario & Moya, 1999, p.186)”

Tenreiro & Márquez, (2006, p. 6), citan a Leite e Figueiroa (2004), quienes con respecto a las *Investigaciones en el laboratorio dicen*: “... Conducen a la construcción de nuevos conocimientos conceptuales en el contexto de la resolución de un problema. ”

“Por otro lado, el aprendizaje por indagación o investigación guiada, conocido también por sus siglas en inglés como IBL (Inquiry Based Learning) ha sido reconocido por la Unión Europea como la metodología idónea para mejorar la enseñanza de las ciencias y las matemáticas...(Abril et al, 2014, p. 24)”

Con respecto a esta última cita, hay que recalcar que el IBL ha sido tomado como un referente o antecedente tanto en el aprendizaje por indagación como en el aprendizaje por investigación y que al traducir “*inquiry*” unos lo toman como indagación y otros como investigación.

A pesar de las similitudes algunos autores han tratado de marcar algunas diferencias; por ejemplo, Woolfolk (2006, p. 344), expresa, “La estrategia de indagación inicia cuando el maestro presenta un evento, pregunta o problema desconcertante... El aprendizaje basado en problemas podría seguir una similar, aunque el aprendizaje inicia con un problema auténtico (uno que sea importante para los estudiantes)”. Otro ejemplo sería el dado por Domin (1999) en la Tabla 4-1 “Clasificación de los estilos de enseñanza o tipos de laboratorio”, vista en el capítulo anterior, al definir el estilo por descubrimiento, el indagativo y por resolución de problemas.

Para ir disminuyendo la baraja de posibilidades, la primera estrategia a descartar es el aprendizaje por descubrimiento por ser la más criticada de las propuestas consultadas, aunque valorando sus aspectos positivos y sus aportes a la enseñanza de las ciencias, como lo

manifestara Gil, (1993, p. 30), "... los resultados conseguidos por el paradigma de aprendizaje por descubrimiento no pueden interpretarse simplemente como un fracaso, sino como el origen de las reestructuraciones posteriores, como un elemento que ha dinamizado a una enseñanza que permanecía anclada en tradiciones asumidas acríticamente". Pero en la medida en que a la estrategia se le introducen variantes, a raíz de las críticas recibidas, y aparecen otros enfoques del aprendizaje por descubrimiento como el descubrimiento deductivo simple o el descubrimiento hipotético-deductivo, y que incluso el propio Bruner abriera la propuesta al descubrimiento dirigido y colaborativo, la estrategia llega a parecerse y confundirse con el aprendizaje basado en la indagación o en la investigación.

Dada la intensidad horaria de la asignatura de química, 3 horas en un solo bloque por semana, y que de las 10 semanas de un periodo en promedio se pierden 3 de esos bloques por diferentes motivos, el tiempo para cumplir con la programación académica es muy limitada por lo que otras alternativas a descartar son el aprendizaje por proyectos y las UEPS que requieren de mayores tiempos en su aplicación o desarrollo. Pero el que por ahora no sean aplicadas no significa que en cualquier momento, más adelante, no sean tenidas en cuenta como parte de las actividades didácticas pues es innegable su efectividad en el logro de aprendizajes significativos y habrán ocasiones en las que se tendrán que sacrificar algunos contenidos, favoreciendo la calidad en lugar de la cantidad.

Quedan el aprendizaje por indagación, el aprendizaje basado en problemas y el aprendizaje por investigación. De estas estrategias se elige el aprendizaje por investigación, entre otras razones, porque:

- Las tres estrategias guardan muchas similitudes entre sí.

- En la I. E. Sol de Oriente desde la implementación de la Media Técnica en Biotecnología, luego llamada Media Técnica en Conservación de los Recursos Naturales, se le ha dado gran importancia al fomento de actitudes positivas hacia la investigación científica y varios de los proyectos de investigación han participado en ferias locales e incluso en eventos internacionales. Por lo anterior, consultados los estudiantes de los grados décimo y once sobre los términos "investigación", "indagación" y "solución de problemas", los jóvenes le dan una

gran relevancia a la investigación en su formación, mientras que no tienen muy clara la significación del término “indagación” y le dan una connotación negativa a la “solución de problemas” al asociarla a los típicos problemas de lápiz y papel, y a las evaluaciones escritas.

- La estrategia es adecuada para promover el desarrollo de las competencias básicas y específicas señaladas en las directrices del Ministerio de Educación Nacional.

- Las ventajas enumeradas cuando se trató la estrategia del aprendizaje por investigación en el capítulo anterior han sido definitivas para inclinar la balanza a su favor; facilitar el desarrollo de competencias conceptuales, procedimentales, actitudinales y en general el “aprender a aprender”, su compatibilidad con otras estrategias, la posibilidad de aplicarla total o parcialmente dependiendo del tiempo disponible, etc.

Para terminar, se considera significativo recordar las palabras de Cañal (2008), “La aportación de Dewey y sus seguidores a la investigación escolar es sin duda la concreción metodológica más completa en el marco de la Escuela Nueva, y también, posiblemente, la que ha tenido una mayor influencia posterior. Para aprender es necesario actuar pensando y pensar actuando, por lo que la enseñanza ha de promover la experiencia reflexiva e investigadora del alumno”.

6. Aplicación de la estrategia

La estrategia de aprendizaje por investigación será aplicada en el laboratorio como una metodología activa a manera de “Pequeñas Investigaciones Dirigidas”, siguiendo los principios constructivistas del aprendizaje significativo y del aprendizaje significativo crítico. Para la elección de las pequeñas investigaciones que tengan la potencialidad de ser aplicadas se puede recurrir a la adaptación de algunas ya implementadas por otros autores o docentes, dando los respectivos créditos, al cambio de enunciados de prácticas o experimentos tradicionales tratando de ubicarlos en la cotidianidad del alumno, y recurriendo a la creatividad y estando atentos a situaciones de la vida diaria para detectar situaciones que puedan ser aprovechadas para tal fin.

6. 1. Situación para iniciar

Se dejará como modelo o referencia una práctica relacionada con el concepto de pH, aplicada en el grado once, para ir incrementando paulatinamente el número de posibles “pequeñas investigaciones”. Esta primera experiencia surge de escuchar frecuentemente en el contexto familiar, de amigos e incluso en el de los mismos alumnos, como se recomiendan o “recetan” diversas soluciones para calmar los síntomas de la acidez estomacal, la cual se puede manifestar como “agriera” o “pesadez estomacal”. Se debe socializar con antelación la estrategia con los estudiantes; ellos deben conocer las etapas que comprende pero estas no se deben convertir en una “camisa de fuerza” y que en algunos casos se podrá excluir una o más de ellas. El enunciado de la situación problema es el siguiente:

Doña Gabriela se ha estado quejando de una molesta agriera y sus vecinos le hablan de varios remedios para su malestar: a) Tomar un vaso de cerveza. b) Tomar medio vaso de bicarbonato en agua. c) Tomar un vaso de leche d) Tomarse un Alka-Seltzer e) Tomar una cucharada de Mylanta. f) Tomarse medio vaso bicarbonato en agua caliente con el jugo de medio limón. g) Tomar una pasta de Omeprasol. Ayudemos a doña Gabriela a tomar una decisión acertada.

El documento guía (ver Anexo A) se entregó en la sesión anterior a la práctica, 8 días antes en este caso, al terminar el bloque de 3 horas en los que se ha trató el tema de pH con las siguientes actividades:

- Breve sondeo sobre información que tenían los alumnos sobre el pH. La mayoría no conocían el término y algunos manifestaron haber escuchado algo sobre “pH balanceado” por la televisión en propagandas sobre jabones, shampoos o toallas sanitarias. La conversación generó gran expectativa, sobre todo en las chicas.

- Se realizó una demostración utilizando ácido acético, hidróxido de sodio y fenolftaleína, ya que en años anteriores los cambios de coloración observados han servido para atraer la atención de los alumnos. Se aprovechó la experiencia para recordar conceptos previos como los de ácidos, bases, reacciones de neutralización, soluciones, concentración y otros. (Nota: En casos en los que se disponga de tiempo suficiente el experimento demostrativo conocido como “el arco iris químico” siempre resulta bastante llamativo para los estudiantes.

- De forma expositiva y con apoyo de una presentación en Power Point se dio a conocer información acerca de los pH como definición, fórmula, escala, formas de medición, indicadores e importancia.

- Se muestra una simulación de <http://phet.colorado.edu/> y se recomienda que le dediquen unos minutos durante la semana.

- Se terminó la clase retomando el experimento inicial para mostrar cómo se mide el pH con los pH metros disponibles.

Nota: La distribución habitual de clase ha sido de 3 alumnos por mesa en la que los mismos alumnos se han agrupado libremente desde principio de año, por tanto la actividad se propuso para trabajar respetando los grupos ya conformados.

6.2. Desarrollo de la actividad experimental

Como se puede observar en la guía anexa, se dejaron dos espacios titulados “Planeación de la Investigación” y “Ejecución de lo Planeado” para ser llenados por los alumnos de acuerdo al protocolo de investigación dado a conocer con anterioridad, pero revisados oportunamente por el docente. El Anexo A corresponde a una de las guías diligenciadas, incluyendo el diseño del experimento, su ejecución, datos y conclusiones.

Antes y durante la práctica se hizo énfasis en el cuidado al manipular el ácido clorhídrico y se tuvo atención constante en los momentos en que utilizaron dicha sustancia.

Al finalizar la actividad experimental se abrió espacio para la discusión sobre los resultados obtenidos y para la reflexión sobre todo el proceso. En la discusión se exteriorizan algunos vacíos sobre el tema por parte de los alumnos los cuales son corregidos entre todos, compañeros y docente. También se generan nuevos interrogantes para futuras investigaciones;

- ¿Cómo actúa el omeprazol?, ya que es un medicamento recetado por los médicos para controlar la acidez estomacal y no se esperaba que su pH fuera ligeramente ácido pues para neutralizar un ácido lo apropiado es una base.

- ¿Cómo ocurre el proceso de neutralización de los jugos gástricos?, ya que dos grupos mezclaron partes iguales de HCl y de remedios como mylanta o bicarbonato y la variación en pH fue muy poca, entonces si el estómago lleno tiene un volumen de 2 o 3 litros se necesitarían muchos litros mylanta o bicarbonato para disminuir la acidez de forma apreciable, pero es sabido, popularmente, que son remedios efectivos contra la acidez.

Orientando la aplicación de lo aprendido a una nueva situación se les deja para ocho días después, la siguiente tarea: “Muchos de ustedes mencionaron haber escuchado sobre el pH en avisos publicitarios de t.v. sobre jabones y shampoo, ¿cómo procederían para saber si el jabón que usan es el adecuado y que pasaría si se usara el jabón de ropa para el aseo corporal? Y como última etapa de la aplicación de la estrategia; la aplicación en el medio, se les propone ser unos multiplicadores de costumbres saludables al interior de sus familias y grupo de amigos, teniendo en cuenta lo aprendido sobre los factores provocadores de la acidez estomacal.

7. Conclusiones y Recomendaciones

7.1. Conclusiones

Después de meses de búsqueda y consultas bibliográficas, se deduce de esa labor que es generalizado el rechazo mostrado por numerosos expertos y autores al modelo tradicional de enseñanza de las ciencias, tanto en su aspecto teórico como experimental. Respecto a este último, entendido como la enseñanza-aprendizaje en el laboratorio, la crítica recurrente es a las prácticas de laboratorio del tipo “receta de cocina” en donde los estudiantes se limitan a seguir una serie de instrucciones dadas en una guía, ejercitando a lo sumo alguna competencia procedimental pero sin generar aprendizajes significativos.

Entonces surgen como alternativas al modelo tradicional diversas propuestas tales como el aprendizaje por indagación, el aprendizaje por descubrimiento, el aprendizaje basado en problemas, el aprendizaje como investigación y otras, que en opinión de muchos, cualquiera de ellas es preferible a seguir aferrados al estilo de enseñanza tradicional. En este trabajo y para dar inicio a la enseñanza en el aula-laboratorio de la Institución Educativa Sol de Oriente, se optó por la estrategia de aprendizaje como investigación en su forma de “Pequeñas

Investigaciones Dirigidas” por su potencial para el desarrollo de competencias procedimentales, conceptuales y actitudinales, según ha quedado referenciado en diversos trabajos sobre la enseñanza-aprendizaje de las ciencias.

El aprendizaje como investigación va a permitir aplicar los principios del aprendizaje significativo crítico como la no centralización en el libro de texto o en el tablero, aprender de la interacción social y el cuestionamiento, etc, e involucrar a los alumnos en la solución de problemas de la vida cotidiana haciendo de la ciencia algo más accesible y familiar y no como algo abstracto o lejano solo al alcance de los grandes científicos.

Ahora, evaluar una estrategia con una sola práctica o actividad no sería concluyente, pero después de trabajar y compartir con la mayoría de estos alumnos por algo más de dos años se logra conocer mucho de ellos, y verles el entusiasmo con que afrontaron el desafío de la primera “Pequeña Investigación Dirigida” es algo que como docente, llena de satisfacción y motiva a seguir enriqueciendo la propuesta, pues espacios y actividades como las empleadas en este trabajo las venían reclamando los estudiantes de la I. E. Sol de Oriente desde hace varios años. También se pudo apreciar en el transcurso de la actividad como las diferentes etapas de la pequeña investigación son propicias para generar aprendizajes significativos. Por ejemplo, la discusión grupal de los resultados fue muy animada y provechosa; se despejaron muchas dudas, se presentaron nuevas inquietudes, se escucharon diversas opiniones sobre una misma situación, etc.

7.2. Recomendaciones

- Se debe pretender tener una buena cantidad de alternativas para las pequeñas investigaciones y no tener una “guía” fija para hoy y siempre, pues la Ciencia, la Tecnología y la Sociedad están en estado de cambio permanente y los docentes no pueden ser inferiores al reto de ajustarse a nuevas circunstancias.

- Es innegable la creciente apatía que vienen mostrando los estudiantes hacia el estudio de las ciencias, por lo que es menester de los docentes el introducir variantes en la forma de enseñarlas. Por tanto es importante la capacitación y actualización constantes para estar al día

en estrategias y actividades llamativas que despierten interés en el alumnado a la vez que permitan alcanzar los objetivos educativos.

- Se deben consultar e implementar métodos para evaluar el impacto en los alumnos de la estrategia utilizada; en este caso el aprendizaje por investigación, o para evaluar cualquier otra estrategia que se implemente. Por ejemplo, a futuro se podría trabajar y obtener información más concluyente a través de la investigación-acción.

8. Referencias

- Abd el Khalick, F. Boujaoude, S., Duschl, R., Lederman, N. G., Mamlok-Naaman, R., Hofstein, A., Niaz, M., Treagust, D. & Tuan, H-L., (2004). Inquiry in science education: International perspectives. *International Journal of Science Education*, 38(3), 397-429.
- Abril, A.M., Ariza, M.R., Quesada, A. & García, F. J. (2014). El aprendizaje por investigación en ESO: creencias del profesorado en ejercicio y en formación. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 11(1), 22-33. Recuperado de: http://reuredc.uca.es/index.php/tavira/article/viewFile/445/pdf_178
- Almeida Ruiz, G. (s.f.). *El constructivismo como modelo pedagógico*. Fundación Educativa Ibarra. Recuperado de <http://escuelainteligente.edu.ec/docs/constructivismo.pdf>
- Álvarez de Zayas, C. M. & González Agudelo, E. M. (20 Ed.). (2002). *Lecciones de didáctica general*. Bogotá: Cooperativa Editorial Magisterio.
- Álvarez, S. (2011). Entre la ciencia y el arte. Las imágenes del laboratorio químico. *Revista Mètode n°69*. Recuperado de <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3623683>
- Álvarez, S. (2011). Los laboratorios químicos, estancias sagradas. *Anales de la Real Sociedad Española de Química*, (2) 175-184. Recuperado de <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3674558>

- Asimov, I. (2003). *Breve historia de la química, Introducción a las ideas y conceptos de la química*. Madrid, Alianza Editorial.
- Barberá, O. & Valdéz, P. (1996). El trabajo práctico en la enseñanza de las ciencias: una revisión. *Enseñanza de las ciencias*, 14 (3), 365-379. Recuperado de <http://ddd.uab.cat/pub/edlc/02124521v14n3/02124521v14n3p365.pdf>
- Barreto Tovar, C. H., Gutiérrez Amador, L. F., Pinilla Díaz, B. L., Parra Moreno, C. (2006). *Límites del constructivismo pedagógico*. Educación y Educadores, vol. 9, núm. 1, pp. 11-31 Recuperado de: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=83490103>
- Barrón Ruiz, A. (1993). *Aprendizaje por descubrimiento; principios y aplicaciones inadecuadas*. Enseñanza de las ciencias, 11 (1). Recuperado de <http://ddd.uab.cat/pub/edlc/02124521v11n1/02124521v11n1p3.pdf>
- Bastidas Castillo, J. G. (2013). *Diseño e implementación de una unidad de enseñanza potencialmente significativa para la enseñanza y el aprendizaje de la configuración electrónica en grado décimo mediante las nuevas tecnologías: estudio de caso en la Institución Educativa Montecarlo-Guillermo Gaviria Correa, del municipio de Medellín*. (Tesis de Maestría). Universidad Nacional de Colombia, Medellín. Recuperado de <http://www.bdigital.unal.edu.co/11579/1/76314663.2014.pdf>
- Camacho, H., Casilla, D. & Finol de Franco, M. (2008). La indagación: una estrategia innovadora para el aprendizaje de procesos de investigación. *Laurus*, 14 (26), 284 – 306. Recuperado de <http://www.redalyc.org/pdf/761/76111491014.pdf>
- Campanario, J. M. & Moya, A. (1999). ¿Cómo enseñar ciencias? Principales tendencias y propuestas. *Enseñanza de las Ciencias*, 17 (2), 179-192. Recuperado de <http://www.raco.cat/index.php/ensenanza/article/viewFile/21572/21406>
- Cañal, P. (2007). La investigación escolar, hoy. *Alambique*, 52, 9-19. Recuperado de http://www.uhu.es/gaia-inm/invest_escolar/httpdocs/biblioteca_pdf/11_AL05201.pdf

- Cañal, P. (2008). Esto es ciencia: modelos didácticos de investigación en Infantil *Ponencia en el Congreso Internacional “Educación infantil y desarrollo de competencias”*. Madrid. Recuperado de http://www.waece.org/AMEIcongresocompetencias/ponencias/pedro_canal.p
- Cañal, P. & Porlán, R. (1987). Investigando la realidad próxima: un modelo didáctico alternativo. *Enseñanza de las Ciencias*, 5 (2), 89-96.
- Carretero, Mario. *Constructivismo y educación*, México: Progreso, 1999.
- Ciro Aristizabal, C. (2012). *Aprendizaje basado en proyectos (A.B.Pr) como estrategia de enseñanza y aprendizaje en la educación básica y media*, (Tesis de Maestría). Universidad Nacional de Colombia, Medellín. Recuperado de <http://www.bdigital.unal.edu.co/9212/1/43253404.2013.pdf>
- Coria Arreola, J. M. (2011) El aprendizaje por proyectos: una metodología diferente. *Revista e- FORMADORES*, (5). Recuperado de http://red.ilce.edu.mx/sitios/revista/e_formadores_pri_11/articulos/monica_mar11.pdf
- Couso Lagarón, D. (s.f.). De la moda de “aprender indagando” a la indagación para modelizar: una reflexión crítica. Dept. de Didàctica de les Matemàtiques i les Ciències Experimentals // CRECIM Universitat Autònoma de Barcelona (Documento de trabajo). Recuperado de http://uhu.es/26edce/actas/docs/conferencias/pdf/26ENCUENTRO_DCE-ConferenciaPlenariaInaugural.pdf
- Crisafulli , F. A. & Villalba, H. (2013). Laboratorios para la enseñanza de las ciencias naturales en la educación media general. *Educere*, 17(58) 475-485. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=35630404011>
- Del Valle Coronel, M. & Curotto, M. M. (2008). La resolución de problemas como estrategia de enseñanza y aprendizaje. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*. 7 (2), 463 – 479.

- Díaz-Barriga *Estrategias Docentes para un Aprendizaje Significativo*, McGRAW HILL, México, 1999.
- Duque, M. (2005). Matlab, el aprendizaje basado en indagación y el desarrollo de competencias profesionales. *Revista de Tecnología*, 4 (2), 36 - 42. Recuperado de http://www.uelbosque.edu.co/sites/default/files/publicaciones/revistas/revista_tecnologia/volumen4_numero2/mathlab4-2.pdf
- Equipo de pequeños científicos (2002). Pequeños científicos en la escuela primaria. *Rev. Colombia Ciencia y Tecnología*, 20 (1), 26 – 32.
- Eraso Checa, F., Narváez Solarte, J, Lagos,C., Escobar, E. & Eraso, O. (2014). Aprendizaje significativo por investigación: propuesta alternativa. *Revista Científica*. (19), 159 – 167.
- Fernandes, L. & Campos, A. (2013). Situación problema (SP) como estrategia didáctica en la enseñanza del enlace químico: contextos de una investigación. *Avances en Ciencias e Ingeniería*. 4 (2), 69 – 77. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4393427>
- Flores, J., Caballero, M. C. & Moreira, M.A. (2009). El laboratorio en la enseñanza de las ciencias: Una visión integral en este complejo ambiente de aprendizaje. *Revista de Investigación*, 33(68), 75-112. Recuperado de: <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3221708>
- Fuentes, C. (1997): Por un progreso incluyente. Instituto de Estudios Educativos y Sindicales de América. México.
- Galagovsky, L. R. (2007). Enseñar química vs. Aprender química: una ecuación que no está balanceada. *Química Viva*, 6. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=86309909>

- Gamboa, M. C. (2003). La formación científica a través de la práctica de laboratorio. *Umbral Científico*, (3), 3-10. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=30400302>
- García García, J. J., (1998). La creatividad y la resolución de problemas como bases de un modelo didáctico alternativo. *Revista Educación y Pedagogía*, 10 (21), 145 – 174.
- García Rodríguez, J. J. & Cañal de León, P. (1995). ¿Cómo enseñar? Hacia una definición de las estrategias de enseñanza por investigación. *Investigación en la escuela*, (25), 5 – 16. Recuperado de http://www.investigacionenlaescuela.es/articulos/25/R25_1.pdf
- Garriz, A. (2010). Indagación: las habilidades para desarrollarla y promover el aprendizaje. *Educación Química*, 21 (2), 106 - 110. Recuperado de http://garriz.com/andoni_garriz_ruiz/documentos/2013/04_editVol21-2Indagacion2010.pdf
- Gil Pérez, D. (1993). Contribución de la historia y de la filosofía de las ciencias al desarrollo de un modelo de enseñanza/aprendizaje como investigación. *Enseñanza de las Ciencias*, 11 (2), 197 - 212. Recuperado de <http://envia.xoc.uam.mx/tid/lecturas/Unidad%20I/Gil%20Perez.pdf>
- Gil Pérez, D., Furió Más, C., Valdés, P., Salinas, J., Martínez-Torregrosa, J., Guisasola, J., González, E., Dumas-Carré, A. Goffard, M. & Pessoa de Carvalho, A. (1999). ¿Tiene sentido seguir distinguiendo entre aprendizaje de conceptos, resolución de problemas de lápiz y papel y realización de prácticas de laboratorio? *Enseñanza de las Ciencias*, 17 (2), 311-320. Recuperado de <https://ddd.uab.cat/pub/edlc/02124521v17n2/02124521v17n2p311.pdf>
- Guilar, M. E. (2009). Las ideas de Bruner: “de la revolución cognitiva ” a la “revolución cultural”. *Educere*, (44), 235 – 241. Recuperado de <http://www.saber.ula.ve/bitstream/123456789/28865/1/ideas3.pdf>
- Gómez Pineda, D. P. (2013). *Construcción de una unidad de enseñanza potencialmente significativa para el aprendizaje de la estequiometría orientada al grado décimo del*

- Colegio Campestre Horizontes*. (Tesis de Maestría). Universidad Nacional de Colombia, Medellín. Recuperado de <http://www.bdigital.unal.edu.co/9591/1/39448744.2013.pdf>
- Hernández, C. A. (2005). ¿Qué son las competencias científicas? Recuperado de <http://www.grupofederici.unal.edu.co/documentos/HernandezCompCientificas.pdf>
- Hernández González, M. T. & Martínez Ballesteros, A. (2008). La investigación como estrategia de aprendizaje. *Documento de Trabajo, Universidad Autónoma de Guadalajara*. Recuperado de http://genesis.uag.mx/dapa/doctos/i_estrategias.pdf
- Hernández, X. (2012). Constructivismo Educativo: Aprendizaje Situado. *Revista Arché*. (5) 24-33.
- Homburg, E. (2009). Química e industria, 1500-2000. *Anales de la Real Sociedad Española de Química*, 105(1), 58–66. Recuperado de <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2931439>
- Hodson, D. (1994). Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio. *Enseñanza de las ciencias*, 12,(3) 299-313. Recuperado de <http://www.raco.cat/index.php/ensenanza/article/viewFile/21370/93326>
- Hurtado de Barrera, J. (2000). *Metodología de la investigación holística*. (3ª. Edición) Fundación SYPAL. Caracas.
- Insausti, M. J. & Merino, M. (2000). Una propuesta para el aprendizaje de contenidos procedimentales en el laboratorio de física y química. *Investigações em Ensino de Ciências*, 5 (2), 93-119.
- ITM (2012). *Orientaciones pedagógicas para la implementación del enfoque por competencias*. Medellín.

- Jiménez Pierre, C. O., Parra Cervantes, P. & Bascuñan Blaset, N.A. (2007). Modelo de aprendizaje por descubrimiento para alumnos de química básica experimental. *Edusfarm*, (2).
- Kraftchenko, O. & Hernández, H. (2000). Constructivismo. *Tendencias pedagógicas en la realidad educativa actual*, 89-104 Recuperado de <http://es.slideshare.net/wilburacevedo/tendencias-libro>
- Jessup C., M. N. (s. f.). *Resolución de problemas y enseñanza de las ciencias naturales*. Universidad Pedagógica Nacional. Recuperado de 13. http://www.pedagogica.edu.co/storage/tes/articulos/tes03_05arti.pdf
- López, A. M. & Tamayo, Ó. E. (2012). Las prácticas de laboratorio en la enseñanza de las ciencias naturales. *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos*, 8 (1), 145-166. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=134129256008>
- López, B & Costa, N. (1996). Modelo de enseñanza-aprendizaje centrado en la resolución de problemas: fundamentación, presentación e implicaciones educativas. *Enseñanza de las ciencias*, 14 (1), 45-61
- Martin-Hansen, L. (2002) Defining inquiry, *The Science Teacher*, 69(2), 34-37.
- Mazarío, A. C. & Mazarío, I. (2003). El constructivismo: paradigma de la escuela contemporánea. Recuperado de: <http://monografias.umcc.cu/monos/2003/Mono24.pdf>
- Méndez Sánchez, Z. (2001). *Aprendizaje y cognición*. Editorial Estatal a Distancia. San José, Costa Rica.
- Merino de la Fuente, J.M. & Herrero Mateos, F. (2007). Resolución de problemas experimentales de Química: una alternativa a las prácticas tradicionales. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 6(3), 630-648. Recuperado de http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen6/ART9_Vol6_N3.pdf

- Ministerio de Educación Nacional (M. E. N.), (1998). Serie Lineamientos Curriculares, Ciencias Naturales y Educación Ambiental.
- Miranda, C. A. & Maite, M. (2009). El aprendizaje en el laboratorio basado en resolución de problemas reales. *Sapiens. Revista Universitaria de Investigación*, 10(2), 181-194. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=41021266010>
- Mora, D. (s. f.). Proceso de aprendizaje y enseñanza basado en la investigación. *Integra Educativa*, 2, (2), 13 – 83. Recuperado de <http://www.scielo.org.bo/pdf/rieiii/v2n2/n02a02.pdf>
- Moreira, M. A. (s.f.). Aprendizaje significativo: un concepto subyacente. Recuperado de: <http://www.if.ufrgs.br/~Moreira/apsigsubesp.pdf>
- Moreira, M. A. (1983). *Uma abordagem cognitivista ao ensino da Física*. Porto Alegre: Editora da Universidade.
- Moreira, M. A. (2005). Aprendizaje significativo crítico (Critical meaningful learning). *Indivisa. Boletín de Estudios e Investigación*, (6) 83-102. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=77100606>
- Moreira, M. A. (2011). Unidades de Enseñanza Potencialmente Significativas – UEPS. *Meaningful Learning Review*, 1, (2), 43-63. Recuperado de <http://www.if.ufrgs.br/~moreira/UEPSesp.pdf>
- Murillo Gaviria, C. (2013). *Diseño e implementación de una propuesta de enseñanza y aprendizaje del concepto de materia y sus cambios de estados para estudiantes de quinto grado de básica primaria de la I. E Federico Carrasquilla*. (Tesis de Maestría). Universidad Nacional de Colombia, Medellín. Recuperado de <http://www.bdigital.unal.edu.co/21016/1/1128264578.2014.pdf>
- NRC, National Research Council (1996). *National Science Education Standards*. National Academic Press.

- NRC, National Research Council (2000). *Inquiry and the National Science Education Standards*. National Academy Press.
- Ocampo, José Fernando. (2003) El Constructivismo en decadencia: de cómo fracasa su práctica Pedagógica. *Educere*, 6, (21), 119-124.
Recuperado de: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=35662117>
- Oliva, J. M. (2006). Actividades para la enseñanza/aprendizaje de la química a través de analogías. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 3(1), 104-114. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=92030109>
- Palacios, C. y Zambrano, E. (1993). *Aprender y enseñar ciencias: una relación a tener en cuenta*. En Proyecto Principal de Educación en América Latina y el Caribe. Boletín 31 UNESCO/OREALC. Santiago de Chile.
- Parra Pineda, D. M. (2003). Manual de estrategias de enseñanza-aprendizaje. Centro Metalmecánico, SENA Regional Antioquia.
- Peñaherrera León, M., Chiluíza García, K. & Ortiz Colón, A. M. (2014). Inclusión del Aprendizaje Basado en Investigación (ABI) como práctica pedagógica en el diseño de programas de postgrados en Ecuador. Elaboración de una propuesta. *Journal for Educators, Teachers and Trainers*, 5 (2), 204 – 220.
- Pozo, J.I. y Gómez Crespo, M.A. (1998). *Aprender y enseñar ciencia. Del conocimiento cotidiano al conocimiento científico*. Madrid: Morata.
- Pozuelos, F. J. & Travé, G. (2005) Aprender investigando, investigar para aprender. El punto de vista de los futuros docentes. Una investigación en el marco de la formación inicial de magisterio y Psicopedagogía. *Investigación en la Escuela*, 54, 2-25. Recuperado de http://www.uhu.es/francisco.pozuelos/biblioteca/aprender_investigando_ie54.pdf
- Proyecto FACE (2009). Pensamiento y competencias cognitivas. *Alma Mater (Red de Universidades Públicas del Eje cafetero) Documento del encuentro 3*.

Rabadán Vergara, J. M. (s. f.) La enseñanza y aprendizaje de las ciencias mediante la indagación como factor determinante en la mejora de la calidad de los aprendizajes de los alumnos. *Documento de trabajo, Universidad de Cantabria*. Recuperado de http://www.google.com.co/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=33&ved=0ahUKEwiruK_IIOjKAhXHSCYKHer8BeI4HhAWCCQwAg&url=http%3A%2F%2Fdialnet.unirioja.es%2Fdescarga%2Farticulo%2F4644665.pdf&usg=AFQjCNH-oV2wKnCmiQTkKF6DCdLj6xl4ZQ&bvm=bv.113370389,d.eWE

Ramos, O., (2009). La V de Gowin en el laboratorio de química: una experiencia didáctica en educación secundaria. *Investigación y Postgrado*, 24 (3), 161-187. Recuperado de <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3674439>

Restrepo Gómez, B. (s. f.). Aprendizaje basado en problemas (ABP): una innovación didáctica para la enseñanza universitaria. *Educación y Educadores*, 8, 9 - 19.

Reyes-Cárdenas, F. & Padilla, K. (2012). La indagación y la enseñanza de las ciencias. *Educación Química*, 23 (4), 415 - 421. Recuperado de <http://www.google.com.co/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=74&ved=0ahUKEwimvOGSmujKAhXGOiYKHfjRBws4RhAWCCgwAw&url=http%3A%2F%2Feducacionquimica.info%2Finclude%2Fdownloadfile.php%3Fpdf%3Dpdf1339.pdf%26download%3D1&usg=AFQjCNGt0fTZAQAaM1rEprFLXkoPKrfNIQ>

Riascos Perlaza, E. A. (2011). *La indagación en la enseñanza de la física: movimiento en el juego de baloncesto*. (Tesis de Maestría). Universidad Nacional de Colombia, Palmira.

Rúa Vásquez, J. A. (s. f.). *Modelos de situaciones problema para la movilización de competencias matemáticas y su evaluación en la formación básica*. (Conferencia). Departamento de Ciencias Básicas, Universidad de Medellín.

Salas Zapata, W. A. (s. f.). Formación por competencias en educación superior. Una aproximación conceptual a propósito del caso colombiano. *Revista Iberoamericana de Educación (ISSN: 1681-5653)*. Recuperado de <http://www.e->

logicasoftware.com/tutoriales/conferencias/diplomado-direccion-universitaria/8-Formacion_por_competencias.pdf

Sandoval, M. J, Mandolesi, M. E. & Cura, R. O. (2013). Estrategias didácticas para la enseñanza de la química en la educación superior. *Educación y Educadores*, 16 (1), 126-138. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=83428614007#>

Sánchez Coronilla, A. (2010). ABP y TICS adaptados a los laboratorios de química física: su inserción e implementación. *Pixel-Bit. Revista de Medios y Educación*, (37), 29 – 42. Recuperado de <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3241230>

Schaub, H. & Zenke, K. (2001) *Diccionario Akal de pedagogía*. Ediciones Akal, Madrid.

Tejada Tovar, C., Chicangana Collazos, C. & Villabona Ortiz, Á. (2013) Enseñanza de la química basada en la formación por etapas de acciones mentales (caso enseñanza del concepto de valencia). *Revista Virtual Universidad Católica del Norte*, (38), 143-157.

Tenreiro, C. & Marques, R. (2006). Diseño y validación de actividades de laboratorio para promover el pensamiento crítico de los alumnos. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 3(3) 452-466. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=92030307>

Torres Salas, M. I. (2010). La enseñanza tradicional de las ciencias versus las nuevas tendencias educativas. *Revista Electrónica Educare*, 14 (1), 131-142. Recuperado de <http://www.redalyc.org/pdf/1941/194114419012.pdf>

Tovar-Gálvez, J. C. (2009). La dinámica de las Ciencias como modelo didáctico: propuesta para el aprendizaje del concepto reacción química y la generación de actitudes hacia la ciencia, desde el estudio de la organización espacial del laboratorio y del manejo de residuos químicos. *Revista electrónica de enseñanza de las ciencias*, 8, (2), 490 – 504. Recuperado de <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3041466>

- Umbarila Castiblanco, X. (2013). Sobre la enseñanza y el aprendizaje por investigación. *Revista Episteme*. (5), 62 – 71. Recuperado de <http://revistas.usantotomas.edu.co/index.php/episteme/article/view/1977/2085>
- Usuga Ortiz, T. (2012). *Propuesta para la enseñanza y el aprendizaje del concepto reacción química, en la educación básica secundaria de la institución educativa San José de Venecia*. (Tesis de Maestría) Universidad Nacional de Colombia, Medellín. Recuperado de <http://www.bdigital.unal.edu.co/8373/>
- Varela Nieto, M. P. (s. f.). *La resolución de problemas en la enseñanza de las ciencias. Aspectos didácticos y cognitivos* (Tesis Doctoral). Universidad Complutense, Madrid.
- Villarruel-Fuentes, M. (2012) El constructivismo y su papel en la innovación educativa. *Revista de Educación y Desarrollo*. (20) 19-28. Recuperado de http://www.cucs.udg.mx/revistas/edu_desarrollo/anteriores/20/020_Villarruel.p
- Woolfolk, A. (9ª Ed.). (2006). *Psicología Educativa*. México: Pearson Educación.
- Zapata Ochoa, A. D. (2013). *Enseñanza y aprendizaje del concepto de energía a través del desarrollo de una unidad de enseñanza potencialmente significativa, UEPS*. (Tesis de Maestría). Universidad Nacional de Colombia, Medellín. Recuperado de <http://www.bdigital.unal.edu.co/9489/1/21450102.2013.pdf>

9. Anexos

Anexo 1 Plantilla diligenciada por uno de los grupos de trabajo.


INSTITUCIÓN EDUCATIVA SOL DE ORIENTE

Asignatura: Química

Grado: 11°

Actividad: Pequeña Investigación Dirigida

Profesor: John Byron Holguín E.

Tema: El potencial de hidrógeno (pH) de las sustancias.

Fecha: Mayo 17/2016
Objetivos:

- Predecir el comportamiento del pH al combinar sustancias que tengan pH diferentes.
- Relacionar el pH con la acidez y basicidad de las sustancias.
- Aprender a utilizar diversos instrumentos o métodos para determinar el valor del pH de una sustancia.
- Reconocer la importancia de mantener estables los niveles de pH en los seres vivos.

[H ⁺] mol/l	pH	
0,1	→ 10 ⁻¹ →	1
0,01	→ 10 ⁻² →	2
0,001	→ 10 ⁻³ →	3
0,0001	→ 10 ⁻⁴ →	4
0,00001	→ 10 ⁻⁵ →	5
0,000001	→ 10 ⁻⁶ →	6
0,0000001	→ 10 ⁻⁷ →	7
0,00000001	→ 10 ⁻⁸ →	8
0,000000001	→ 10 ⁻⁹ →	9
0,0000000001	→ 10 ⁻¹⁰ →	10
0,00000000001	→ 10 ⁻¹¹ →	11
0,000000000001	→ 10 ⁻¹² →	12
0,0000000000001	→ 10 ⁻¹³ →	13
0,00000000000001	→ 10 ⁻¹⁴ →	14

pH = -log [H⁺]

ÁCIDO

NEUTRO → Agua pura

ALCALINO o BÁSICO

Desempeños en competencias procedimentales, conceptuales y actitudinales a involucrar según los estándares		
...me aproximo al conocimiento como científico(a) natural	...manejo conocimientos propios de las ciencias naturales	...desarrollo compromisos personales y sociales
<p>Observo y formulo preguntas específicas sobre aplicaciones de teorías científicas.</p> <p>Formulo hipótesis con base en el conocimiento cotidiano, teorías y modelos científicos.</p> <p>Identifico variables que influyen en los resultados de un experimento.</p> <p>Propongo modelos para predecir los resultados de mis experimentos y simulaciones.</p> <p>Realizo mediciones con instrumentos y equipos adecuados.</p> <p>Registro mis observaciones y resultados utilizando esquemas, gráficos y tablas.</p> <p>Registro mis resultados en forma organizada y sin alteración alguna.</p>	<p>Procesos químicos</p> <p>Caracterizo cambios químicos en condiciones de equilibrio.</p> <p>Explico algunos cambios químicos que ocurren en el ser humano.</p> <p>Ciencia, tecnología y sociedad</p> <p>Reconozco los efectos nocivos del exceso en el consumo de cafeína, tabaco, drogas y licores.</p>	<p>Escucho activamente a mis compañeros y compañeras, reconozco otros puntos de vista, los comparo con los míos y puedo modificar lo que pienso ante argumentos más sólidos.</p> <p>Reconozco y acepto el escepticismo de mis compañeros y compañeras ante la información que presento.</p> <p>Reconozco los aportes de conocimientos diferentes al científico.</p> <p>Reconozco que los modelos de la ciencia cambian con el tiempo y que varios pueden ser válidos simultáneamente.</p> <p>Cumplo mi función cuando trabajo en grupo y respeto las funciones de otras personas.</p> <p>Me informo para participar en debates sobre temas de interés general en ciencias.</p> <p>Tomo decisiones sobre alimentación y práctica de ejercicio que favorezcan mi salud.</p>
<p>Situación Problema</p> <p>Doña Gabriela se ha estado quejando de una molesta agriera y sus vecinos le hablan de varios remedios para su malestar: a) Tomar un vaso de cerveza. b) Tomar medio vaso de bicarbonato en agua. c) Tomar un vaso de leche d) Tomarse un Alka-Seltzer. e) Tomar una cucharada de milanta. f) Tomarse medio vaso bicarbonato en agua caliente con el jugo de medio limón. g) Tomar una pasta de Omeprasol. Ayudemos a doña Gabriela a tomar una decisión acertada.</p>		

cuando está acostado. Acostarse lleno hace que los contenidos del estómago ejerzan más presión sobre el esfínter esofágico inferior causando su deterioro paulatino. El embarazo, el estrés, el fumar, los alimentos muy condimentados, picantes o grasos, las gaseosas y el uso continuado de ciertos medicamentos pueden empeorar la acidez estomacal.

(Resumido de: <http://es.familydoctor.org/familydoctor/es/diseases-conditions/heartburn/causes-risk-factors.html> y <https://www.nlm.nih.gov/medlineplus/spanish/ency/article/003114.htm>)

Integrantes del Equipo Investigador:

SANDRA MILENA OAVENDO LÓPEZ
MANUEGA RAMÍREZ SEURO
YENIFER QUIROZ

Hipótesis:

De los remedios que le comentaron a doña Gabriela el más efectivo será el que tenga el pH más alto.

Planeación de la Investigación

(Registra aquí los pasos o actividades que consideras desarrollar para llevar a cabo la investigación. Pueden recurrir al profesor en el transcurso de la semana para despejar inquietudes o mostrar los avances. La planeación definitiva debe ser entregada al profesor el día antes de la práctica para garantizar la disponibilidad del equipo y/o material requerido.)

Por lo visto en la teoría sobre reacciones de neutralización y algunas consultas que realizamos sabemos que si le agregamos a un ácido una base o una sustancia con pH mayor que el ácido, el pH resultante será mayor que el del ácido solo y así la acidez tratará de desaparecer.

MATERIAL NECESARIO:

Muestras de todos los remedios, beakers pequeños, PHmetro.

PROCEDIMIENTO:

1. Preparar los remedios como se los recomendaron a doña Graciela
2. Medir el PH a cada remedio

Ejecución de lo Planeado

Se prepararon o alistaron las recetas. Como no sabíamos la cantidad de bicarbonato, consultamos rápidamente por internet (<http://es.wikibow.com/aliviar-la-acidez-estomacal>) y salió que era media cucharadita en medio vaso de agua. En el punto f) en esa misma página decía que se necesitaban una gota de jugo de limón pero en la guía decía que medio limón entonces hacíamos los dos. La cápsula de omeprazol se debió disolver en una pequeña cantidad de agua para poder medirle el pH. Luego se le midió el pH a cada preparación. Los resultados son los reportados en la siguiente tabla.

BEMEDIO	PH medido
a) Cerbeza	4.4
b) Bicarbonato en agua	8.6
c) Leche	6.3
d) Alka-Seltzer	7.9
e) Mylanta	8.4
f) Bicarbonato en agua caliente y 1/2 limón.	7.3
f) Bicarbonato en agua caliente y 5 gotas de limón	8.4
g) Omeprazol	5.0

El pH del HCl sin mezclar fue de 2.

Interpretación de Resultados y Conclusiones

Como el pH del HCl + bicarbonato en agua fue el más alto (8.6) consideramos que este fue el mejor remedio para doña Gabriela, aunque hay otros que tuvieron un pH que está cerquita del anterior como el de la mylanta, el del bicarbonato con gotas de limón y el del alkaeseltzer que también podrían servir.

Anexo2. Algunas fotografías de la actividad experimental realizada



