

SISTEMA DE UNIVERSIDADES ESTATALES DEL CARIBE COLOMBIANO

SUE CARIBE



La influencia de experiencias de laboratorio basada en la indagación científica en el aprendizaje de conceptos

Presentado por:

Andrés Fernando De la Ossa Albis

Directora:

Elvira Patricia Flórez Nisperuza Ph.D

UNIVERSIDAD DE CORDOBA

FACULTAD DE EDUCACION Y CIENCIAS HUMANAS

MAESTRÍA EN EDUCACIÓN

COLOMBIA

2018

Notas de aceptación

Presidente del jurado

Jurado

Jurado

Montería, abril de 2018

DEDICATORIA

A Dios por darme la perseverancia y la sabiduría para enfrentar tan arduo trabajo.

A mis padres Alfonso De la Ossa y Neoyorquina Albis por sus enseñanzas, desvelos y alegrías en el camino de mi crianza y formación.

A mi hijo Adrián David quien me anima a ser cada vez mejor persona y a cualificarme permanentemente en lo profesional.

A mi esposa Adriana Lucía Medina Paternina por su apoyo moral y anímico.

Andrés Fernando De La Ossa Albis

AGRADECIMIENTOS

El autor de la presente investigación, manifiesta sus más sinceros agradecimientos a:

La PhD. Elvira Patricia Flórez Nisperuza, quien más allá de su asesoría académica, me brindó su apoyo moral y anímico para enfrentar con fortaleza cada una de las etapas del proceso de investigación.

A los docentes y directivos de la Institución educativa la Ye, por brindarme los espacios y el apoyo para realizar este trabajo.

La Universidad de Córdoba y a la Maestría en Educación SUE Caribe, por brindar los espacios para una formación docente con calidad profesional y humana.

Los profesores Néstor Alberto Brun Bula, Francisco Javier Páez Arias y Manuel Silvestre Páez Mesa, por el aporte académico que hicieron al estudio.

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue determinar la influencia de las experiencias de laboratorio fundamentadas en la indagación científica en el aprendizaje de conceptos, comparada con modelos de enseñanza más tradicionales como el de transmisión-recepción, en estudiantes de noveno grado de la Institución Educativa la Ye de Sahagún. El estudio está enmarcado dentro del enfoque cuantitativo, y es de tipo cuasi-experimental con grupo de control y otro experimental con medidas intra e intergrupo antes y después de la intervención; sin embargo, hace uso de una técnica de análisis cualitativo para analizar las construcciones conceptuales logradas por los equipos de trabajo del grupo experimental, y además, se hizo una caracterización de los desempeños en las capacidades de indagación a través de un instrumento llamado Nivel de Indagación para Principiantes (NdICpP) en el mismo grupo. De los resultados de la investigación se pudo establecer tres aspectos: las estrategias basadas en la indagación científica logran mejores aprendizajes de conceptos; segundo, es posible construir conceptos mediante esta metodología con el apoyo de una uve de Gowin y tercero, los estudiantes mejoran la formulación de las hipótesis siempre que se les proporcione fuentes de información y los andamiajes pertinentes por parte del profesor.

Descriptor y palabras clave: alfabetización científica, construcción de conceptos, indagación y prácticas de laboratorio.

ABSTRACT

The aim of the present project was to determine the influence of the laboratory experiences based on scientific inquiry in the concepts learning, compared with more traditional teaching models such as transmission-reception, in ninth grade students of the Institution Educative “La Ye de Sahagún” the study is framed within of the quantitative approach, and quasi-experimental type with group control and another experimental with intra group and intergroup measures before and after the intervention; however; it may use of a qualitative analysis technique to analyze the conceptual constructions achieved by the team effort of the experimental group, and in addition, a characterization of the performances in the inquiry capacities was made through an instrumental called level of inquiry for beginners (NdICpP), in the same group. From the results of the research three aspects could be established: First, strategies based on scientific inquiry achieve better concepts learning, Second, it is possible to build up new concepts through the use of this methodology and with the support the V of Gowin and Third, students are be able to come up with better formulation of new hypothesis when the teacher provides them with the right information.

Descriptors and key words: scientific literacy, concept construction, inquiry and laboratory practices.

LISTA DE CONTENIDOS

CAPÍTULO I.....	6
1. EL PROBLEMA	6
1.1 Descripción del problema	6
1.2 Formulación del problema	13
1.3 Justificación de la investigación	14
1.4 OBJETIVOS	19
<u>1.4.1</u> Objetivo General	19
<u>1.4.2</u> Objetivos específicos.....	19
CAPÍTULO II.....	20
2. MARCO DE REFERENCIA	20
2.1 Estado del arte.....	20
2.1.1 Obstáculos en la implementación de la indagación científica integrada a trabajos prácticos de laboratorio: Dificultades y oportunidades de la educación científica en la escuela.....	23
2.1.2 <i>El aprendizaje de conceptos en Química con estrategias de enseñanza-aprendizaje fundamentadas en teorías constructivistas del aprendizaje.</i>	35
2.2 Marco Teórico-Conceptual	42
2.2.1 Los fundamentos de la enseñanza de las ciencias y su relación con los trabajos prácticos... 42	42
2.2.2 Los trabajos prácticos y el laboratorio	47
2.2.3 Las Competencias Científicas y la Indagación.....	51
2.2.4 La indagación científica	55

2.2.4.1 La indagación Científica: ¿Estrategia de enseñanza-aprendizaje de las ciencias?.....	59
2.2.4.2 ¿Qué tan efectiva es la indagación científica como modelo de enseñanza y aprendizaje de las ciencias?	60
2.2.5 Los conceptos y su aprendizaje	63
2.2.5.1 Aproximaciones al concepto de densidad	73
3. MARCO METODOLÓGICO.....	77
3.1 Enfoque de la investigación	77
3.2 Diseño metodológico	77
3.3 Población y muestra.....	78
3.3.1 Técnica del análisis de contenido cualitativo.....	79
3.3.2 Sistemas de Hipótesis	80
3.3.3 Operacionalización de variables	82
3.4 Instrumentos de medición y recolección de datos.....	83
3.4.1 Validez y confiabilidad de los instrumentos	88
3.5 Técnicas de análisis estadístico.....	92
3.6 Estructura e implementación de la Estrategia de Enseñanza-Aprendizaje basada en la indagación científica	92
3.6.1 Estructura de la guía de Laboratorio tipo indagación	102
3.7 Dinámica de la construcción grupal del concepto.....	104
3.8 Etapas de la investigación.....	107
CAPÍTULO IV.....	110
4. PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS	110

4.1 Análisis e interpretación de los datos cuantitativos	110
4.1.1 Prueba de normalidad y homocedasticidad	110
4.1.2 Comparaciones intergrupos	112
4.1.3 Comparaciones intragrupos	116
4.2 Determinación de las capacidades de indagación del grupo experimental: NdICpP	124
4.3 Análisis de la construcción grupal del concepto densidad del grupo experimental	129
4.3.1 Etapas del análisis cualitativo	131
4.3.1.1 Modelo de comunicación	131
4.3.1.2 Pre-análisis	132
4.3.1.3 Definición de las unidades de análisis	133
4.3.1.4 Elaboración de reglas de análisis	133
4.4 Discusiones finales	136
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	141
5.1 Recomendaciones	147
6. BIBLIOGRAFÍA	149

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Promedio de calificaciones en Ciencias Naturales de los grupos control y experimental (años lectivos 2014, 2015 y 2016).....	10
Tabla 2 Tipos de aprendizaje significativo de Ausubel según el objeto aprendido.....	66
Tabla 3 Tipos de aprendizaje significativo de Ausubel según el orden jerárquico.....	67
Tabla 4 Caracterización de las muestras.....	79
Tabla 5 Operacionalización de la variable dependiente.....	83
Tabla 6 Diferencias entre el NPTAI y el NdICpP.	85
Tabla 7 Categorías de indagación del NdICpP y sus respectivas rúbricas de valoración.....	85
Tabla 8 Diferencias entre la guía de laboratorio tipo indagación científica y la guía tipo instruccional.....	104
Tabla 9 Distribución temporal de la estrategia basada en la indagación científica.	109
Tabla 10 Estadísticos descriptivos del Pretest.....	110
Tabla 11 Estadísticos descriptivos del Postest.....	110
Tabla 12 Prueba de Shapiro - Wilk para verificar normalidad.....	111
Tabla 13 Prueba de Levene para verificar igualdad de varianza.....	112
Tabla 14 Prueba T para muestras no relacionadas del pretest.....	113
Tabla 15 Prueba T para muestras no relacionadas del postest.....	115
Tabla 16 Estadísticos descriptivos pre y postest - grupo de control.....	117
Tabla 17 Prueba T students para muestras relacionadas – grupo de control.	117
Tabla 18 Estadísticos descriptivos del pre y postests - grupo experimental.....	119
Tabla 19 Prueba T students para muestras relacionadas - grupo experimental.....	119
Tabla 20 Escala de valoración institucional de los desempeños académicos.....	121

Tabla 21 Pregunta de investigación y sus respuestas de referencias.	133
Tabla 22 Respuestas a la cuestión ¿Qué es la densidad?	134

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Porcentaje de estudiantes en cada desempeño - pruebas saber Ciencias Naturales años lectivos 2012, 2014 y 2016.....	11
Figura 2 Dimensiones de la competencia científica y las capacidades de la indagación.	53
Figura 3. Tipos de aprendizaje significativo según Ausubel.	68
Figura 4. Etapas del desarrollo cognitivo según el aprendizaje por descubrimiento de Bruner	72
Figura 5. La densidad como concepto estructurante.	74
Figura 6. Esquema diseño experimental.	78
Figura 7. Sistemas de hipótesis según el tipo de comparación: intra o intergrupo	81
Figura 8. Fases de validación y optimización del instrumento Nivel de Indagación Científica para Principiantes (NdICpP).....	91
Figura 9. Etapas y procesos de la estrategia de enseñanza – aprendizaje con base en la indagación científica.	102
Figura 10. Puntuaciones medias de las dimensiones en los grupos de estudio en el postest.....	121
Figura 11. Porcentaje de estudiantes en cada uno de los desempeños académicos del postest.....	122
Figura 12. Número de estudiantes del grupo experimental en cada uno de los desempeños académicos.	124
Figura 13. Determinación de los Niveles de Indagación Científica de los equipos de trabajo del grupo experimental.	126
Figura 14. Etapas del análisis de contenido cualitativo	130
Figura 15. Uve de Gowin final del equipo E5. Fuente: elaborada por el investigador (2017).	131

LISTA DE ANEXOS

Anexo A. Guía de laboratorio: densidad como propiedad intensiva de la materia.....	156
Anexo B. Test aplicado antes y después de la intervención en los grupos de control y experimental.....	164
Anexo C. Presentación de resultados en las V de Gowin por los equipos de laboratorio -grupo experimental.....	169
Anexo D. Puntuaciones del pretest de los grupos.....	170
Anexo E. Puntuaciones del postest de los grupos.....	172

INTRODUCCIÓN

La alfabetización científica se ha convertido en un propósito global clave para hacerle frente a los actuales desafíos de la humanidad, en especial a los relacionados con la salud, la calidad de vida, el uso de recursos naturales y fuentes energéticas. Es evidente que las decisiones relacionadas con estos aspectos, tienen repercusiones medioambientales y económicas que demandan la importancia de educar ciudadanos críticos y responsables frente a los avances científicos, puesto que son las personas las que finalmente deciden qué productos consumir, qué fuentes de energía y medios de transporte utilizar (Romero, 2017).

En este contexto, la indagación científica representa la forma más apropiada en la que se debe abordar la enseñanza y aprendizaje de las ciencias en la escuela, teniendo en cuenta su amplio uso y aprobación en los más recientes proyectos e informes de investigación en el campo de la didáctica de las ciencias experimentales (Martínez, López, Lucio y Jiménez, 2014). A favor del uso de la indagación científica encontramos, por ejemplo, la opinión de Lederman, Lederman y Antink (2013), quienes afirman que la mejor forma de aprender ciencia es a través de la indagación. En este mismo sentido, Romero (2017) ilustra los resultados de una serie de investigaciones que demuestran los beneficios de la indagación científica en la enseñanza de las ciencias. Según los hallazgos de su estudio, las investigaciones en las que se emplean metodologías que promueven la capacidad de pensar y argumentar con base en evidencias, representan un factor positivo, aunque moderado en la comprensión de ideas científicas, en especial cuando lo que se busca es la profundización del tema.

Por su parte, Couso (2014) señala que muchos trabajos de indagación se plantean sin un objetivo conceptual, en el que se pretende solo aprender a indagar. Según la investigadora, estas actividades muestran al método científico de una forma simplificada que termina distorsionando

la naturaleza de la ciencia. Visto de este modo, cuando los resultados en el aprendizaje de conceptos son negativos, más bien se deben a un mal enfoque de la indagación en las actividades académicas propuestas.

Este estudio en particular, realizado con estudiantes de noveno grado de la institución educativa la Ye del municipio de Sahagún Córdoba en la asignatura de Química, es una investigación de tipo cuasi-experimental con un diseño pre y posttest con grupo de control, que buscó establecer la influencia de las experiencias de laboratorio basadas en la indagación en el aprendizaje de conceptos, promoviendo, además, el desarrollo de la competencia científica para los ciudadanos desde la escuela. La investigación también hizo uso de una técnica de análisis de contenido como un medio de análisis de las construcciones conceptuales, puesto que la situación problema abordada por el grupo intervenido, buscaba la elaboración del concepto densidad, teniendo como referente de comparación, la definición formalizada en los libros de texto.

La investigación viene motivada por la resistencia de los profesores al cambio de la enseñanza de las ciencias desde el modelo de la transmisión-recepción en el establecimiento educativo, lo cual ha dejado como resultado un bajo desempeño académico tanto a nivel institucional como en las pruebas saber en el área de Ciencias Naturales, en especial las de grado quinto y noveno. Por otra parte, los procesos de enseñanza y aprendizaje propios de este modelo, no permiten el desarrollo de la competencia científica. El enfoque competencial de la enseñanza viene siendo promovida por el Ministerio de Educación Nacional (2004) y organismos internacionales como la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), los cuales incentivan la transición de un aprendizaje declarativo y memorístico a la aplicación del conocimiento (Crujeiras y Jiménez, 2015; Muñoz y Charro, 2017). En este contexto, se hace pertinente consolidar una educación científica en la institución, que ponga en acción las

competencias científicas desde los lineamientos curriculares, en donde se establezcan las pautas para su planificación y ejecución.

En el desarrollo del marco de referencias se describe en primer lugar, el estado del arte a partir del mapeo de investigaciones que han hecho aportes importantes al objeto de estudio. En segundo lugar, los fundamentos teóricos del modelo de enseñanza por investigación y de la indagación científica como estrategia de enseñanza-aprendizaje para fundamentar la secuencia didáctica necesaria para realizar la actividad, de tal forma que fueran coherentes con los principios de la metodología adoptada.

En relación al estado del arte se destacan dos aspectos fundamentales: inicialmente, las dificultades más prominentes que presentan los estudiantes al enfrentar actividades de indagación. Finalmente, las estrategias didácticas que mejor resultados han dado en el aprendizaje de los conceptos de mayor abstracción en la asignatura de Química. En suma, tales referentes se tuvieron en cuenta para el diseño de la guía de laboratorio y la secuenciación de las etapas en las que se desarrolló la estrategia con la finalidad de optimizar los eventuales resultados en el aprendizaje y por supuesto, en el desempeño de cada una de las capacidades necesarias para abordar los procesos de resolución de la tarea de la indagación científica.

Ahora bien, con base en los elementos teóricos y referentes investigativos registrados, el investigador diseñó un modelo de guía de laboratorio basado en la indagación científica partiendo de una situación problema, y siguiendo el modelo de investigación científica adaptado de *Assessment of Performance Unit* (como se citó en Camaño, 2003) con el cual se intervino al grupo experimental. Es preciso afirmar, que el proceso de indagación desarrollado por los estudiantes fue registrado en una uve heurística como herramienta de planeación y ejecución de la investigación propuesta en la situación problema. De forma paralela, en el grupo de control se

trabajó con el modelo de enseñanza por transmisión-recepción con práctica de laboratorio instruccional.

Con el propósito de mostrar la influencia de la experiencia de laboratorio tipo indagación en el aprendizaje de conceptos, se formularon hipótesis relacionadas con la comparación entre los grupos de control y experimental y la evolución dentro de los mismos grupos. La información obtenida de los contrastes recibió un análisis inferencial para determinar las variaciones significativas en el aprendizaje de conceptos, discriminado en las dimensiones de *conocimiento, comprensión y aplicación* en el marco de la taxonomía de Bloom.

Además de la determinación del efecto del tratamiento, el investigador caracterizó el desempeño de las capacidades propias de la indagación científica en el grupo experimental; para ello, utilizó un instrumento al que denominó Nivel de Indagación Científica para principiantes (NdICpP) adaptado del “Nuevo” *Practical Test Assessment Inventory* (NPTA) (Ferrés, Marbá y Sanmartí, 2014). En este sentido, hacer un análisis de las debilidades y fortalezas que se presentaron al implementar la estrategia y de este modo, realizar los ajustes necesarios para obtener mejores resultados en próximas experiencias. Las capacidades de indagación que se tuvieron en cuenta fueron: Formulación de hipótesis, diseño del experimento, identificación de variables, recogida y procesamiento de los datos y análisis de datos y obtención de conclusiones.

De los resultados de la investigación, se halla que las experiencias de laboratorio basadas en la indagación científica tienen una mayor influencia en el aprendizaje de conceptos, si se compara con el modelo de transmisión-recepción o en otros más tradicionales (Crujeiras y Jimènez, 2015; Ferrés et al., 2014; Romero, 2017); asimismo, permiten la construcción de conceptos a partir de problemas teóricos.

Por último, y con relación al desempeño en las capacidades de indagación evaluadas, el diseño del experimento y el análisis de los datos y la obtención de conclusión, siguen siendo tareas difíciles de resolver por los estudiantes, siendo esta última en donde se obtuvo el desempeño más bajo. Sin embargo, la formulación de la hipótesis presentó buenos desempeños en este estudio, pese a que las investigaciones más recientes, la reconocen como una capacidad compleja de asumir (Crujeiras y Jimènez, 2016; Crujeiras y Cambeiro, 2018).

El relativo éxito en la formulación de las hipótesis se atribuye a la disposición de referentes teóricos pertinentes y a los andamiajes apropiados por parte del profesor. De todos modos, esto no puede ser generalizado, ya que son múltiples los factores que pueden influir en el desarrollo de esta capacidad y de todas las necesarias para llevar a cabo una indagación como parte de una investigación en la escuela. No obstante, la regularidad con la que se realicen este tipo de actividades durante el año lectivo y progresivamente durante toda la escolaridad, son clave para lograr una realización exitosa de estos proyectos. Desde esta perspectiva, se busca consolidar una educación científica que contribuya con una sociedad crítica frente a los acelerados avances científicos.

CAPÍTULO I

1. EL PROBLEMA

1.1 Descripción del problema

Existen diferentes modelos didácticos para abordar los procesos de enseñanza aprendizaje de las ciencias, de los cuales, Ruiz Ortega (2007) consideraba a la enseñanza por Transmisión-recepción como la predominante en nuestros establecimientos educativos, aún con las impugnaciones teóricas que se oponen a su puesta en práctica. En este sentido, los estudiantes aprenden lo que los científicos saben sobre la naturaleza a través del portavoz del profesor, que como manifiesta Pozo Ignacio (1999), el docente se dedica a exponer de forma rigurosa, clara y precisa, los resultados de la actividad científica, con apenas algo de trabajo experimental. Según (Rivero y Porlán, 2017) la orientación de la enseñanza desde este modelo tiene las siguientes características:

- No se tienen en cuenta las ideas de los alumnos
- Los contenidos se presentan con una lógica disciplinar como un listado similar a los libros de texto
- La secuencia metodológica es transmisiva y viene determinada por la lógica de los contenidos
- La evaluación tiene como objetivo comprobar el nivel alcanzado de contenidos según los objetivos previstos

En estos términos, es fácil concluir que con la aplicación del modelo transmisionista, no es factible desarrollar competencias científicas, en especial la de indagación, la cual es de suma importancia en una educación en ciencia, que según Hernández (2005) son deseables desarrollar

en todos los ciudadanos independientemente del rol social que desempeñarán, debido a que ayudarán a comprender mejor su entorno y a tomar decisiones sociales más responsables.

A pesar de la conquista de modelos de enseñanza afines con el emergente modelo pedagógico constructivista, y a las evidencias aportadas por las últimas investigaciones en didáctica de las ciencias, los docentes se resisten fuertemente al cambio. Así que uno de los desafíos actuales para muchos docentes de ciencia, sigue siendo despegar del modelo de transmisión-recepción, para así lograr la integración de contenidos conceptuales, procedimentales y actitudinales en propuestas de enseñanzas enfocadas en el alumno (Liguori y Noste, 2013)

Al respecto, los informes PISA (*Programa Internacional para la Evaluación de Alumnos*) buscan incentivar la aplicación de conocimiento frente a la memorización de contenidos y hechos, para ello, proponen tres competencias científicas: identificación de cuestiones científicas, explicación de fenómenos científicos y uso de pruebas científicas; la primera de ellas, asociada a la indagación (Crujeiras y Jiménez, 2015; Muñoz y Charro, 2017). Sin embargo, la interconexión de las tres competencias permite el funcionamiento simultáneo de las mismas.

En el XXV encuentro de didáctica de las ciencias experimentales realizado en Santiago de Compostela - España (2012), se llegó a consenso unánime, de que la mejor manera de aprender ciencias es tomando parte de prácticas científicas de construcción del conocimiento. “Estas prácticas son de naturaleza cognitiva y discursiva y pueden llevarse a cabo en contextos de experimentación o en otros, como pueden ser debates y toma de decisiones sobre cuestiones socio-científicas” (Jiménez, 2012, p. 9).

No ajena a las aportaciones de modelos pedagógicos emergentes, la Institución Educativa la Ye adoptó en su Proyecto Educativo Institucional (PEI), el modelo del cambio conceptual desde la perspectiva del constructivismo para la enseñanza de las ciencias en el establecimiento. Reconociendo que se deben cambiar sustancialmente los métodos de enseñanza tradicionales que propenden el aprendizaje memorístico, tal como deja manifiesto en el manuscrito:

se debe emplear, por el contrario, el desarrollo de conferencias, las exposiciones, demostraciones prácticas, ejercicios de solución de problemas y trabajos de laboratorio, los cuales deben usarse para crear conflictos, debates y discusiones cognitivas entre los estudiantes, para presentar nuevas alternativas en la explicación de los fenómenos, como una preparación para iniciar procesos de acomodación (p. 143).

Para ello, propone fundamentalmente dos estrategias de enseñanza-aprendizaje para el área de las Ciencias Naturales acorde con la propuesta: el mapa conceptual y la uve heurística; esta última, escasamente conocida como para hacerla funcional por los profesores que asumen su enseñanza en la institución.

A pesar de las orientaciones plasmadas en el PEI, la realidad de las prácticas de aula es otra; más bien, se ajustan al revaluado modelo de transmisión – recepción, lo que se evidencia en las clases expositivas: “nos pasamos el bloque completo de clase copiando y escuchando al profesor, algunas veces leyendo copias para encontrar definiciones”, responde un estudiante de 7° cuando se le pregunta sobre la forma en cómo da las clases su maestro de Ciencias Naturales (año lectivo 2016). Dado el contexto, es apenas natural que las prácticas de laboratorio no tengan oportunidad dentro de las estrategias elegidas por los profesores, para llevar a cabo los procesos curriculares del área, tal como expresa un estudiante de 8° “en sexto grado realizamos

una práctica en la que cortamos un mango y le echamos sal – salía un agua... en séptimo no realizamos ninguna” (año lectivo 2016).

López y Tamayo (2012) afirman que las principales razones por la que no se realizan prácticas de laboratorio son: el desconocimiento de experiencias sencillas que se desarrollan con materiales asequibles y de bajo costo, la escasa dotación de materiales y reactivos y la sustitución de las horas de prácticas por horas de teoría y ejercitación para el cumplimiento de los extensos contenidos programáticos, con éstas dos últimas, los profesores de ciencia de la institución justifican la omisión de experiencias de laboratorio en sus prácticas de aula, aun cuando la consideran muy importante en el aprendizaje de conocimientos científicos.

Aunque la institución cuenta con un espacio para la realización de prácticas de laboratorio, carece de los requerimientos mínimos de seguridad tales como: ventilación o cámara de extracción de gases, extintores, salida de emergencia y duchas. En cuanto a recursos didácticos, dispone de los suficientes materiales para la realización de variadas prácticas; sin embargo, cuenta con una sola balanza y unos pocos reactivos hasta el momento, tampoco tiene mesones ni instalaciones de gas y agua.

No obstante, en el eventual hecho de disponer de un aula especializada para la realización de experiencias de laboratorios en Ciencias Naturales, dotada con los materiales, aparatos y reactivos, no se resolvería el problema, si los profesores encargados del área continúan orientando las escasas actividades experimentales con guías meramente instruccionales, tal como se evidencia en las observaciones realizadas en la institución. Por tanto, existe la necesidad de contribuir en la modelación de experiencias y guías de laboratorio que ayuden tanto a profesores como a estudiantes a desarrollar indagaciones científicas en la escuela. Así las cosas, el estudio pretende reunir evidencia empírica “in situ”, que muestre la potencial efectividad de las

experiencias de laboratorio basadas en la indagación en el aprendizaje de conceptos, además de permitir el desarrollo de competencias científicas y aportar al conocimiento de la naturaleza de las ciencias.

En este contexto, es de esperar que la situación académica de la I. E. la Ye en el área de Ciencias Naturales, no sea la más alentadora, tal como lo evidencian las calificaciones internas y los resultados de pruebas externas. Las primeras se obtuvieron a partir de los consolidados anuales del área de Ciencias Naturales de los grupos control y experimental del presente estudio, durante los años lectivos 2014, 2015 y 2016, en los que se aprecia desempeños básicos cercanos al límite inferior (3.2), como lo indica la tabla 1.

Tabla 1

Promedio de calificaciones en Ciencias Naturales de los grupos control y experimental (años lectivos 2014, 2015 y 2016).

Grupo	Año lectivo		
	2014	2015	2016
Control	3.6	3.3	3.2
Experimental	3.4	3.3	3.3

Nota: Escala de valoración - Bajo (Menor que 3.2), Básico (de 3.2 a 3.9), Alto (de 4.0 a 4.5) y Superior (de 4.6 a 5.0).

Fuente: Elaborada por el investigador (2016) a partir de planilla de notas.

Cabe señalar que la información obtenida de la base de datos de la institución no representa en su totalidad el desempeño académico, ni mucho menos discrimina la contribución de cada uno de los saberes tenidos en cuenta para valorar el rendimiento de los grupos; *por tanto, no tiene los detalles que permitan conocer los niveles de desarrollo en los conocimientos disciplinares*; sin embargo, constituye un indicador aproximado, con el que se puede inferir que

existen deficiencias en la forma cómo se planifica y llevan a cabo los procesos de enseñanza y aprendizaje.

En atención a los resultados de las pruebas externas, se tomó como referente las tres últimas aplicaciones de la prueba Saber 9° en la que se evaluó el área Ciencias Naturales. La gráfica muestra altos porcentajes de estudiantes en los desempeños insuficiente y mínimo; por tanto, muy bajos porcentajes en los desempeños satisfactorio y avanzado, lo que demuestra la baja calidad en el aprendizaje y en el nivel de desarrollo de competencias específicas que evalúa la prueba (indagar, uso del conocimiento científico y explicación de fenómenos).

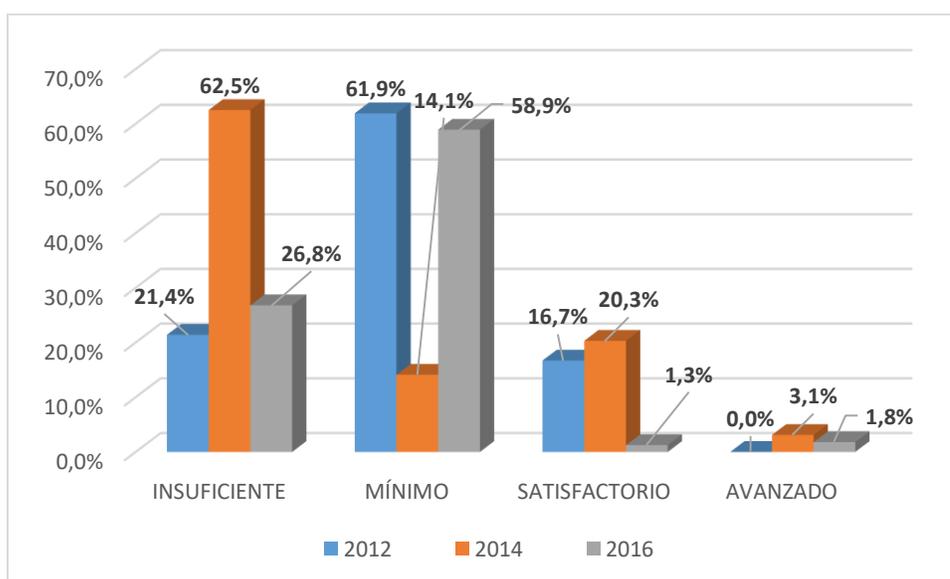


Figura 1 Porcentaje de estudiantes en cada desempeño - pruebas saber Ciencias Naturales años lectivos 2012, 2014 y 2016.

En respuesta a la problemática, se hace imperativo acudir a las metodologías que han dado mejores resultados en el aprendizaje de conceptos, principios y leyes que rigen los fenómenos naturales y que además, promuevan el enfoque competencial de la ciencia en la escuela.

En relación al estudiante Layeista, es alentador decir que posee una motivación endógena para realizar experiencias de laboratorio, por lo menos en lo que respecta al manejo de aparatos y manipulación de reactivos; también es causa de motivación, el imaginario fantástico que tienen de los experimentos, producto de la influencia del cine y la televisión. Asimismo, estas condiciones de trabajo académico representan para ellos una salida de la rutinaria clase de naturaleza transmisionista, en las que se pasan horas en un salón de clases copiando y escuchando los conocimientos impartidos por el profesor.

Pese al interés generalizado de realizar prácticas de laboratorio, los estudiantes ni siquiera han tenido la oportunidad de experimentar, o por lo menos, con muy poca frecuencia, trabajos prácticos tipo instruccional, así que se tiene una población en la que este tipo de estrategias no son nada comunes para ellos, lo que constituye un escenario inexplorado desde esta perspectiva de la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias en el contexto, y que permite una confrontación natural y equitativa entre dos tipos de prácticas de laboratorio consideradas para el estudio, en consecuencia, de los modelos de enseñanza contrastados en relación a la influencia que puedan tener en el aprendizaje de conceptos.

Finalmente, es importante señalar que el PEI no tiene en cuenta al modelo de enseñanza por investigación, ni mucho menos, a la indagación científica como estrategia de enseñanza-aprendizaje dentro de las metodologías con las cuales se puedan lograr los objetivos y las metas del área de ciencias naturales, lo que hay que entender como una deficiencia en el currículo de la institución, por un lado, porque estudios recientes han mostrado el efecto positivo de la indagación en el aprendizaje de conceptos (Romero, 2017), por otro lado, porque permite el desarrollo de la competencia científica (Ferrés et al., 2014).

1.2 Formulación del problema

Una vez expuesta la problemática y las características del contexto, cabe preguntarse entonces, ¿El aprendizaje de conceptos es más efectivo cuando se trabaja con la metodología de la indagación científica basada en prácticas de laboratorio de esta naturaleza que con la enseñanza por transmisión-recepción y el laboratorio instruccional? ¿Cómo será el desempeño en las capacidades de indagación en un grupo que se somete por primera vez a una actividad de este tipo? Ahora, teniendo en cuenta que la pregunta de investigación abordada por el grupo experimental busca la conceptualización de la densidad como propiedad de la materia, surge también la cuestión ¿Es posible la construcción de conceptos a partir de trabajos prácticos de laboratorio basados en la indagación científica? Este conjunto de cuestionamientos alrededor de la enseñanza de la química, tributan a una importancia capital y llevan a centrar la atención en una pregunta de investigación integradora relacionada con ¿Es posible lograr altos niveles de aprendizaje de conceptos con estrategias basadas en la indagación como un intento de iniciar la alfabetización científica de la institución educativa la Ye? ¿Cuáles son las mejoras previsibles al aplicar estrategias de indagación como fundamento de las prácticas de laboratorio en el aprendizaje de la Química?

Por la forma en cómo se plantean los tres primeros cuestionamientos, surgen tres estudios, uno principal y dos secundarios que sirven de apoyo para darle el sentido integrador pretendido por el investigador: El estudio central tiene un enfoque cuantitativo que busca determinar la influencia de la indagación científica en el aprendizaje de conceptos comparada con el modelo de enseñanza por transmisión-recepción. El segundo busca determinar los desempeños alcanzados en cada una de las capacidades que exige el proceso de indagación por el grupo experimental, con el fin de mejorar la estructuración de las guías, y con ello, los

andamiajes que permitan mejorar el proceso de implementación de la estrategia en nuevas oportunidades. Finalmente, un tercer estudio que tiene el objetivo de valorar las construcciones conceptuales por equipos de trabajo en el mismo grupo experimental mediante una técnica de análisis cualitativo, de manera que se compare las definiciones inventadas por los estudiantes con la definición formal expuestas en los libros de texto. Sin embargo, los tres estudios siguen un tratamiento integrado, por cuanto son planteados desde los objetivos específicos, así que no se establece una delimitación estructural durante el desarrollo de la investigación.

1.3 Justificación de la investigación

La exposición directa de los temas por parte del docente haciendo uso del lenguaje técnico de la ciencia, sin mediar cognitivamente en una interlocución entre el experto y el aprendiz, es un tratamiento didáctico característico del modelo de enseñanza por transmisión-recepción que resulta en un aprendizaje superficial sin ningún significado, y que por supuesto, no da cabida al desarrollo de las competencia científicas. En respuesta a la resistencia de seguir implementando dicho modelo en la institución educativa la Ye, desconociendo en primer lugar lo establecido en el PEI, y en segundo lugar, a las investigaciones más recientes en didáctica de las ciencias, las cuales según (Vásquez, Manassero, Bennássar y Moralejo, 2012) se han centrado en la mejora del aprendizaje de las ciencias con el objetivo de desarrollar un currículo apropiado y, de clarificar la eficacia de los diferentes métodos de la enseñanza en el aula.

Ante esta situación, es apenas pertinente diseñar estrategias de enseñanza aprendizaje de naturaleza constructivista, en este caso, basadas en experiencias prácticas de laboratorio fundamentadas en la indagación científica, teniendo en cuenta que representan en la actualidad,

la salida más favorable en relación a la demanda de introducir las competencias científicas básicas para todos los ciudadanos y que propendan un aprendizaje más significativo. Al respecto Ferrés et al. (2014) afirman:

La utilización de la indagación en las actividades escolares puede constituir un elemento de innovación y progreso hacia modelos de la didáctica de las ciencias no centrados exclusivamente en la transmisión de conocimientos y que persiguen los objetivos del enfoque competencial de la enseñanza (p. 22).

Ahora bien, las prácticas de laboratorio representan estrategias apropiadas para la puesta en acción las destrezas propias de la indagación científica, siempre que se contemple dentro de su dinámica la elaboración de hipótesis, el diseño e implementación de experimentos, la recolección y análisis de datos; elementos perfectamente compatibles e integrables con los trabajos prácticos de laboratorio.

Este modelo de guía de laboratorio en particular busca la formación de conceptos propios de las ciencias naturales, en especial en la asignatura de Química a través de experiencias prácticas fundamentadas en la indagación científica, y darles explicaciones desde perspectivas propias, guiadas por medio de referentes teóricos relacionados y del pensamiento divergente que los estudiantes puedan producir. El mismo Ausubel como se citó en Gil (1983) reconoce que es más provechoso la formación de conceptos que su asimilación, privilegiando los trabajos prácticos y la resolución de problemas en lugar de la enseñanza por transmisión verbal.

De esta manera, determinar el aprendizaje de conceptos, usando como referente *tres niveles de la taxonomía de Bloom (conocimiento, comprensión y aplicación)*. Es pertinente precisar que el desarrollo de prácticas de laboratorio emplea la V heurística para la elaboración de los conceptos, teniendo en cuenta, por un lado, la integración conceptual y procedimental que

permite esta herramienta metacognitiva, y que puede ser aprovechada para consolidar el concepto “objetivo”. Por otro lado, el reconocimiento de esta estrategia como una aliada importante de las prácticas de laboratorio (Ramos, 2009).

Las prácticas de laboratorio tipo indagación constituyen una herramienta importante en las estrategias didácticas que garantizan el uso y desarrollo de competencias científicas básicas e intelectuales que coadyuvan en la comprensión de los conceptos, leyes y teorías de alto grado de abstracción. Este proyecto buscó determinar el nivel de indagación alcanzado por los equipos de trabajo, y fomentar el uso de la competencia científica al servicio del aprendizaje de conceptos en química.

Por tanto, resulta relevante innovar en la didáctica de las ciencias desde la perspectiva de la indagación, para así lograr la alfabetización científica que garantice el desarrollo de competencias propias de este campo, y desde los niveles más bajos de escolaridad, teniendo en cuenta los avances, las dificultades y sugerencias expuestas en investigaciones previas (Ferrés et al., 2014).

Una vez expuesto el problema y las razones que motivan al investigador al abordaje de esta temática, es de notar que el estudio representa un proyecto pionero en la Institución Educativa la Ye, a cuenta de que se busca la implementación de una educación científica tal como la plantea los lineamientos de la didáctica y los estándares básicos de competencias en ciencias (Ministerio de Educación Nacional, 2004) entendido como un pilotaje que busca cubrir simultáneamente en las actividades académicas los dos pilares de la alfabetización científica: aprender “de” y “acerca” de Ciencias, aspectos que se definen con precisión en el marco teórico-conceptual.

Se espera que esta investigación sea el punto de partida para la transformación de los procesos curriculares que orientan el área de Ciencias Naturales y Educación Ambiental de la Institución Educativa la Ye, más aún cuando el PEI se encuentra en resignificación, por lo que resulta oportuno proponer cambios estructurales que mejoren la calidad educativa del área, en concreto, poner en consideración al consejo académico y al grupo de gestión (encargado de liderar la resignificación del PEI), los siguientes planteamientos:

- Situar al modelo por investigación como referente principal en la enseñanza de las ciencias Naturales
- Establecer a la indagación científica como una estrategia de enseñanza-aprendizaje fundamental en la planeación de las prácticas de aula.
- Sugerir el modelo de guía de laboratorio de este proyecto para suscitar la elaboración de variadas experiencias prácticas basadas en la indagación científica que consoliden un manual institucional.
- Hacer funcional la uve de heurística en la planeación, ejecución y socialización de experiencias prácticas de laboratorio.

A consecuencia de los cambios sugeridos, se espera lograr una mejora en los resultados de las pruebas internas y externas, de modo que un gran porcentaje de estudiantes se ubiquen en los desempeños satisfactorio y avanzado en relación con las pruebas saber, para los grados noveno y once. Además, favorecer el desarrollo del pensamiento científico, tal como lo establece el MEN (2004) dentro de “las grandes metas de la formación en ciencias en la Educación Básica y Media”. En este mismo sentido, fortalecer el desarrollo de la competencia científica, la cual es objeto de evaluación en la prueba internacional PISA.

En conclusión, es responsabilidad de la escuela cimentar una cultura científica con el firme propósito de preparar ciudadanos con un sentido crítico frente a la literatura y a los avances tecno-científicos, y de esta forma, puedan adoptar posiciones razonables en aras de rechazar aquellos que afectan la salud humana o que causen desequilibrios en los ecosistemas y del medio ambiente en general. Esto no es factible de conseguir, mientras el ciudadano “común” no tenga apropiamiento mínimo del corpus de conceptos, principios y leyes de los fenómenos naturales de los cuales el hombre ha hecho uso para poner al servicio de la humanidad, todos los adelantos científicos.

En este orden, las valoraciones del presente proyecto de investigación están asociadas, además, a que los resultados obtenidos se constituyan en referentes investigativos de impacto y valor para otros estudios orientados en acentuar una educación científica, de manera que posicione a la educación básica y media como escenario clave para forjar la cultura de la ciencia.

Desde luego, son numerosas las investigaciones que contrastan modelos de enseñanza de las ciencias (Furtak, Seidel & Heidy, 2012; Romero, 2017); sin embargo, ésta en particular, cuenta con un análisis cualitativo que le permite no solo determinar estadísticamente la efectividad de un modelo frente a otro, esto desde el paradigma cuantitativo; sino que además, busca determinar los alcances de la construcción del concepto en tratamiento, ya que tiene como objetivo, su formación y análisis, arbitrado con los referentes teóricos pertinentes, esta vez desde una técnica de análisis cualitativo, lo que le permite al estudio poner a juicio la aproximación del concepto “inventado” con el concepto formal.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo General

- Establecer la influencia de la metodología de indagación científica como fundamento de las prácticas de laboratorio en el aprendizaje de conceptos de Química en estudiantes de noveno grado de la Institución Educativa la Ye de Sahagún-Córdoba.

1.4.2 Objetivos específicos

- Diseñar e implementar un modelo de prácticas de laboratorio fundamentada en la indagación científica.
- Comparar el efecto de las experiencias de laboratorio basadas en la indagación científica y del modelo de Transmisión-recepción con prácticas de laboratorio instruccional en el aprendizaje de conceptos.
- Determinar el nivel de indagación científica de los equipos de trabajo del grupo experimental.
- Analizar el proceso grupal de construcción del concepto densidad desde los informes registrados en las uves heurísticas del grupo experimental mediante una técnica de análisis de contenido cualitativo.

CAPÍTULO II

2. MARCO DE REFERENCIA

2.1 Estado del arte

En este apartado se presenta un registro teórico del cual se sustenta la configuración de la estrategia de enseñanza-aprendizaje puesta a prueba en este estudio, a fin de darle las características de una investigación escolar con fundamento en la indagación científica; también se describen investigaciones que a nivel nacional e internacional guardan relación importante con el tema de investigación en curso, es decir, con el diseño e implementación de estrategias de enseñanza - aprendizaje que contribuyen esencialmente al aprendizaje de conceptos en el área de ciencias, especialmente de la asignatura de Química y, que consolidan las competencias científicas en la escuela y resaltan la pertinencia y relevancia de la investigación realizada, la cual es titulada “*Influencia de experiencias de laboratorio basadas en la indagación científica en el aprendizaje de conceptos*”. Esta revisión permite identificar las dificultades y avances más relevantes en la implementación de actividades basadas en la indagación científica y de esta manera aprovechar estas experiencias con propósito de diseñar la estrategia propuesta en esta investigación.

Para diseñar una actividad de indagación científica para la escuela, hay que partir de la definición original y continuar con los aportes y transformaciones que este término ha sufrido camino a su contextualización en el ámbito escolar, las cuales se detallan en el marco teórico conceptual. De este modo, el concepto base surge de los Estándares Nacionales de Educación científica de los Estados Unidos, el cual plantea la indagación como una actividad que implica acciones propias de los científicos, tales como: la observación, la planificación de la

investigación y la revisión de diferentes fuentes de información, con las que se contrastan los resultados experimentales (National Science Education Standards, 1996).

La definición anterior constituye el punto de partida para la implementación de estrategias didácticas que propenden el desarrollo de la competencia científica, así por ejemplo, Cañal (2013) clasifica a la indagación científica como la dimensión metodológica de esta competencia, en la que se requiere desplegar capacidades como la identificación de problemas, el diseño de la investigación, obtención y procesamiento de la información y la formulación de conclusiones argumentadas, aunque el nombre de las capacidades puede variar de un autor a otro, como se aprecia en los trabajos de (Crujeiras y Jiménez, 2015; Ferrés et al., 2014).

Como se deja ver en las definiciones, las estrategias basadas en la indagación permiten no solo el aprendizaje de conceptos propios de las ciencias naturales (saber de “ciencias”), sino también la familiarización con la naturaleza de las ciencias (saber “sobre” ciencias), ésta última entendida cómo las formas de construir y validar el conocimiento científico y, en conjunto, la alfabetización científica desde el contexto escolar (Vásquez, Manassero, Acevedo y Acevedo, 2007).

La forma en la que se implementa estrategias de naturaleza indagatoria, varía de un autor a otro, no obstante, lo que realmente importa es poner en funcionamiento acciones que promuevan el desarrollo de las capacidades que definen la competencia científica, procurando la significatividad de los aprendizajes en el contexto científico-escolar (cañal, 2003). De todos modos, hay que advertir que la forma en cómo se plantean y desarrollan las actividades de indagación, depende del grado de autonomía que se les confiere a los estudiantes, dicho de otro modo, del grado de estructuración de la tarea (Martin, 2000).

Para el caso particular de esta investigación, se diseña una guía de laboratorio que parte de una situación problema contextualizada a saberes cotidianos. Se tuvo en cuenta principalmente tres fundamentos teóricos para este propósito; por una parte, las recomendaciones de Gil y Valdés (1996) para llevar a cabo prácticas de laboratorio de carácter investigativo; por otra parte, las etapas básicas que según *Assessment of Performance Unit*, 1984 debe tener una secuencia didáctica en la que se busca implementar el modelo de enseñanza por investigación; por último, los elementos que según Hodson (1994) permiten la práctica científica escolar con fundamentación epistemológica.

La revisión de estudios relacionados se realiza desde dos grandes categorías, partiendo en cada una, de investigaciones de carácter internacional. La primera hace énfasis en las dificultades más comunes que presentan los estudiantes al desarrollar competencias científicas propias de la indagación, tanto en el nivel de educación superior como en la escuela; además de la forma en cómo se superan los obstáculos más frecuentes en los estudios que abordan la aplicación de trabajos prácticos de laboratorio como centro de estrategias de enseñanza – aprendizaje, y que inhiben la asiduidad merecida de las mismas. La segunda categoría de análisis, centra su atención en el aprendizaje de conceptos logrado con el uso de diferentes estrategias de enseñanza-aprendizaje basadas en la indagación científica y en otras de naturaleza constructivista. Aunque en las investigaciones de ambas categorías se asume el aprendizaje de conceptos, la separación obedece a la prioridad que los investigadores les dan en sus respectivos estudios.

Finalmente se hace una breve discusión acerca de los puntos de convergencia entre los autores citados en las categorías de análisis antes descritas, además de los aspectos que más interés han despertado a nivel nacional e internacional en relación con el objeto de estudio.

2.1.1 Obstáculos en la implementación de la indagación científica integrada a trabajos prácticos de laboratorio: Dificultades y oportunidades de la educación científica en la escuela.

Bajo la delimitación trazada por los elementos que caracterizan a esta categoría, y en el ámbito internacional, se enmarca la investigación realizada en España por Crujeiras y Jiménez (2014) con estudiantes de maestría de diferentes especialidades en áreas de las ciencias factuales, en la cual plantean los desafíos que representan las actividades abiertas de indagación en el laboratorio y en la que buscaron articular los conocimientos teóricos y prácticos en las prácticas científicas.

Este estudio tiene un enfoque cualitativo, con una metodología de estudio de caso, realizada con cuatro grupos de estudiantes de maestría, centradas en la realización de prácticas de laboratorio “abiertas”. Tiene por objetivo poner en acción actividades propias de la indagación científica en favor del aprendizaje de las ciencias en lugar de las prácticas habituales o de tipo instruccional. El estudio hace énfasis en dos aspectos. Por un lado, el rastreo de las dificultades y desafíos que implica el diseño e implementación de prácticas de laboratorio con problemas abiertos; por el otro, la influencia del apoyo docente o andamiaje necesario para guiar a los estudiantes en el cumplimiento de la tarea, todo esto, teniendo en cuenta la alta complejidad cuando se trata de resolver problemas de este tipo, en lugar de seguir instrucciones preestablecidas de resultados “anticipados”.

Del análisis de los resultados obtenidos se observa que a los estudiantes les cuesta planificar el diseño del experimento, puesto que recurren al ensayo y error para configurarlo, cuando lo ideal, es la búsqueda de la posible causa del fenómeno para entonces decidir de manera sustentada el conjunto de acciones a ejecutar como propuesta de solución que satisfaga la

hipótesis emanada de una revisión teórica y conceptual, no lo contrario. En cuanto al andamiaje de los maestros, es preciso afirmar, que son imprescindibles en la realización de prácticas de indagación. Las pistas, las indicaciones, las preguntas abiertas y la activación del conocimiento teórico, son recursos de apoyo sin los cuales sería difícil completar la tarea de forma autónoma.

De esta experiencia de investigación, se toma como referencia los desafíos que representan los trabajos abiertos de indagación en el laboratorio a la hora de implementar este tipo de prácticas, teniendo en cuenta que son difíciles de enfrentar aún para maestrantes, por lo tanto, se hace necesario diseñar prácticas de laboratorio de indagación guiada, que se adecuen al nivel académico y al contexto de la población sujeta a estudio, con el fin de que sean factibles de realizar, y de este modo, no se pierda el entusiasmo que suscita la realización de prácticas de laboratorio y, que por el contrario, se tornen frustrantes.

Igualmente se identifican las capacidades de indagación más difíciles de desarrollar por los estudiantes, muy pertinente teniendo en cuenta que el investigador tiene dentro de sus objetivos, caracterizar los desempeños en las distintas capacidades de indagación; de esta forma, adecuar la tarea y preparar andamiajes necesarios para facilitar el desarrollo de ésta práctica, y otras que se diseñen con el propósito de consolidar un manual de guías de laboratorio de investigaciones científicas en el marco institucional.

En el ámbito de la educación básica secundaria y media, se encuentra la investigación realizada en España por Crujeiras y Cambeiro (2018) en la que implementan una experiencia de indagación cooperativa para aprender ciencias mediante prácticas científicas, en la que buscaba promover la actividad científica a través de una práctica de indagación cooperativa en un aula de 4° de Educación Secundaria Obligatoria (ESO). En el estudio participan 9 estudiantes organizados en cuatro grupos, los cuales se caracterizan por estar desencantados con la ciencia y

con la Física y la Química en particular. La investigación tiene por objetivo determinar el desempeño de los grupos en cinco categorías o dimensiones propias de la indagación científica: Preparación de la experiencia, experimentación y toma de datos, comunicación de resultados, Análisis y establecimiento de conclusiones y Trabajo cooperativo. Para ello, utilizaron un instrumento sencillo estableciendo una rúbrica de tres niveles (2, 1 y 0) en donde 2 representa el máximo desempeño de cada categoría. Los resultados de esta investigación muestran los bajos desempeños en actividades científicas, en especial a lo referente a la preparación de la experiencia y el análisis y establecimiento de conclusiones, es más, algunos grupos omitieron la entrega de tareas relativas a las dimensiones de indagación relacionadas, por tanto, obtuvieron una calificación de cero en dichas dimensiones.

El estudio en mención no tiene en cuenta ningún aprendizaje de conceptos, puesto que solo busca determinar la pelota más saltarina teniendo en cuenta la altura y el número de botes, masa, volumen y tipo de material; aunque los investigadores dejan abierta la posibilidad de usar esta actividad para la enseñanza de la caída libre y los choques inelásticos. En relación a esto, hay que decir que una de las críticas más pronunciadas acerca de la implementación de estas actividades, es la de carecer de un aprendizaje de conceptos bien definido entre sus objetivos, y usarla con el único propósito de aprender a indagar (Couso, 2014).

A pesar de estos señalamientos, se considera relevante obtener la mayor cantidad de referentes de investigación que pongan de relieve las capacidades o categorías propias de la indagación en donde se presentan los desempeños más bajos, o que resultan más complejos de desarrollar por los estudiantes, de esta manera y por un lado, explicar los desempeños presentados por los equipos de trabajo en el laboratorio del grupo experimental; por el otro,

concentrar esfuerzos que maximicen el desarrollo de las capacidades que demandan mayor esfuerzo.

Se sigue con el estudio de González y Crujeiras (2016) que al igual que los anteriormente citados, se realizó en España. En esta investigación se buscó el Aprendizaje de las reacciones químicas a través de actividades de indagación en el laboratorio empleando cuestiones relacionadas con la vida cotidiana. Se presenta con un enfoque cualitativo en la que usa una estrategia de análisis de contenido para describir de forma sistemática el material cualitativo producido. Los investigadores obtuvieron los datos a partir de las respuestas escritas del alumnado organizados en grupos de dos clases de Escuela Secundaria Obligatoria (A y B) en relación a las demandas de la tarea registradas en los informes finales; entre ellas: identificación del problema, reconocimiento de hipótesis, selección de materiales, selección de cantidades, diseño del procedimiento, obtención de datos e interpretación de resultados y establecimiento de conclusiones; todo esto en una matriz de comparación relativa a las respuestas correctas. Con este objetivo, se plantean dos actividades de indagación consecutivas con el propósito de establecer si lo aprendido es fácilmente aplicable a otro contexto (transferencia del conocimiento), por lo que esperaban encontrar una evolución en el desempeño de las tareas, de una actividad a otra. Las respuestas emitidas por los estudiantes en cada una de estas operaciones se comparaban con las respuestas de referencias y se clasificaron en respuestas correctas, respuestas incorrectas y ausencia de respuesta.

Este estudio corrobora como en los anteriores, que el diseño del experimento sigue siendo la categoría de indagación que presenta mayor dificultad para los estudiantes, posiblemente porque estaban acostumbrados a ejecutar procedimientos, mas no a diseñarlos; establecieron además, que no existe una evolución clara en el desempeño de las operaciones de indagación de una actividad

a otra, es decir, no se encontró un patrón de transferencia del conocimiento entre ellas, en otras palabras, algunas operaciones de indagación mejoraron, otras se mantuvieron, y el resto por el contrario, presentaron un retroceso.

Pese a las dificultades detectadas, las investigadoras concluyen que es un recurso idóneo para la enseñanza y el aprendizaje de las reacciones químicas, ya que permite poner la teoría al servicio de la resolución de problemas prácticos; sin embargo, enfatizan que los buenos resultados de estos trabajos dependen en gran medida de la familiarización con este tipo de tareas, es decir, de la regularidad con la que desarrollen este clase de actividades, y por supuesto, de los andamiajes puestos a disposición de los estudiantes, entre ellos, la descomposición de problemas en tareas más pequeñas, y el análisis de textos que describan procesos de indagación escolar en donde los estudiantes identifiquen las etapas de investigación.

Este estudio y el realizado por el investigador coinciden en la evaluación de diferentes categorías u operaciones de indagación valorados a partir de producciones escritas de los estudiantes, mas no de cuestionario de preguntas cerradas; este tipo de instrumentos permiten darle un juicio de valoración más real, puesto que es a prueba de selecciones azarosas de opciones de respuesta. A diferencia del estudio analizado, aquí se pretendió construir un concepto partiendo de un problema teórico y cuyo proceso se registró en una V de Gowin. El estudio aporta importantes datos experimentales que ilustran la forma en cómo se implementa la indagación científica desde experiencias prácticas; asimismo, muestra las capacidades de indagación más complejas de desarrollar por estudiantes, así que deja una ruta de acción con la cual diseñar actividades, tomando las precauciones necesarias para que sean exitosas y se alcance el aprendizaje de conceptos estimado en los objetivos de la misma.

Con la misma preocupación de poner en funcionamiento y valorar las competencias científicas, se encuentra la investigación llevada a cabo por (Ferrés et al., 2014) también en España. Para ello, se realizaron trabajos de Indagación con el fin de evaluar e identificar las dificultades más comunes que presentan los estudiantes al enfrentar actividades de indagación, a través de dos instrumentos relacionados. Esta investigación tiene como objetivo identificar las capacidades y las dificultades que muestran los alumnos del bachillerato científico (18 años) en la competencia de indagación. Las habilidades, destrezas y conocimientos que se ponen a prueba en los procesos de indagación, como parte de la dimensión metodológica de las competencias científicas. Tiene como foco de acción los trabajos prácticos en el laboratorio orientadas a la investigación, más que a la consulta bibliográfica. Las capacidades de indagación evaluadas en este estudio son la identificación de problemas investigables, la emisión de hipótesis, identificación de variables relacionadas, diseño de experimentos, la recogida y procesamiento de datos, análisis de los mismos y la obtención de conclusiones.

En cuanto a la metodología se usaron dos instrumentos de evaluación, el primero basado en el *Practical test Assessment Inventory* (PTAI) el cual denominaron “nuevo” PTAI o NPTAI, una escala ordinal de siete categorías propias de la indagación y, el segundo, los niveles de competencia de indagación (NCI) que representa una escala de clasificación cualitativa obtenida de los desempeños en función de dichas competencias, basada en la información suministrada por el NPTA. Los resultados de la investigación ponen de manifiesto una vez más, la generalizada dificultad que tiene los estudiantes para llevar a cabo con marcada autonomía, procesos de indagación a través de trabajos prácticos de laboratorio, en donde la emisión de hipótesis y la planificación de la investigación resultan ser las competencias de mayor dificultad. Los autores

en concomitancia con investigaciones anteriores atribuyen las deficiencias a la escasa o nula oportunidad de realizar este tipo de actividades desde niveles de escolaridad más bajos.

Este último trabajo hace aportes importantes a la metodología de la investigación del presente proyecto, en la medida en que toma como referencia el instrumento NPTAI, que valora el desempeño en las capacidades de indagación, considerando que las valoraciones no se apoyan en pruebas que son fácilmente falibles a conductas azarosas, como sí las tienen las pruebas objetivas cerradas, lo que le confiere suficiente objetividad y confiabilidad al estudio. De igual forma, el instrumento es ajustado y flexibilizado teniendo en cuenta el contexto escolar de la Institución educativa la Ye (población de estudio).

Las dos investigaciones que siguen aúnan esfuerzos en resolver los obstáculos que desestiman la implementación de prácticas de laboratorio por parte de los profesores de ciencia, los mismos que las reconocen como estrategias apropiadas para el fomento y el desarrollo de competencias científicas (López y Tamayo, 2012), a la vez que contribuyen con la comprensión de la naturaleza de las ciencias. Por ejemplo, el prolongado tiempo para la preparación y ejecución de estas prácticas, más aún cuando son integradas a problemas de investigación; de otro lado, el alto costo de materiales, reactivos y aulas adecuadas para el desarrollo de este tipo de actividades.

Desde ese ángulo, se halla el estudio realizado en distintas localidades de Panamá por Rojas, Aguilar y Sánchez (2013), cuyos trabajos prácticos se realizaron bajo la técnica de la microescala (realizadas con pocas cantidades de reactivos y en intervalos de tiempo relativamente cortos) en cursos de Química de educación media. La investigación consiste en una investigación etnográfica con una metodología de la Investigación Acción, con la que se busca renovar los trabajos prácticos en el laboratorio de Química utilizando la técnica de microescala que impacten

en la fundamentación conceptual, el adiestramiento procedimental propio de la Química y la estimulación positiva hacia el estudio de la ciencia. El estudio revela que en las primeras prácticas, los estudiantes presentaron dificultades para emitir hipótesis, falta de destreza en la manipulación de materiales e instrumentos de laboratorio, problemas atribuidos principalmente a su escasa o nula familiarización con experiencias de laboratorio en años anteriores y, al mal enfoque del método científico en los pocos casos en donde fue implementado. Tras la realización de posteriores trabajos prácticos se mejoraba la formulación de hipótesis, aunque no lograban asociar los resultados obtenidos con las predicciones hechas. Después de las intervenciones de los profesores, manifestaban haber mejorado su desempeño en sus habilidades procedimentales, sugiriendo la persistente relación de trabajos de laboratorio con destrezas técnicas más que el manejo de ideas y conceptos.

Esta investigación hace aportes importantes al encauzar los trabajos prácticos a una práctica científica más realista, en el que se resuelve también los limitantes de tiempo que implican la realización de este tipo de experiencias con la aplicación de la técnica de la microescala, uno de los argumentos más usados por los profesores para justificar el desuso del laboratorio como estrategia de enseñanza-aprendizaje. Sin embargo, este estudio solo se enfoca en la refinación de las competencias necesarias para llevar a cabo una actividad de indagación, mas no, en el desarrollo conceptual y el aprendizaje de conocimientos científicos, como se ha mencionado antes, uno de los referentes tenidos en cuenta para desacreditar el uso de la indagación como método de enseñanza-aprendizaje.

Con el propósito de integrar conocimientos teóricos y procedimentales en las experiencias de laboratorio, Ramos (2009) realiza un estudio en Venezuela, en donde la V de Gowin juega un papel trascendental en las prácticas experimentales del área de Química en la secundaria. Según

la autora, dichas actividades representan un elemento básico en la promoción de las competencias y los procesos inherentes al desarrollo de la ciencia. Con este propósito, utiliza como herramienta metacognitiva la V de Gowin para integrar la planificación, organización y evaluación de las prácticas que permitan autorregular el aprendizaje y relacionar aspectos teóricos y procedimentales. La investigación se enmarca en el paradigma interpretativo con una metodología cualitativa ajustado a un diseño etnográfico. Según la forma de recolectar los datos, el estudio es apoyado en un estudio de caso simple.

La investigadora concluye que La V Gowin resulta una excelente estrategia mediadora, puesto que permite la activación de procesos cognitivos y metacognitivos inherentes a la actividad científica: observación, comparación, clasificación, análisis, síntesis, inferencias y razonamiento hipotético deductivo. Entre los procesos metacognitivos apreciados se encuentran: la metaatención, metacomprensión, metamemoria y metaconciencia, que representan alternativas complementarias reguladoras del autoaprendizaje y coadyuvan a que el estudiante “aprenda a aprender”

En virtud de las características señaladas de esta estrategia de enseñanza-aprendizaje, la uve de Gowin es la más acogida por los profesores para tratar de solventar la dificultad que tienen los estudiantes de relacionar elementos teóricos y metodológicos al momento de dar respuesta a la situación problema, de diseñar un experimento o testar la hipótesis en cuestión. A partir de los resultados de esta investigación, se decide tomar la uve de Gowin como la estrategia con la cual llevar a cabo todo el proceso de indagación por los equipos de trabajo en el grupo experimental, más aún cuando el presente estudio busca la construcción conceptual en la actividad de laboratorio planteada; aprovechando que estrategias mediadoras como la uve “permiten al estudiante la reconstrucción del pensamiento formal”.

Finalmente, en el ámbito nacional se registra la investigación llevada a cabo por Mejía (2014), en la que Implementa actividades experimentales usando materiales de fácil obtención como estrategia didáctica de la enseñanza aprendizaje de la Química en la básica secundaria, en la Institución educativa General Alfredo Vásquez Cobo de la ciudad de Cali, quien le apuesta a esta estrategia como base de la enseñanza y aprendizaje de la Química, básicamente con dos objetivos: el primero es el uso de reactivos de fácil consecución que favorezcan la relación de los conocimientos científicos con la vida cotidiana, y con el que se resuelve parcialmente las limitaciones de infraestructura y carencia de reactivos para la operatividad de prácticas de laboratorio; el segundo, la promoción de competencias científicas y la motivación de los estudiantes hacia el aprendizaje de la asignatura. La investigación se aborda con enfoque metodológico cualitativo y semicuantitativo de tipo descriptivo con una modalidad tipo encuesta, enmarcadas en las variables de actividades experimentales, la motivación en el aprendizaje de la Química y el empleo de materiales de uso cotidiano.

Los estudios se realizan en los grupos 10-3 y 10-4 de la sede central, experimental y de control respectivamente, en donde el primero realiza las actividades prácticas con elementos cotidianos en el marco del modelo constructivista del aprendizaje activo; para el segundo grupo se aborda los temas de forma tradicional, específicamente la explicación y ejemplificación de los conceptos, y solución de talleres grupales. Es importante señalar que para efectos de valoración del desempeño en las competencias científicas, se establecen tres niveles (inicial, alto y avanzado), teniendo como referente principal la elaboración de hipótesis que los lleven a realizar modelaciones teóricas y matemáticas que les permitan a los estudiantes realizar predicciones, determinar efectos causales o correlacionales de variables, o, proporcionar explicaciones de los

fenómenos observados tal como la definen los estándares básicos de competencia de Ciencias Naturales emitidos por el Ministerio de Educación Nacional.

Los resultados del estudio confirman la escuálida educación científica que reciben los estudiantes en las instituciones de nuestro país, teniendo en cuenta que ningún estudiante, en ninguna de las prácticas, evidenció los indicadores de desempeño que los ubicaran en la categoría avanzada de las competencias científicas.

En cuanto a los resultados de las encuestas relacionadas con la importancia de las prácticas experimentales para el aprendizaje de la Química, y la solución de problemas cotidianos, son favorables después del tratamiento, por el contrario, la relación de favorabilidad del manejo de equipos y materiales propios de la ciencia por la práctica de laboratorios muestra una leve caída en las encuestas de entrada y salida, atribuidas por la autora a la sencillez de los utensilios y materiales usados en ellas; como era de esperar, en el grupo de control las expectativas de mejorar las habilidades en el uso de aparatos de medidas especializados y materiales de laboratorio en estas actividades, es alta.

Cabe señalar que la evaluación de las prácticas de laboratorio de esta investigación, siguen la forma tradicional de elaboración de informes, la cual viene siendo reevaluada, como se indicó en el estudio anterior. De la investigación se resalta el uso de materiales asequibles que facilitan el uso de prácticas de laboratorio en la enseñanza de Ciencias factuales, y pone de manifiesto la apremiante necesidad de promover el desarrollo de la competencia científica, debido al bajo desempeño que presenta en nuestras instituciones.

Una vez examinadas estas cinco investigaciones desde los referentes que permitieron su categorización, se puede resaltar:

- La emisión de hipótesis, el diseño de experimentos y obtención de conclusiones son las competencias de indagación en la que mayores dificultades tienen los estudiantes al abordar problemas de investigación cuando están integradas a prácticas de laboratorio.
- Las dificultades de tiempo, reactivos, materiales y aparatos para la implementación de prácticas de laboratorio quedan parcialmente resueltas con la técnica de la microescala y el uso de materiales comunes y asequibles.
- El uso de la V de Gowin en la planeación, ejecución e informe de investigación de las prácticas de laboratorio, permiten la integración de conocimientos teóricos y procedimentales en todo el proceso, de esta manera, el diseño de los experimentos surge de fundamentos conceptuales y no de improvisados intentos (prueba y error).

En vista de las dificultades señaladas en estas investigaciones, se toman las medidas necesarias para implementar una actividad de indagación “guiada” que cuente a lo largo del proceso, con los andamiajes pertinentes que optimicen las capacidades de indagación más complejas de desarrollar.

Además, se adopta el uso de la V de Gowin como estrategia de integración de conocimientos, de modo que la práctica no solo despierte motivación por razones de manipulación, sino que involucre intelectualmente a los estudiantes (Couso, 2014). En esta intención investigativa la V de Gowin o heurística cumple con una función adicional, se utiliza como un mecanismo de reconciliación integradora que permite construir el concepto “objetivo”, puesto que la pregunta central de la investigación (ubicada en el centro de la V) y la cual conduce la actividad experimental, es precisamente la de construir el concepto densidad como una propiedad intensiva de la materia, a partir de la relación que encuentren los estudiantes entre

los resultados empíricos y el problema de investigación, y por supuesto, de los elementos teóricos que conducen a la emisión de la hipótesis.

En conclusión, la viabilidad de educar científicamente en la escuela mediante la indagación, depende de la disposición de los andamiajes apropiados por parte de los profesores, por tanto, de la regulación del proceso de investigación. En este sentido, se cumpla con la dualidad de la alfabetización científica, es decir, el aprendizaje “de” ciencia y “sobre” ciencia que se discute con detalle en la sección teórica-conceptual.

2.1.2 El aprendizaje de conceptos en Química con estrategias de enseñanza-aprendizaje fundamentadas en teorías constructivistas del aprendizaje.

Un primer referente, es la investigación realizada en México por Meléndez (2012), en la que valida estrategias para aprendizaje significativo de reacciones química y su balanceo en el primer año de Educación Magisterial, en la Escuela Normal Mixta del Sur, dedicada a la formación de profesores de primaria; en este caso, a estudiantes de I cohorte de Educación Magisterial de la asignatura Ciencias Naturales II (Química).

La propuesta de investigación Acción con un diseño experimental busca superar la dificultad que tienen los estudiantes en el aprendizaje de conceptos en el área de la Química y su relación con la parte práctica, manifestado en el alto porcentaje de reprobación y deserción de dicho curso. Se promueve en este trabajo, la aplicación de herramientas cognitivas propias de la metodología constructivista como mapas conceptuales, V heurísticas, predecir-observar-explicar y guías de laboratorio innovadoras que permitan la apropiación significativa de los conceptos de

reacciones química y el balanceo de las ecuaciones y así, compararlos con mecanismos más tradicionales de enseñanza y aprendizaje comúnmente empleados en la Escuela Normal.

Los resultados obtenidos de la intervención son congruentes con la hipótesis de investigación, ya que el rendimiento académico de los estudiantes del grupo experimental supera al de control; es más, a dos grupos correspondientes a dos últimas cohortes (2008 y 2009); resultados respaldados por la opinión de maestros y egresados, quienes coinciden en que es necesario implementar estrategias de esta naturaleza. Sin embargo, recomienda usar las estrategias con repeticiones y en otras escuelas normales para confirmar o refutar con un alto nivel de confianza la hipótesis.

El estudio en consideración, hace aportes relevantes en la consolidación de una estrategia de enfoque constructivista acorde con la metodología científica, que mejore el aprendizaje de conceptos, la significación y contextualización del conocimiento. Es de resaltar la afinidad entre ésta y la investigación en desarrollo, sobre todo en la preocupación por cambiar la estructura lineal de las guías de laboratorio, por otras que propendan el fortalecimiento de las Competencia científica.

Con esta misma tendencia e igualmente realizada en México se enmarca el estudio realizado por Alvarado (2011), en el que determina la incidencia de los trabajos prácticos en el aprendizaje de los conceptos de materia, energía y operaciones básicas en estudiantes de Química General I en la Universidad Pedagógica Nacional Francisco Morazán de la sede de Tegucigalpa. La investigación se enmarca en una metodología de investigación Descriptivo-Comparativa basado en un diseño cuasi-experimental. En ella, se identifica la metodología de trabajo comúnmente empleada por los profesores de pregrado, con el fin de promover la aplicación de trabajos prácticos (TP) más acordes con la metodología de la ciencia que faciliten

el aprendizaje de los conceptos antes mencionados, verificando a la vez, la incidencia que tienen en el desempeño académico.

La investigadora encuentra que el aprendizaje de conceptos valorado en los niveles de comprensión, conocimiento, identificación y aplicación, es más efectivo cuando se utiliza los TP como estrategia de enseñanza aprendizaje enfocado en el desarrollo de habilidades científicas básicas (manejo de equipos, medición y tratamiento de datos); propende inclusive operaciones que requieren de un mayor esfuerzo intelectual, tales como: la investigación y la resolución de problemas apoyado en la experimentación, y que a su vez despiertan el espíritu científico.

Esta investigación aporta al presente proyecto, la valoración del aprendizaje de conceptos como variable dependiente de investigación, y la influencia que puede recibir cuando se aplica estrategias que ponen a prueba competencias científicas en comparación con métodos más tradicionales de enseñanza. Sin embargo, difieren en la amplitud del campo de investigación, ya que, en ésta, se caracteriza el nivel de indagación que eventualmente alcancen los grupos de estudiantes que se enfrentan a los trabajos prácticos de laboratorio.

Uno de los conceptos más abstractos y difíciles de comprender de la Química es el mol, dado que representa una magnitud que establece un enlace entre lo micro y lo macroscópico de la materia, por lo que es “difícil relacionarlo con ejemplos cotidianos”. Con esta preocupación Lalinde (2012) emprende una investigación que busca mejorar la enseñanza este concepto a través de estrategias didácticas en el grado décimo de la Institución Educativa san Lorenzo de Aburrá – Colombia. El estudio se realizó con una metodología cualitativa en las que se comparó los pre y pos-conceptos, es decir, la forma en cómo era concebido el mol y otras magnitudes físicas, antes y después de la implementación de la unidad didáctica en la que se utilizaron variadas estrategias fundamentadas en el constructivismo; específicamente actividades en las que

se proponen analogías con cantidades de elementos comunes para facilitar la representación mental del concepto y la elaboración de mapas conceptuales.

El investigador encuentra, por un lado, que las analogías como punto de partida en el aprendizaje, representan una estrategia para la comprensión del concepto, ya que lo contextualiza con elementos y situaciones comunes a los estudiantes; por el otro, que la elaboración de mapas conceptuales genera un aprendizaje significativo en la medida en la que se relaciona los conocimientos previos con los nuevos. Por su parte, los mapas conceptuales son estrategias didácticas muy valiosas cuando se trata de lograr un aprendizaje significativo; sin embargo, en la presente investigación se prioriza el uso de la uve heurística, en tanto que se basa en una experiencia de laboratorio tipo indagación, dado que se acomoda mejor a la forma en cómo se desarrolla esta clase de actividades.

A modo de cierre, se destaca el estudio de Díaz (2012) quien comparte la misma preocupación que su coterráneo Mejía (2014) por realizar prácticas de laboratorio a partir de materiales de la vida cotidiana para llevar a cabo procesos de enseñanza-aprendizaje de la Química. El investigador diseña prácticas de laboratorio para estudiantes del único grado 10° del colegio Institución Educativa Obispo del municipio de Supía de Caldas con reactivos asequibles, usando situaciones de aprendizaje muy comunes a los estudiantes, por tanto, muy relacionados con la vida diaria con el objetivo de servir como referentes para construir los conceptos fundamentales relacionados con las reacciones químicas.

El investigador manifiesta haber adoptado un enfoque mixto en su trabajo, sin embargo, lo que se aprecia es un análisis descriptivo en el que se compara el porcentaje de aciertos en relación a las respuestas correctas de un cuestionario de selección múltiple con única respuesta, antes y después de realizadas las prácticas de laboratorio; análogamente, el análisis cualitativo

queda definido con la interpretación de respuestas a cinco preguntas abiertas hechas a 6 estudiantes escogidos al azar, referentes a situaciones problemas de carácter argumentativo con la misma dinámica de la prueba anterior.

La investigación arroja resultados positivos en cuanto al aprendizaje de conceptos, en especial, si se valora desde las explicaciones que dan los estudiantes a las situaciones problemáticas en consistencia con los referentes teóricos que explican los fenómenos (las preguntas abiertas). Pasando al ámbito de la actividad científica promocionada, se confirma con la formulación de explicaciones tentativas o hipótesis suscitadas por las experimentaciones y el análisis de los resultados obtenidos de las mismas, quedando en deuda el diseño de experimentos, ya que el procedimiento está definido en las guías, aunque sin las precisiones instruccionales de las guías de laboratorio tradicional.

En relación con las investigaciones analizadas en el ámbito internacional, se resalta el esfuerzo común de las instituciones de formación profesoral por propender actividades que permitan el desarrollo de la competencia científica, centradas en prácticas de laboratorio tipo indagación, y el uso de estrategias constructivistas de enseñanza y aprendizaje como el mapa conceptual y la uve heurística, con el objeto de lograr un aprendizaje de conceptos con significado; buscando así, reestructurar los componentes metodológicos de los currículos tradicionales de ciencias de las instituciones y bajar los niveles de deserción en la licenciaturas magisteriales, y finalmente contribuir con el mejoramiento de las prácticas pedagógicas de los profesionales encargados de la enseñanza de las ciencias, en aras de fortalecer la educación científica en la escuela, especialmente en la secundaria y media, escenarios en donde urge promover la alfabetización científica (Hernández, 2005).

En relación al ámbito nacional de investigación, es pertinente resaltar el papel protagónico de Universidad Nacional, debido principalmente a dos factores. El primero a su oferta académica, específicamente a la docencia de la Química y de las Ciencias Naturales a nivel de maestría. El segundo y más relevante aún, es la actividad encaminada a renovar la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias del grupo Federici de investigación sobre enseñanza de las ciencias y de la colegiatura Icfes, en donde han enfocado sus esfuerzos por integrar las competencias científicas en el marco de la educación integral, en especial en básica y media puesto que es común a todos; todo esto con la finalidad de formar ciudadanos capaces de comprender su entorno y de tomar decisiones sociales responsables.

En el marco de esta revisión, se hace evidente que la construcción conceptual como centro de la indagación científica planteada desde prácticas de laboratorio, resulta un tema interesante y prometedor en la apuesta por conseguir los objetivos de la didáctica de las ciencias, puesto que representa la elaboración de un esquema mental del fenómeno en estudio, por lo tanto, de la comprensión de situaciones relacionadas, y, la aplicación del concepto en situaciones problemas que den cuenta del aprendizaje logrado.

La presente investigación aborda tanto el aprendizaje de conceptos como las competencias científicas desde la escuela en igual medida, para así lograr una dualidad dinámica entre aprender “de” y “sobre” ciencia, es decir, lograr el aprendizaje significativo de conceptos científicos, al tiempo en el que los estudiantes comprenden de la naturaleza de la ciencia. No obstante, el investigador propone un problema teórico que busca literalmente la formación del concepto densidad, y de esta forma prescindir de la acostumbrada transmisión de conceptos ya elaborados.

Con esta dinámica se pretende acercar a los estudiantes a la actividad propia de los científicos, sin descuidar las bases conceptuales que explican los fenómenos comúnmente manifiestos en la cotidianidad y en otros contextos; en consecuencia, cambien la distorsionada percepción de la ciencia, la cual se suele presentarse como una actividad elitista al alcance de unos pocos, absoluta y desprovista de toda injerencia subjetiva (Gil, 1983; Vásquez et al. 2007).

Cabe aclarar que, no se pretende de ninguna manera afirmar que los estudios citados no hayan tratado ambos aspectos; sin embargo, este estudio busca que los estudiantes elaboren por sí mismos el concepto densidad en cuanto se logre la generalización esperada, esto a cuenta de las evidencias experimentales que soporten la hipótesis de investigación, apoyados en los elementos teóricos pertinentes.

Desde esta perspectiva, se adopta una forma inductiva-deductiva de indagación con el apoyo de la uve de Gowin, en la que “se inicia proponiendo un ejemplo de la vida cotidiana que invite a la discusión y a plantear preguntas. Seguidamente deben identificar y desarrollar las teorías y conceptos asociadas al fenómeno. Finalmente, desarrollan el procedimiento y demás pasos” (Ramos, 2009, p. 171). En este sentido, se atiende a las consideraciones históricas que han demostrado que el uso del inductivismo puro, individual y extremo, no ha tenido los mejores resultados desde un punto de vista didáctico (Gil, 1983).

Es así como este estudio cobra importancia más allá de comparar la eficiencia de modelos y/o estrategias de enseñanza-aprendizaje en relación con el rendimiento académico, o del aprendizaje de conceptos como se plantea en este caso, es también la de construir literalmente el concepto por parte de grupo experimental. Todo esto teniendo en cuenta que el investigador le apuesta a la indagación científica como una metodología apropiada para la formación y/o descubrimiento del concepto (Moreno 2009; Ramos 2015), a la vez que se imparte una

educación científica en la escuela. Cabe resaltar también que ninguna de los estudios relacionados en los antecedentes, involucra análisis inferencial que permita hacer generalizaciones respecto a la marcada efectividad de las estrategias de enseñanza y aprendizaje fundamentadas en el constructivismo, y específicamente en la indagación científica en el aprendizaje de conceptos.

2.2 Marco Teórico-Conceptual

El siguiente apartado expone los fundamentos de la enseñanza de las ciencias, los objetivos y retos que se plantean para una educación científica pertinente con los vertiginosos avances de la ciencia y la tecnología. Asimismo, señala el papel que juegan los trabajos prácticos de laboratorio en los procesos de enseñanza y aprendizaje de las ciencias, especialmente en la asignatura de Química. Finalmente, muestra las características que deben tener los trabajos prácticos de laboratorio con base en la indagación y el modelo constructivista, en afinidad con los objetivos de una didáctica de las ciencias moderna.

2.2.1 Los fundamentos de la enseñanza de las ciencias y su relación con los trabajos prácticos.

La enseñanza de las ciencias consta de tres aspectos principales:

- El aprendizaje de la ciencia, adquiriendo y desarrollando conocimientos teóricos y conceptuales.
- El aprendizaje sobre la naturaleza de las ciencias, desarrollando un entendimiento de la naturaleza y los métodos de la ciencia, siendo conscientes de las interacciones complejas entre ciencia y sociedad.

- La práctica de la ciencia, desarrollando los conocimientos técnicos de sobre la investigación científica y la resolución de problemas. (Hodson, 1994, p.305).

Aunque el autor en mención, pone de base estos tres fundamentos en la enseñanza de las ciencias, hace hincapié en la importancia de distinguir tales aspectos, ya que su confusión es muy generalizada entre los profcsores del área, a tal punto que se asume con mucha frecuencia la posibilidad de ser abarcados en la misma experiencia de aprendizaje.

De otro lado, la didáctica de las Ciencias Naturales tiene sus propias líneas de investigación, entre otras: La resolución de problemas, las relaciones Ciencia/Tecnología/Sociedad (CTS), los metaconceptos o conceptos estructurantes, la educación ambiental, las concepciones alternativas/ideas previas/representaciones de los alumnos y el lenguaje de las ciencias. Desde luego es necesario que los profesores ejerzan su ejercicio como investigadores de su propia práctica, y de las líneas antes mencionadas de este campo disciplinar (Liguori y Noste, 2013)

Vásquez et al. (2012), resumen la educación científica para todos, con el lema de alfabetización científica, la cual está conformada por dos componentes: comprensión “de” ciencia como los conceptos tradicionales y procesos de la ciencia; y la comprensión “acerca” de la ciencia como una forma de conocer y actuar sobre el mundo. Esta última denominada, la Naturaleza de la Ciencia; que según Acevedo, Vásquez, Manassero y Acevedo (2007), es referida a qué es la ciencia, cómo funciona internamente, cómo se desarrolla, cómo construye su conocimiento, cómo se relaciona con la sociedad, qué valores utilizan los científicos en su trabajo profesional, entre otros.

Los aspectos más importantes de la Naturaleza de la Ciencia que deben conocer los estudiantes y que cobran relevancia en su cotidianidad, son las de identificar las particularidades

del conocimiento científico: su provisionalidad, su carácter experimental y teórico, el cual es influenciado por la inferencia, la creatividad y la imaginación humana, además, embebido de aspectos sociales y culturales (Lederman, Abd-El-Khalick, Bell & Schwartz, 2002).

También se incluye dentro de los aspectos fundamentales de la Naturaleza de la Ciencia, las leyes y las teorías que surgen de hipótesis que reúnen un soporte sustancial de evidencias y que cuentan con el consenso de la comunidad científica; además de que éstas y las otras características del conocimiento científico son interdependientes (Schwartz, Lederman & Crawford, 2014). En conclusión, alfabetizar o culturizar científicamente equivale preparar a los futuros ciudadanos en la comprensión de la ciencia, de ilustrar la forma en cómo se construye el conocimiento científico y la incidencia que tiene en el mundo actual.

Al considerar los fundamentos expuestos anteriormente, se puede afirmar que aprender a hacer ciencia por parte de los estudiantes es una de los objetivos más importantes de la enseñanza de las ciencias, bien señala Garritz & Irazoque (2004).

La enseñanza de las ciencias adopta hoy, como uno de sus objetivos prioritarios la tarea de ayudar al alumnado a aprender cómo hacer ciencia o, en otras palabras, enseñar al alumnado procedimientos para el aprendizaje de las ciencias. La manera usual de aproximarse a esa faceta es mediante el desarrollo de trabajos prácticos (p. 41).

De este modo, los trabajos prácticos son reconocidos como estrategias muy valiosas dentro de la dinámica de la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias, dado a su carácter procedimental y experiencial con el que acercamos de forma directa a los estudiantes con los fenómenos estudiados, sin embargo, el planteamiento de dichos trabajos, como se verá en adelante, no pueden limitarse a la simple instrucción, si el propósito es el de “recrear” el trabajo de los científicos.

Al respecto, los lineamientos curriculares de Ciencias Naturales y Educación ambiental nos invitan a asumir el laboratorio tal como lo hacen los científicos; desde esta perspectiva, los experimentos tienen la finalidad de confirmar o rechazar las hipótesis que surgen de las idealizaciones que el investigador ha construido acerca del fenómeno en estudio. En correspondencia a esta orientación, el estudiante debe ir preparado con una hipótesis construida a partir de la reflexión, de la discusión con sus compañeros y el profesor, o mediante la acción sobre los objetos del mundo, y así, comprender lo que sucede in situ. Por su parte, el profesor tiene el papel de orientar a sus alumnos en el diseño de sus propios experimentos. Para esto, debe plantear una pregunta o situación con el fin de despertar la curiosidad propia del científico, y permitirle poner en funcionamiento su capacidad de razonar (MEN, 2005).

Hasta ahora se ha hecho persistente alusión a la naturaleza y a la práctica de la ciencia como uno de los componentes pertinentes para la promoción de una alfabetización científica, por ende, del fortalecimiento de las competencias científicas desde la educación escolar básica y media, ya que permiten recrear el trabajo de los científicos en el contexto escolar. Sin embargo, son abundantes las críticas relativas a un mal enfoque del método científico encontradas en la bibliografía, en gran parte a la forma en cómo este método es asumido en los trabajos prácticos. En este sentido, señalan particularmente el efecto contraproducente en los objetivos planteados para este ámbito de la educación en particular, y una consecuente visión distorsionada de la manera en como trabajan los científicos. Estas son unas de las principales críticas al uso del método y de la indagación científica en la escuela: “Una visión excesivamente científicista de lo que significa una actividad investigativa en la escuela”, desde esta perspectiva los profesores asumen esta metodología con un énfasis inductivista que permitiría llegar a generalizaciones, o, a la inferencia de leyes, es más, esta concepción constituye una limitante de su uso en las aulas por

considerarse muy difíciles de realizar por los estudiantes (Caamaño, 2013). En el mismo marco inductivista, la presentación del método científico como una serie de pasos definidos que permiten obtener conocimiento objetivo e inmutable, al margen de cualquier influencia cultural y subjetiva del investigador.

Habría que afirmar también, que la inclusión de enseñanza de la naturaleza de las ciencias y su puesta en práctica en los currículos escolares cuenta según Vázquez, Acevedo y Manassero (2004) con dos grandes obstáculos:

- La NdC en sí misma como área del conocimiento disciplinar, dialéctica, compleja y cambiante, que contrasta con el carácter acabado y dogmático de muchos contenidos tradicionales del currículo de ciencias.
- El profesorado de ciencias, porque, en general, no ha sido programado en esta área, la cual no suele ser parte de la formación universitaria de los científicos (p. 2).

Por consiguiente, resulta evidente que la enseñanza por transmisión-recepción a la que se acogen la mayoría de los profesores del área, no contempla la posibilidad de hacer aportes al entendimiento de la naturaleza de la ciencia, ni promueve la alfabetización en ciencias que reclama la educación científica, puesto que expone los conocimientos como si fueran absolutos e inamovibles (Ruiz, 2007), tal como se plantea en la formulación del problema de esta investigación.

Por otro lado, los intentos de renovación de la enseñanza de las ciencias enmarcada por la lucha de paradigmas, nos advierten de los éxitos y los fracasos del posicionamiento radical en cada uno de ellos; es así como se puede evitar por ejemplo, parafraseando a Gil (1983), repetir las desacreditadas premisas del inductivismo extremo y autónomo, en el sentido de que concibe estos procesos desde una visión puramente empirista y, que según Ausubel se basan en la

ingenua premisa de que es posible la solución autónoma de problemas producto del razonamiento inductivo a partir de los datos que resultan de la experiencia, muchas veces al margen de cualquier contenido.

Queda por definir entonces, cuál es el modelo de enseñanza que contribuye sustancialmente a la formación científica de todo ciudadano desde la escuela. La respuesta según (Gil et al, 1999) queda planteada como:

Una metáfora que conciba a los estudiantes como *investigadores noveles* (que, estructurados en equipos cooperativos, abordan situaciones problemáticas de interés, interaccionando con los otros equipos y con el resto de la comunidad científica, representada por el profesor y los textos) permite, en nuestra opinión, una mejor comprensión de la situación de aprendizaje escolar (p. 313).

2.2.2 Los trabajos prácticos y el laboratorio

En relación a este asunto, resulta oportuno comentar que los trabajos prácticos no se reducen a las actividades realizadas en un aula especial conocido comunmente como laboratorio; por el contrario, abarcan todo tipo de métodos de aprendizaje activos, tales como el uso de simuladores en un ordenador, hacer modelos, fotografía y videos, consultar en la biblioteca, las entrevistas, debates entre otros. (Hodson, 1994). Además, el término trabajo práctico es preferible a trabajo de laboratorio considerando que el lugar no es una característica crucial que defina a esta clase de actividades (Millar, 2004). De cualquier modo, el término práctica de laboratorio, es más empleado cuando la actividad práctica es relativa a la asignatura de Química, en vista de que por lo general, se requiere de materiales específicos y condiciones experimentales especiales como buretas, soportes universales, instalaciones de agua y gas, por ejemplo.

Según la *Sciences Community Representing Education* (SCORE), el trabajo práctico en ciencias, es una experiencia práctica de aprendizaje que da pie a la reflexión acerca del mundo en el que vivimos, y fue creado como centro de dos tipos de actividades: procedimientos y técnicas científicas y consultas e investigaciones científicas (Woodley, 2009). Estas actividades no sólo apoyan el desarrollo físico de los niños, sino que también ayudan al entendimiento de conceptos y fenómenos científicos.

La comunidad científica para la educación SCORE tiene en cuenta también, las demostraciones realizadas por los profesores, al considerarlas experiencias valiosas de los trabajos prácticos en la ciencia experimental. Ellas permiten, por ejemplo, que los estudiantes obtengan experiencia de los más espectaculares experimentos. Pese a que la literatura reporta que muchas veces las experiencias de laboratorio se resumen a las demostraciones que los profesores hacen de aspectos teóricos por limitaciones de tiempo, espacios físicos apropiados y presupuesto; la pertinencia y efectividad de estas intervenciones magistrales por parte del “experto”, son convenientes teniendo en cuenta el objetivo y la intención didáctica.

Basándose en Woolnough (1991) (como se citó en Tafa, 2014) los trabajos prácticos se clasifican en:

- Ejercicios: Tienen el objetivo de desarrollar habilidades prácticas
- Experiencias: Ganar experiencias de los fenómenos
- Demostraciones: Busca desarrollar una explicación científica a un fenómeno
- Investigaciones: Probar hipótesis y reforzar la comprensión de un fenómeno. De esta forma resolver problemas en la forma en como lo hacen los científicos.

Bajo los criterios de esta clasificación y de cualquier otra no es pertinente afirmar que haya un trabajo práctico más importante que los demás desde un punto de vista didáctico, ya que cada uno de ellos cobra importancia según los objetivos y los tiempos de aprendizaje propuestos; es más, el uso de uno o de otro está sujeto al modelo de enseñanza que asuma el profesor en su clase. Por ejemplo, aunque a juicio de (Hodson, 1994) las prácticas que tienen como objeto la adquisición de habilidades y destrezas (ejercicios) no tienen valor extrapolable, excepto si se continúa los estudios afines a la ciencia, son imprescindibles si se pretende que los estudiantes pasen de un trabajo en campo, a un trabajo práctico de investigación o demostración, en este sentido se estaría hablando de prerrequisitos entre un tipo de trabajo práctico a otro. Ahora bien, una práctica de investigación puede incluir una demostración, puesto que en la primera están irremediabilmente implicadas las demostraciones, así que estas delimitaciones solo representan fronteras teóricas de caracterización.

En el marco de esta clasificación, es oportuno considerar el punto de vista de (Caamaño, 2005 y Caamaño, 2013) en cuanto categoriza a los trabajos de prácticos de investigación según el tipo de problemas que se pretendan resolver con ellos; estos problemas son diferenciados en prácticos y teóricos. Los primeros con énfasis en la comprensión procedimental de la ciencia, específicamente a la planificación y realización de investigaciones en un contexto cotidiano, sin que esto signifique que carezcan de contenidos conceptuales, por ejemplo ¿Cómo puede detectar si los embutidos de carne son adulterados con almidón? (González y Crujeiras, 2016); los segundos, con un propósito más sujeto a la interpretación de un fenómeno; sin que signifique también que no hace uso en los aspectos procedimentales de la ciencia. Así, ¿Qué relación existe entre la presión y el volumen de un gas? Entonces el distanciamiento real que pueda existir entre un tipo de problema y otro, es que los trabajos prácticos buscan atender el componente de

Ciencia Tecnología y Sociedad de las Ciencias Naturales; y es precisamente desde esta perspectiva que la enseñanza de las ciencias contribuye a la competencia científica del futuro ciudadano, la cual se detalla más adelante.

Dadas estas consideraciones, se clasifica el trabajo práctico de este estudio, como un problema teórico, dado que busca encontrar la relación constante entre la masa y el volumen de una sustancia en aras de conceptualizar la densidad dentro de las propiedades intensivas de la materia.

Ahora bien, existen numerosas recomendaciones de autores acerca de las características que deben tener las buenas prácticas de laboratorio, aunque que estas difieren según los objetivos que se pretendan lograr con ellas. Dado que el estudio opta por darle un tratamiento investigativo a las prácticas de laboratorio, se hace pertinente traer a colación las características sugeridas por Gil y Valdés (1996), quienes ilustran con un ejemplo, una práctica referida a la caída de cuerpos sobre un plano inclinado, y las cuales se exponen a continuación de forma sintética.

1. Presentar situaciones problemáticas abiertas de un nivel de dificultad adecuado a los estudiantes.
2. Favorecer la reflexión de los estudiantes y la demostrar la importancia de los problemas planteados al contextualizarlos con la realidad.
3. Potenciar el análisis cualitativo que simplifique el problema y les ayude a formular preguntas operativas sobre lo que se busca.
4. Plantear la emisión de hipótesis como actividad central de la actividad científica, haciendo énfasis en los conocimientos que se requieren para emprender el estudio y la operativización cuidadosa al controlar las variables.

5. La elaboración de los diseños experimentales por los propios estudiantes.
6. Plantear el análisis detenido de los resultados a la luz de los conocimientos disponibles y de la hipótesis planteada.
7. Plantear la profundización del estudio, determinar las implicaciones tecnológicas y sociales que tiene.
8. Integrar la contribución del estudio realizado a la construcción del cuerpo coherente de conocimientos e implicaciones con otros campos de la ciencia.
9. Pedir la elaboración de memorias para promover la comunicación del estudio y el debate en la comunidad científica.
10. Potenciar la dimensión colectiva del trabajo científico organizando equipos de trabajos que interactúen sinérgicamente.

De las sugerencias planteadas anteriormente, el estudio en consideración adopta por casualidad y en mayor medida los literales 1, 4, 5, 6, 9 y 10; lo que garantiza la calidad de la práctica de laboratorio sobre densidad; asimismo, dichas características le confieren el carácter de indagación científica, en especial el hecho de contemplar la formulación de hipótesis, el diseño de experimentos y el análisis de los datos con base en referentes teóricos, y por supuesto en la hipótesis de investigación.

2.2.3 Las Competencias Científicas y la Indagación

El desarrollo de la competencia científica ha tomado fuerza en la evolución de una didáctica de las ciencias pertinente con el acelerado avance de la ciencia y la tecnología. La introducción de los estándares nacionales de educación científica de los Estados Unidos resalta la imperiosa necesidad de comprender la literatura científica, debido a la gran influencia que tiene

la producción en la didáctica de la ciencia, y su poderosa influencia en nuestro estilo de vida. De este modo, la educación científica deja de ser un asunto de unos pocos privilegiados, para convertirse en una responsabilidad de todos. Según Hernández (2005) “esta competencia sería el conjunto de saberes, capacidades y disposiciones que hacen posible actuar e interactuar de manera significativa en situaciones en las que se requiere apropiarse o aplicar comprensiva y responsablemente los conocimientos científicos” (p. 21). En busca de que estas habilidades contribuyan a la formación de una ciudadanía que tome decisiones responsables con la salud y el medioambiente, más que de una práctica especializada y rigurosa de las ciencias.

En la literatura se encuentran diferentes formas de categorizar la competencia científica; basándose en la nomenclatura propuesta Cañal (2012), consta de cuatro dimensiones interrelacionadas que implican el desarrollo de capacidades específicas a saber.

1. Dimensión conceptual: capacidad de utilizar el conocimiento científico personal para describir, predecir fenómenos naturales; capacidad de utilizar los conceptos y modelos científicos para analizar problemas y la capacidad de diferenciar la ciencia de otras interpretaciones no científicas de la realidad.
2. Dimensión metodológica: capacidad de identificar problemas científicos y diseñar estrategias para su investigación; de obtener información relevante para la investigación; de procesar la información obtenida y de formular conclusiones fundamentadas.
3. Dimensión actitudinal: capacidad de valorar la calidad de una información en función de su procedencia y de los procedimientos utilizados para generarla; de interesarse por el conocimiento científico, indagación y resolución de problemas científicos y problemáticas medio-ambientales; de tomar decisiones autónomas y críticas en contextos personales y sociales.

4. Dimensión integrada: capacidad de utilizar en forma integrada las anteriores capacidades para dar respuesta o pautas de actuación ante problemas concretos científicos, tecnológicos o socio ambientales, en contextos vivenciales del alumnado.

Este mismo autor afirma que las capacidades expuestas no se valoran de forma aislada, de este modo no respondería al carácter holístico de la competencia científica, más bien, deben plantearse situaciones cotidianas que requieran la utilización del conocimiento científico para su solución, o, en sus propias palabras.

Será en esas situaciones cuando el estudiante necesitará en forma integrada las capacidades científicas consideradas anteriormente, si desea o necesita encontrar respuestas satisfactorias y pautas de actuación adecuadas ante problemas concretos de carácter científico, tecnológico o socio-ambiental que estén presentes en su contexto vital (p. 15).

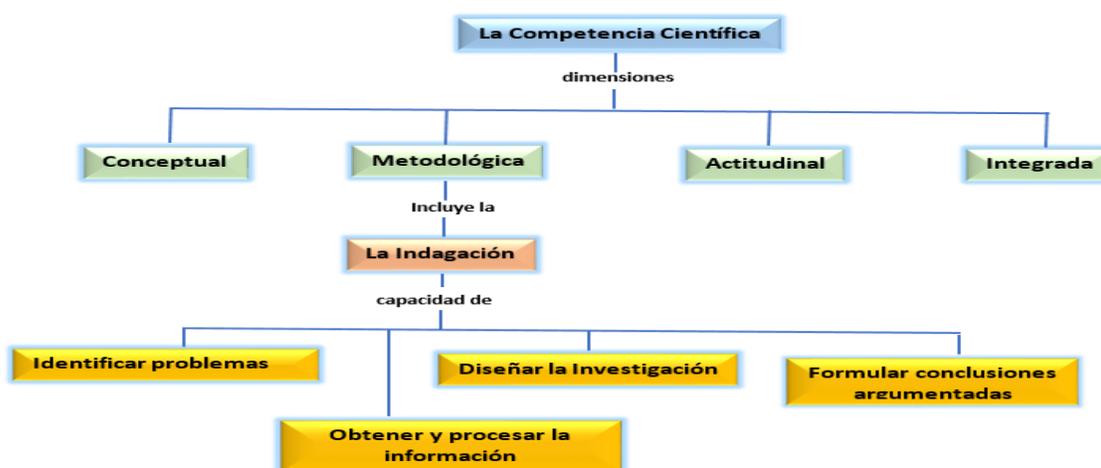


Figura 2 Dimensiones de la competencia científica y las capacidades de la indagación. Fuente: Elaborada por el investigador a partir de la nomenclatura propuesta por Cañal (2012).

Con el propósito de lograr la alfabetización científica en los estudiantes, PISA 2015 (OCDE, 2013) plantea las competencias que siguen.

1. Explicar fenómenos científicamente: requiere el desarrollo de tres tipos de conocimiento; el conceptual para usar las teorías, modelos, información y hechos en la explicación científica de un fenómeno; el conocimiento procedimental para el uso de protocolos y procedimientos empleados en la investigación científica en la obtención de tales conocimientos; y el conocimiento epistemológico para la comprensión y la justificación del conocimiento producido por la ciencia.
2. Evaluación y diseños de investigaciones científicas: implica la necesidad de que los estudiantes comprendan que uno de los objetivos de la ciencia es la de producir conocimientos confiables acerca del mundo natural. Ahora bien, para el logro de tal objetivo, es necesario la formulación de hipótesis explicativas susceptibles de ser probadas experimentalmente; del uso de controles para asegurar que el cambio percibido sea el resultado del cambio en una variable específica, y en consecuencia, establecer relaciones de causa-efecto. Todo lo anterior, implica la capacidad de formular preguntas y/o determinar problemas investigables; por lo tanto, de planificar un procedimiento detallado del experimento y de la investigación en general. Cabe añadir que el trabajo científico, rara vez es individual, más bien obedece al trabajo en equipos de investigación, en la que pueden recibir cooperación de otros grupos de investigación de orden nacional e internacional con estudios afines.
3. Interpretar datos y evidencias científicamente: dentro de las capacidades requeridas en esta competencia se encuentran la identificación de patrones por medio del análisis de datos en tablas y gráficos como el de torta, o de barra, los diagramas de dispersión, todos

estos, cuando la información es simple. Al aumentar la complejidad de los datos se emplea paquetes estadísticos. Sin embargo, no es suficiente con encontrar patrones a través del análisis de datos, también es indispensable dar juicios bien argumentados; en caso de aparezcan diferentes interpretaciones de los datos, determinar cuál es el mejor y así llegar a una conclusión consertada.

Si se analiza detenidamente la nomenclatura de (Cañal, 2012) para caracterizar la competencia científica, se notará que las competencias científicas número 2 y 3 propuestas por la (OECD, 2013) hacen parte integral de la competencia indagación, dado que convergen en la identificación o formulación de problemas de carácter científico, el consecuente diseño de la investigación guiada por una hipótesis, y por supuesto, por un análisis que permita argumentar con base en los datos obtenidos en la experimentación y los referentes teóricos para finalmente responder a la pregunta o problema de investigación.

2.2.4 La indagación científica

A continuación se describe la indagación como parte fundamental dentro de las competencias científicas, de relación directa con la presente investigación y su relevante papel en la alfabetización científica. Al respecto de su definición, es común encontrar señalamientos de variados autores, acerca de la repetida publicación de trabajos de indagación que no cuentan con las características propias del proceso. Por ejemplo, Martin (2002) advierte que este término es empleado de forma incorrecta en muchos casos, a tal instancia, que se comercializan libros de textos que promocionan la orientación de sus actividades con el sello de la indagación científica, sin cumplir con tales requisitos.

Por su parte, los Estándares Nacionales de Educación científica definen a la indagación científica como las diversas formas en las cuales los científicos estudian la naturaleza y proponen explicaciones a partir de evidencias derivadas de su trabajo. Es una actividad multifacética que involucra un proceso de observación, la proposición de preguntas, la planificación de la investigación, la revisión de libros y otras fuentes de información para comparar lo conocido, a luz de lo obtenido mediante las pruebas experimentales; poniendo en juego acciones como recoger, analizar e interpretar datos; proponer respuestas y explicaciones y la comunicación de los resultados. La indagación requiere de la identificación de conjeturas y el uso del pensamiento lógico y crítico (National Science Education Standards, 1996). No muy alejado del concepto anterior, pero más contextualizado al ámbito escolar (Torres, 2012) la define así:

la indagación es una alternativa para enseñar a los alumnos cómo investigar problemas y responder preguntas basándose en evidencias y así desarrollar las competencias científicas a través de la cual el estudiante desempeña el rol protagónico al apropiarse y construir su conocimiento y el profesor actúa como un colaborador al orientarlo provocando desequilibrios o disonancias cognitivas necesarias para encontrar respuestas que satisfagan la inquietud a resolver (p. 140).

Desde estos referentes teóricos, se infiere que, mediante la indagación se logra desarrollar el resto de competencias científicas.

Ahora bien, con el fin de trasladar la indagación científica de las fronteras del conocimiento a los escenarios escolares, es conveniente definirla como:

una estrategia general para orientar los procesos de enseñanza-aprendizaje de las ciencias que debe ser coherente con dos supuestos epistemológicos centrales: a) una concepción de la naturaleza de la ciencias como un proceso de construcción de modelos explicativos

de la realidad y no como el descubrimiento de las leyes naturaleza, y b) una visión socioconstructivista del aprendizaje (Rivero y Porlán, 2017, p. 31).

Dentro de este contexto, se hace pertinente entonces, caracterizar los tipos de indagación más usados por los profesores a fin de decidir cual es el conveniente según las características del grupo en donde se implemente. Los tipos de indagación son caracterizados por Martin (2002) teniendo en cuenta el grado de estructuración de la tarea, es decir, el grado de instrucción dado a los estudiantes, por ende, de la autonomía cedida a los estudiantes para llevar a cabo el proceso de investigación y resolución del problema: Por un lado, la indagación “abierta” como la máxima representación de este modelo, si de compararse con el trabajo de los científicos se trata. Este tipo de indagación está centrada en el estudiante, puesto que son los mismos grupos de trabajo los que identifican y formulan la pregunta de investigación, seguida de la planificación del experimento o del rumbo que toma la investigación en búsqueda de resolver el problema. Finalmente tienen la responsabilidad de comunicar los resultados ante la “comunidad científica”.

En el otro extremo, la indagación estructurada, esta vez, centrada en el profesor, ya que es quien dirige la investigación, en la que prepara una serie de instrucciones tipo “receta de cocina” con el objeto de llegar a unas conclusiones específicas. Planteado de esta manera, el compromiso de los estudiantes con la tarea es limitado, y no es conveniente a la hora de activar procesos complejos de pensamiento, sin embargo, resulta útil en los primeros grados de escolaridad como parte de los procesos de familiarización con la metodología. Existen otros tipos de indagación en donde el compromiso por la tarea es compartida en igual o similar medida por los estudiantes y el profesor, sin embargo, es este último es quien plantea el problema. Tal es el caso de La indagación guiada, en donde se cede cierto grado de autonomía al estudiante o del grupo de estudiantes. No obstante, los estudiantes tienen la libertad de pedir asistencia al

profesor a la hora de tomar decisiones en el proceso de investigación. Se considera entonces a la indagación guiada como un paso transitorio a la indagación “abierta”. El profesor decide cuando sus estudiantes tiene las habilidades necesarias para enfrentar con una amplia autonomía una situación problema. Es así como surge la indagación acoplada, que inicia con una indagación guiada, y termina con una indagación “abierta” producto de la formulación de nuevos cuestionamientos que surgen por parte de los estudiantes, y que amplía el problema y la complejidad del estudio.

De los tipos de indagación descritas anteriormente, cabe preguntarse cuál es el idóneo para la implementación en la escuela. En un esfuerzo por encontrar las dificultades más frecuentes en la puesta en práctica de trabajos de indagación en el bachillerato, Ferrés et al. (2014), resaltan la coincidencia de varios autores en enfatizar que la dificultad de realizar este tipo de actividades incrementa con el grado de autonomía del diseño, en especial cuando se cede al estudiante el control de las operaciones. Según estas conclusiones, resulta complejo la implementación de trabajos de indagación “abiertas” en el nivel de básica y media, aún más cuando su familiarización con estos trabajos es prácticamente nula. En este sentido, es más conveniente empezar por trabajos de indagación estructurada en los niveles más bajos de escolaridad, e ir aumentando el grado de autonomía a medida que los estudiantes se van apropiando de esta metodología, y de esta forma, plantear verdaderos retos de indagación en los grados superiores. Como bien afirma Bell et al. (como se citó en Ferrés et al., 2014) “sin este proceso de acompañamiento previo por los niveles inferiores de indagación, los estudiantes tendrán dificultades para realizar trabajos de indagación abierta y con autonomía”

2.2.4.1 La indagación Científica: ¿Estrategia de enseñanza-aprendizaje de las ciencias?

Después de conceptualizar la indagación científica y de clasificar el tipo de indagaciones que se pueden plantear en los trabajos escolares, es interesante responder los siguientes cuestionamientos: ¿Es la indagación realmente una estrategia de enseñanza y aprendizaje? ¿A qué modelo de la enseñanza de las ciencias está enfocada la indagación científica? ¿A qué modelo pedagógico responde? ¿Es coherente la enseñanza y el aprendizaje con base en la indagación con el trabajo de los científicos?

Para responder el primer interrogante se considera la postura de Reyes y Padilla (2012) quienes señalan a la indagación como un enfoque didáctico y filosófico de la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias. Estrategia en el sentido de que aporta “metodologías y estructuras que son consistentes con la forma en como las personas hacen y aprenden ciencias” (p. 420).

En cuanto al modelo pedagógico en donde se ubica la indagación, se trae a colación la reflexión de Gil Pérez (1992) “La estrategia de enseñanza que nos parece más coherente con la orientación constructivista y con las características del conocimiento científico, es la que plantea el aprendizaje como el tratamiento de situaciones problemáticas abiertas que los alumnos puedan considerar de interés” (p. 40), resultaría acertado considerar los procesos de indagación en afinidad con la forma en como los científicos construyen el conocimiento, al igual que clasificarla dentro del modelo constructivista de la enseñanza. Cabe entonces preguntarse ¿Es suficiente con que se plantee una situación abierta para que la enseñanza sea coherente con el constructivismo y el trabajo de los científicos?. Para responder esta pregunta se sigue al mismo autor cuando trata de caracterizar las estrategias de enseñanza como investigación, específicamente en el punto 3 del texto original.

- Orientar el tratamiento científico de los problemas planteados, lo que conlleva, entre otros:
- La invención de conceptos y emisión de hipótesis (oportunidad para que las ideas previas sean utilizadas para hacer predicciones).
- La elaboración de estrategias de resolución (incluyendo, en su caso, diseños experimentales) para la contrastación de las hipótesis a la luz del cuerpo de conocimientos disponibles.
- La resolución y el análisis de los resultados cotejándolos con los obtenidos por otros grupos de alumnos y por la comunidad científica. Ello puede convertirse en oportunidad de conflicto cognoscitivo entre distintas concepciones (*tomadas todas ellas como hipótesis*) y obligar a concebir nuevas hipótesis. (Gil, 1992, p. 41).

Comparando estos lineamientos con las características de la indagación científica antes descrita, resulta razonable afirmar que la indagación corresponde a un modelo de enseñanza y aprendizaje por investigación.

2.2.4.2 ¿Qué tan efectiva es la indagación científica como modelo de enseñanza y aprendizaje de las ciencias?

Alrededor de los argumentos expuestos anteriormente y que sitúan a la indagación científica dentro del modelo de enseñanza por investigación, que además sustentan su coherencia con el constructivismo y el trabajo de los científicos, resulta razonable preguntarse también qué tan conveniente es la implementación de trabajos de indagación científica en la escuela, si los objetivos perseguidos son el aprendizaje de conceptos científicos y alfabetizar en ciencias a los futuros ciudadanos. Al respecto Lederman, Lederman, & Antink (2013) afirman que la mejor

forma de aprender ciencia es a través de la indagación. Se cree que los estudiantes aprenden mejor los conceptos científicos haciendo ciencia.

En este mismo sentido, Romero (2017) ilustra los resultados de una serie de investigaciones que evidencian los beneficios de la indagación científica en la enseñanza de las ciencias; las investigaciones en las que se emplean metodologías que promueven la capacidad de pensar y argumentar con base en evidencias, representan un factor positivo aunque moderado en la comprensión de ideas científicas. Estas investigaciones cumplieron estrictos filtros de selección que obedecen al rigor metodológico empleado y a la forma en cómo midieron los resultados de aprendizaje en los estudiantes, puesto que la literatura reporta una cantidad muy vasta de este tipo de intervenciones. En esta misma revisión, se resalta que en el marco de las pruebas PISA, los resultados de implementar predominantemente la indagación frente a otras metodologías no es el mejor, según los mismos investigadores porque que en dicha prueba se valoran muchos contenidos, sin embargo, cuando se busca la profundización del tema, la indagación es la mejor alternativa.

Hay que advertir que no todos los estudios respaldan la implementación de la indagación como estrategia de aprendizaje; por ejemplo Sweller & Clark (2006) afirman que las actividades abiertas de indagación, de aprendizaje basado en problemas, por descubrimiento, y de naturaleza constructivistas están irremediablemente condenadas al fracaso, puesto que desconocen la arquitectura cognitiva humana. Estos autores hacen énfasis en el papel fundamental de la guía y la instrucción, ya que de esta manera se refuerza la memoria a largo plazo, un aspecto fundamental dentro de la arquitectura cognitiva humana.

En acuerdo con estos argumentos, Couso (2014) señala que muchos trabajos de indagación se plantan si un objetivo conceptual, en su lugar, lo único que pretenden es aprender

a indagar, “¡y encima de eso mal!”; según la investigadora porque se muestra el método científico de una forma muy simplificada que termina distorsionando la naturaleza de la ciencia, más bien aboga por una indagación centrada en modelizar (Model-Based Inquiry o MBI) y una indagación orientada a argumentar (Argument-Driven Inquiry o ADI) puesto que además de la indagación, interrelacionan el carácter creativo, discursivo y generativo de las prácticas científicas reales. El ADI con el objetivo de construir explicaciones argumentadas con base en pruebas, y el MBI con el objetivo de desarrollar explicaciones acerca de cómo funciona el mundo natural con base en modelos, es decir, con un enfoque semántico de las ciencias.

Con el propósito de seguir respaldando la efectividad de la indagación científica, se cita el metaanálisis realizado por (Furtak et al., 2012), en el cual revisa y evalúa 37 experimentos y cuasiexperimentos con diseño de pre y pos test realizados entre 1996 y 2006 en el cual determinan que el tamaño del efecto en el aprendizaje es 0.5 mayor que otras estrategias de enseñanza más tradicionales, y que tal efecto es mayor cuando las actividades son dirigidas por los profesores, en lugar de las que son realizadas con toda autonomía por los estudiantes. De todas formas, como ya se ha indicado antes, el grado de autonomía de los estudiantes es directamente proporcional a la dificultad de realizar actividades de indagación, (Crujeiras y Jiménez, 2015; Ferrés et al., 2014) y, por ende, cumplir con los objetivos de aprendizaje; asimismo, no son pocas las actividades que se promocionan como indagatorias sin que realmente tengas las características propias de la indagación (Martin, 2002), así que los resultados negativos en el aprendizaje conceptual son más bien atribuibles a un enfoque distorsionado de la indagación en los trabajos académicos propuestos.

Teniendo en cuenta las posturas en favor y en contra de la indagación como modelo de enseñanza y aprendizaje, y de que son numerosas las actividades de indagación descalificadas

debido a una mala interpretación del término, se hace pertinente poner a prueba la actividad propuesta por los investigadores en este estudio, ceñidos a los referentes y a las bases teóricas tratadas en este apartado.

2.2.5 Los conceptos y su aprendizaje

En este estudio se ha considerado el aprendizaje de conceptos como el objetivo principal de la estrategia de indagación, teniendo en cuenta consideraciones teóricas que ponen a priori el manejo de conceptos en la resolución de problemas y en consecuencia, la comprensión de los fenómenos naturales a los cuales están sujetos las situaciones que se pretenden resolver (Martínez, Arrieta, y Ramón, 2012).

Ahora bien, no es una opción comprender ampliamente un concepto, si lo que se pretende es resolver un problema, más aún si este se relaciona con la vida cotidiana, ya que “parecen” alejarse del contexto científico. Es precisamente esta problemática lo que suscita a los autores anteriormente citados, a tomar acciones que conduzcan a resultados medibles en el aprendizaje de conceptos, lo que para ellos impactaría en el éxito académico de los estudiantes, en su caso, a universitarios; es así como plantean los interrogantes “¿Cómo los estudiantes construyen los conceptos?; ¿De qué forma los estudiantes pueden alcanzar un desarrollo cognitivo de conceptos?; ¿Son capaces de ajustar sus características de aprendizaje hacia este desarrollo?” (Martínez et al., p. 36).

Estos y otros interrogantes hacen las veces de catalizadores que motivan al investigador de este estudio, a diseñar una estrategia con base en la indagación científica que permita la construcción conceptual que prescinda del acostumbrado transmisionismo. En adelante, se

describen unas precisiones conceptuales que sitúan en una posición privilegiada a la indagación con este propósito.

Para empezar hay que diferenciar el conocimientos científico del común; éste último resulta de manera natural en la vida diaria, y no se reflexiona sobre él; en cambio el científico se construye intencionalmente, es sistemático, y se obtiene de procedimientos metódicos con los que se valida (Delgado, Arrieta y Camacho, 2012). Son precisamente estas características del conocimiento científico, las que hacen necesario adecuar la enseñanza y el aprendizaje para que se logre la construcción de los conocimientos deseados en el aula.

En este orden de ideas, el aprendizaje de los conceptos debe asumirse desde la enseñanza, de tal manera que se presente al estudiantado como verdaderos instrumentos de conocimientos, entendidos como lo que son: “instrumentos, herramientas mentales para comprender la realidad real y la simbólica” (Vargas, 2005, p. 46). Según Ausubel (2000) “Los conceptos se pueden definir como objetos, eventos, situaciones o propiedades que poseen unos atributos característicos comunes y están designados por el mismo signo o símbolo” (p. 26).

Teniendo en cuenta las características del modelo enseñanza por Transmisión – recepción presentadas en el problema de investigación, se puede inferir que los conceptos se exponen cual si fueran simples informaciones específicas listas para el aprendizaje memorístico (Ruiz, 2007), sin que esto quiera decir que se prescindiera de la memoria, si de aprender significativamente se trata; de hecho, no son dicotómicos de ninguna manera.

Existen variadas teorías que explican la formación y asimilación de conceptos científicos, sin embargo, sólo se hará énfasis en el aprendizaje significativo de Ausubel y Bruner, debido a la afinidad que tienen sus posturas (Moreno, 2009), y porque constituyen un referente teórico sólido y de plena vigencia (Palmero, 2010); además, desde la metodología de la indagación

científica, se asume diferentes tipos de aprendizaje significativo, en tanto que contempla rutas didácticas inductiva-deductiva, lo que permite abordar diferentes tipos de aprendizaje significativo en el desarrollo de estas actividades, más aun si emplea una práctica de laboratorio y la uve de Gowin como estrategias didácticas de apoyo, tal como el caso de estudio.

Para referirse al aprendizaje de conceptos, es necesario hablar primero de aprendizaje significativo; según Ausubel “es el proceso según el cual se relaciona un nuevo conocimiento o una nueva información con la estructura cognitiva de la persona que aprende de forma no arbitraria y sustantiva o no literal” de acuerdo a esto, se requiere de unas ideas de anclaje o subsumidores, que luego de la interacción con los nuevos conocimientos, se produzca una transformación de los mismos, de tal forma que resulten progresivamente más diferenciados y estables (Palmero, 2010, p. 11).

Siguiendo a Ausubel, el aprendizaje significativo se clasifica teniendo en cuenta dos criterios: objeto aprendido y la organización jerárquica; en el primer caso puede ser representacional, de conceptos y proposicional y, en el segundo, subordinado, superordenado y combinatorio. El aprendizaje de conceptos busca relacionar un símbolo con sus atributos o criterios comunes que lo definan y que le establezcan patrones de regularidad. Según Novak:

desde la perspectiva del individuo, las imágenes que provocan en nosotros las palabras o signos con lo que expresamos regularidades. Estas imágenes mentales tienen elementos comunes en todos los individuos y matices personales, es decir, los conceptos no son exactamente iguales, aunque usemos las mismas palabras, son idiosincrásicos por naturaleza. Partiendo de ello podemos afirmar que en cierta forma también es un aprendizaje de representaciones (Moreno, 2009, p. 11).

Es relevante decir que el aprendizaje representacional le anteceda al de conceptos, y éste último al proposicional, por lo tanto, los conceptos representan el eje central del aprendizaje significativo; de ahí que el aprendizaje de conceptos constituye una prioridad al momento de lograr la fundamentación en cualquier disciplina científica en la que se desee tener criterios claros para comprender su literatura, y los aportes hechos desde su campo del conocimiento.

A continuación se caracteriza cada uno de los tipos de aprendizaje significativo según la perspectiva Ausubeliana; en la tabla 2 según el objeto aprendido, y en la tabla 3 según el orden jerárquico.

Tabla 2

Tipos de aprendizaje significativo de Ausubel según el objeto aprendido

Tipos	Función	Finalidad	¿Cómo se genera?
Representacional	Identificativa y de naturaleza nominalista	Establecer correspondencia entre el símbolo y su referente.	Por reiteración y descubrimiento.
De conceptos	Simbólica	Relación de equivalencia entre el símbolo y los atributos definatorios, regularidades o aspectos comunes.	Por asimilación y formación.
Proposicional	Comunicativa de generalización y de naturaleza sustantiva	Aprender ideas expresadas verbalmente con varios conceptos inmersos	Mediante el aprendizaje significativo de conceptos y su correcta verbalización.

Nota: Elaborado por el investigador a partir de (Palmero, 2010).

Tabla 3

Tipos de aprendizaje significativo de Ausubel según el orden jerárquico

Tipos	Dirección de subordinación	Símbolo	Ejemplo
Subordinado	El subsumidor o idea de anclaje subordina al nuevo concepto, por ser más general y abstracto.	Sub → Nconcepto	Campo → magnético
Superordenado	El nuevo conocimiento subordina al subsumidor por ser más general e inclusivo.	Nconcepto → sub	Función química → grupo funcional
Combinatorio	No existe relación de subordinación. Se establecen relaciones entre conceptos disponibles en la estructura cognitiva.	Concepto 1 / concepto 2	Temperatura / presión

Nota: Elaborado por el investigador a partir de (Palmero, 2010). Sub = Subsumidor; Nconcepto = Nuevo concepto.

En la tabla 3 queda manifiesta la importancia de los conceptos, en tanto que representan los puentes cognitivos con los que se logra modificar los ya existentes y formar nuevos. De la tabla 2 se destaca que el aprendizaje de conceptos se logra mediante dos procesos, el de asimilación y el de formación. El mismo Ausubel (2000) describe estas dos formas de aprender conceptos así:

En la formación de conceptos, los atributos característicos del concepto se adquieren mediante la experiencia directa, es decir, mediante etapas sucesivas de generación de hipótesis, comprobación y generalización. Sin embargo, a medida que el vocabulario del niño aumenta, los conceptos, nuevos se adquieren principalmente mediante el proceso de asimilación de conceptos, puesto que los atributos característicos de los nuevos conceptos se pueden definir mediante el uso, en nuevas combinaciones, de referentes ya existentes disponibles en la estructura cognitiva del niño (p. 26).

Si bien estos supuestos colocan a la *asimilación* de conceptos por encima al de *formación* en el aprendizaje en la etapa escolar, este último puede presentarse a cualquier edad, sin embargo, esta distinción solo queda en el plano teórico, puesto que cuando un individuo asimila

activamente un concepto, éste no lo recepciona tal cual como se le presentó, más bien se ajusta a su estructura cognoscitiva, intereses y necesidades, de este modo, un concepto es re-hecho y reformado (Ramos y López, 2015).

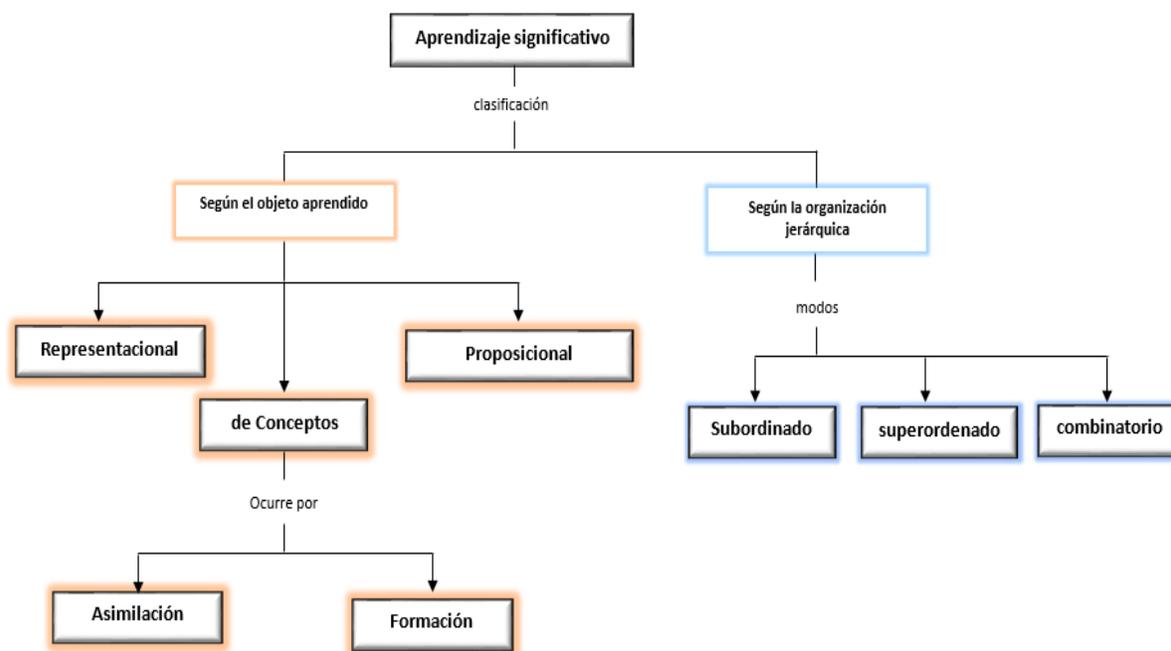


Figura 3. Tipos de aprendizaje significativo según Ausubel. Fuente: Elaborado por el investigador a partir de Palmero (2010)

Teniendo en mente que la finalidad de la estrategia es la construcción del concepto densidad, ésta debe ajustarse al aprendizaje que logre su comprensión, para ello, la información no puede presentarse de una forma arbitraria cual si fuere un dato o un hecho, por el contrario: los conceptos se aprenden relacionándolos con lo conocimientos previos que se poseen. Ello hace que la enseñanza de conocimientos factuales pueda hacerse sin atender los conocimientos previos. En cambio, la enseñanza de conceptos solo podrá ser eficaz si

parte del conocimiento previo de los aprendices y logra activarlos y conectarlos adecuadamente con el material de aprendizaje (Pozo y Gómez, 1998, p. 9).

De esta manera, la guía de laboratorio elaborada como referente principal en el proceso de indagación, inicia con una situación problema muy cercana y familiar a los estudiantes, como lo es el popular reto de establecer ¿cuál es más pesado, un kilogramo de hierro o uno de algodón? Además de contextualizar el nuevo conocimiento, se invita a la formulación de una hipótesis en la que se “prediga”, si volúmenes iguales de agua, glicerina y etanol tienen la misma masa. Es así como se busca que emerjan lo que Ausubel llama prehistoria de los conocimientos.

Según Pozo señala en ese mismo apartado, la abstracción de regularidades en el entorno es lo que genera un conocimiento conceptual; implícitamente es la organización de categorías naturales que se organizan permitiendo un alto grado de predicción y descripción.

En tal sentido, se buscó que los estudiantes iniciaran el proceso de construcción del concepto bajo los lineamientos teóricos del aprendizaje significativo en concomitancia con el modelo de investigación, específicamente con una experiencia de laboratorio basada en la indagación científica.

Se insiste en que los conceptos o instrumentos de conocimientos son generalizaciones que explican una amplia realidad, en tanto que la información es referida a casos muy particulares. En estos términos, la temperatura es un concepto, y decir puntualmente que la temperatura promedio del cuerpo humano es de 37°C , es una información o dato (Vargas-Quintero, 2005). Cabe advertir desde la postura Ausubeliana, que el aprendizaje de conceptos no es inmediato, por el contrario, tiene un carácter esencialmente progresivo, es decir, la capacidad de relacionar su estructura cognoscitiva con materiales potencialmente significativos, requiere de un prolongado periodo de tiempo, solo así, se logrará un alto grado de abstracción del concepto,

tal como un lo tiene un experto (Palmero, 2010 y Pozo y Gómez, 1998). Es oportuno entonces, traer a colación las condiciones adecuadas para llevar a cabo el aprendizaje de conceptos según Vergnaud:

- Debe darse el desarrollo de conceptos por resolución de problemas.
- Las situaciones de resolución de problemas hacen los conceptos significativos
- No hay razón para que se desarrollen conceptos complejos si no se dan situaciones complejas
- Es una falacia considerar el desarrollo natural (Palmero, 2010, p. 105).

Conforme al propósito de evaluar correctamente el aprendizaje del concepto, se diseñó un instrumento que consiste en preguntas cerradas que comprende los niveles de *conocimiento*, *comprensión* y *aplicación* en el marco de la taxonomía de Bloom. Se buscó con este sistema de categorización de complejidad creciente, evidenciar el nivel de aprendizaje alcanzado: *conocimiento* como la evocación literal o la verbalización del concepto y la de recordar información específica; *comprensión* como la interpretación o explicación de un fenómeno, lo que se manifiesta en la inferencia de sus causas; y la predicción de consecuencias dada una circunstancia particular y aplicación como el uso del conocimiento para la proposición de soluciones a situaciones problema.

En todo caso, el aprendizaje no se limita a la simple repetición del contenido de aprendizaje, más bien se extiende a la comprensión profunda del mismo; además, “los psicólogos, a pesar de las distintas teorías en la que se sustente, reconocen que la comprensión reside en el descubrimiento de lo esencial en los objetos y fenómenos; permitiendo incluir el nuevo conocimiento en el sistema cognoscitivo que se posee” (Pérez y Hernández, 2014, p. 702). De lo que se puede inferir que la comprensión se consigue, cuando hay un aprendizaje

significativo como el que plantea Ausubel, dentro de los que está clasificado el aprendizaje de conceptos. De hecho, el aprendizaje se asume como los procesos u acciones que permiten revelar la comprensión del contenido de aprendizaje, por un sujeto en diferentes situaciones, como concluyen los autores anteriormente citados.

Para finalizar este apartado, se describe someramente el aprendizaje por descubrimiento postulado por Jerome Bruner. En este aprendizaje, el contenido no se proporciona de forma acabada, el estudiante reorganiza el material adaptándolo a su estructura cognoscitiva, de modo que logre descubrir las relaciones o los conceptos que después asimila. Por su parte el profesor, suministra la información pertinente, y dirige la actividad de tal forma que se descubran las relaciones pretendidas. En este sentido, el aprendizaje es inductivo, ya que se busca facilitar el descubrimiento de conceptos abstractos a partir de otros más generales o concretos (Castejón, Carlota, Raquel y Miñano, 2010).

De acuerdo con lo anterior, Castejón et al. (2010) resumen el rol del profesor así:

En vez de proporcionarles una definición o explicarles cómo resolver un problema, el profesor proporciona el material adecuado y estimula al alumno para que haga observaciones, formulen hipótesis y pongan a prueba sus soluciones. El profesor guía hacia el descubrimiento realizando preguntas orientadoras y proporciona información en el momento adecuado relativa a la dirección que toma el aprendizaje del alumno, para que este pueda continuar avanzando hacia la solución correcta (p. 86).

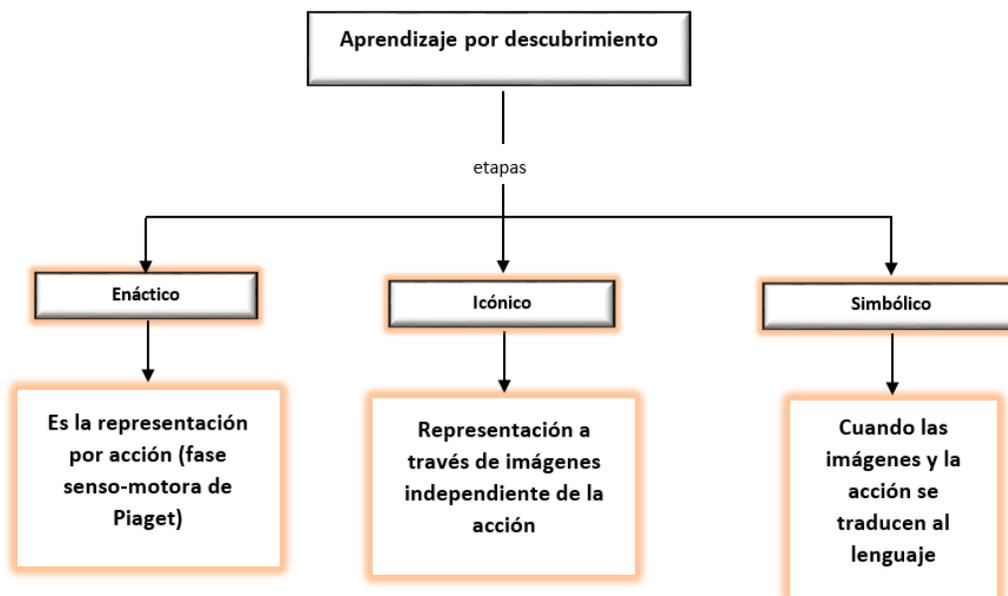


Figura 4. Etapas del desarrollo cognitivo según el aprendizaje por descubrimiento de Bruner. Fuente: elaborada por el investigador a partir de (Moreno, 2009)

Después de haber definido los conceptos en sí, y la forma en cómo son aprendidos desde la teoría de teoría del aprendizaje significativo de Ausubel, se remite a dar precisiones sobre el concepto densidad, el cual es elegido en este estudio para que los estudiantes del grupo experimental logren su conceptualización a través de la actividad de indagación científica propuesta, y formulen una definición en lugar de ser recepcionada a través de la exposición del profesor o leída en un libro de texto.

La decisión de tomar a la densidad como el concepto sometido a elaboración, obedece principalmente a tres razones: primeramente, la densidad es una propiedad fácilmente medible en el laboratorio, y sin aparatos ni instrumentos sofisticados, lo que la hace perfectamente compatible con una experiencia de laboratorio basada en la indagación. En segundo lugar, es uno de los núcleos temáticos definidos en los estándares de competencias del área de Ciencias Naturales y Educación Ambiental del grado octavo a noveno correspondiente al entorno físico,

grado cursado por los grupos sujetos a estudio “comparo masa, peso, cantidad de sustancia y densidad de diferentes materiales” (Ministerio de Educación Nacional, 2004). Por último y más importante aún, la densidad es un concepto estructurante, no obstante, es fundamental para la comprensión de otros conceptos con los que guarda relación como se muestra en el siguiente apartado.

2.2.5.1 Aproximaciones al concepto de densidad

Antes de referirse puntualmente a la densidad, se define qué es un concepto estructurante. En palabras de Botero (2010) “los conceptos estructurantes son aquellos que posibilitan en el estudiante la articulación de otras ideas, contenidos o conceptos básicos de las ciencias experimentales, ampliar las concepciones de ver el mundo con una visión integradora de las ciencias” (p. 25).

La naturaleza de los conceptos estructurantes responde a la relación dinámica que tienen con otros conceptos, con esto en mente, la explicación de fenómenos involucrados resultaría más amplia y satisfactoria, logrando así una diferenciación progresiva, que sin lugar a dudas, fortalece la comprensión de los mismos.

Entre los conceptos que relaciona Botero con la densidad está el principio de Arquímedes, por tanto, con la flotabilidad y la fuerza de empuje que experimenta un cuerpo al introducirse en un fluido líquido. Tan solo con esta relación se puede encontrar una riqueza teórica que explicaría muchas situaciones puntuales en las que se manifiesta el fenómeno; por ejemplo, la presión hidrostática como función de la densidad del fluido-matriz de sumersión, y a la profundidad a la que se encuentre el objeto con respecto a la superficie del fluido, al igual que

la “predicción” de suspensión o sumersión total de un cuerpo en un líquido con base en la comparación de sus densidades y a la fuerza de empuje.

$$P_{\text{hidrostática}} = \rho_{\text{fluido}} \cdot h \cdot g$$

$P_{\text{hidrostática}}$ = Presión hidrostática

ρ_{fluido} = densidad del fluido

h = profundidad de sumersión o de referencia

g = constante de gravedad

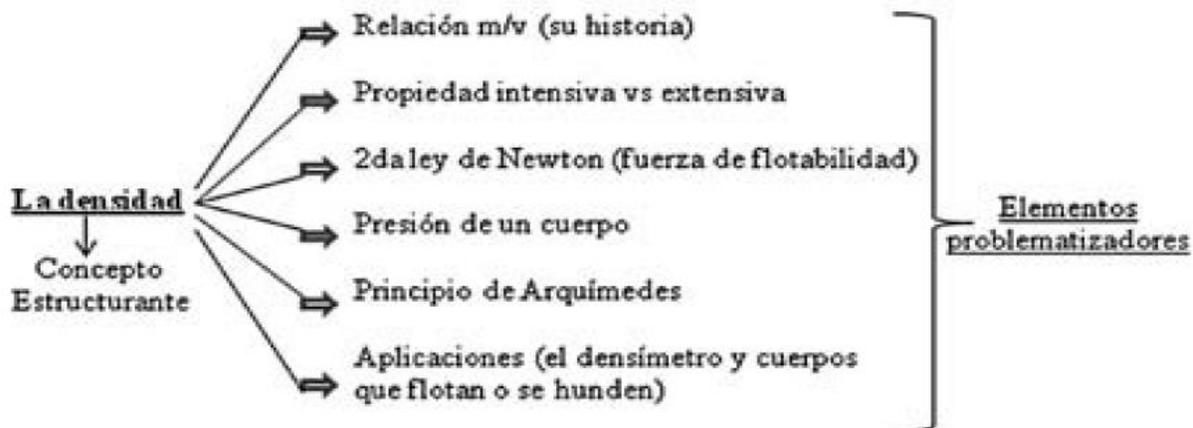


Figura 5. La densidad como concepto estructurante. Fuente: obtenida de (Botero, 2010).

Son considerables las relaciones que se pueden encontrar entre la densidad y otros principios o fenómenos; por ejemplo para “entender la flotabilidad; interpretar la dinámica de las corrientes oceánicas o atmosféricas, o los fenómenos de convección en el seno de los fluidos, así como la estratificación de los lagos y sus repercusiones ecológicas” (Napal, Echeverría, Zulet, Santos y Ibarra, 2018, p. 62).

. En conclusión, la comprensión de este concepto se convierte en un fundamento para abordar con mayor confianza los principios o leyes relacionadas con él. Por otra parte, el hecho

de que la densidad categorice dentro de los conceptos estructurantes, justifica en parte el amplio lapso requerido para la implementación de estrategias de enseñanza y aprendizaje basados en la indagación.

La densidad es la relación que hay entre la masa y el volumen, o, la masa presente en la unidad de volumen. Sin duda esta forma de declarar el concepto es muy restringida, aunque también se caracteriza su carácter de propiedad específica e intensiva en la mayoría de los libros de texto, pocas veces se relaciona con las fuerzas de cohesión, por tanto, con las distancias intermoleculares promedio; en este sentido, se hace necesario relacionar los niveles macroscópicos y microscópicos de forma adecuada para la superación de los obstáculos en el aprendizaje de la Química (Furió y Furió, 2000).

Particularmente en este estudio, es relevante considerar la influencia de las fuerzas de cohesión con los valores de las densidades, teniendo en cuenta la problemática abordada para la formulación de la hipótesis, puesto que se busca explicar la diferencia de masa en los mismos volúmenes de la sustancias elegidas para la práctica de laboratorio, desde esa perspectiva, claro está, sin considerar por lo pronto la influencia de la temperatura en la “lectura” de las mismas.

A pesar de la aparente sencillez del concepto densidad, son diversas las concepciones alternativas que los estudiantes traen de la cotidianidad, y que persisten aun después de ser trabajarse en diferentes niveles de educación formal, incluso en estudiantes universitarios. (Raviolo, Moscato y Schnersch, 2005) listan las dificultades más comunes en la concepción de la densidad.

- relacionan la densidad con una de las variables (masa o volumen) y no con la relación entre ellas
- no consideran que es una propiedad intensiva, que no cambia con la cantidad

- no la asocian con una propiedad característica de la sustancia, que permite diferenciarla de otras sustancias
- no tiene en cuenta la influencia con la temperatura (o la presión en los gases) sobre la densidad
- confunden cambios de forma con cambios de volumen y, por lo tanto, con cambios en la densidad
- confunden la densidad con la viscosidad (p. 95).

De ahí que la construcción del concepto, por lo tanto, de su formación más que de su asimilación, es la mejor alternativa a la hora de configurar la estrategia de enseñanza y aprendizaje. De este modo, la indagación científica representa un mecanismo que se espera rompa las concepciones alternativas en la medida en que se corroboren los supuestos teóricos a merced de las evidencias que la experimentación nos brinda.

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1 Enfoque de la investigación

El estudio se enmarca en el paradigma empírico analítico con un enfoque cuantitativo de investigación, el cual “busca estudiar la asociación y/o relación entre determinadas variables que se asumen como explicativas de un fenómeno”; para esto hace uso de modelos estadísticos para el análisis de los datos cuantitativos que se obtienen de la variable de interés (Abero, Berardi y Capocasale, 2015, p. 53). Según Martínez (2007) “En esta línea de investigación se suele utilizar el método hipotético-deductivo, que parte de la formulación de hipótesis sobre el comportamiento de la realidad estudiada, las cuales se someten posteriormente a contrastación” (p. 31).

3.2 Diseño metodológico

La investigación es de tipo cuasi-experimental con un diseño (pretest – posttest y grupo de control), ya que los grupos experimental y de control fueron asignados sin ninguna aleatorización, sino mediante procesos ordinarios de matrículas correspondientes al año lectivo 2017, cuya clasificación obedece a la cercanía residencial de los estudiantes. El grupo experimental corresponde al grado 9°B, el cual cuenta con 31 jóvenes con un promedio de 15 años, y el de control a 9°A, conformado por 32 jóvenes con el mismo promedio de edad, sin embargo, los participantes del estudio son realmente de 29 y 28 estudiantes respectivamente. Se espera de un cuasi-experimento que la intervención y/o tratamiento (variable independiente) tenga influencia positiva o negativa en una variable dependiente; para este caso en particular, la indagación científica sobre el aprendizaje de conceptos.

Grupos	Pretest	Tratamiento	Posttest
9°B	O ₁	X	O ₂
9°A	O ₃	-	O ₄

Figura 6. Esquema diseño experimental. Fuente: Elaborada por el investigador (2016)

Para la implementación del diseño es apropiado hacer las siguientes precisiones:

- El pretest y posttest consisten en el mismo cuestionario
- El grupo experimental es sometido a una la indagación científica integrada a una práctica de laboratorio
- El grupo de control es sometido al modelo de enseñanza por Transmisión - Recepción y al laboratorio instruccional.

Además, se decide acoger el diseño de pretest – posttest, ya que al tratarse de un cuasi-experimento, se hace necesario saber qué tan similares son los grupos de control y experimental antes del tratamiento.

3.3 Población y muestra

Población: Estudiantes de la institución educativa la Ye.

Muestra: Los grados novenos A y B.

Tabla 4*Caracterización de las muestras*

Institución Educativa	Grado	N° de estudiantes	Grupo	Sexo		Promedio edad
				Hombre	Mujer	
La Ye	9° A	28	Control	16	12	15
	9° B	29	Experimental	16	13	15

Fuente: Elaborado por el investigador (2017).

En la tabla 1 puede apreciarse que las condiciones “íntactas” de los grupos son similares, entre ellas: el tamaño de la muestra, el número de estudiantes de cada sexo y el promedio de edad. De todas formas, con los resultados del pretest mostrados en la presentación de resultados, se determinó el grado de equivalencia de dichos grupos antes de la intervención.

3.3.1 Técnica del análisis de contenido cualitativo

Puesto que uno de los objetivos de esta investigación es analizar los conceptos construidos por cada uno de los equipos de laboratorio del grupo experimental como producto final del proceso de indagación, se emprendió este proceso como parte de un tercer estudio que acude a una técnica de análisis de contenido cualitativo para valorar dichas elaboraciones. Como es de esperar, los datos generados de las construcciones conceptuales son de naturaleza cualitativa, así que el análisis de los datos es más apropiado con una técnica que despliegue los heurísticos que permitan valorar su acercamiento a los referentes formales, dicho de otro modo, si los conceptos “inventados” se acercan o no, a los consensos teóricos.

Los datos cualitativos se analizaron con la técnica del análisis de contenido cualitativo. Esta estrategia consiste básicamente en la descripción sistemática del material, encaminada a

encontrarle significado. Consecuentemente, se asignan partes del material a categorías en un marco de codificación (Schreier, 2012). Por su parte Krippendorff (como se citó en Abela, 2002), propone la siguiente definición “El análisis de contenido es una técnica de investigación destinada a formular, a partir de ciertos datos, inferencias reproducibles y válidas que puedan aplicarse a su contexto” (p. 22). Para ello, hay que definir las unidades de análisis, los cuales pueden ser textos, audios, filmes, registros de datos, discursos, transcripciones de entrevistas, los cuales albergan conocimientos sobre diversos aspectos y fenómenos sociales (Abela, 2002). Para este estudio, las unidades de análisis corresponden a las respuestas de la cuestión *¿Qué es la densidad?* recabadas en la zona derecha de la V de Gowin de los seis equipos de trabajo del grupo experimental.

El análisis de contenido cualitativo tiene una metodología perfectamente establecida, por tanto, de unas etapas, definiciones y concreciones bien establecidas; todo esto, con la finalidad de limitar la potencial subjetividad de las inferencias (Guix, 2008).

Con esta breve descripción, es suficiente para señalar a la técnica referida como la apropiada para hacer el análisis pertinente a los conceptos emitidos, por lo que son producciones textuales que buscan aproximarse a la formalidad de dicho concepto. Pese a que las metodologías cualitativas de investigación son de naturaleza inductiva, el análisis de contenido cualitativo deja la posibilidad de establecer deductivamente las categorías de análisis, necesario en este caso, a cuenta de que se busca evaluar la aproximación a los referentes teóricos.

3.3.2 Sistemas de Hipótesis

Hipótesis de investigación

H_a: Las experiencias de laboratorio basadas en la indagación científica tienen mayor influencia en el aprendizaje de conceptos que el modelo de transmisión recepción y el laboratorio instruccional.

Se clasifican los sistemas de hipótesis según el tipo de comparación: intra o intergrupo.

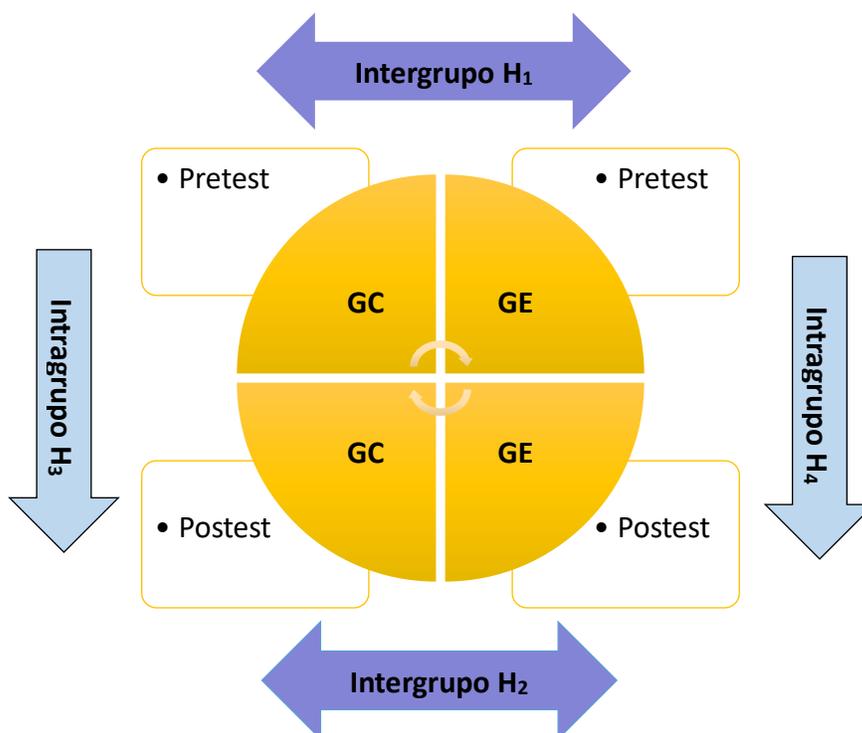


Figura 7. Sistemas de hipótesis según el tipo de comparación: intra o intergrupo

Nota: Elaborado por el investigador (2018).

Comparaciones inter-grupo

H₁: Existe diferencia significativa en el pretest entre los grupos de control y experimental

H₀₁: No Existe diferencia significativa en el pretest entre los grupos de control y experimental

H₂: Hay diferencia significativa entre los grupos de control y experimental en relación al aprendizaje de conceptos cuando se interviene con una experiencia de laboratorio basada en la indagación científica

H₀₂: No hay diferencia significativa entre los grupos de control y experimental en relación al aprendizaje de conceptos cuando se interviene con una experiencia de laboratorio basada en la indagación científica

Comparaciones intra-grupo

H₃: Hay una diferencia significativa en el pre y posttest del grupo de control en relación al aprendizaje de conceptos

H₀₃: No hay una diferencia significativa en el pre y posttest del grupo de control en relación al aprendizaje de conceptos

H₄: Existe una diferencia significativa en el pre y posttest del grupo experimental cuando se interviene con una experiencia de laboratorio basada en la indagación científica en relación al aprendizaje de conceptos

H₀₄: No existe una diferencia significativa en el pre y posttest del grupo experimental cuando se interviene con una experiencia de laboratorio basada en la indagación científica en relación al aprendizaje de conceptos

3.3.3 Operacionalización de variables

Sistema de Variables

Variable Independiente: Indagación Científica

Variable Dependiente: Aprendizaje de conceptos

Tabla 5

Operacionalización de la variable dependiente.

VARIABLE DEPENDIENTE : APRENDIZAJE DE CONCEPTOS			
DEFINICIÓN	OPERATIVIZACIÓN		
	DIMENSIONES	INDICADORES	ÍTEMS
Los conceptos son “instrumentos, herramientas mentales para comprender la realidad real y la simbólica” (Vargas, 2005, p. 46). Según Ausubel es aprendizaje del “significado de los atributos del concepto, entendidos como aquellos rasgos que sirven para distinguir o identificar el concepto” (Ramos y López, 2015)	Conocimiento	Recuerda información específica Evoca el concepto principal y los relacionados	1 y 10
	Comprensión	Interpreta hechos o fenómenos. Infiere causas y predice las consecuencias de un fenómeno dadas unas condiciones específicas.	2, 8, 9, 11, 12, 13, 15, 16, 17 y 20
	Aplicación	Usa el conocimiento para proponer y argumentar soluciones a situaciones problemas.	3, 4, 5, 6, 7, 14, 18 y 19

Fuente: Elaborado por el investigador (2017).

3.4 Instrumentos de medición y recolección de datos

El Instrumento N° 1 – Aprendizaje de conceptos: Consiste en un cuestionario de 20 preguntas cerradas de opción múltiple con única respuesta, aplicado antes (pretest) y después (postest) de la intervención. El instrumento tiene como objetivo determinar el aprendizaje del concepto de la densidad como propiedad intensiva de la materia, vista desde perspectivas macro y microscópicas, usando como referente los tres primeros niveles sugeridos por la taxonomía de Bloom y distribuidas de la siguiente manera: 2 preguntas de *conocimiento*, 10 de *comprensión* y 8 preguntas de *aplicación*. Aunque las preguntas se hayan diferenciado en estas tres dimensiones o niveles de aprendizaje, se le atribuye mayor valor inferencial a la evaluación

global; esto teniendo en cuenta que la confiabilidad del instrumento fue determinado con el modelo de K de Richardson, el cual asume homogeneidad de la prueba, no obstante, los ítemes presentan unidimensionalidad, es decir, miden el mismo constructo (Ruiz, 2008), por lo que el efecto en la variable dependiente es una contribución aditiva de cada dimensión.

Instrumento N° 2 – Capacidades de indagación: Nivel de Indagación Científica para Principiantes (NdICpP): Tiene como objetivo determinar el nivel de indagación de los equipos de trabajo del grupo experimental.

Además de intervenir el grupo experimental con una estrategia de enseñanza-aprendizaje basada en una experiencia de laboratorio tipo indagación científica, el investigador estimó dentro de los objetivos de la investigación, la determinación de las capacidades propias de esta competencia científica y así, tener un diagnóstico con el cual mejorar el desempeño en futuras actividades. Con esto en mente, se adaptó un instrumento de escala ordinal con cinco categorías similares a las capacidades de indagación científica que propone Cañal (2012). Los detalles del instrumento se dan a continuación.

Para determinar los niveles de indagación científica que alcanzaron los equipos de trabajo, se utilizó un instrumento basado en el “Nuevo” *Practical Test Assessment Inventory* o “nuevo” PTAI o NPTAI (Ferrés et al., 2014), una escala ordinal que cuenta con siete categorías de indagación. Dicho instrumento fue modificado y adaptado a las condiciones académicas de la población y a los recursos disponibles en la institución para la realización del trabajo experimental, entre ellos: la nula familiarización con la metodología de la indagación científica, la nula experiencia en trabajos prácticos de laboratorio del grupo experimental en grados

anteriores aun en prácticas de laboratorio tipo instruccional, la disponibilidad de materiales, reactivos y aparatos de laboratorio con los que cuenta la institución. Por tal razón ha sido denominado, Nivel de Indagación Científica para Principiantes NdICpP (en adelante). Las diferencias entre el NPTAI y el NdICpP se detallan en la tabla que sigue.

Tabla 6

Diferencias entre el NPTAI y el NdICpP.

NPTAI	NdICpP
<ul style="list-style-type: none"> • Los estudiantes identifican y formulan el problema o la pregunta de investigación (indagación abierta) • Contempla la metarreflexión dentro de las categorías de la indagación • Considera réplicas y controles en las rúbricas del diseño experimental • Los estudiantes son valorados de forma individual 	<ul style="list-style-type: none"> • El profesor es quien formula el problema o la pregunta de investigación (indagación guiada). • Omite la categoría de la metarreflexión • No considera réplicas y controles en las rúbricas del diseño experimental • Se valora el trabajo de equipos o grupos de laboratorio • Se amplía el número de rúbricas para minimizar disparidades entre evaluadores

Fuente: Elaborado por el investigador (2017).

Tabla 7

Categorías de indagación del NdICpP y sus respectivas rúbricas de valoración.

CATEGORÍA	RÚBRICA	VALORACIÓN
A. Formulación de Hipótesis	No Plantean hipótesis o plantea hipótesis sin sentido	0
	Plantean hipótesis sin relación con el problema de investigación	1
	Plantean hipótesis ambiguas o con errores de lógica o mal formuladas o sólo emite predicciones	2
	Formulan hipótesis en forma de deducción y que encaja con el problema de investigación	3
	Formulan hipótesis en forma de deducción y que encaja con el problema de investigación y con el esquema “ <i>si pensamos que...entonces si...observaremos que...</i> ”	4
	No proponen diseño experimental	0
	El diseño experimental no permite comprobar la hipótesis	1

B. Diseño Experimental	El diseño experimental permite comprobar la hipótesis pero está mal organizado y requiere ajustar el procedimiento	2
	El diseño experimental permite comprobar la hipótesis y el procedimiento está listo para su ejecución	3
C. Identificación de Variables	No identifican las variables implicadas en el diseño experimental	0
	Proponen variables que no guardan relación con el experimento	1
	Identifican las variables implicadas en el experimento, pero no discriminan entre la VD y la VI	2
	Identifican la VD y la VI implicadas en el experimento, pero no explican claramente la relación entre ellas	3
	Identifican la VD y VI implicadas en el experimento y explican la relación entre ellas	4
	D. Recogida y procesamiento de datos	No reportan datos del experimento
Datos inexactos que muestran una inadecuada ejecución de los procedimientos, tratamiento inadecuado de los mismos y sin gráficos		1
Datos inexactos que muestran una inadecuada ejecución de los procedimientos, <u>mal</u> tratamiento matemático, pero <u>bien</u> graficados		2
Datos inexactos que muestran una inadecuada ejecución de los procedimientos, <u>mal</u> graficados pero con un <u>buen</u> tratamiento matemático		3
Datos inexactos que muestran una inadecuada ejecución de los procedimientos, pero con un <u>buen</u> tratamiento matemático y gráfico		4
Datos exactos que muestran una adecuada ejecución de los procedimientos, pero con un <u>mal</u> tratamiento matemático y gráfico		5
Datos exactos que muestran una adecuada ejecución de los procedimientos, <u>buen</u> a representación gráfica y <u>mal</u> tratamiento matemático		6
Datos exactos que muestran una adecuada ejecución de los procedimientos, <u>buen</u> tratamiento matemático y <u>mal</u> representados gráficamente		7
Datos exactos que muestran una adecuada ejecución de los procedimientos, con un <u>buen</u> tratamiento matemático y gráfico.		8
E. Análisis de datos y obtención de conclusiones		Sin análisis de datos
	Análisis deficiente y conclusiones no fundamentadas en los datos, ni en elementos teóricos	1
	Análisis de datos bien fundamentado, pero sólo se basa en los datos empíricos o sólo en elementos teóricos	2
	Análisis de datos bien fundamentado y basado en datos empíricos y en fundamentos teóricos	3

Fuente: Adaptado y contextualizado por el investigador (2017) a partir del instrumento “Nuevo” *Practical Test Assessment Inventory* (NPTA) (Ferrés et al., 2014)

Como puede apreciarse en el NdIpP, las categorías difieren en el número de rúbricas, así que para efecto de comparar el desempeño de los equipos de trabajo en cada una de ellas, se realizó el siguiente ajuste: se le asignó a cada categoría un valor de 5 puntos, puesto que son cinco categorías, la puntuación máxima que se puede lograr en la escala del instrumento es de 25 puntos; a estos 5 puntos se les divide entre el número de rúbricas (n) menos la unidad, debido a que el nivel de desempeño más bajo corresponde a una puntuación de cero (0). Así, por ejemplo, la categoría D = Recogida y procesamiento de los datos, que cuenta con 9 rúbricas ($n = 9$), la puntuación máxima que ofrece esta es de 8 ó ($n - 1$) ya que cero (0) está incluido dentro de los desempeños. Entonces el aporte de cada rúbrica para esta categoría se calcula así: $5/(9 - 1) = 0,625$. Por ende, la puntuación parcial del instrumento proveniente de la categoría D se obtiene al multiplicar 0,625 por el valor de la rúbrica alcanzada.

Al revisar las categorías o capacidades tenidas en cuenta para valoración del nivel de indagación, es válido preguntarse, cuál de las dos hipótesis se somete a valoración por este instrumento, que como se describió antes, se emiten dos hipótesis, una individual y otra grupal; en esta investigación se valora la hipótesis emanada de los equipos de trabajo, que a diferencia del trabajo realizado por los autores del NPTA (Ferrés et al., 2014) el nivel de la competencia científica es valorado de forma individual, o estudiante por estudiante.

La decisión de valorar las capacidades de indagación por equipos de trabajo, tiene una justificación similar a la de la construcción grupal del concepto, la cual se justificó anteriormente con base en la naturaleza colectiva y social de la actividad propia de los científicos, en lugar de un trabajo individual, autónomo y aislado (Gil, 1993; Vásquez et al., 2007). Adicionalmente, a la imposibilidad técnica de que cada uno de los estudiantes pudieran recolectar los datos obtenidos del experimento, más aún cuando se cuenta con una sola balanza; instrumento

fundamental en la realización de las prácticas de laboratorio en la asignatura de Química. Esto hubiese demandado un gasto de tiempo inmanejable, a tal punto de que dichas prácticas se hicieran inviables.

De acuerdo con las limitantes expuestas, se puede inferir que la competencia de indagación más afectada en caso de haber asumido las valoraciones de trabajo de investigación de forma individual, sería la recogida y procesamiento de los datos, sumado a esto, la imposibilidad de controlar la “fuga de información” entre los estudiantes en un sistema tan complejo de interacciones que se presentan en el aula de clase, lo que causaría un juicio equivocado en algunas de las capacidades de indagación desarrolladas. Esta variable extraña se maneja mejor cuando se trabaja por grupos, sin que esto quiera decir que se resuelva definitivamente el problema, ni mucho menos que los valores de las rúbricas de cada competencia sean producto de aportes equivalentes de cada uno de los miembros de un equipo, sin embargo, es precisamente la interacción entre sus miembros, la que pueda causar una zona de desarrollo proximal que equipare el nivel alcanzado de la rúbrica de cada categoría entre los estudiantes menos y más aventajados de cada equipo.

3.4.1 Validez y confiabilidad de los instrumentos

Para efectos de validar los instrumentos de recolección de datos se llevó a cabo los procedimientos descritos a continuación.

Se determinó la validez del cuestionario o del instrumento N° 1 por dos expertos: un magister en Ciencias Químicas y un Licenciado en Química y Biología, ambos profesores de ciencias con amplia experiencia en básica secundaria y media. Una vez hechos los ajustes sugeridos por los evaluadores, se determinó la confiabilidad interna del instrumento aplicando el

cuestionario por única ocasión al grupo décimo B de la prueba piloto. A este propósito se aplicó el modelo de Kuder-Richardson que estima la homogeneidad de la prueba, es decir, si el instrumento mide una sola variable, rasgo o característica en común (Ruiz Bolívar, 2008). La confiabilidad del instrumento se valora en un intervalo que va de cero (0,0) a uno (1,0) donde cero representa confiabilidad nula y el uno confiabilidad máxima. El resultado de la aplicación del modelo arrojó un valor de 0,72 (valor estimado como alto), dado que se acerca considerablemente a 1,0 por lo tanto el cuestionario mide realmente la variable para el cual fue diseñado.

Análogamente, la validez del NdICpP se realizó en 5 fases (ver figura 4): Después de hallar el instrumento pertinente en la bibliografía y de hacerle las adaptaciones y ajustes necesarias en función del contexto, se sometió a juicio de dos expertos en el área, ambos doctores en Ciencias químicas (los mismos que se encargaron de validar la guía de laboratorio). Dado que no se pudo hacerle un tratamiento estadístico al instrumento, y con el propósito de optimizar el NdICpP en términos de confiabilidad, se sometió a valoración los informes de dos grupos de la prueba piloto antes mencionada, la cual inició con el grado noveno B durante el último periodo académico del año lectivo 2016 y que culminó en el primer bimestre del año siguiente con el mismo grupo de estudiantes décimo grado B (el mismo grupo con el que se determinó la confiabilidad del instrumento N° 1). Las valoraciones corresponden a los informes de laboratorio de dos grupos o equipos de trabajo, esto se hizo ante dos observadores, los cuales son profesores de ciencias de básica y media con amplia experiencia, para ello se determina el nivel de coincidencias entre las rúbricas asignadas a cada categoría emitidas por cada juez; de tal ejercicio se obtuvo amplias disparidades entre las valoraciones de un juez a otro, y que además manifestaron dificultad en decidir la rúbrica que se ajustaba al desempeño de cada grupo en las

categorías puestas a prueba, por tal motivo, se realizaron ajustes al instrumento con base a las sugerencias y a la contemplación de una serie de eventuales posibilidades en los desempeños de los grupos de estudiantes; de esta forma se consolidó el instrumento final mostrado en la tabla N° 7. Una vez optimizado el NdICpP, se reevaluaron los informes resultantes de la prueba piloto por parte de los observadores y se determina nuevamente el grado de coincidencias; esta vez con mejores resultados.

No está demás decir que difícilmente se logrará unanimidad en la valoración de los jueces con el uso de un instrumento, por ejemplo, se cita el trabajo de (Vásquez et al., 2007) en cual manifiestan que de 194 frases correspondientes a creencias acerca de la Naturaleza de las Ciencia, las cuales debían ser valoradas por 16 jueces como ingenuas, plausibles y acertadas en distintos niveles para cada una de estas categorías, sólo en una, se obtuvo completa unanimidad. Esto quiere decir que los resultados en los niveles de indagación pueden variar según la apreciación del juez, lo que no deja exento de incertidumbre a los resultados, por ende, la confiabilidad del instrumento.

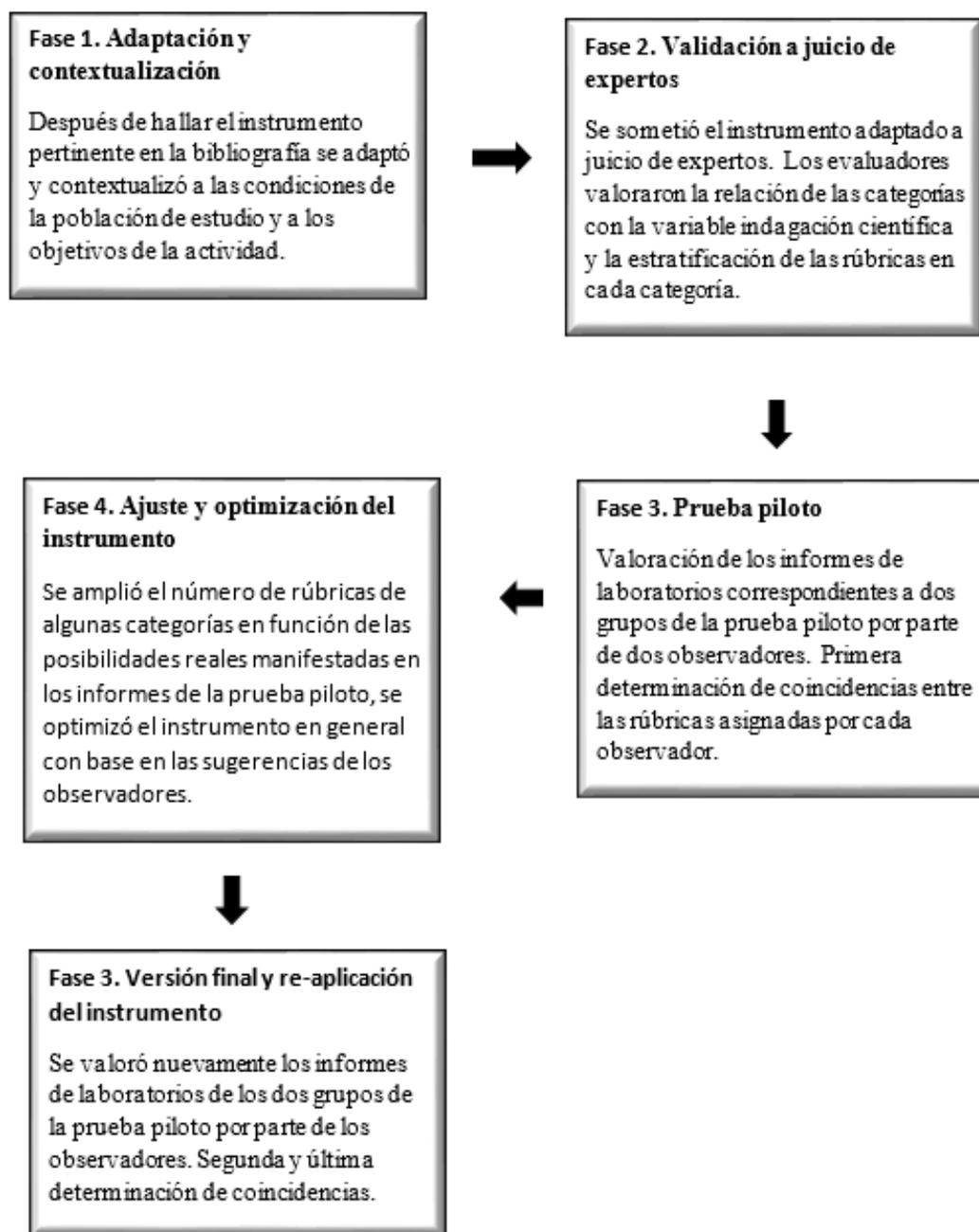


Figura 8. Fases de validación y optimización del instrumento Nivel de Indagación Científica para Principiantes (NdICpP). Fuente: Elaborada por el investigador (2017).

3.5 Técnicas de análisis estadístico

Los datos obtenidos del instrumento N° 1 o del cuestionario de preguntas cerradas fueron procesados con el software estadístico SPSS. La elección de pruebas estadísticas para el tratamiento de los datos obedece al grado de satisfacción de los siguientes criterios:

- ✓ El tamaño de la muestra
- ✓ El comportamiento de los datos (prueba de normalidad y homocedasticidad)
- ✓ El tipo de variable medida (nominales, ordinales o numéricas)

Es necesario precisar que el nivel de significación o nivel alfa elegido para probar los sistemas hipótesis planteados con cada una de las pruebas estadísticas fue de (0,05), valor recomendado para el estudio de fenómenos sociales. Este valor representa el nivel de confianza al aceptar o rechazar la hipótesis, por tanto, de hacer generalizaciones a una población. En consecuencia, existe un 95% de probabilidad de acertar y un 5% de equivocarse al hacer las respectivas inferencias (Sampieri, Fernández y Baptista, 2014).

3.6 Estructura e implementación de la Estrategia de Enseñanza-Aprendizaje basada en la indagación científica

En este apartado se describen dos aspectos, en primera instancia, la forma en cómo se preparó a los estudiantes para enfrentar la actividad tipo indagación y en el manejo de la uve heurística; en segunda instancia se dan detalles de la metodología basada en la indagación científica, es decir, las etapas y procesos llevados a cabo para realizar la intervención en el grupo experimental, al igual que la estructura de la guía de laboratorio, puesto que se trata de una actividad de indagación guiada. Es preciso decir en relación al primer aspecto que la familiarización con la metodología de la indagación, así como el manejo de la uve, se realizó

tanto en el grupo de control como en el experimental, por dos razones, la primera porque no se había decidido cuál grupo intervenir, la segunda obedece a la necesidad de que ambos grupos lograsen mínimas destrezas de manipulación de materiales e instrumentos de laboratorio, ya que en el grupo de control estaba contemplado la realización de una práctica de laboratorio, claro está, de naturaleza instruccional, lo que implica que el concepto y el procedimiento estaban claramente definidos en la guía de trabajo; por el contrario, la estrategia de enseñanza – aprendizaje implementada en el grupo experimental, se diseñó con el objetivo de construir conceptos bajo metodología de la indagación científica para la escuela, en la que se buscó resistir la simple transmisión y recepción de las definiciones conceptuales, leyes y principios que actualmente son aceptados por la comunidad científica, y que, en clase, generalmente son emitidos por parte del docente, en el mejor de los casos, con una buena transposición didáctica que facilita el aprendizaje de los pocos interesados en aprender.

La indagación científica se introdujo con el objetivo aprender los conceptos, principios y leyes propias de las ciencias naturales y de clarificar las concepciones equivocadas acerca del trabajo de los científicos y de la naturaleza de la ciencia, en otras palabras, mostrar los métodos utilizados para desarrollar y validar los conocimientos. Desde estas dos perspectivas, se cumple la dualidad, enseñar “de” ciencia y “acerca” de la ciencia, los cuales constituyen los componentes principales de la alfabetización científica (Vásquez et al., 2012).

El eje temático sobre los cuales se aplica la estrategia, obedece a la facilidad con la que se pueden establecer relaciones entre aspectos micro y macroscópicos de la materia a través de la experimentación, sin ser estrictamente mediado por un modelo explicativo del fenómeno. El uso de modelos científicos aumenta considerablemente el grado de dificultad en el momento de pensar en una explicación razonable del fenómeno (la formulación de la hipótesis) y, por tanto,

sofocar la perseverancia y el entusiasmo con la que asuman los grupos el reto que implican los trabajos de indagación.

Bajo estos criterios se elige la densidad, propiedad intensiva muy relevante para los estudios iniciales de la materia; teniendo en cuenta que el concepto “densidad” es una propiedad de las sustancias y de las mezclas fácilmente relacionado con manifestaciones macroscópicas, además de ser fácilmente medible; y considerando los conocimientos adquiridos en los cursos anteriores acerca de la propiedades de la materia, se aprovecha la familiaridad con el concepto y el apoyo del cuerpo teórico suministrado en la guía de laboratorio con el propósito de que formulen posibles explicaciones a los cuestionamientos planteados con un mayor rigor científico, lo más desligadas posible del sentido común y de la experiencia básica. Asimismo, es importante recordar que la densidad es un concepto que está incluido en los estándares de competencias sugeridos por el Ministerio de Educación Nacional para los grados octavo y noveno en el entorno físico del área de Ciencias Naturales (MEN, 2004).

La estrategia de enseñanza-aprendizaje se basa en las etapas de investigación sugeridas por el proyecto APU (*Assessment of Performance Unit*, 1984), (como se citó en Camaño, 2013) la cual se implementó en cinco etapas. A continuación, se detallan los procesos desarrollados en cada uno de ellas.

Etapa N° 1. Preparatoria

Procesos

- Reconocimiento y análisis de hipótesis (Análisis de investigaciones científicas para la escuela)
- Identificación de variables en un experimento (dependientes e independientes)
- Estudio estructural y funcional de la V heurística
- Identificación y funcionalidad de materiales de laboratorio de química más comunes

Etapa N° 2. Pre-experimental:

Procesos

- Análisis del problema
- Revisión y análisis del marco teórico de la guía
- Formulación de la hipótesis individual
- Formulación de la hipótesis por equipos de trabajo
- Socialización y optimización de las hipótesis
- Formulación de la hipótesis experimental
- Planeación y diseño del experimento por estudiante
- Planeación y diseño experimental por equipos
- Socialización y optimización del experimento.

Etapa N° 3. Experimental

Procesos

- Realización del experimento

- Registro y procesamiento de los datos obtenidos
- Realización de tablas y gráficos.

Etapa N° 4. Analítica

Procesos

- Confrontación de hipótesis con los datos empíricos
- Revisión de otras fuentes bibliográficas
- Análisis y conclusiones
- Formulación del concepto
- Elaboración de V heurística final

Etapa N° 5. Publicación y Socialización

Procesos

- Socialización de las V heurísticas
- Discusión y consensos
- Preguntas y retroalimentación
- Intervención magistral

La etapa **preparatoria** no hace parte del proceso de intervención como tal, más bien representa una familiarización de los estudiantes con algunos elementos fundamentales de la indagación científica y el desarrollo de destrezas en el uso de materiales y aparatos del laboratorio que requieren en la experimentación.

En esta etapa se estudia la naturaleza funcional de las hipótesis mediante el análisis de investigaciones científicas, y se propone como sintaxis de las mismas, el esquema sugerido por Windschitl, Thompson & Braatten (2007) “*Si pensamos que...entonces si...observaremos*

que... ". Es conveniente señalar la intención semántica de cada una de las tres expresiones usadas como referentes para la redacción de las hipótesis: *Si pensamos que...* Hace referencia al modelo o concepto científico. Se hace necesario entonces, proporcionar un cuerpo teórico relacionado mas no específico, acerca del concepto que se pretende construir, de esta forma brindar unos elementos teóricos que sirvan de base para sustentar científicamente la explicación del fenómeno. *Entonces si...* condiciones de las observaciones o pruebas que indican la variable dependiente. Aquí se indica la prueba experimental para testar la hipótesis, esto sin entrar en detalles procedimentales. Finalmente, *Observaremos que...* hace alusión a los resultados que evidencien la variable dependiente. Representa el cierre de la hipótesis, y es donde se hace la predicción del fenómeno, o, lo que se espera que ocurra al realizar el experimento en las condiciones establecidas.

La etapa **pre-experimental** es un momento crítico, ya que en ella se construye la parte "lógica" de la investigación. Esta etapa requiere del mayor esfuerzo intelectual, puesto que se necesita de mucha imaginación y razonamiento lógico para formular la hipótesis; de creatividad y esfuerzo para diseñar el experimento, y de procesos de metacognición, principalmente con el fin de conciliar la hipótesis con la parte experimental, en el sentido de que el procedimiento propuesto realmente verifique o refute la hipótesis con un aceptable grado de confiabilidad.

Es conveniente resaltar también, la consideración de los conocimientos previos acerca del concepto que es sometido a construcción o elaboración, además de otros que guarden relación con él, a través de la formulación de hipótesis, que como manifiesta Gil Pérez (1983), "En particular, la emisión de hipótesis juega un papel insustituible en la explicación de las ideas que constituyen el paradigma inicial de los alumnos" (p.28). De esta forma, se convierten en un referente valioso para establecer los andamiajes apropiados en relación al cuerpo teórico que se

debe suministrar como apoyo en la estructuración del concepto “objetivo”, el cual es pedido literalmente en la guía de laboratorio, y que será plasmado en zona derecha de la V heurística, estrategia seleccionada para la planeación, registro y análisis de los trabajos de indagación. Con respecto a la formulación de hipótesis, adviértase que se elaboran dos diferentes: una individual que se emite una vez analizado el problema planteado en la guía, después de realizar la lectura del marco teórico expuesto con la intención pedagógica de comprometer a todos los estudiantes en la realización de la tarea; seguidamente una hipótesis grupal, correspondiente a los equipos de trabajo y consolidada en común acuerdo, después de una discusión constructiva y colaborativa; finalmente una hipótesis experimental formulada en consenso por la “comunidad científica” representada por la totalidad de los grupos después de socializar las hipótesis que planteen los equipos de trabajo. La consolidación de la hipótesis experimental estará bajo la supervisión del profesor, quien representa el “experto” en el tema.

La introducción de la de la V heurística en la estrategia obedece a la potencialidad que le confiere a los trabajos prácticos el uso de herramientas mediadoras como esta, como puntualmente señala Ramos, O. (2009), “La incorporación de la V de Gowin en el laboratorio de química optimiza el logro de la integración de diferentes competencias y contenidos conceptuales, procedimentales y actitudinales imbricados en las actividades experimentales” (p.183). Asimismo, señala que la integración de estos tres contenidos permite el aprendizaje significativo de la ciencia, y ayudan a darle el valor merecido a la actividad científica a cuenta del requerimiento intelectual que implican. Adicional a esto, los trabajos prácticos en los que sus objetivos van más allá del aprendizaje de habilidades y de manipulación característicos de prácticas de laboratorio instruccional, no deben ser evaluados de la forma tradicional (García, Insauste y Merino, 2003).

Es conveniente aclarar que para el estudio en cuestión, más que de fines evaluativos, el uso de la “uve” tiene como propósito central facilitar la construcción del concepto densidad, puesto que las estrategias mediadoras como la V de Gowin permiten la reconstrucción del pensamiento formal; cabe precisar que las V heurísticas se construyen por los equipos de trabajo desde el inicio de la investigación cuando conforman las hipótesis grupales, hasta el análisis de los datos y obtención de conclusiones, al final del proceso. De manera que la V heurística no tiene una delimitación exacta dentro de las etapas de la estrategia de enseñanza aprendizaje, más bien es un elemento holístico e integrador que permite regular y registrar todo el proceso de indagación, a la vez que deja unas “memorias científicas”, y que sirven de base para realizar una evaluación global y cualitativa al final del proceso.

Es necesario decir que los grupos de trabajo que no logren concretar algunas de las competencias implicadas en el trabajo de investigación, por ejemplo, no formulen una hipótesis lógica que guarde relación con el problema, o simplemente no formulen hipótesis alguna, no significa que se serán excluidos del proceso; siendo así, el instrumento implementado para valorar el nivel de indagación perdería sentido, ya que no se tendría en cuenta otras categorías como referentes para dar un juicio integral del potencial de indagación que eventualmente alcancen los grupos de trabajo. En estos casos, se decide que dichos grupos se acojan y/o adopten a la hipótesis experimental, la que cuenta con la máxima puntuación que permite las rúbricas de la categoría de indagación, de esta forma, los grupos rezagados continúan en el proceso. Esto es posible gracias a que la estrategia contempla la socialización y optimización de las hipótesis y del diseño experimental (ver figura 9), sin embargo, las valoraciones de las rúbricas del instrumento por parte del investigador, se realizan de los registros que son tomados antes de las respectivas socializaciones, y así, emitir un juicio real y honesto del nivel de indagación

científica presentado por los grupos de los improvisados científicos. En este sentido, los escenarios de aprendizaje se convierten en simulaciones de comunidades científicas en las que es necesario el consenso de los distintos grupos de investigación, que abordan una problemática en común, donde el profesor juega el rol de “experto” en la medida en la que proporciona los andamiajes mínimos con el fin de garantizar el despliegue de ideas necesarias para la concreción de los procesos en cada una de las etapas de la estrategia.

Tan pronto como se obtengan y procesen los datos, en la etapa Analítica los equipos confrontan los resultados del trabajo experimental con la hipótesis planteada, y revisan sus datos con las de las fuentes bibliográficas a razón de juzgar la exactitud de sus medidas y la calidad de la ejecución del procedimiento. A su vez, hacen sus conclusiones apoyados en los datos empíricos y teóricos para respaldar sus argumentos. Finalmente, durante la etapa de Socialización y Publicación los equipos de trabajo muestran todo el trabajo de investigación a la comunidad científica usando como “vitrina” las uves heurísticas producto de la consolidación de todo el proceso de investigación.

Ya se había afirmado que la estrategia estaba basada en el modelo de investigación propuesto por la *Assessment of Performance Unit*, 1984, no está demás precisar que la estructura de la estrategia de enseñanza aprendizaje basada en la indagación científica también tiene en cuenta los elementos que a juicio de Hodson (1994) permiten que los estudiantes practiquen la ciencia con un sentido filosóficamente válido, a efecto de que aprendan la naturaleza de la ciencia. Estos elementos se describen a continuación:

1. Una fase de diseño y planificación durante la cual se hacen preguntas, se formulan hipótesis, se idean procedimientos experimentales y se seleccionan técnicas.

2. Una fase de realización en la que se ponen en práctica varias operaciones y se recogen datos.
3. Una fase de reflexión en la que se examinan e interpretan los hallazgos experimentales desde distintas perspectivas teóricas.
4. Una fase de registro y elaboración de un informe en la que se registran el procedimiento y su razón fundamental, así como los distintos hallazgos conseguidos, las interpretaciones y las conclusiones extraídas para uso personal o para comunicarlas a otros (p. 308).

Al hacer un paralelo minucioso entre los elementos destacados por Hodson, y los procesos llevados a cabo durante las cinco etapas la indagación en la estrategia de enseñanza-aprendizaje, puede notarse que tienen muchos elementos en común; de esta forma se asegura que el trabajo práctico es pertinente con la metodología científica, por lo menos en el contexto de la escuela, que como se ha insistido, busca que los estudiantes aprendan la naturaleza de las ciencias y los acerque aunque someramente, a la práctica de la misma.



Figura 9. Etapas y procesos de la estrategia de enseñanza – aprendizaje con base en la indagación científica. Fuente: Elaborada por el investigador - adaptada del modelo de investigación propuesto por la Assessment of Performance Unit, 1984. (como se citó en Camaña, 2003)

3.6.1 Estructura de la guía de Laboratorio tipo indagación

Las guías de laboratorio constan básicamente de:

1. Un título y un antecedente histórico
2. El problema o asunto de investigación
3. Suscitación de hipótesis individual previa
4. Cuerpo teórico relacionado
5. Suscitación de hipótesis individual y grupal basada en elementos teóricos
6. Suscitación del procedimiento experimental
7. Tablas de registro de datos
8. Identificación de la V.I. y la V.D.
9. Conceptualización

10. Análisis de los datos y obtención de conclusiones.

De los diez aspectos estructurales de la guía, los números 3, 5, 6, y 8 son requerimientos u obstáculos que deben ser asumidos por los propios estudiantes y que le confieren la característica de indagación científica al trabajo práctico de laboratorio y a la investigación en general. En cuanto al aspecto número 9 referente a la conceptualización, hace parte esencial de los objetivos, puesto que la finalidad de trabajo práctico de laboratorio busca la elaboración de un concepto particular. Estos elementos deber surgir del trabajo colaborativo de los grupos de trabajo, de no ser así, la práctica perdería su naturaleza indagatoria. Es de notar que en la guía, no se detallan los objetivos de aprendizaje con la finalidad de no sesgar la “invención” del concepto, esto podría inducir la consulta de éste en las diferentes fuentes de información disponible, dado ese caso, se perdería el propósito principal de la guía, es decir, la elaboración del concepto en lugar de la acostumbrada recepción de los conceptos o de su consulta, esto teniendo en cuenta que la implementación de todas las etapas de la estrategia no se pueden realizar en un solo periodo de clase, lo que permite esta posibilidad.

Es importante resaltar que la estrategia de enseñanza - aprendizaje parte de una guía de laboratorio estructurada con base en la indagación científica, la cual tiene marcadas diferencias con una guía de laboratorio tradicional. En esta última, el estudiante solo tiene que seguir instrucciones. La siguiente tabla hace un paralelo comparativo entre la guía tipo indagación diseñada para este estudio en particular y una guía tipo instruccional. Es preciso anotar que dichas diferencias pueden variar levemente de un autor a otro, según los objetivos planteados y el grado de estructuración de la tarea, o lo que es lo mismo, el grado de autonomía cedida a los estudiantes.

Tabla 8

Diferencias entre la guía de laboratorio tipo indagación científica y la guía tipo instruccional.

TIPO INDAGACIÓN CIENTÍFICA	TIPO INSTRUCCIONAL
<ul style="list-style-type: none"> • La guía de laboratorio y hace parte integral de La secuencia didáctica. • Se plantea una situación problema y una pregunta científicamente investigable • Se suscita a la formulación de una hipótesis a partir de la pregunta de investigación • El marco teórico solo se presentan conceptos relacionados con el fenómeno en estudio, mas no se concretan aquellos que los estudiantes deben construir • No existe un procedimiento experimental, solo se suscita a través de cuestionamientos que conducen a su elaboración por los propios estudiantes. • El informe del trabajo se presenta en una uve de Gowin. 	<ul style="list-style-type: none"> • La secuencia didáctica finaliza con la actividad propuesta en la guía de laboratorio para “la comprobación de la teoría” • Carece de situación problema y por supuesto, de una pregunta de investigación • No se formula hipótesis alguna • El marco teórico expone claramente las definiciones conceptuales relacionadas con el fenómeno de estudio, ya que la experiencia de laboratorio solo tiene como objetivo “verificar la teoría” • El procedimiento experimental está completamente definido, los estudiantes solo tienen que seguir instrucciones. • El informe del trabajo se presenta de forma tradicional.

Fuente: Elaborada por el investigador (2018)

3.7 Dinámica de la construcción grupal del concepto

Con base en las etapas y procesos llevados a cabo para la implementación de la estrategia de enseñanza-aprendizaje basada en la indagación, se describe la dinámica con la que se construyó el concepto densidad. En primer lugar, se propuso el siguiente problema teórico:

Adrián se encontraba en el acostumbrado descanso de la jornada escolar, cuando escuchó un grupo de estudiantes que discutía sobre el siguiente cuestionamiento ¿Quién tiene mayor masa, un kilogramo de hierro o un kilogramo de algodón? Algunos respondieron apresuradamente, un kilo de hierro, seguidamente y con tono de confianza otros afirmaron que el algodón, al parecer, no porque tuvieran clara la razón, sino más bien, porque creyeron que la

respuesta no era “tan obvia”. El compañero que lanzó la pregunta sonreía mientras daba la respuesta “ambos tienen la misma masa, es un kilogramo de cada material”. La discusión de mis compañeros de escuela me llevó a manifestarle a mi maestro de química la situación, y preguntarle acerca de cuál es la explicación científica que respondiera a la percepción de pesado y ligero que tenemos de los distintos materiales. El profe me respondió emocionado, ¡La clave está en la densidad!, no es el peso, no es la masa ni el volumen, aunque guarden relación con ello. Llevemos el interrogante a la clase de química y compartámoslo con tus compañeros, e indagemos sobre esta propiedad tan interesante de la materia. Usemos otra pregunta y otros materiales ¿Habrá la misma masa de agua, glicerina y etanol en los mismos volúmenes de cada sustancia? ¿Cuántos gramos de cada sustancia hay en un volumen de 1 ml? ¿A qué propiedad microscópica de la materia se les puede atribuir el hecho de que exista una masa constante (o de partículas) en un volumen de referencia (1 mL, 1 L ó 1 m³) para cada sustancia y/o material a una determinada temperatura?

Fuente: elaborado por el investigador (2016)

Como se deja ver en los cuestionamientos del problema, no se pidió al inicio de la actividad de indagación, la definición de la densidad, más bien se buscó con la situación planteada que los estudiantes formularan una hipótesis en la que establecieran, si existía o no, la misma masa en volúmenes iguales de tres líquidos y luego, determinarían la masa presente de cada sustancia en una determinada unidad de volumen (en 1 mililitro en este caso) resultado del cociente de estas dos magnitudes. Las hipótesis se formularon, primero de forma individual, y luego por equipos de trabajo durante la etapa pre-experimental de la estrategia. Para esto la guía contaba con los siguientes elementos teóricos: conceptos de masa y volumen con sus respectivas

unidades de medida y las fuerzas de cohesión y su relación con la distancia promedio entre las partículas que constituyen a las sustancias.

Después de socializar las hipótesis de cada equipo y definir una hipótesis experimental producto de la discusión y consenso de todo el grupo, seguidamente y con la misma secuencia, se llegó a consensuar el diseño experimental, con algunas diferencias en la cantidad de las sustancias empleadas por cada equipo de trabajo, luego entonces, se recabaron estos elementos en las zonas de la uve heurísticas donde corresponden: la hipótesis y conceptos relacionados a la izquierda y el diseño del experimento en la derecha.

Una vez realizado el experimento, por tanto, de haber tomado los datos, se les pidió rindieran informe sobre las variables implicadas en el estudio y la relación que guardaban entre sí. Asimismo, se les suministró más fuentes de información en donde se muestra un conjunto de datos con las densidades de algunas sustancias comunes y otros aspectos relacionados con la densidad, sin que se proporcionara la definición del concepto, es después de la experimentación cuando se les pide a los equipos que respondieran al cuestionamiento *¿Qué es la densidad?* todo esto para evitar que los estudiantes hicieran la consulta de la definición en lugar de proponer su definición, todo con base en los referentes teóricos relacionados, la hipótesis y su comparación con los datos obtenidos empíricamente en el laboratorio. Finalmente, y con base en toda la experiencia de indagación realizada, se les pidió hacer las conclusiones del trabajo de investigación. En la sección de resultados y análisis se muestran las definiciones del concepto densidad propuestos por los equipos conformados para realizar la experiencia de laboratorio del grupo experimental.

La construcción grupal del concepto o por equipos, se sustenta en el hecho de que ésta se asumió como una investigación científica, cuyo desarrollo tiene un carácter social y colectivo en

“donde responde cada vez más a estructuras institucionalizadas” (Kuhn, 1971). De igual forma, la construcción del conocimiento científico es un proceso social, esto según los consensos logrados sobre la naturaleza de las ciencias y la tecnología (Vásquez et al., 2007). Ahora bien, el aprendizaje bajo la orientación del aprendizaje significativo requiere de un cambio conceptual, el cual se produce en tres niveles de complejidad creciente: “(1) la elaboración de un concepto ya existente; (2) La reestructuración de una red de conceptos: pensar en un conjunto de conceptos pre-existentes de nuevas maneras; (3) El logro de nuevos niveles de explicación: esto es necesario para el avance de la comprensión científica de los estudiantes” Millar (como se citó en Vásquez, Manassero, Bennássar y Moralejo, 2012). Tal como se ve, en este caso, el cambio conceptual con el que se propuso lograr el aprendizaje, responde al primer nivel, es decir, elaborar el concepto densidad en una dinámica grupal a partir de la situación problema, por supuesto con la ayuda de unos andamiajes proporcionados por la guía y la asesoría del profesor.

3.8 Etapas de la investigación

Para precisar los momentos de la investigación, se hace apoyo en las etapas en la que se desarrolla la estrategia basada en la indagación científica, la cual fue desglosada anteriormente. El estudio inicia en el segundo semestre del año 2016 con la **etapa preparatoria**, en ella, además de familiarizar a los estudiantes de los grupos de contraste (de control y experimental) con la metodología de la indagación y el uso de la v de Gowin en trabajos de investigación, se construyeron, adaptaron y validaron los instrumentos empleados en la recolección de los datos.

Vale aclarar que los grupos de contraste en ese entonces cursaban 8°A y 8°B, que como se indicó antes, ambos recibieron capacitación en la metodología de la indagación, puesto que aún no se fijaba quien sería el grupo experimental, lo cual se decide posteriormente al azar.

Como es natural esperar, sufrieron variantes al pasar al grado siguiente, debido a los factores que comúnmente ocurren dentro de la dinámica de los procesos académicos y de índole personal de los jóvenes, tales como: reprobación del año, deserción escolar, cambio de institución, cambio de grupo y estudiantes nuevos; en donde el primer factor fue el que causó mayor modificación de los grupos, en consecuencia, hubo una disminución considerable en el número de estudiantes en cada uno de ellos.

Una vez iniciado el año lectivo 2017, se realiza una prueba piloto con el grupo 10°B de la misma institución, con la finalidad de determinar la confiabilidad de los instrumentos. La intervención inicia a mediados del primer semestre del año citado con una duración de 4 meses y finaliza con la realización del postest. Durante este lapso, se desarrolla las etapas de la estrategia basada en la indagación científica (**pre-experimental, experimental, analítica y publicación**), de forma paralela, el grupo de control recibe la enseñanza en el mismo tema con el modelo de transmisión-recepción, solo que con una práctica de laboratorio instruccional.

*Tabla 9**Distribución temporal de la estrategia basada en la indagación científica.*

ETAPA	LAPSO DE EJECUCIÓN	
	Desde	Hasta
Preparatoria	17 de agosto de 2016	17 de noviembre de 2016
	16 de enero de 2017	31 de marzo de 2017
Pretest	04 de abril de 2017	-----
Pre-experimental	05 de abril de 2017	21 de Abril de 2017
Experimental	28 de junio de 2017	8 de Julio de 2017
Analítica	10 de julio de 2017	14 de Julio de 2017
Publicación	18 de Julio de 2017	-----
Postest	04 de agosto de 2017	-----

Fuente: Elaborado por el investigador (2017).

CAPÍTULO IV

4. PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

4.1 Análisis e interpretación de los datos cuantitativos

4.1.1 Prueba de normalidad y homocedasticidad

En primera instancia se corroboró los supuestos paramétricos de normalidad y homocedasticidad de los datos, con el fin de realizar el análisis estadístico con la prueba indicada, y así realizar las comparaciones intra e intergrupos mediante los sistemas de hipótesis planteados. Para esto, se atendieron los siguientes criterios de parametricidad: variables cuantitativas continuas, distribución normal de las muestras, varianzas similares y tamaños de muestras mayores a 30 (Berlanga y Rubio, 2012).

Tabla 10

Estadísticos descriptivos del Pretest

GRUPO	Media	N	Desviación estándar	Mínimo	Máximo	Varianza
Experimental	7,17	29	2,189	3	13	4,791
Control	7,00	28	2,749	4	14	7,556

Nota: Fuente SPSS

Tabla 11

Estadísticos descriptivos del Postest

GRUPO	Media	N	Desviación estándar	Mínimo	Máximo	Varianza
Experimental	10,59	29	3,541	4	17	14,819
Control	8,18	28	3,850	2	17	12,925

Nota: Fuente SPSS

En primer lugar, se realizó la prueba de normalidad de los datos del pretest y del posttest que corresponden a la calificación o (puntos correctos) atendiendo los siguientes supuestos.

- Si P- valor $> \alpha$ (0,05) Aceptar H_0 = Se acepta que los datos provienen de una distribución normal
- Si P- valor $< \alpha$ (0,05) Aceptar H_1 = Se rechaza que los datos provienen de una distribución normal

Tabla 12

Prueba de Shapiro - Wilk para verificar normalidad

	GRUPO	Estadísticos	Gf	Sig.
PRETEST	Experimental	,943	28	,122
	Control	,896	29	,009
POSTEST	Experimental	,965	28	,444
	Control	,968	29	,527

Nota: Fuente SPSS – se ha calculado usando $\alpha = ,05$

Teniendo en cuenta que ambas muestras son menores a 30 se verificó la normalidad con la prueba de Shapiro – Wilk. Como se aprecia en la tabla 11, el único nivel de significancia menor que alfa se presenta en el pretest para el grupo de control (Sig. 0,009) lo que equivale a decir que no cumple con el criterio de normalidad:

$$P - \text{valor} = 0,122 > \alpha = 0,05$$

$$P - \text{valor} = \mathbf{0,009} < \alpha = \mathbf{0,05} \quad \Longrightarrow \quad \textit{Pretest del grupo de control}$$

$$P - \text{valor} = 0,444 > \alpha = 0,05$$

$$P - \text{valor} = 0,527 > \alpha = 0,05$$

Dada las circunstancias, se realizó una prueba de Levene para determinar igualdad de varianzas, y así definir el uso de una técnica estadística paramétrica o no paramétrica, teniendo en cuenta los supuestos:

- H_0 = las varianzas son iguales si P- valor $>$ α (0,05)
- H_1 = existe diferencias significativas entre las varianzas si P- valor $<$ α (0,05)

Tabla 13 Prueba de Levene para verificar igualdad de varianzas

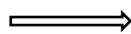
		F	Sig.
PRETEST	Se asume igualdad de	1,374	,246
	No se asume igualdad de varianzas		
POSTEST	Se asume igualdad de varianzas	,099	,755
	No se asume igualdad de varianzas		

Nota: Fuente SPSS – se ha calculado usando $\alpha = ,05$

En la tabla 12 se muestra que tanto los datos del pretest como los del posttest cumplen el criterio de homocedasticidad o igualdad de varianzas, en consecuencia, se decidió por la prueba de T students para determinar la significancia (sig.) estadística en las comparaciones intra e intergrupo previamente establecidas y, las cuales fueron expresadas en las hipótesis de trabajo.

$$P - \text{valor} = 0,246 > \alpha = 0,05 \text{ (PRETEST)}$$

$$P - \text{valor} = 0,755 > \alpha = 0,05 \text{ (POSTEST)}$$



Se asume varianzas iguales para el pretest y el posttest

4.1.2 Comparaciones intergrupos

- *Análisis del Pretest - (similitud de los grupos de control y experimental antes de la intervención)*

Ya se había señalado en el diseño de la investigación que se trata de un cuasiexperimento, por tanto, de muestras no probabilísticas. Dada esta condición, el pretest se utilizó en primera instancia, para determinar el grado de similitud entre los grupos de control y experimental, en una comparación intergrupo; posteriormente, servir de referente para determinar los cambios intragrupo una vez hecha la intervención. A continuación, se muestra el proceso de tratamiento y análisis de los datos.

Una vez se definió la prueba paramétrica de T student para el análisis estadístico con base en la prueba de Levene, se procedió a verificar las hipótesis que sigue:

H₁: Existe diferencias significativas en el pretest entre los grupos de control y experimental

H₀₁: No Existe diferencias significativas en el pretest entre los grupos de control y experimental

Tabla 14

Prueba T para muestras no relacionadas del pretest

	T	gl	Sig (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
						Inferior	Superior
PRETEST	,262	55	,794	,172	,657	-1,144	1,489
Conocimiento	,169	55	,866	,027	,159	-,292	,346
Comprensión	,316	55	,753	,150	,476	-,803	1,103
Aplicación	-,839	55	,405	-,350	,417	-1,185	,486

Nota: Fuente SPSS – se ha calculado usando alpha = ,05

Si P- valor < α (0,05) Aceptar H₁

Si P- valor > α (0,05) Aceptar H₀₁

En la tabla 14 se muestra que el nivel de significancia arrojado por la prueba T para muestras no relacionadas de la evaluación total del pretest, así como cada una de las dimensiones establecidas para definir el aprendizaje del concepto, son mayores que alfa, por tanto, se acepta

la hipótesis nula (H_{01}), es decir, se asume que no hay diferencias significativas entre los grupos antes de la intervención. Estos resultados fueron satisfactorios, puesto que la similitud o igualdad de condiciones de los grupos disminuye el sesgo de atribuir la diferencia en el aprendizaje del concepto a la intervención, y de esta manera, no se requiere de un emparejamiento entre los grupos, por lo que fue viable realizar el cuasi-experimento.

$$P - \text{valor} = 0,794 > \alpha = 0,05 \quad \Longrightarrow \quad \textit{Grupos sin diferencias significativas}$$

- *Análisis del Postest - (influencia de la variable independiente)*

Con el propósito de contrastar los grupos experimental y de control con respecto al aprendizaje de conceptos, cumpliendo así con el objetivo:

- Comparar el efecto de las experiencias de laboratorio basadas en la indagación científica y el modelo de Transmisión-recepción con prácticas de laboratorio instruccional en el aprendizaje de conceptos.

Se procedió a verificar el efecto de la variable independiente, teniendo como referente las hipótesis:

H₂: Hay diferencia significativa entre los grupos de control y experimental en relación al aprendizaje de conceptos cuando se interviene con una experiencia de laboratorio basada en la indagación científica

H₀₂: No Hay diferencia significativa entre los grupos de control y experimental en relación al aprendizaje de conceptos cuando se interviene con una experiencia de laboratorio basada en la indagación científica

Si P- valor $< \alpha$ (0,05) Aceptar H_2

Si P- valor $> \alpha$ (0,05) Aceptar H_{02}

Tabla 15

Prueba T para muestras no relacionadas del posttest

	T	gl	Sig (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
						Inferior	Superior
POSTEST	2,459	55	,017	2,408	,979	0,445	4,370
Conocimiento	2,177	55	,034	,413	,190	,033	,792
Comprensión	1,932	55	,059	,982	,508	-,037	2,000
Aplicación	1,989	55	,052	1,014	,510	-,008	2,035

Nota: Fuente SPSS – se ha calculado usando $\alpha = ,05$

La tabla 15 muestra que el valor de significatividad arrojado por la prueba T student para muestras no relacionadas, esta vez para el posttest, es menor que alfa para la evaluación total (sig. 0,017), sin embargo, solo la dimensión de conocimiento tiene una significancia menor que alfa (Sig. 0,034); los niveles de comprensión y aplicación superan ese límite con significancias de (sig. 0,059) y (sig. 0,052) respectivamente, aunque los valores son bastante cercanos al nivel de significancia permitido para hacer las generalizaciones; de todas formas, para efectos de aceptar o rechazar la hipótesis, la evaluación total prima sobre la valoración individual de dichas dimensiones, puesto que se asume el aprendizaje de conceptos como un proceso global producto de la contribución de estos niveles. En estos términos, se acepta la hipótesis de investigación.

Es pertinente anotar que las actividades basadas en la indagación, no son fáciles de asumir por los estudiantes, y que solo después de realizar un número considerable de ellas, se

van desarrollando las capacidades que exige esta competencia científica, y así, afrontarlas con mayor destreza, lo que sin duda repercutiría en mejores resultados en los aprendizajes de los conocimientos científicos propuestos (Ferrés et al., 2014). Cabe recordar entonces que el grupo experimental se enfrentó por primera vez a una actividad de indagación, lo que posiblemente explique porque no haya una diferencia bien marcada en cada una de las dimensiones consideradas para evaluar la variable dependiente en el postest.

$$P - \text{valor} = 0,017 < \alpha = 0,05 \quad \Longrightarrow \quad \begin{array}{l} \textit{El grupo experimental y de control} \\ \textit{presentan una diferencia significativa} \\ \textit{después del tratamiento.} \end{array}$$

Se concluye entonces con base en la prueba estadística t student que cuando se utiliza una experiencia de laboratorio basada en la indagación científica, se logra mejores aprendizajes del concepto comparado con la estrategia basada en el modelo de transmisión – recepción con el apoyo de una práctica de laboratorio instruccional (Romero, 2017).

4.1.3 Comparaciones intragrupos

- *grupo control*

Para efectos de comparar los cambios al interior de los grupos, se empleó la misma prueba paramétrica, la cual fue justificada anteriormente con la igualdad de varianzas del pre y postest. Enseguida se muestra algunos datos estadísticos descriptivos de interés y los resultados de la prueba para muestras relacionadas:

Tabla 16

Estadísticos descriptivos pre y postest - grupo de control.

	Media	N	Desviación	Desv. Error promedio
PRETEST	7,00	28	2,749	,519
POSTEST	8,18	28	3,850	,727

Nota: Fuente SPSS

Tabla 17

Prueba T students para muestras relacionadas – grupo de control.

	95% de intervalo de confianza de la diferencia				T	Gl	Sig. (bilateral)	
	Media	Desviación	Desv. Error promedio	Inferior				Superior
PRETEST vs POSTEST	-1,179	3,178	,604	-2,419	,061	-1,950	27	,062
Conocimiento	-,250	,844	,160	-,577	,077	-1,567	27	,129
Comprensión	-,179	2,262	,427	-1,056	,698	-,418	27	,679
Aplicación	-,750	1,578	,298	-1,362	-,138	-2,515	27	,018

Nota: Fuente SPSS – se ha calculado usando $\alpha = ,05$

Se determinó el cambio en el grupo de control respecto al pre y postest tomando como referente el sistema de hipótesis que sigue:

H₃: Hay una diferencia significativa en el pre y postest del grupo de control en relación al aprendizaje de conceptos

H₀₃: No hay una diferencia significativa en el pre y postest del grupo de control en relación al aprendizaje de conceptos

Si P- valor < α (0,05) Aceptar H₃

Si P- valor > α (0,05) Aceptar H₀₃

De la tabla 16 se puede ver las medias obtenidas (7,00 y 8,18 para el pretest y el posttest respectivamente), y de la tabla 17 que la diferencia entre dichas medias no es considerable, ya que el valor de la significancia es mayor que alfa (sig. 0,062) para la calificación global, lo que implica aceptar la hipótesis nula. Cabe precisar que dos de las dimensiones son coherentes con el resultado total de la evaluación, ya que sus significancias son mayores que alfa: de (Sig. 0,129) para conocimiento y de (Sig. 0,679) para la comprensión del concepto, por el contrario, la aplicación es la excepción, al mostrar una significancia menor que alfa (Sig. 0,018). De igual modo, se concluye que la metodología basada en la transmisión – recepción no influye notablemente en el aprendizaje de conceptos, tal como se había manifestado en el problema de investigación.

$P - \text{valor} = 0.062 > \alpha (0,05)$ Aceptar H_{03}

- *Grupo experimental*

Finalmente se determinó el cambio en el grupo experimental teniendo en cuenta el pre y posttest, tomando como referente el sistema de hipótesis que sigue:

H₄: Existe una diferencia significativa en el pre y posttest del grupo experimental cuando se interviene con una experiencia de laboratorio basada en la indagación científica en relación al aprendizaje de conceptos

H₀₄: No existe una diferencia significativa en el pre y posttest del grupo experimental cuando se interviene con una experiencia de laboratorio basada en la indagación científica en relación al aprendizaje de conceptos

Si P- valor $< \alpha$ (0,05) Aceptar H_4

Si P- valor $> \alpha$ (0,05) Aceptar H_{04}

De igual modo se muestra los datos estadísticos pertinentes y los resultados de la prueba

T students para muestras relacionadas:

Tabla 18

Estadísticos descriptivos del pre y postests - grupo experimental

	Media	N	Desviación	Desv. Error promedio
PRETEST	7,17	29	2,189	,406
POSTEST	10,59	29	3,541	,658

Nota: Fuente SPSS – se ha calculado usando alpha = ,05

Tabla 19

Prueba T students para muestras relacionadas - grupo experimental

	Media	Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia		T	Gl	Sig. (bilateral)
				Inferior	Superior			
PRETEST vs POSTEST	-3,414	3,386	,629	-4,702	-2,126	-5,429	28	,000
Conocimiento	-,690	,967	,180	-1,058	-,322	-3,839	28	,001
Comprensión	-1,310	2,362	,439	-2,209	-,412	-2,988	28	,006
Aplicación	-1,414	1,955	,363	-2,157	-,670	-3,894	28	,001

Nota: Fuente SPSS – se ha calculado usando alpha = ,05

De la tabla N° 18 puede verse que las medias obtenidas en el pre y postest del grupo experimental son de 7,17 y 10,59 respectivamente, lo que representa una diferencia importante, considerando el nivel de significancia mostrado en la tabla 19 (sig. 0,000), en este caso es menor que alfa.

P- valor = 0,000 < α (0,05) Aceptar H_4

Teniendo en cuenta los resultados, se concluye que la indagación científica influye positivamente en el aprendizaje de conceptos. Es relevante resaltar que al hacer la comparación intragrupo en el grupo experimental, no solo la evaluación total mostró ser estadísticamente significativa, sino todas las dimensiones que la componen, así el conocimiento y la aplicación tiene una significancia de (Sig. 0,001) y la comprensión de (Sig. de 0.006). De este hecho se puede concluir que la intervención propende un mejoramiento importante en el aprendizaje de conceptos desde cada una de las dimensiones que integran esta variable, cuando se tiene como referente los cambios al interior del grupo.

En síntesis, las experiencias de laboratorio basadas en la indagación científica tienen una mayor influencia en el aprendizaje de conceptos comparada con estrategias basadas en la transmisión-recepción con prácticas de laboratorio de naturaleza instruccional. Esta conclusión es respaldada por la similitud de los grupos de control y experimental mostrada en el pretests o antes de la intervención, lo que evidentemente disminuye de riesgo de atribuir los cambios a variables extrañas, o distintas a al efecto de la variable independiente. De esta manera, la media obtenida en el posttest por el grupo experimental (10,59) es significativamente mayor que la media del grupo control (8,18).

Para mostrar con más detalle la diferencia entre las medias, se acudió en primer lugar, a las medias en las puntuaciones de las respectivas dimensiones usadas para valoración del aprendizaje de conceptos (conocimiento – comprensión y aplicación) atendiendo a los criterios de la taxonomía de Bloom. En segundo lugar, al porcentaje de estudiantes ubicados en los desempeños dispuestos en la escala de valoración institucional, los cuales son congruentes con la escala nacional.

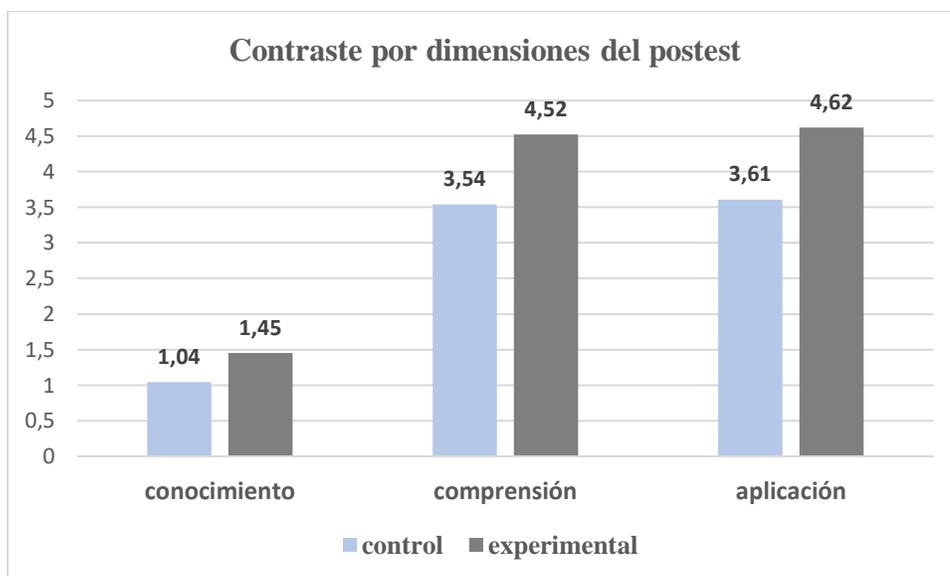


Figura 10. Puntuaciones medias de las dimensiones en los grupos de estudio en el postest

Tabla 20

Escala de valoración institucional de los desempeños académicos.

Desempeño	Rango
Bajo	Menor a 3,2
Básico	De 3,2 a 3,9
Alto	De 4,0 a 4,5
Superior	De 4,6 a 5,0

Fuente: Elaboración propia (2017)

En la gráfica de barras de la figura 10 se aprecia que el grupo experimental superó al grupo de contraste en todas las dimensiones. Es preciso decir que la comprensión y aplicación del concepto cuentan con 10 y 8 preguntas respectivamente, de las 20 en total del cuestionario, por lo tanto, a las que se les consideró de mayor trascendencia en el aprendizaje del concepto, en consecuencia, se puede establecer el efecto positivo de la indagación en los indicadores que las definen, así por ejemplo, *infiere las causas y predice las consecuencias de un fenómeno en*

determinadas condiciones, este para el caso de la comprensión y, *usa el conocimiento para proponer y argumentar soluciones a las situaciones problema*, esta vez, en la aplicación del concepto.

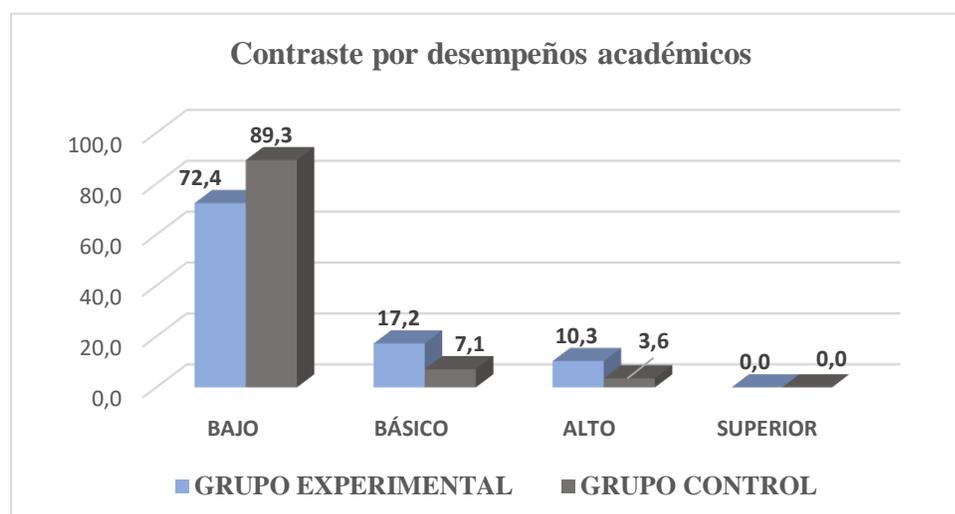


Figura 11. Porcentaje de estudiantes en cada uno de los desempeños académicos del postest.

De los indicadores evocados y las competencias científicas establecidas en las pruebas PISA 2015, es de inferir que la “comprensión del concepto”, visto aquí como una dimensión de dicho aprendizaje, favorece el desarrollo de la competencia “explicar fenómenos científicamente”, en estos términos, el contenido conceptual y el enfoque competencial no son excluyentes, más bien complementarios. De igual modo y en un análisis similar, la dimensión del aprendizaje “aplicación del concepto” y la competencia específica del área de ciencias naturales “el uso del conocimiento científico” evaluada en las pruebas saber, también guardan relación. En conclusión, el aprendizaje de conceptos es perfectamente reconciliable con el desarrollo de las competencias científicas y específicas del área, en otras palabras, aprender “de”

y “sobre” ciencias son perfectamente integrables, en este sentido, la indagación representa una buena oportunidad para lograrlo.

Visto desde el desempeño académico de los estudiantes según la escala de valoración de la institución (bajo, básico, alto y superior), se aprecia que el grupo experimental tiene 16,9 % menos de estudiantes con un desempeño bajo que el grupo de control (ver figura 10), en su defecto, presentó un porcentaje significativamente mayor de estudiantes en los desempeños básico y alto. Desde las dos perspectivas asumidas para este análisis, se concluye que la superioridad de la media en el grupo experimental comparada con la media del grupo de control, es producto de la influencia de la intervención.

Pese a que a que el grupo experimental obtuvo mejores resultados que el grupo de contraste, esto no asegura un aprendizaje óptimo del concepto, ya que éste es gradual o entendido en diferentes niveles; así que no se puede lograr con una sola tarea de aprendizaje y en un periodo de tiempo muy corto (Palmero, 2010; Pozo y Gómez, 1998).

De cualquier modo, a juzgar por la media obtenida en el posttest por el grupo experimental, no se esperaría que aprendizaje del concepto haya alcanzado los niveles ideales, teniendo en cuenta que está considerablemente alejado de la puntuación máxima. De hecho, casi la totalidad de los estudiantes presentaron un desempeño bajo en el aprendizaje, y ninguno en el superior, como muestran las figuras 11 y 12.



Figura 12. Número de estudiantes del grupo experimental en cada uno de los desempeños académicos.

En estos términos, aunque la hipótesis de investigación fue confirmada, de cualquier modo, no fue posible que la mayoría de los estudiantes logaran por lo menos un desempeño básico en el aprendizaje del concepto densidad

4.2 Determinación de las capacidades de indagación del grupo experimental: NdICpP

En correspondencia con el objetivo:

- Determinar *el nivel de indagación científica de los equipos de trabajo del grupo experimental.*

Se determinó el desempeño en las distintas capacidades o categorías de indagación en los equipos de trabajo en el laboratorio del grupo experimental, ya que la intervención corresponde a una experiencia de laboratorio fundamentada de esta dimensión de la competencia científica (Cañal, 2012). Esto permitió identificar cuáles son las debilidades y fortalezas en la implementación de la estrategia de enseñanza –

aprendizaje, de manera que se puedan realizar los ajustes pertinentes en el proceso de realización de nuevas actividades de indagación; no obstante, optimizar los resultados tanto en el desempeño de las capacidades como en el aprendizaje del concepto propuesto en cada actividad. Las categorías o capacidades de indagación tenidas en cuenta para el análisis se detallaron en la estructura de la estrategia de enseñanza–aprendizaje empleada en el tratamiento.

A = Formulación de hipótesis

B = Diseño del experimento

C = Identificación de variables

D = Recogida y procesamiento de datos

E = Análisis de los datos y obtención de conclusiones

A continuación, se muestra el nivel de indagación científica alcanzado por los equipos de trabajo en el laboratorio correspondientes al grupo experimental. Para hacer un análisis apropiado, es necesario hacer algunas precisiones:

- Los grupos no tienen el mismo número de integrantes
- La puntuación más alta en la escala del NdICpP es de 25 puntos, cada categoría o capacidad de indagación tiene un valor máximo de 5 puntos.

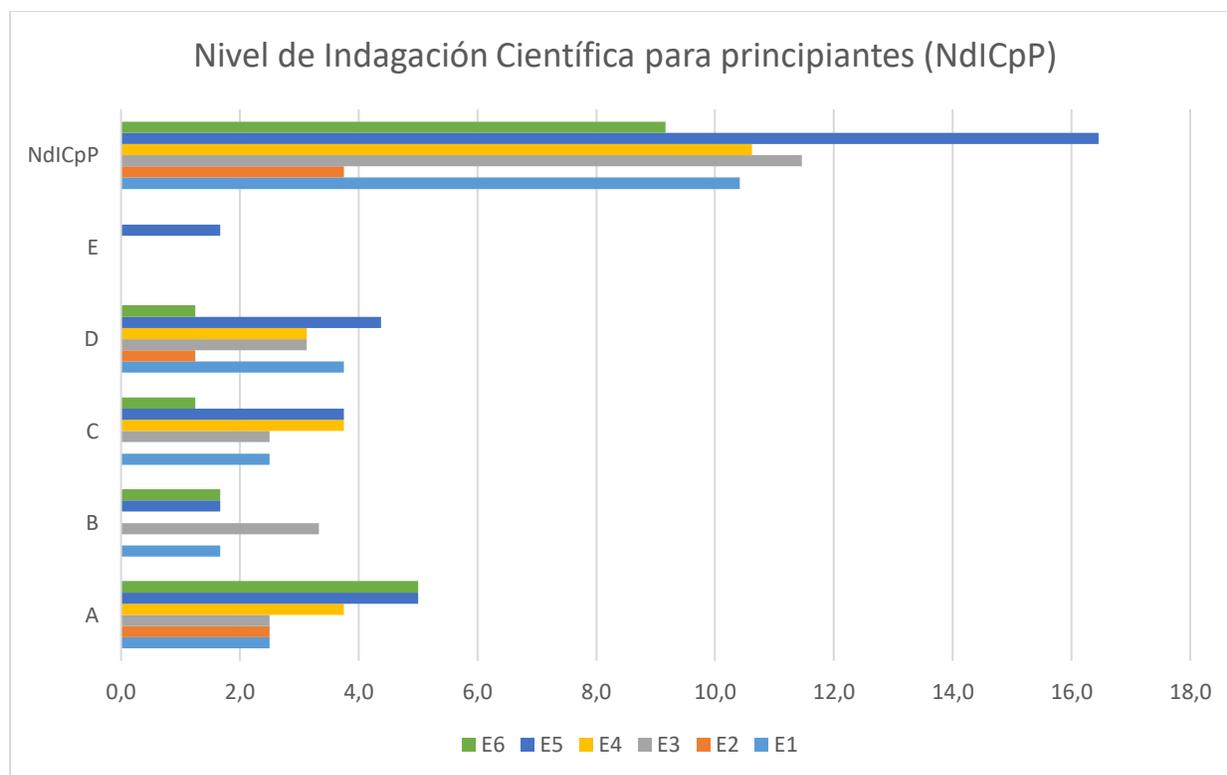


Figura 13. Determinación de los Niveles de Indagación Científica de los equipos de trabajo del grupo experimental.

Nota: Capacidades o categorías de indagación - **A** = Formulación de hipótesis, **B** = Diseño del experimento, **C** = Identificación de variables, **D** = Recogida y procesamiento de datos, **E** = Análisis de los datos y obtención de conclusiones

Del gráfico de la figura 13 puede notarse, que la categoría en donde se logró mayor desempeño por parte de los equipos de trabajo en el laboratorio, es la formulación de hipótesis (categoría A) con un promedio de (3,5), por el contrario, la categoría de indagación en la que mayor dificultad presentaron dichos equipos, es el análisis de datos y obtención de conclusiones (categoría E) con un promedio de tan solo (0,3); seguida por el diseño de experimentos (categoría B) con un promedio de (1,4). Es sabido por los reportes de investigaciones recientes que la capacidad más difícil de desarrollar por los estudiantes, es el diseño del experimento,

puesto que lo regular es que ellos reciban las instrucciones listas en el procedimiento de una guía de laboratorio.

Es recurrente encontrar en los reportes de investigaciones relacionadas que las competencias más difíciles de superar por los estudiantes son la formulación de hipótesis y el diseño del experimento (Ferrés et al., 2014; González y Crujeiras, 2016). No es comparable el grado de dificultad que representa elaborar un procedimiento experimental, con el de seguir instrucciones preestablecidas en una guía de laboratorio, más aún para esta población en particular, que como se ha reiterado durante todo el documento, ni siquiera en prácticas tipo instruccional tienen mucha experiencia. Sin embargo, la formulación de hipótesis en este estudio tuvo un comportamiento atípico si se compara con los estudios de referencia, tal es así que los equipos 5 y 6 lograron la puntuación máxima en esta categoría (5,0). A este hecho, se le atribuye la forma deductiva como se abordó la construcción de la hipótesis, más explícitamente, a la disposición de unos referentes teóricos relacionados con el concepto que conducían a la explicación del problema, para el caso de la densidad, las fuerzas de cohesión y su relación con la masa y el volumen ocupado de las sustancias consideradas en el problema, además del acompañamiento del docente a través de cuestionamientos que conducían la elaboración de la conjetura.

En general, al andamiaje del maestro, los cuales son imprescindibles en la realización de prácticas de indagación. Las pistas, las indicaciones, las preguntas abiertas y la activación del conocimiento teórico son recursos de apoyo sin los cuales serían muy difícil completar la tarea de forma autónoma (Crujeiras y Jiménez, 2015).

A pesar de que las investigaciones al respecto ponen de relieve las dificultades más prominentes en la implementación de actividades de indagación, no desacreditan esta estrategia,

por el contrario, respaldan y justifican los esfuerzos que representa el desarrollo de las mismas; no obstante, más bien le apuestan a su mejoramiento a cuenta de los andamiajes prestados por parte del profesor y de su implementación sistemática durante toda la escolaridad. En relación a los andamiajes, es de anotar que las fuentes bibliográficas elegidas como apoyo y a las preguntas intervinientes por parte del docente, son de suma importancia a la hora de formular las hipótesis (Crujeiras y Cambeiro, 2018; Crujeiras y Jimènez, 2015; Ferrés et al., 2014).

Por otra parte, la manifiesta preocupación de los profesores por abarcar la extensa programación de contenidos, ya no constituye una prioridad debido al enfoque competencial de la educación científica, así como lo propone el Ministerio de Educación Nacional y los mecanismos de evaluación internacionales como las pruebas PISA (Muñoz y Charro, 2017). Sin embargo, esto no quiere decir que la realización de actividades de indagación solo apunte al estudio de la naturaleza de las ciencias y al desarrollo de destrezas indagativas, por el contrario, cada propuesta de indagación debe establecer claramente el contenido conceptual a tratar (leyes, teorías y modelos) (Couso, 2014), para que de esta manera cumpla con la dualidad aprender “de” y “sobre” ciencias, lo que según Vázquez et al. (2012) resume los objetivos de la educación científica. Cabe anotar que la puesta en práctica de la indagación desarrolla la capacidad de “aprender a aprender”, lo que les permitiría a los estudiantes ampliar y profundizar los conocimientos de forma autónoma en función de sus intereses.

En este orden de ideas, es necesario definir desde el plan de área, los núcleos temáticos que mejor se adaptan a las condiciones de trabajo característicos de la indagación y que además, conlleven al aprendizaje de los conceptos estructurantes que mayor relación tienen con los fenómenos implicados en el desarrollo de la tecnología y con las problemáticas medioambientales a nivel local y global.

4.3 Análisis de la construcción grupal del concepto densidad del grupo experimental

En relación al tercer estudio, planteado en el objetivo:

- *Analizar el proceso grupal de construcción del concepto densidad desde el contenido de los informes registrados en las uves heurísticas del grupo experimental.*

Se analizó las construcciones conceptuales emanadas de los equipos de trabajo en el laboratorio, las cuales fueron registradas en la V de Gowin. Este análisis permitió determinar el acercamiento del concepto logrado por los equipos con la definición formal, el cual no es viable realizar con un análisis cuantitativo.

El análisis de contenido cualitativo se realizó con base en el modelo de Mayring (2000), aunque hay que precisar que se prescindió de las siguientes etapas dado al pequeño volumen de información y a la especificidad del objetivo de análisis:

- Elaboración de códigos
- Definición de categorías de análisis

Puesto que el análisis apunta específicamente a valorar el acercamiento de los conceptos “inventados” o construidos, al concepto formal. No fue necesario definir varias categorías de análisis, ni mucho menos elaborar códigos por el pequeño volumen de información evaluada, la cual es referida a respuestas muy puntuales del cuestionamiento ¿Qué es la densidad? Esto como producto de un problema teórico que buscó la conceptualización de esta propiedad de la materia. Los conceptos fueron formulados por los seis equipos (E1, E2...E6) de trabajo del grupo experimental.

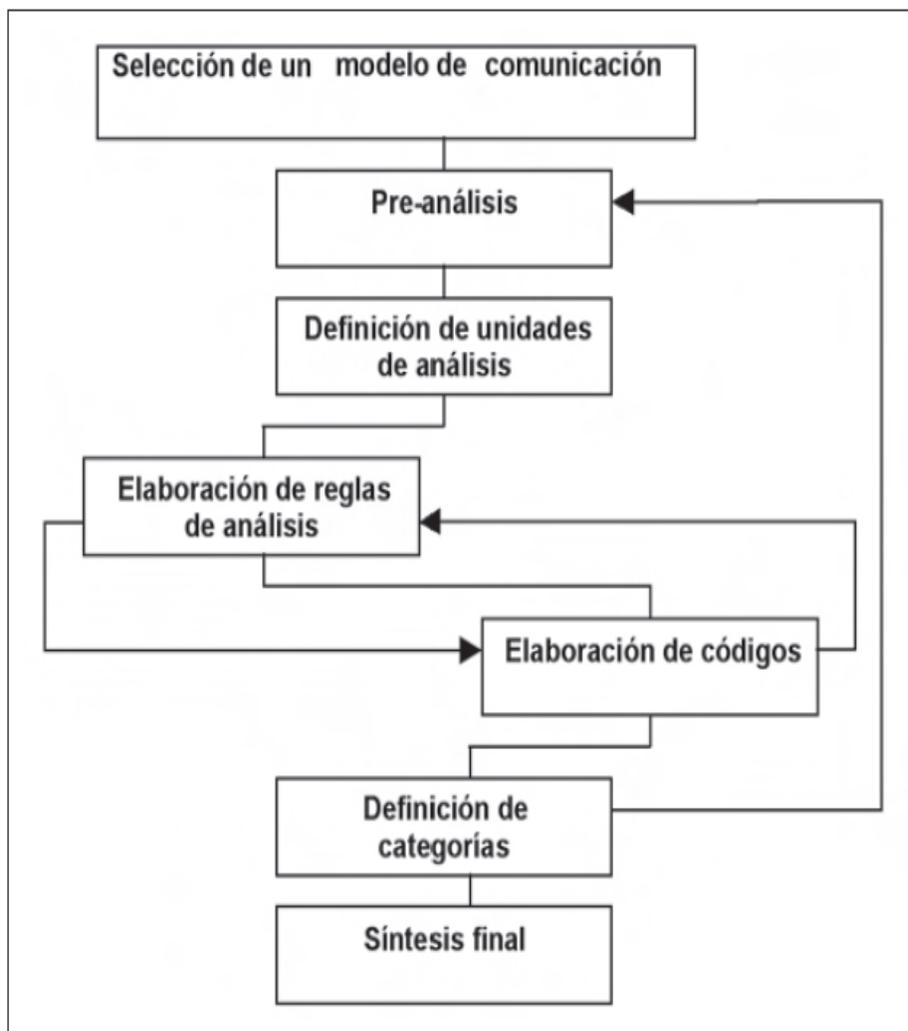


Figura 14. Etapas del análisis de contenido cualitativo basado en modelo propuesto por Mayring (como se citó en Cáceres, 2008).

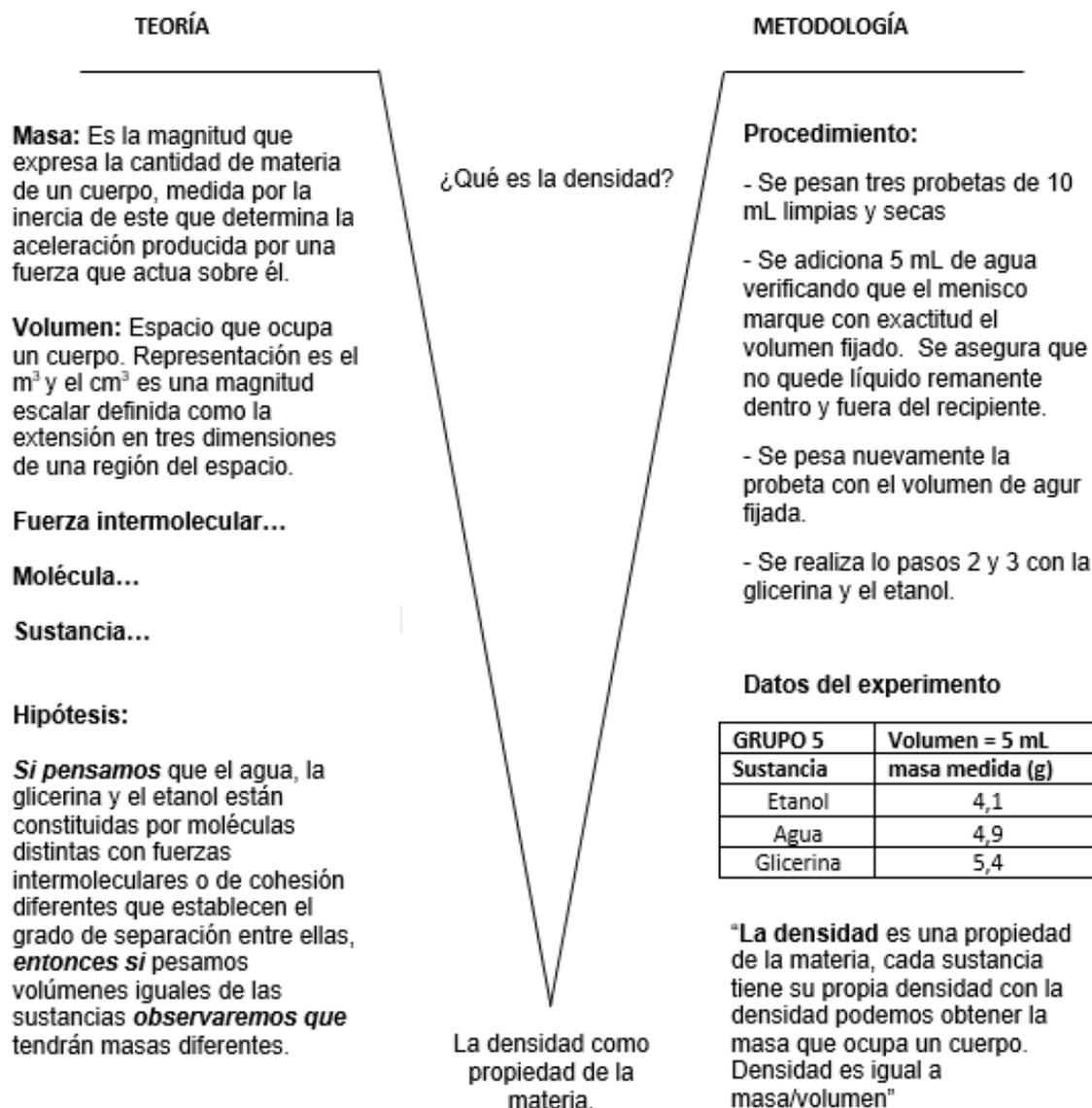


Figura 15. Uve de Gowin final del equipo E5. Fuente: elaborada por el investigador (2017). Nota: La uve solo contiene parte de la información.

4.3.1 Etapas del análisis cualitativo

4.3.1.1 Modelo de comunicación

La información sometida a análisis es producto de la construcción conceptual lograda por los equipos de trabajo en el laboratorio del grupo experimental, por consiguiente, responder una de las preguntas que surgen de la formulación del problema en este estudio ¿Es posible la

construcción de conceptos a partir de trabajos prácticos de laboratorio basados en la indagación científica? Se partió inicialmente de una hipótesis que surge del interrogante *¿Hay la misma masa en los mismos volúmenes de agua, glicerina y etanol?*, de la cual se esperaba fuera el núcleo del cual se construyera el concepto *¿Qué es la densidad?*

4.3.1.2 Pre-análisis

Desde los referentes teóricos que definen a la densidad como propiedad intensiva y específica de la materia y desde investigaciones como la de (Raviolo et al., 2005) se reporta la reiterada confusión de los estudiantes en relación a la extensividad de la masa y el volumen, puesto que muy pocos reconocen la proporcionalidad entre estas magnitudes; así por ejemplo, si le pide a un estudiante que determine la densidad del oro, sabiendo que 193 gramos de este metal ocupa un volumen de 10 centímetros cúbicos, no tendrá problemas en hallar el cociente (m/v), pero si después le pides que halle la densidad de 20 centímetros cúbicos de oro, suelen usar la misma masa que en el caso anterior (193 gramos), sin considerar que la masa cambia proporcionalmente al volumen de muestra. Es así como queda definida la densidad, como la constante que resulta del cociente masa/volumen; eso sí, sin contar con algunas variaciones importantes con los cambios en la temperatura y la presión para los estados líquido y gas. Cabe anotar que, dentro de las fuentes de información empleadas por los estudiantes, se hizo énfasis en las fuerzas de cohesión como una propiedad microscópica influyente en la magnitud de la densidad

La construcción del concepto densidad sería el eventual producto de la investigación de la actividad experimental, de este modo, es relevante analizar cada uno de los conceptos emitidos

por los equipos del laboratorio con el fin de evaluar su aproximación a definición formal del concepto.

4.3.1.3 Definición de las unidades de análisis

Las unidades objeto de análisis resultan de las respuestas a la cuestión ¿Qué es la densidad? como se ha indicado antes, de esta manera se busca valorar la aproximación a las definiciones de referencia. Dichas respuestas fueron emitidas por los seis equipos de trabajo.

A continuación, se relacionan las respuestas de referencia para determinar el grado de aproximación al concepto densidad.

Tabla 21

Pregunta de investigación y sus respuestas de referencias.

Pregunta	Respuesta de referencia
¿Qué es la densidad?	- Es la masa contenida de una sustancia en la unidad de volumen. - Es la relación que hay entre la masa y el volumen de una sustancia.

Fuente: Elaborado por el investigador (2017).

4.3.1.4 Elaboración de reglas de análisis

Con la finalidad de hacer un análisis de contenido lo más objetivo posible o lo menos influenciado de subjetividad, se establece un sistema de cinco reglas básicas.

1. Las unidades de análisis corresponden textualmente a las respuestas emitidas por los seis equipos de laboratorio conformados para llevar a cabo todo el proceso de investigación.

2. El análisis no tiene en cuenta suposiciones. En este sentido, todo se hace con base en fundamentos teóricos pertinentes, específicamente en las respuestas de referencias.
3. Se da por válido el uso de un lenguaje común o poco técnico siempre que encuentre relación con el lenguaje científico.
4. Para considerar una respuesta como correcta, no necesariamente tiene que ser una réplica de la respuesta de referencia, por tanto, se permite cierta flexibilidad en cuanto a la redacción y la ortografía, siempre que no afecte la intención teórica de la pregunta.
5. La respuesta es considerada como incorrecta cuando presenta ambigüedades y contradicciones.

A continuación, se relacionan las definiciones conceptuales emitidas por los seis equipos de trabajo.

Tabla 22

Respuestas a la cuestión ¿Qué es la densidad?

CONCEPTO DENSIDAD	
ID 03	<i>¿Qué es la densidad?</i>
EQUIPO	RESPUESTA
E1	No respondieron
E2	No Respondieron
E3	“La densidad es una relación que tiene el volumen y la masa en una sustancia porque depende de la masa y de la densidad”
E4	“Se puede decir que es cuando la materia se encuentra comprimida en un espacio determinado, es la cantidad de masa por volumen también se puede referir a la cantidad de masa en un determinado o volumen en una sustancia”

E5	“La densidad es una propiedad de la materia, cada sustancia tiene su propia densidad con la densidad podemos obtener la masa que ocupa un cuerpo. Densidad es igual a masa/volumen”
E6	“Es la magnitud que expresa la relación que hay entre la masa y el volumen de un cuerpo”

Fuente: Elaborado por el investigador (2017)

De las propuestas acerca de qué es la densidad expresadas por los equipos, cabe resaltar la generalizada conclusión de que consiste en una relación entre la masa y el volumen, aunque no señalen puntualmente como la masa por la unidad de volumen, tal como lo emiten la mayoría de textos de secundaria y hasta en los universitarios; cabe resaltar que el equipo E6 lo manifiesta de manera precisa *“Es la magnitud que expresa la relación que hay entre la masa y el volumen de un cuerpo”* y que el equipo E3 sustenta esta relación de forma inversa (V/m), y además con un sustento conceptual erróneo, puesto que afirman que dicha relación depende de la masa y de la propia densidad. *“La densidad es una relación que tiene el volumen y la masa en una sustancia porque depende de la masa y de la densidad”*

El equipo cuatro E4 además de identificar la relación entre estas magnitudes, lo expresan más allá de un simple cociente, puesto que consideran las implicaciones microscópicas de la materia que intervienen en la magnitud de la densidad *“Se puede decir que es cuando la materia se encuentra comprimida en un espacio determinado...”* ya que tienen en cuenta la naturaleza atómica, molecular, iónica... de la sustancia, de esta forma, aunque de manera implícita, queda manifiesta la implicancia establecida entre de las fuerzas de cohesión y la densidad al considerar la proximidad entre las partículas (compresión). Merece la pena anotar que, al emitir el concepto no perdieron de vista la pregunta de investigación, *¿Hay igual o diferente masa en los mismos volúmenes de las sustancias?*, esto se refleja puntualmente en *“...es la masa contenida en un determinado o volumen en una sustancia”*

Con estos resultados, es de notarse la plausibilidad de usar la creatividad y el pensamiento divergente de los estudiantes para formular conceptos, en este caso mediante el sometimiento a interrogantes de la cuales puedan derivar hipótesis testables mediante la experimentación en coherencia con el modelo de enseñanza por investigación; por supuesto, con el apoyo de fuentes bibliográficas que modulen dicha creatividad, con los que puedan respaldar teóricamente sus inferencias y argumentos, claro está, sin que en dichas fuentes se describa explícitamente el concepto como sucede en la mayoría de los textos de Química y Física. Pese a que dos grupos no se formularon el concepto (E1 y E2), como puede verse que las proposiciones acerca de lo qué es la densidad, se aproximan considerablemente a la definición básica que dan los libros de textos.

La “invención” de conceptos como se propuso al iniciar la investigación, busca que dicho concepto no se aprenda memorísticamente cual si fuera un hecho o un dato, dado que en esta clase de aprendizaje, el estudiante debe hacer una copia exacta o literal de la información proporcionada y luego almacenarla en su memoria (Pozo Muncio, 2001)

4.4 Discusiones finales

En este estudio se aplicó el modelo por investigación a través de una experiencia de laboratorio fundamentada en la indagación científica con dos propósitos fundamentales: el primero, determinar la influencia de esta estrategia en el aprendizaje del concepto densidad mediante su construcción y segundo, promover el desarrollo de la competencia científica en la institución educativa la Ye del municipio de Sahagún Córdoba. En este contexto, responder las cuestiones *¿El aprendizaje de conceptos es más efectivo cuando se trabaja con la metodología de la indagación científica basada en prácticas de laboratorio de esta naturaleza que con la*

enseñanza por transmisión-recepción y el laboratorio instruccional? ¿Es posible la construcción de conceptos a partir de trabajos prácticos de laboratorio basados en la indagación científica?

Dada la resistencia de abandonar modelos de enseñanza en donde los estudiantes juegan un papel pasivo, tal como el de transmisión-recepción, el investigador busca con este proyecto, incentivar el uso de la investigación como una de las principales formas de enseñar y aprender ciencias y así, iniciar un proceso de transformación curricular que permita convertir a la escuela como la base de la alfabetización científica.

Según la *National Science Education Standards* (1996), la indagación científica es un proceso que involucra la observación, la proposición de preguntas, la planificación de la investigación, la revisión de libros y otras fuentes de información para comparar lo conocido, a luz de lo obtenido mediante las pruebas experimentales, de acuerdo con esto, se requiere desplegar una amplia gama de acciones para la realización actividades de indagación; por lo puede verse en la definición, este proceso involucra un gran esfuerzo desde la enseñanza y del aprendizaje, lo que compromete mucha voluntad y disposición tanto de profesores como de estudiantes.

De acuerdo con las características del contexto y de las capacidades que implica el desarrollo de la indagación científica como estrategia enseñanza-aprendizaje, es de inferir la dificultad que supone llevar a cabo este tipo de actividades, en especial para los estudiantes, en tanto que son responsables y en gran medida, de formular hipótesis a partir de una situación problema, diseñar los pasos del experimento y hacer las conclusiones pertinentes con base en la comparación de hallazgos empíricos y teóricos; capacidades que no son nada fáciles de resolver por los estudiantes, aun con las orientaciones pertinentes (Crujeiras y Jimenez, 2015).

Por su parte el profesor debe hacer una planeación didáctica minuciosa que regule cada una de las etapas de la investigación que se llevará a cabo por los estudiantes, por ejemplo: la elección del contenido conceptual, el diseño o adaptación de la situación problema, la selección de fuentes de información, la preparación de andamiajes, entre otros. Aunque es preciso decir que el grado de responsabilidad profesor-estudiante depende del tipo de indagación, es decir, de que tan “estructurada” o “abierta” es la tarea de indagación (Martin, 2002), como fue discutido en el marco teórico conceptual.

A pesar de lo difícil que resulta la implementación de la indagación científica en la escuela, investigaciones recientes promueven su uso y aúnan esfuerzos por generalizar lineamientos, indicaciones y sugerencias que apunten hacia el mejoramiento de este tipo de actividades. En este sentido, es necesario hacer las debidas reflexiones pedagógicas a partir de los resultados de cada estudio, en aras de unificar criterios respecto al tema; esto considerando que existe confusión a la hora de implementar la indagación, por lo que se hace un mal uso del término, es así como es común encontrar actividades que no reúnen las características mínimas de un proceso de investigación (Couso, 2014; Martin, 2002).

Ante las razones anteriormente expuestas, el investigador decidió adaptar un instrumento que le permitió hacer un diagnóstico del desempeño en las capacidades de indagación que deben desplegarse al momento de realizar tareas de estas naturaleza. El instrumento fue flexibilizado y adecuado a un contexto sin precedentes en la aplicación del modelo por investigación, o por lo menos en el ámbito de las experiencias prácticas de laboratorio; así las cosas, lo llamó el Nivel de Indagación Científica para Principiantes (NdICpP).

En relación a la aplicación del NdICpP se confirma según reportan las investigaciones, que el diseño del experimento y el análisis de los datos y la obtención de conclusiones son

capacidades difíciles de afrontar por los estudiantes, sin embargo, la formulación de la hipótesis tuvo un buen desempeño, pese a que esta capacidad también es señalada de ser un obstáculo difícil de superar (Crujeiras y Cambeiro, 2018; Crujeiras y Jiménez, 2015; Ferrés et al., 2014).

En relación al bajo desempeño en la obtención de conclusiones es preciso decir, que esta dificultad se extiende a cualquier tipo de trabajo o informe y, no solo a los de trabajos prácticos de laboratorio de Ciencias Naturales, de todos modos, se esperaba que el uso de la uve heurística coadyuvara a la consolidación de conclusiones más consistentes con los objetivos y cuestiones planteadas en la tarea de la investigación. Aun cuando la uve heurística es reconocida por dos grandes bondades: una la de ser una estrategia integradora de conocimientos teóricos, procedimentales y actitudinales en los procesos de investigación, especialmente en las prácticas de laboratorio; la otra, como una herramienta metacognitiva que permite reflexionar y regular el proceso de aprendizaje, por ejemplo, verificar de los resultados del experimento con elementos teóricos (Ramos, 2009), es claro que los estudiantes no son diestros en el uso de la herramienta, por tanto, no sacan todo el provecho que ofrece la uve. En este sentido, no se aprovechó en su totalidad la potencialidad de la estrategia en cuanto logra dar una visión integrada de la hipótesis, la pregunta de investigación, el procedimiento y los datos obtenidos del experimento.

Como resultado de esta investigación y, en relación a las comparaciones entre los grupos, se determinó mediante análisis inferencial, que la experiencia de laboratorio basada en la indagación científica, tiene mayor influencia en el aprendizaje del concepto densidad en relación al modelo de enseñanza aprendizaje por transmisión-recepción, tal como se plantea en la hipótesis de investigación; aunque la diferencia no sea tan significativa vista desde las dimensiones de *comprensión* y *aplicación* de la variable dependiente, si lo es, desde la calificación global.

Estos resultados se mantienen y confirman al verificar la evolución al interior de los grupos. Para el caso del grupo experimental, la diferencia no solo fue estadísticamente significativa en la calificación global, también lo es en cada una de las dimensiones dispuestas para valorar el constructo; mientras que el grupo de control ocurre exactamente lo contrario, a excepción de la dimensión *aplicación*, que si presentó una diferencia significativa.

Después de corroborar la notable influencia de la indagación científica en el aprendizaje de conceptos (Furtak et al., 2012; Romero, 2017), y de que permite el desarrollo de la competencia científica, se puede afirmar que propende la alfabetización en ciencias desde la escuela, de ahí que haga aportes importantes al componente de Ciencia, Tecnología y Sociedad, puesto que uno de los componentes de la alfabetización científica es la enseñanza “sobre” Ciencia, lo que representa una oportunidad de comprender su naturaleza, es decir, a la forma en cómo se construyen y validan los conocimientos científicos (Vásquez et al., 2012), de igual modo, su aporte a la construcción de una ciudadanía sensible y responsable con sus actuaciones frente a la conservación del medio ambiente y de la salud humana, en la medida en que adopte una posición crítica y reflexiva frente la literatura científica, y haga uso responsable de la tecnología (Romero, 2017).

Por último, destacar la construcción del concepto densidad como propiedad de la materia por los equipos de laboratorio del grupo experimental, uno de los aportes más relevantes de la investigación. El reto de elaborar el concepto hizo parte de la investigación como un tercer estudio, en la medida que los equipos de trabajo llegaron a definir a la densidad como la constante que existe entre el cociente de la masa y volumen de las sustancias.

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Las conclusiones más relevantes que emergen de esta investigación, se sustentan de los hallazgos del análisis inferencial y su contraste con los objetivos y en apoyo de los referentes teóricos que han hecho aportes importantes al objeto de estudio. De forma general, se concluye que las experiencias de laboratorio fundamentadas en la indagación científica, representan una metodología que logra un mejor aprendizaje de conceptos que el modelo por transmisión – recepción, así que se confirma la hipótesis de investigación (Furtak et al., 2012; Romero, 2017).

Así las cosas, se logró mejores aprendizajes del concepto densidad en el grupo experimental que en el grupo de control, visto desde la evaluación global; sin embargo, la *comprensión y aplicación* como dimensiones del aprendizaje del concepto (variable dependiente) no muestran la significatividad esperada, aunque solo excedieron levemente el valor de alfa establecido. De todas formas, en las comparaciones intragrupo, se marcan diferencias significativas en todas las dimensiones establecidas para determinar la variable dependiente en el grupo intervenido, contrario a lo sucedido en el grupo de control, a excepción de la dimensión, *aplicación* del concepto, la cual presenta una diferencia significativa en el pre y postest. Diferentes autores advierten la dificultad que representa el desarrollo de estas actividades, y señalan a la formulación de hipótesis, el diseño de experimentos y la obtención de conclusiones como las capacidades de indagación más difíciles de desarrollar por los estudiantes (Crujeiras y Cambeiro, 2018; Crujeiras y Jimènez, 2015; Ferrés et al., 2014). No obstante, la regularidad con la que se realicen tareas de indagación, mejoraría eventualmente el desarrollo de las capacidades

antes mencionadas, en consecuencia, produciría mejores resultados en el aprendizaje de conceptos, y en general, de conocimientos científicos (Cañal, 2012).

Al respecto de las categorías de indagación puestas en escena y que fueron valoradas con un instrumento que el investigador nombró como Nivel de indagación Científica para Principiantes (NdICpP), se corroboró una vez más que el diseño de experimentos no es el fuerte de los estudiantes, al igual que el análisis de datos y obtención de conclusiones; esta última en particular, resultó en este estudio la de menor desempeño por los equipos de trabajo, quizás por la dificultad de establecer relaciones apropiadas entre el planteamiento del problema, la formulación de la hipótesis, los datos del experimento y los referentes teóricos dispuestos para la tarea de investigación. Según Crujeiras y Cambeiro (2018), los estudiantes no justifican las conclusiones con base en las pruebas obtenidas.

Ahora bien, se encontró para este estudio que el desempeño en la formulación de la hipótesis fue considerablemente bueno, tanto así, que dos de los equipos de trabajo en el laboratorio alcanzaron la valoración máxima de la rúbrica del NdICpP para esta categoría; este hecho parece responder al suministro de los referentes teóricos pertinentes a los estudiantes, a la vez que se prestaron los andamiajes apropiados por parte del docente, como lo son: cuestionamientos, indicaciones, asesorías, a la estructuración de la guía de laboratorio y por supuesto, al uso de la uve de Gowin (Crujeiras y Jimènez, 2015; Ramos, 2009)

El aspecto anterior representa una novedad en esta investigación, teniendo en cuenta que los estudios que han hecho énfasis en detectar las dificultades más prominentes al enfrentarse a una actividad de indagación, encuentran particularmente difícil para los estudiantes, redactar una hipótesis con las características que exige una investigación científica. Sin embargo, cabe advertir que este hecho no puede generalizarse, ya que el desempeño en cada una de las

capacidades de indagación está sujeto a la complejidad del problema, a la experiencia que tengan los estudiantes con este tipo de actividades y a las características cognitivas e intelectuales de la población.

En este sentido, Cañal (2012) considera que dichas hipótesis deben proponerse a partir de unos fundamentos que sean plausibles de verificar mediante la experimentación y, además, obtener información relevante para la investigación. Advierte también, “que este tipo de tarea tiene sin duda gran dificultad y requiere de múltiples experiencias apoyadas por el profesor para progresar en su dominio” (p. 12). A esto hay que añadir, que las experiencias en actividades de indagación han tenido un mayor efecto en el aprendizaje cuando son dirigidas por los profesores, comparadas con las que son desarrolladas por los estudiantes con toda autonomía (Furtak et al., 2012).

En general, aunque no se haya alcanzado los niveles de indagación deseados, hay que recordar que era la primera vez que el grupo intervenido se enfrentaba a una actividad de este tipo, más aún cuando se apoyaba en una experiencia de laboratorio en la que el diseño del experimento era su responsabilidad. De este modo, hay que entender que el desarrollo de la competencia científica “es un proceso continuo en el que hay distintos grados, de forma que ésta podría y debería progresar a lo largo de la escolaridad y más allá de la misma” (Cañal, 2012, p. 6).

Por otra parte, y teniendo en cuenta uno de los cuestionamientos que suscita esta investigación, específicamente: *¿Es posible la construcción de conceptos a partir de trabajos prácticos de laboratorio basados en la indagación científica?* Es razonable responder afirmativamente la pregunta, a juzgar por las definiciones del concepto emitidos por los equipos de trabajo en el laboratorio. Cabe concluir entonces que es posible la construcción o formación

de conceptos a partir de problemas teóricos que se aborden mediante trabajos prácticos de laboratorio tipo indagación científica. Es preciso señalar, que tres de los seis equipos de trabajo llegaron a concebir la densidad como la relación que hay entre la masa y el volumen. Si se tiene en cuenta que la densidad es un concepto que aparece definido en los libros de texto como un simple cociente entre la masa y el volumen, “los estudiantes relacionan la densidad con una de las variables (masa o volumen) y no con la relación entre ellas” (Raviolo et al., 2005, p.90). Estas y otras dificultades presentadas en el aprendizaje de este concepto abstracto, es precisamente lo que hace aprovechable la indagación en búsqueda del aprendizaje, más aún cuando hay experimentación de por medio, por cuanto se contrasta la hipótesis planteada con un experimento diseñado en equipo y ajustado en una socialización por “la comunidad científica”.

Como resultado de esta investigación, puede notarse que es completamente viable alfabetizar científicamente en la escuela mediante estrategias de enseñanza y aprendizaje basadas en la indagación, así como lo afirman Reyes y Padilla (2012) “si el proceso de indagación está bien llevado a cabo, permite el desarrollo de competencias científicas” (p. 420), a la vez que facilita el aprendizaje significativo de conceptos, principios y leyes que rigen el comportamiento de los fenómenos naturales.

Es relevante decir, que aunque las actividades experimentales demanden mucho tiempo, cuando se trata de conceptos estructurantes como la densidad, los cuales ofrecen una reconciliación integradora con otros conceptos, principios y leyes de las Ciencias Naturales (Botero, 2010), merece la pena invertir ese tiempo sin temor a estar haciendo un mal uso de la distribución temporal del currículo de Ciencias, asimismo, se hace un valioso aporte no solo al aprendizaje “de” Ciencia sino “sobre” Ciencia en la medida en la que los estudiantes reflexionan sobre la forma en la que los científicos construyen los conocimientos (Vásquez et al., 2007).

En este estudio se evidenció la posibilidad de construir conceptos a partir de problemas teóricos desde estrategias de enseñanza-aprendizaje basadas en la indagación científica, en lugar de ser asimilado después de un discurso magistral del profesor o de la lectura del libro de texto; en estos términos, lograr la conceptualización es un buen indicador de que se produjo un aprendizaje más significativo. Aunque Ausubel considera que la formación de conceptos es un proceso que ocurre principalmente en los niños de edad preescolar, también considera que puede darse a cualquier edad “donde los atributos de criterio del concepto se adquieren a través de la experiencia directa, transitando por etapas sucesivas de generación de hipótesis, comprobación y por último generalización de las mismas” (Ramos y López, 2015, p. 619).

En definitiva, el estudio de la aplicación de experiencias prácticas de laboratorio basadas en la indagación científica ha sido de mucho aprendizaje para el futuro de la de la enseñanza de todas las disciplinas integradoras de las Ciencias Naturales, en especial de la Química, debido a su marcado carácter experimental, por cuanto se espera de la metodología, dos grandes aportes: en primer lugar, el aprendizaje significativo de los conceptos estructurantes de cada asignatura, de las leyes y principios que modulan los fenómenos más representativos con los que se garantice una formación “de” ciencias bien fundamentado. En segundo lugar e igual de importante, propende la activación de las competencias científicas, lo que corresponde a la formación “sobre” ciencias. En suma, se consolide la alfabetización científica como pilar de la educación en ciencias en la institución.

Por lo que sigue, es preciso socializar y promover el modelo de enseñanza por investigación y, en esta línea, la propuesta de enseñar ciencias mediante la indagación científica como proyecto de alfabetización gradual de la comunidad educativa; empezando por actividades de indagación *estructurada* en el ciclo de básica primaria, tareas de indagación *guiada* en el ciclo

de la básica secundaria y de indagación *acoplada* en el nivel de media (Martin, 2002). A este propósito recaen grandes esfuerzos, así por ejemplo: la actualización pedagógica y didáctica desde el departamento de Ciencias Naturales respecto al tema, el diseño consensuado de un número considerable de guías en aras de consolidar un manual institucional; éstas deben por supuesto, elaborarse en distintos niveles de complejidad según el grado de escolaridad. Es necesario también, la reflexión pedagógica a partir de las experiencias obtenidas de la aplicación del modelo, de modo que se optimicen las guías y se mejore el rol docente como orientador de las mismas.

Respecto a la construcción del concepto densidad, problema sobre el cual recae el proceso de indagación en el “laboratorio”, se confirma la posibilidad de llegar al concepto con esta metodología, en este caso, apoyada en una V Gowin. Esta última estrategia no solo permitió integrar aspectos teóricos con el diseño experimental, sino también reconciliarlos integralmente para que los equipos de trabajo lograran proponer una definición del concepto, puesto que el objeto central de la investigación era precisamente llegar a la conceptualización. Además, el empleo de la V durante el desarrollo de la práctica de laboratorio permitió que los estudiantes no perdieran de vista la hipótesis que debía ser respaldada con evidencias que eventualmente obtendrían de los datos empíricos.

Desde esta perspectiva, se refuta las acusaciones que sufre las prácticas de laboratorio de representar solo una motivación basada en la “activitis” (por razones de manipulación de materiales de laboratorio) y consolidarlas como verdaderos escenarios de investigación. Cabe concluir entonces que la V de Gowin representó una aliada estratégica muy valiosa en el proceso de indagación, desde la cual se logró consolidar la construcción conceptual objeto de investigación en la situación problema propuesta en la guía de laboratorio.

Además de que se logró la conceptualización, se pudo desplegar en los estudiantes sus “primeros pasos” en el arduo proceso de alfabetización científica que tanto se reclama en la educación básica y media, a cuentas de que representa el mecanismo más viable para el desarrollo la competencia científica en todos los ciudadanos, todo esto en pro de lograr la concientización de la misma, en relación al impacto que tiene el acelerado avance de la Ciencia y la Tecnología en el medio ambiente, por ende en el futuro de la humanidad (Hernández 2005; Vásquez et al., 2007). De este modo hacer extensivo el modelo de guía de laboratorio puesto a prueba en el presente estudio y proponer la inclusión de la metodología de la indagación científica dentro de los lineamientos del currículo de Ciencias Naturales de la Institución educativa la Ye.

5.1 Recomendaciones

Con el fin de validar la hipótesis de investigación, la cual postula a la indagación científica como una estrategia de enseñanza-aprendizaje que logra mejores resultados en el aprendizaje de las ciencias que las basadas en la transmisión-recepción, se recomienda utilizar un diseño de investigación que cuente con más de un grupo experimental y de control, o en su lugar, aplicar dos o más postest a lapsos no muy distantes. Dificultades de tipo técnico y de disponibilidad de tiempo, impidieron la construcción, validación y determinación de la confiabilidad de otros cuestionarios con las cuales garantizar la consistencia de los resultados.

En relación a la estrategia, específicamente a la formulación de las hipótesis, el investigador considera que el modelo de sintaxis adoptado de (Windschitl et al., 2007) dificulta su construcción (“*Si pensamos que...entonces si...observaremos que...*” De acuerdo a lo

observado, los jóvenes tienden naturalmente a afirmar cual será el posible resultado de la experimentación (*observaremos que...*), y luego, explicar las causas de lo ocurrido (*Si pensamos que...*), para finalmente proponer de forma general como se conseguiría probar la hipótesis (*entonces si...*) sin que esto signifique que se deba usar las mismas frases de estructuración. El orden que propone Windschitl parece no ser apropiado en el contexto de estudio, aun y con este inconveniente, la hipótesis fue una de las capacidades de indagación de mejor desempeño.

Con respecto a los resultados de los datos cualitativos, se sugiere emplear además de la V de Gowin, un instrumento de aplicación individual o por estudiante. No es posible realizar un análisis de los aspectos estructurales del concepto que den cuenta de su aprendizaje, desde elaboraciones grupales; el estudio solo se tuvo en cuenta la construcción del concepto, las cuales fueron productos elaborados por equipos de trabajo.

De la experiencia obtenida en este estudio, se recomienda a los profesores de Ciencia poner en práctica la indagación científica como estrategia de enseñanza aprendizaje, animándolos a diseñar variadas actividades, bien sea que propongan problemas teóricos como parte de la construcción de conceptos, o bien problemas prácticos planteados en un contexto cotidiano que acerquen a los estudiantes a la dimensión procedimental de la ciencia, que logren estrechar relaciones entre Ciencia, Tecnología y Sociedad; no obstante, se le dé significado a lo que aprenden. Es tiempo de marcar este momento como el auge de la alfabetización de científica en los escenarios escolares.

6. BIBLIOGRAFÍA

- Abela, J. A. (2002). *Las técnicas de Análisis de Contenido: Una revisión actualizada*.
- Abero, L., Berardi, L., & Capocasale, A. (2015). *ProQuest*. Obtenido de Ebook Central: <https://ezproxyucon.unicordoba.edu.co:2214/lib/unicordobasp/detail.action?docID=4721826>
- Acevedo-Díaz, J. A., Vásquez-Alonso, Á., Manassero-Mas, M. A., & Acevedo-Romero, P. (2007). CONSENSOS SOBRE LA NATURALEZA DE LAS CIENCIAS: ASPECTOS EPISTEMOLÓGICOS. *Revista Eureka sobre la Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 202-225.
- Ausubel, D. (2000). *Adquisición y retención del conocimiento. Una perspectiva cognitiva*. Barcelona: Paidós.
- Avilés Dinarte, G. (2011). La metodología indagatoria: una mirada hacia el aprendizaje significativo desde "Charpack y Vigotsky. *Revista de las Sedes Regionales*, 133 -144.
- Barbera, O., & Valdés, P. (1996). EL TRABAJO PRÁCTICO EN LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS. *ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS*, 365-379.
- Bastida de la Calle, M. F., Ramos Fernández, F., & Soto López, J. (1990). Prácticas de laboratorio: ¿Una inversión poco rentable? *Investigación en la Escuela*, 77 - 91.
- Berlanga Silvente, V., & Rubio Hurtado, M. J. (2012). Clasificación de pruebas no paramétricas. Cómo aplicarlas en SPSS. *Revista d' innovació i Recerca en Educació*, 101-113.
- Botero Quinceno, H. d. (2010). Una revisión del conceptode densidad: la implicaciónde los conceptos estructurantesen el proceso deenseñanza-aprendizaje. *Revista de Educación & Pensamiento*, 23-26.
- Briones, G. (1996). *Metodologías de la investigación cuantitativas en las ciencias sociales* . Bogotá: e impresores Ltda.
- Caamaño, A. (1992). Los trabajos prácticos en ciencias experimentales. Una reflexión sobre sus objetivos y una propuesta para su diversificación. *Aula de Innovación Educativa*, 61 - 68.
- Caamaño, A. (2005). Trabajos prácticos investigativos en química en relación con el modelo atómico-molecular de la materia, planificados mediante un diálogo estructurado entre profesor y estudiantes. *Educación Química*, 10 -19.
- Caamaño, A. (25 de Agosto de 2013). *Los trabajos prácticos en ciencias*. Obtenido de In Slide Share: <https://es.slideshare.net/sluchessi/los-trabajos-prcticos-en-ciencias-aureli-caamao>
- Caamaño, A. (25 de Agosto de 2013). *LOS TRABAJOS PRÁCTICOS EN CIENCIAS EXPERIMENTALES*. Obtenido de SlideShare: <https://es.slideshare.net/sluchessi/trabajos-practicos-en-ciencias-experimentales>
- Caamaño, A., & Ana, O. (2004). La enseñanza de la química: conceptos y teorías, dificultades de aprendizaje y replanteamientos curriculares. *Almbique Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 66 - 81.

- Cáceres, P. (2008). ANÁLISIS CUALITATIVO DE CONTENIDO: UNA ALTERNATIVA METODOLÓGICA ALCANZABLE. *Psicoperspectivas Individuo y sociedad*, 53 - 82.
- Cañal, P. (2012). ¿Cómo evaluar la competencia científica? *INVESTIGACIÓN EN LA ESCUELA*, 5-17.
- Castejón, J. L., Carlota, G., Raquel, G., & Miñano, P. (2010). *Psicología de la Educación*. Obtenido de ProQuest Ebook Central:
<https://ezproxyucor.unicordoba.edu.co:2214/lib/unicordobasp/reader.action?docID=3213841&query=aprendizaje+significativo+de+Bruner>
- Chamizo, J. A., & Izquierdo, M. (2007). *Esencia de la química*. México: Jose Antonio Chamizo.
- Cofré, H., Camacho, J., Galaz, A., Jiménez, J., Santibañez, D., & Claudia, v. (2010). La educación científica en Chile: Debilidades de la enseñanza y futuros desafíos de la educación de profesores en Ciencia. *Estudios Pedagógicos*, 279 - 273.
- Couso Lagarón, D. (2014). *De la moda de "aprender indagando" a la indagación para modelizar: una reflexión crítica*. Barcelona: Investigación y transferencia para una educación en ciencias: un reto emocionante.
- Crujeiras Pérez, B., & Jimènez Aleixandre, M. P. (2016). Desafíos planteados por las actividades abiertas de indagación en el laboratorio: articulación de conocimientos teóricos y prácticos en las prácticas científicas. *ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS*, 63 -84.
- Crujeiras-Pérez, B., & Cambeiro, F. (2018). Una experiencia de indagación cooperativa para aprender ciencias en educación secundaria participando en las prácticas científicas. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*.
- De Jong, O. (1998). LOS EXPERIMENTOS QUE PLANTEAN PROBLEMAS EN LAS AULAS DE QUÍMICA: DILEMAS Y SOLUCIONES. *ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS*, 305 - 314.
- Delgado, M., Arrieta, X., & Camacho, H. (2012). Comparación de teorías relacionadas con la formación de conceptos científicos. *MULTICIENCIAS*, 416 - 426.
- Díaz Marín, C. A. (2015). *Prácticas de laboratorio a partir de materiales de la vida cotidiana como alternativa en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la química*. Doctoral dissetation, Universidad Nacional de Colombia - Sede Manizales.
- Ferrés Gurt, C., Marbá Tallada, A., & Sanmartí Puig, N. (2014). Trabajos de indagación de los alumnos: instrumentos de evaluación e identificación de dificultades. *Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 22-37.
- Flores, J., Caballero Sahelices, 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*, 75 - 111.
- Furió, C., & Furió, C. (2000). Dificultades conceptuales y epistemológicas en el aprendizaje de los procesos químicos. *Educación Química*, 300 - 308.
- Furtak, E. M., Seidel, T., & Heidy, I. (2012). Experimental and Quasi-Experimental Studies of Inquiry-Based Science Teaching: A Meta-Analysis. *Review of Educational Research*, 300-329.

- García García, J. J. (2003). *DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS. Resolución de problemas y desarrollo de la creatividad*. Bogotá: MAGISTERIO.
- García, S., Insauste, M. J., & Merino, M. (2003). Evaluación de los trabajos prácticos mediante diagramas V. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 45-57.
- Garriz Ruiz, A., & Irazoque Palazuelos, G. (2004). El trabajo práctico integrado con la resolución de problemas y el aprendizaje conceptual en la química de polímeros. *Alambique Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 40-51.
- Gil Pérez, D. (1983). Tres Paradigmas Básicos en la Enseñanza de las Ciencias. *ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS*, 26-33.
- Gil Pérez, D., & Vilches Pérez, A. (2001). UNA ALFABETIZACIÓN CIENTÍFICA PARA EL SIGLO XXI OBSTÁCULOS Y PROPUESTAS DE ACTUACIÓN. *Investigación en la escuela*, 27 -37.
- Gil Pérez, D., Furio Más, C., Valdés, P., Salinas, J., Martínez-Torregosa, J., Guisasola, J., . . . Pessoa, A. M. (1999). ¿Tiene sentido seguir distinguiendo entre aprendizaje de conceptos, resolución de problemas de papel lápiz y realización de prácticas de laboratorio. *Enseñanza de la Ciencias*, 311-320.
- González Rodríguez, L., & Crujeiras Pérez, B. (2016). Aprendizaje de las reacciones químicas a través de actividades de indagación en el laboratorio sobre cuestiones de la vida cotidiana. *ENSEÑANZAS DE LAS CIENCIAS*, 143 - 160.
- Guix Oliver, J. (2008). El análisis de contenidos: ¿qué nos están diciendo? *Calidad Asistencial*, 26 - 30.
- Hernández Sampieri, R., & Fernández Cogollo, C. (2010). *Metodología de la investigación*. México: Mc Graw Hill.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, M. d. (2014). *Metodología de la investigación*. México: Mc Graw Hill.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (1997). *Metodología de la Investigación*. México: Mc Graw Hill.
- Hernández, C. A. (2005). *¿Qué son las competencias científicas?* Bogotá: Trabajo presentado en el Foro Educativo Nacional.
- Hodson, D. (1994). HACIA UN ENFOQUE MÁS CRÍTICO DEL TRABAJO DE LABORATORIO. *ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS*, 299-313.
- Hofstein, A., & Luneta, V. N. (25 de Enero de 2003). *The Laboratory in Science Education: Foundations for the Twenty - First Century*. Obtenido de Wiley Online Library: www.interscience.wiley.com
- lafrancesco, G. (2012). *Aprendizaje Autónomo y cognición*. Bogotá: FINEF.
- Jiménez Aleixandre, M. P. (2012). Las Prácticas Científicas en la Investigación y en la clase de Ciencias. *XXV ENCUENTRO DE DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS EXPERIMENTALES*, (págs. 9 - 14). Santiago de Compostela.

- Krippendorff, K. (1999). *Metodología de análisis de contenido. Teoría y práctica*. Obtenido de <https://es.scribd.com/doc/238787673/Klaus-Krippendorff-Metodologia-de-Analisis-de-Contenido>
- Kuhn, T. S. (1971). *LA ESTRUCTURA DE LAS REVOLUCIONES CIENTÍFICAS*. México: FONDO DE CULTURA ECONÓMICA.
- Lederman, N. G., Abd-El-Khalick, F., Bell, R. L., & Schwartz, R. S. (2002). Views of Nature of Science Questionnaire: Toward Valid and Meaningful Assessment of Learners' Conceptions of Nature of Science. *JOURNAL OF RESEARCH IN SCIENCE TEACHING*, 497-521.
- Lederman, N., Lederman, J., & Antink, A. (2013). Nature of science and scientific inquiry as contexts for the learning of science and achievement of scientific literacy. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology*, 138-147.
- Liguori, L., & Noste, M. I. (2013). *Didáctica de las ciencias naturales: enseñar ciencias naturales: enseñar a enseñar ciencias naturales*. Obtenido de ProQuest EbookCentral: <https://ezproxyucor.unicordoba.edu.co:2214/lib/unicordobasp/detail.action?docID=3212619&query=did%C3%A1ctica+de+las+ciencias>
- López Rua, A. M., & Tamayo Alzate, Ó. E. (2012). LAS PRÁCTICAS DE LABORATORIO EN LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS NATURALES. *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos*, 145 - 166.
- Martin Hasen, L. (2002). Defining Inquiry. *The Science Teacher*, 34-37.
- Martínez González, R.-A. (2007). *La investigación en la práctica educativa: guía metodológica de investigación para el diagnóstico y evaluación en los centros docentes*. Madrid: Ministerio de Educación y Ciencia.
- Martínez, R., Arrieta, X., & Ramón, M. (2012). Desarrollo cognitivo conceptual y características de aprendizaje de estudiantes universitarios. *Omnia*, 35 - 48.
- Martínez-Chico, M. L., López-Gay, Lucio-Villegas, R., & Jiménez Liso, M. R. (2014). ¿Es posible diseñar un programa formativo para enseñar ciencias por Indagación basada en Modelos en la formación inicial de. *DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS EXPERIMENTALES Y SOCIALES*, 153 - 173.
- Mayring. (Junio de 2000). *Qualitative Content Analysis*. Obtenido de <http://qualitative-research.net/fqs/fqs-e/2-00inhalt-e.htm>
- Mejía Padilla, M. F. (2014). *Implementación de actividades experimentales usando materiales de fácil obtención como estrategia didáctica en la enseñanza aprendizaje de la química en la básica secundaria*. Doctoral dissertation, Universidad Nacional de Colombia - Sede Palmira.
- Meléndez Alméndarez, L. (2012). *Validación de estrategias para aprendizaje significativo en la unidad V: Reacciones química y balanceo en el primer año de Educación Magisterial*. Tegucigalpa: Doctoral dissertation.
- Millar, R. (octubre de 2004). *The rol of practical work in the teaching and learning of science*. Obtenido de National Academies:

- http://sites.nationalacademies.org/cs/groups/dbassesite/documents/webpage/dbasse_073330.pdf
- Ministerio de Educación Nacional. (2002). *MINEDUCACIÓN*. Obtenido de WWW.mineducacion.gov.co
- Moreno, F. (2009). *Teoría de la instrucción vs. teoría del aprendizaje significativo: contraste entre J. Bruner y D. Obtenido de ProQuest Ebook Central:*
<http://ebookcentral.proquest.com/lib/unicordobasp/detail.action?docID=3182491>.
- Muñoz, J., & Charro, H. (2017). Los ítems PISA como herramienta para el docente en la identificación de los conocimientos y habilidades científicas. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 317 - 338.
- Napal Fraile, M., Echeverría Morral, J., Zulet González, A., Santos Cervera, L., & Ibarra Murillo, J. (2018). Estrategias del alumnado de Educación Secundaria para estimar la densidad. *ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS*, 61 - 78.
- National Science Education Standards. (1996). *The National Academies of Sciences Engineering Medicine*. Obtenido de <https://www.nap.edu/catalog/4962/national-science-education-standards>
- Palacios-Díaz, R., & Criado, A. M. (2017). Lo que no dicen los libros españoles de texto de educación secundaria obligatoria sobre la masa, el volumen y la densidad. *ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS*, 51 - 70.
- Palmero, M. L. (2010). *La Teoría del Aprendizaje Significativo en la perspectiva de la Psicología Cognitiva*. Obtenido de ProQuest Ebook Central:
<http://ebookcentral.proquest.com/lib/unicordobasp/detail.action?docID=3214568>.
- Pérez Ariza, K., & Hernández Sanchez, J. E. (2014). Aprendizaje y comprensión. Una mirada desde las humanidades. *Humanidades Médicas*, 699 - 709.
- Piaget, J. (2010). *Clases a Toda Hora*. Obtenido de
<http://www.clasesatodahora.com.ar/examenes/uba/cbc/psicologia/psico2010respsicogenetica.pdf>
- Pozo Muncio, J. I. (2001). *Aprendices y Maestros: la nueva cultura del aprendizaje*. Madrid: Alianza.
- Pozo, J. I., & Gómez Crespo, M. Á. (1998). *Aprender y enseñar ciencias. Del conocimiento cotidiano al conocimiento científico*. Madrid: EDICIONES MORATA, S.L.
- Ramos Serpa, G., & López Falcón, A. (2015). La formación de conceptos: una comparación entre los enfoques cognitivista y histórico-cultural. *Educação e Pesquisa*, 615 - 627.
- Ramos, O. (2009). La V de Gowin en el Laboratorio de Química: Una experiencia Didáctica en la educación Secundaria. *Investigación y Posgrado*, 161-187.
- Raviolo, A., Moscato, M., & Schnersch, A. (2005). Enseñanza del concepto de densidad a través de un modelo analógico. *Revista de la Enseñanza de la Física*, 93-103.

- Reyes-Cárdenas, F., & Padilla, K. (2012). La indagación y la enseñanza de las ciencias. *EDUCACIÓN QUÍMICA*, 415 - 421.
- Rivero, A., E., S., & Porlán, R. (2017). Cambio del conocimiento sobre la enseñanza de las ciencias de futuros maestros. *ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS*, 29 - 52.
- Romero-Ariza, M. (2017). El aprendizaje por indagación: ¿Existen suficientes evidencias sobre sus beneficios en la enseñanza de las ciencias? *Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 286-299.
- Ruiz Bolívar, C. (2008). CONFIABILIDAD. *Programa Interinstitucional Doctorado en Educación*, 1-14.
- Ruiz Ortega, F. J. (2007). Modelos Didácticos para la Enseñanza de las Ciencias. *revista latinoamericana de estudios (Manizales)*, 41-60.
- Sampieri, H., Roberto, Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la investigación*. México: Mc Graw Hill.
- Sánchez Gómez, M. C. (2015). La dicotomía cualitativo-cuantitativo: posibilidades de integración y diseños mixtos. *Campo Abierto*, 11 - 30.
- Schreier, M. (2012). *Qualitative Data Analysis*. Londres: Sage.
- Schwartz, R., Lederman, N., & Crawford, B. (12 de Mayo de 2014). *Wiley InterScience*. Obtenido de [www.interscience.wiley.com](http://onlinelibrary.wiley.com/): <http://onlinelibrary.wiley.com/>
- Sirhan, G. (2007). Learning Difficulties in Chemistry: An Overview. *TURKISH SCIENCE EDUCATION*, 2 -20.
- Sweller, J., & Clark, R. (2006). Why Minimal Guidance During Instruction Does Not Work: An Analysis of the Failure of Constructivist, Discovery, Problem-Based, Experiential, and Inquiry-Based Teaching. *EDUCATIONAL PSYCHOLOGIST*, 75-86.
- Tafa, B. (2014). The Types and Inquiry Level of Chemistry Laboratory Courses in Ethiopia Higher Education Institutes: The Case of Practical Organic Chemistry I. *World Journal of Chemical Education*, 48-53.
- Torres Mesías, Á. (2012). EL DESARROLLO DE COMPETENCIAS CIENTÍFICAS MEDIANTE EL USO DE ESTRATEGIAS DIDÁCTICAS BASADAS EN LA INDAGACIÓN. *EDUCyT*, 135 - 153.
- Vargas-Quintero, M. V. (2005). HERRAMIENTAS DE LA PEDAGOGÍA CONCEPTUAL EN EL APRENDIZAJE DE LA BIOLOGÍA. *Universitas Scientiarum*, 45-53.
- Vásquez Alonso, Á., Manassero Mas, M. A., Acevedo Díaz, J. A., & Acevedo Romero, P. (2007). Consensos sobre la naturaleza de la Ciencia: la comunidad tecnocientífica. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 331-367.
- Vásquez Alonso, Á., Manassero Mas, M. A., Bennássar Roig, A., & Moralejo, R. O. (2012). Fundamentos de un proyecto para enseñar contenidos. *VII seminario Ibérico/III Seminario Iberoamericano CTS en la enseñanza de la Ciencia "Ciencia Tecnología y Sociedad en el futuro de la enseñanza de las ciencias"*. Islas Baleares, España: aacid.

Vázquez Alonso, Á., Acevedo Díaz, J. A., & Manassero Mas, M. A. (2004). CONSENSOS SOBRE LA NATURALEZA DE LA CIENCIA: EVIDENCIAS E IMPLICACIONES PARA SU ENSEÑANZA. *Revista Iberoamericana de Educación*, 1-37.

Windschitl, M., Thompson, J., & Braatten, M. (4 de Enero de 2007). *Wiley Online Library*. Obtenido de www.interscience.wiley.com

Woodley, E. (2009). Practical work in school science – why is it important? *School Science Review*, 49 - 51.

Anexo A. Guía de laboratorio: densidad como propiedad intensiva de la materia

INSTITUCIÓN EDUCATIVA LA YE GUÍA DE LABORATORIO PROPIEDADES DE LA MATERIA: LA DENSIDAD

INTRODUCCIÓN

Un poco de historia...

En el siglo III a.C., el rey Hierón II gobernaba Siracusa. Siendo un rey ostentoso, pidió a un orfebre que le crease una hermosa corona de oro, para lo que le dio un lingote de oro puro. Una vez el orfebre hubo terminado, le entregó al rey su deseada corona. Entonces las dudas comenzaron a asaltarle. La corona pesaba lo mismo que un lingote de oro, pero ¿y si el orfebre había sustituido parte del oro de la corona por plata para engañarle?

Ante la duda, el rey Hierón hizo llamar a Arquímedes, que vivía en aquel entonces en Siracusa. Arquímedes era uno de los más famosos sabios y matemáticos de la época, así que Herón creyó que sería la persona adecuada para abordar su problema. Arquímedes gritó ¡Eureka! una vez había encontrado la solución al problema.

¿Crees que la densidad es una propiedad de la materia con la que Arquímedes pudo probar si la corona era de oro puro? ¿De qué forma?



EL PROBLEMA

Adrián se encontraba en el acostumbrado descanso de la jornada escolar, cuando escuchó un grupo de estudiantes que discutía sobre el siguiente cuestionamiento ¿Quién tiene mayor masa, un kilogramo de hierro o un kilogramo de algodón? Algunos respondieron apresuradamente, un kilo de hierro, seguidamente y con tono de confianza otros afirmaron que el algodón, al parecer, no porque tuvieran clara la razón, sino más bien, porque creyeron que la respuesta no era “tan obvia”. El compañero que lanzó la pregunta sonreía mientras daba la respuesta “ambos tienen la misma masa, es un kilogramo de cada material”. La discusión de mis compañeros de escuela me llevó a manifestarle a mi maestro de química la situación, y preguntarle acerca de cuál es la explicación científica que respondiera a la percepción de pesado y ligero que tenemos de los distintos materiales. El profe me respondió emocionado, ¡La clave está en la densidad!, no es el peso, no es la masa ni el volumen, aunque guarden relación con ello. Llevemos el interrogante a la clase de química y compartámoslo con tus compañeros y compañeras, e indagemos sobre

esta propiedad tan interesante de la materia. Usemos otra pregunta y otros materiales ¿Habrá la misma masa de agua, glicerina y gasolina en los mismos volúmenes de cada sustancia?  Cu ntos gramos de cada sustancia hay en un volumen de 1 ml?  A qué propiedad microscópica de la materia se les puede atribuir el hecho de que exista una masa constante (o de partículas) en un volumen de referencia (1 mL, 1 L   1 m³) para cada sustancia y/o material a una determinada temperatura?



ELABOREMOS LA HIPÓTESIS

Elabora tu hipótesis proponiendo las causas y prediciendo los resultados que esperas encontrar usando el sentido común y los conocimientos que tengas de la experiencia. Recuerden usar el modelo para la construcción de la hipótesis la estructura “*Si pensamos que...entonces si...observaremos que...*”

Marco teórico

La materia es todo lo que tiene masa y ocupa un lugar. La materia es cualquier cosa que podemos ver y tocar (como tierra, agua y árboles) o no como (el aire). La gran diversidad de sustancias y materiales que componen a los seres vivos e inertes corresponden tan sólo a la combinación y arreglo de unos pocos átomos de igual o diferentes elementos. Dichos arreglos o disposiciones definidas de átomos se conocen como **moléculas**; aunque en muy pocos casos, existen sustancias presentes en forma monoatómica. Se cuenta con aproximadamente 115 elementos en la naturaleza con tamaños y masas diferentes; por ejemplo, el hidrógeno (H₂), el agua (H₂O) y amoniac (NH₃), siendo la primera **elemental** puesto que está constituida sólo por átomos de hidrógeno, mientras que las dos restantes son **compuestas** por estar formadas por dos átomos diferentes. Sin embargo, en la naturaleza las sustancias se encuentran mezcladas con otras; casi ninguna en forma pura.

Las sustancias se caracterizan por sus propiedades y por su composición. El color, el olor, la temperatura de fusión y la temperatura de ebullición y la densidad son propiedades físicas. Las propiedades físicas se pueden medir y observar sin que cambien la composición o la identidad de la sustancia. Por ejemplo, se puede determinar la temperatura de ebullición del agua si la calentamos y registramos con un termómetro la temperatura a la cual hierve, aunque éste pase al estado gaseoso, sigue siendo agua, además, el vapor de agua se puede reconvertir en agua líquida mediante un enfriamiento en una operación conocida como condensación. En conclusión, cada sustancia o material tienen propiedades características, y por ende, se les aprovecha de diferente forma en la medicina, la industria, el comercio entre otros campos de aplicación.

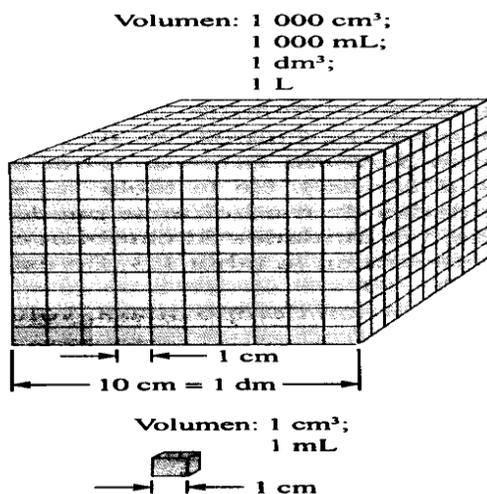


Figura 1. Comparación de volúmenes 1 mL y 1000 mL. Química Chang, sexta edición (p. 16)

El hidrógeno por ejemplo, es un gas a temperatura ambiente, el cual arde fácilmente al exponerse a una pequeña chispa. El amoníaco también es un gas; se usa como refrigerante en la industria y el cual encontramos disuelto en la orina como desecho metabólico de las proteínas; finalmente el agua es un líquido a temperaturas ambiente y de la cual estamos muy familiarizados. Se evaporan y congelan a temperaturas diferentes, difieren en color, olor, viscosidad, densidad entre otras propiedades. Dado que el reto es la compresión de la densidad como propiedad de la materia, pasamos a examinar las propiedades o magnitudes que guardan relación con ella.

Por una parte **la masa**, un concepto que ha sufrido variaciones a través del tiempo, la cual es abordada desde de varios puntos de vista, sin embargo, para el problema que nos compete, la asumiremos como la cantidad de materia contenida en un cuerpo o material. Con objeto de medir la masa se utiliza **la balanza**, un instrumento que compara una masa conocida o de referencia (masa patrón) con la masa que se desea determinar. De esta forma, para medir un kilogramo de una sustancia cualquiera en una balanza de patillos, habría que colocar en uno de los platos, un cuerpo de exactamente un kilogramo de masa, y luego, adicionar la sustancia hasta lograr equilibrar los brazos del instrumento. La unidad patrón de la masa es el kilogramo. Actualmente representa la masa contenida en un cilindro de tan sólo 3,6 cm de diámetro y 3,6 cm de altura constituido en un 90% de Platino y un 10 % de Iridio con una densidad aproximada de 25.800 Kg/m³.

Para asumir la masa como cantidad de materia, no podemos olvidar por completo su composición, por tanto, su naturaleza corpuscular, lo que nos conduce a la clase de átomos, iones o moléculas de la cual están constituidos los materiales; aunque es preciso advertir que para la medición de la masa en una balanza poco o nada interesa saber de qué átomos o moléculas...está compuesto el material. Sin embargo, la medición de la masa de una sustancia depende de la cantidad de materia que se considere, por ende, de la cantidad de partículas contenidas en la sustancia y/o material. Esto hace que la masa sea una propiedad aditiva, es decir, a mayor cantidad de la sustancia, mayor será la masa. Este tipo de propiedades son conocidas como **extensivas**.

Por otra parte, **el volumen** representa el espacio ocupado por un cuerpo, cantidad de sustancia o material. La unidad patrón del volumen en el S.I. es el metro cúbico (m³), y es el espacio ocupado por un cubo que tiene sus lados de 1 metro. Otras unidades de volumen muy comunes

son el litro (L) y el mililitro (mL), definidas como el espacio ocupado por un cubo que tiene aristas de 1 decímetro (dm) y de un centímetro (cm) respectivamente. Al igual que la masa, el volumen también es una propiedad **extensiva**, ya que a mayor cantidad de materia, mayor será el volumen o espacio ocupado y viceversa.

En cuanto a las unidades se encuentran establecidas las siguientes equivalencias:

$$\begin{array}{l} 1 \text{ L} = 1 \text{ dm}^3 \quad \text{y} \quad 1 \text{ mL} = 1 \text{ cm}^3 \\ 1 \text{ L} = 1000 \text{ mL} \quad \text{ó} \quad 1 \text{ L} = 1000 \text{ mL} \end{array}$$

Una vez analizado **la masa** y **el volumen** dentro de las dos propiedades relacionadas con **la densidad**, seguimos con la elaboración de este concepto tan importante dentro de las propiedades de la materia. La densidad es una propiedad específica de la materia, ya que cada sustancia tiene una densidad característica con la cual podemos tener indicios certeros que nos conducen a identificar una sustancia, en algunos casos, determinar el grado de pureza, si de antemano conocemos la naturaleza de la sustancia. A diferencia de la masa y el volumen, la densidad es una propiedad **intensiva**.

Para encontrar la relación entre **la masa** y **el volumen** o viceversa, no está demás examinar las fuerzas de atracción intermolecular. Las moléculas que experimentan grandes fuerzas de atracción se encuentran muy unidas unas con otras, en caso contrario, las moléculas de sustancias que tienen fuerzas de interacción débiles se encuentran distantes unas de otras.

*En este sentido, un número limitado de moléculas de una sustancia o de una mezcla ocupan un determinado volumen a una temperatura específica. La distancia promedio entre una molécula y otra depende de estas fuerzas, por tanto, **limita el número de moléculas que se pueden albergar en un volumen fijo o de referencia** (un centímetro cúbico por ejemplo). La temperatura es un factor que influye en la densidad en cualquiera de los estados de la materia, mientras que la presión influye en la densidad de las sustancias gaseosas; básicamente porque sólo este estado se deja comprimir. De la temperatura depende la energía cinética de las partículas que conforman el material, por ende, de su movimiento, en consecuencia, define la distancia promedio o de separación entre cada una de las partículas. En definitiva, la temperatura es un factor determinante en la densidad de las sustancias, sin embargo, no será tomada en cuenta para este estudio.*

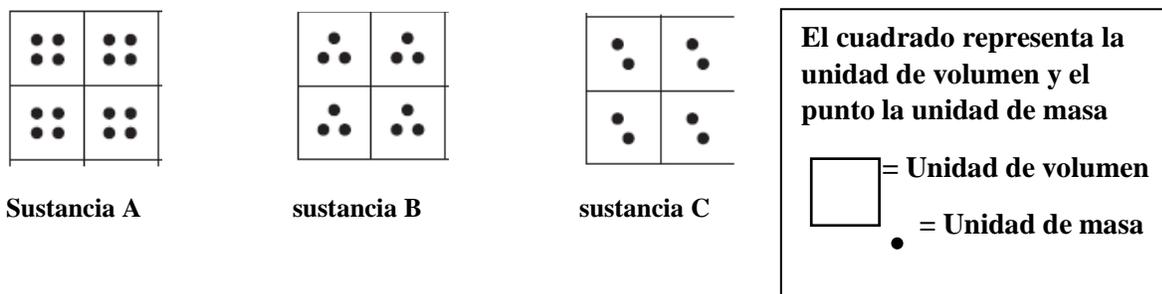


Figura N° 1. Número de partículas presentes en un volumen de referencia para las sustancias A, B y C.

Fuente: Adaptado del modelo analógico de cuadros y puntos (MCP). (Raviolo et al., 2005)

En la **figura N° 1** se nota que la sustancia A tiene una mayor cantidad de partículas en el volumen considerado (cuatro puntos por cuadrado), y que la sustancia C tiene la menor cantidad de partículas en el mismo volumen (dos puntos por cuadrado).



Escriban los conceptos o palabras clave encontrados en el marco teórico en la zona izquierda del diagrama V.



ELABOREMOS LA HIPÓTESIS

Elaboren la hipótesis proponiendo las causas y prediciendo los resultados esperados, esta vez con base en la teoría expuesta en la guía y formulen en común acuerdo una posible explicación de lo predicho. Recuerden usar el modelo para la construcción de la hipótesis la estructura “*Si pensamos que...entonces si...observaremos que...*”



Escriban su hipótesis en la zona derecha de la V heurística.

DISEÑEMOS EL EXPERIMENTO



Diseñen un experimento sencillo en el que compruebes la hipótesis planteada, usa los instrumentos de medida pertinentes. Para ello te damos las siguientes pistas y recomendaciones.

a) ¿Qué instrumento usarán para medir la masa de las sustancias?

- b) ¿Qué instrumento emplearán para medir el volumen fijado para los líquidos? ¿Cuál te proporciona mayor exactitud en la medida?
- c) Ten en cuenta que vas a determinar la masa de sustancias en estado líquido, por lo tanto debes emplear un recipiente que los contenga con el volumen convenido al momento de “pesar”.
- d) Haz una lista de los materiales y de las sustancias que necesitas para llevar a cabo el experimento.
- e) Escribe lo más claro y detallado posible los pasos que seguirán en la realización de la experiencia.



Escriban el procedimiento diseñado en la zona **derecha** del diagrama V.



REGISTREN SUS DATOS

Tabla 1. Registro de los datos del experimento diseñado

Volumen seleccionado =	
Sustancia	Masa en gramos (g)
Agua	
Glicerina	
Gasolina	



¿Qué operación matemática debes emplear para determinar la masa contenida en 1 mL de cada sustancia?

Determinala!



Registren sus datos en la zona **derecha** del diagrama V.



GRAFIQUEMOS

Grafiquen en una hoja milimetrada o en Excel, **las sustancia vs masa** a volumen fijo (volumen escogido para el experimento)

¿Cuál es la variable independiente (V.D.) y la variable dependiente (V.I.) en el experimento realizado? Justifiquen la determinación.

¿Cuál de las sustancias tiene mayor masa en el mismo volumen? _____

Masa de agua en un volumen de 1 mL = _____

Masa de glicerina en un volumen de 1 mL = _____

Masa de etanol en un volumen de 1 mL = _____

La unidad de medida con la que fue determinada la densidad es

Ayuda! Tengan en cuenta las magnitudes y las unidades de medida utilizadas y la operación matemática empleada.

En el siguiente experimento buscaremos averiguar por qué la densidad es una propiedad **intensiva** de la materia.

Realiza el experimento anterior utilizando **solo agua** con diferentes cantidades (volúmenes por facilidad procedimental). Determinen la masa de cada uno de los volúmenes de la tabla:

Tabla 2. Registro de datos experimento: propiedad intensiva de la materia

Volumen (mL)	Masa en gramos (g)	Masa contenida en 1mL

Una densidad es una propiedad intensiva porque

CONCEPTUALIZACIÓN

Propongan un concepto para *la densidad*, propiedad de la materia estudiada teniendo como base las observaciones hechas y los resultados obtenidos en la práctica. Complementa el concepto indicando por qué la densidad es una propiedad intensiva.



Escriba el concepto de invención propia en la zona **derecha** del diagrama V.



ANÁLISIS DE DATOS Y CONCLUSIONES

¿Por qué las sustancias tienen diferente masa en el mismo volumen? ¿A qué propiedad de la materia responde este fenómeno? ¿En qué unidades de medida se determina la propiedad en estudio? ¿Por qué esta propiedad de la materia es intensiva? ¿Qué influencia tiene la temperatura en esta propiedad? Compara los datos obtenidos en el laboratorio con los reportados en la literatura a la temperatura de trabajo. Pueden escribir las distintas opiniones de los integrantes del grupo y llegar a una conclusión final. Escriban sus conclusiones con base en los datos obtenidos en el laboratorio y en la teoría obtenida de las fuentes bibliográficas del marco teórico, las sugeridas por el profesor y cualquier otra que consideren pertinente.



Escriban sus conclusiones en la zona derecha del diagrama uve

Anexo B. Test aplicado antes y después de la intervención en los grupos de control y experimental.

INSTITUCIÓN EDUCATIVA LA YE

PROPIEDADES DE LA MATERIA: LA DENSIDAD

PRETEST

1. Las propiedades de la materia son atributos o características que se pueden medir y que nos sirven para cuantificar, identificar sustancias y materiales, e incluso predecir su comportamiento dadas ciertas condiciones. La determinación de las propiedades extensivas depende de la cantidad de sustancia considerada; mientras que las intensivas no cambian con la cantidad de sustancia usada para medirlas, además, son específicas para cada una de ellas. Por ejemplo, la densidad es una propiedad de la materia que se caracteriza por ser:

A. extensiva porque su valor depende de la cantidad de materia empleada para la medición.

B. intensiva porque no cambia con la cantidad de materia usada para la medición.

C. extensiva porque no es específica de cada sustancia.

D. intensiva porque es la misma para todas las sustancias.

2. Si usamos 5 y 10 gramos de agua de la misma fuente (de la misma calidad, temperatura y características) para determinar su densidad. En cuanto a la medida, se obtendrá:

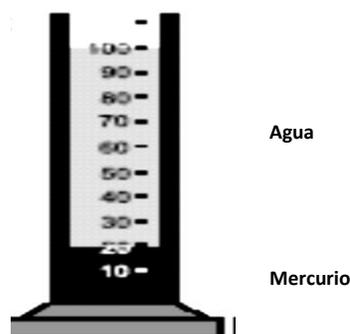
A. Los mismos valores de densidad para cada muestra.

B. Valores diferentes en cada una de las muestras.

C. Con los 10 gramos obtendremos el doble de la densidad que con la muestra de 5 gramos.

D. con los 10 gramos obtendremos la mitad de la densidad que con la muestra de 5 gramos.

La siguiente figura muestra una probeta con agua y mercurio en su interior, con un volumen total de mezcla de 100 cm³.



3. Si la masa de mercurio contenida en la probeta es de 272 gramos, y sabiendo que $d = \frac{m}{v}$, entonces su densidad es

A. 20 g/cm³

B. 273 g/cm³

C. 10,5 g/cm³

D. 13,6 g/cm³

4. Juan es un ciclista que desea comprar una bicicleta lo más liviana posible, sin cambiar el tamaño (o volumen) del diseño de su antiguo vehículo, para que de esta forma, sea lo más veloz posible. En el comercio existen bicicletas de hierro y de aluminio. Para elegir la bicicleta con las condiciones exigidas, el deportista debe conocer

- A. La densidad de los metales
- B. El peso de los metales
- C. La dureza de los metales
- D. La maleabilidad de los metales

Contesta las preguntas 5 y 6 con base en la siguiente información.

Una masa de 215 gramos de platino ocupa un volumen de 10 cm^3 . Teniendo en cuenta que la fórmula matemática de la densidad es $d = \frac{m}{v}$, responde:

5. La densidad del platino es
- A. $21,5 \text{ g/cm}^3$
 - B. $13,6 \text{ g/cm}^3$
 - C. $2,15 \text{ g/cm}^3$
 - D. $8,6 \text{ g/cm}^3$
6. Si esta vez se tiene 430 gramos de platino, el volumen ocupado por este metal y su correspondiente densidad será de
- A. 15 cm^3 y $2,15 \text{ g/cm}^3$
 - B. 10 cm^3 y $21,5 \text{ g/cm}^3$
 - C. 20 cm^3 y $21,5 \text{ g/cm}^3$
 - D. 5 cm^3 y $19,6 \text{ g/cm}^3$

7. Un orfebre cuenta con una masa de 40 Kg de aluminio y 40 Kg de cobre. La densidad del aluminio es de 2.7 g/mL , y la del cobre es de 8.9 g/mL . Se le ha encomendado elaborar monedas de cada metal **con igual volumen**, es decir, de igual diámetro y espesor. Dadas las condiciones se puede deducir que

- A. se obtiene igual número de monedas de cada metal, porque se dispone de la misma masa de cada uno de los materiales
- B. se obtienen más monedas de cobre, porque su masa ocupa un volumen mayor

- C. se obtienen más monedas de aluminio, porque su masa ocupa un volumen mayor
- D. se obtiene igual número de monedas de cada metal, porque se dispone del mismo volumen de cada uno de los materiales

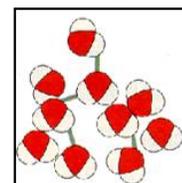
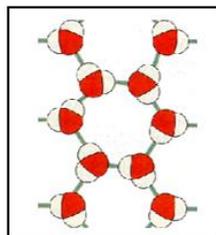
La siguiente tabla muestra la densidad para diferentes sustancias en estado líquido.

Sustancia	Densidad (g/ml)
M	1,00
P	0,70
Q	0,87
R	0,50

8. Si llenamos 4 recipientes de igual volumen con las sustancias indicadas en la tabla. El recipiente que contendría la mayor cantidad en gramos, es el que se llena con la sustancia

- A. M
- B. P
- C. Q
- D. R

9. El agua es quizás una de las sustancias más importantes para la vida, sus moléculas están compuestas por dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno (H_2O). Estas moléculas se atraen unas con otras por unas fuerzas especiales llamadas puentes de hidrógeno. La organización de las moléculas de agua depende en gran medida de la temperatura a la cual se encuentre; tal disposición y ordenamiento también hace que cambie su densidad. La siguiente figura muestra la disposición u ordenamiento de **la misma masa o de moléculas de agua** a temperatura ambiente (líquida), y a la temperatura de congelación (hielo).



Agua a temperatura de congelación

Agua a temperatura ambiente

Teniendo en cuenta el espacio ocupado por las moléculas de agua a cada temperatura (volumen representado por los recuadros), y además que el número de ellas es el mismo (10 moléculas de agua en cada caso). Podemos deducir que

- A. El agua es menos densa cuando se encuentra a la temperatura ambiente
- B. El volumen ocupado por las moléculas de agua no influye en la densidad
- C. El agua es menos densa cuando se encuentra a la temperatura de congelación
- D. El agua tiene la misma densidad en ambas temperaturas.

10. Se requiere determinar la densidad de un líquido y se dispone los siguientes materiales.

- I. picnómetro
- II. balanza
- III. espátula

Para el objetivo propuesto es necesario emplear:

- A. solo I
- B. I y II
- C. I, II y III
- D. II y III

11. La siguiente tabla muestra los valores de densidad de tres sustancias.

Sustancia	Densidad g/mL a (25°C)
Tolueno	0.87
Ácido acrílico	1.06
Agua	0.99

En cuatro recipientes se colocan volúmenes diferentes de cada líquido como se muestra en el dibujo:



De acuerdo con lo ilustrado es correcto afirmar que:

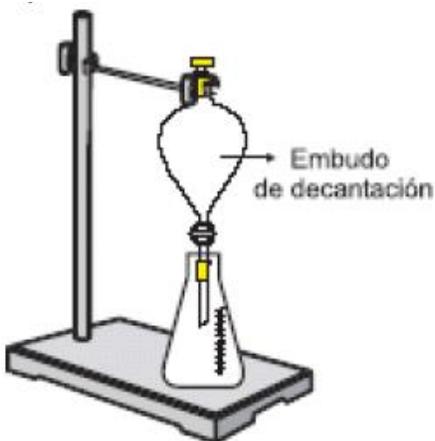
- A. el recipiente IV es el que contiene menor masa.
- B. el recipiente III contiene mayor masa que el recipiente I.
- C. el recipiente III es el que contiene mayor masa.
- D. los recipientes II y IV contienen igual masa.

Responda las preguntas de la 12 a la 14 con base en la siguiente información.

Se vierten en el embudo de decantación 4 ml de Tolueno, 3 ml de Formamida, 2 ml de Diclorometano y 1 ml de Cloroformo. Las densidades de estos líquidos se muestran en la siguiente tabla:

Líquido	Densidad
Cloroformo	1,486
Diclorometano	1,325
Formamida	1,134
Tolueno	0,867

12. Si consideramos que son líquidos inmiscibles (no se disuelven entre sí) luego de un tiempo de reposo, al abrir la llave del embudo se obtiene primero



- A. tolueno B. formamida
C. diclorometano D. cloroformo

13. El último líquido en salir del embudo es:

- A. tolueno B. formamida
C. diclorometano D. cloroformo

14. La **masa** de diclorometano contenida en el embudo es:

- A. 2,650 g B. 1,325 g
C. 1,325 mL D. 2,650 mL

15. A continuación se muestra algunas deducciones que surgieron en clase de química de noveno grado, acerca los factores que podrían influir en la magnitud de la densidad de una sustancia.

- I.** la fuerza de atracción entre sus moléculas y, por tanto, la separación entre ellas
II. la cantidad de materia que se tome para hacer la medición
III. la temperatura a la cual se encuentre

De las afirmaciones hechas por los estudiantes se puede decir que:

- A. sólo la I es cierta

B. la I y la II son ciertas

C. sólo la III es cierta

D. la I y la III son ciertas

16. Se toma una sustancia líquida **W** y se vierte hasta completar el volumen de tres recipientes de 50 mL, 100 mL y 200 mL. En cuanto a la densidad de la sustancia es correcto afirmar que:

A. es igual en cada uno de los recipientes, porque la densidad no depende de la cantidad de materia.

B. es mayor en el recipiente de 200 mL, porque hay mayor cantidad del líquido W

C. es menor en el recipiente de 50 mL, porque hay menor cantidad del líquido W

D. es diferente en cada recipiente, porque las masas contenidas en cada uno ellos son diferentes.

Contesta las preguntas de la 17 a la 20 teniendo en cuenta la información de la tabla.

Una industria metalúrgica se dedica a la fabricación de lingotes en forma cilíndrica de cada uno de los metales mostrados en la tabla en presentaciones de 2,5 Kg.

Metal	Densidad (g/cm ³)
Oro	19,3
Hierro	7,9
Aluminio	2,7
Cobre	9,0

17. Según esto, el lingote de **menor tamaño o de volumen** es el que está elaborado de

- A. aluminio B. oro
C. hierro D. cobre

18. La masa presente en 5 cm³ de cobre es de

- A. 45 g B. 4,5 g

C. 18 g

D. 24 g

19. El volumen ocupado por 15,8 g de hierro es de

A. 1 cm³

B. 3 cm³

C. 2 cm³

D. 4 cm³

20. Si los administrativos de la industria deciden producir lingotes con el doble de masa (5 Kg), esto implicaría cambios en

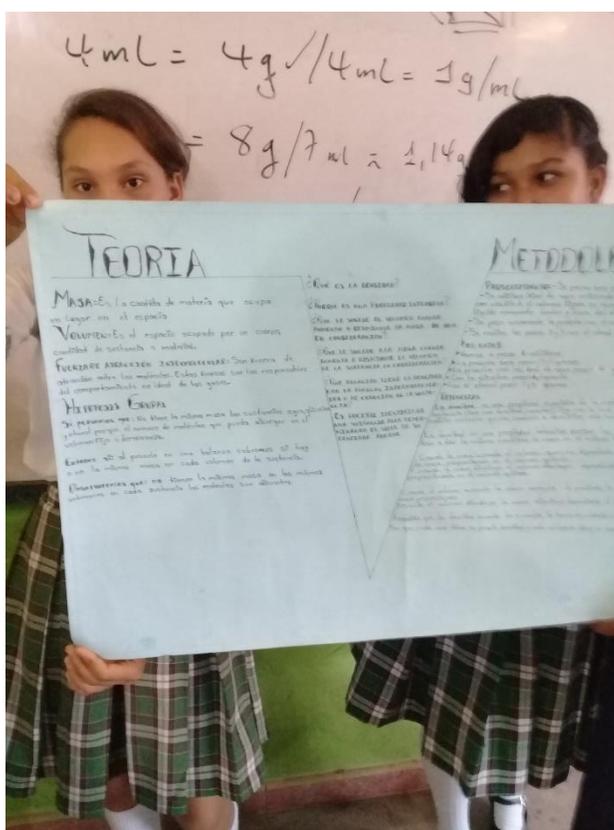
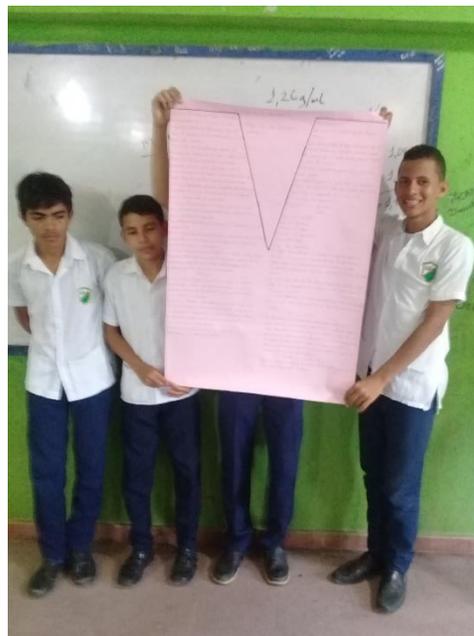
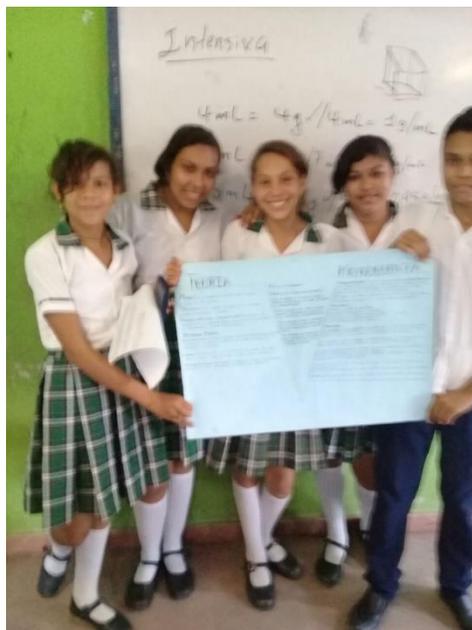
A. La densidad de los lingotes

B. El volumen de los lingotes

C. El material de fabricación

D. La forma del lingote

Anexo C. Presentación de resultados en las V de Gowin por los equipos de laboratorio - grupo experimental



Anexo D. Puntuaciones del pretest de los grupos.

Estudiantes	Puntos correctos	Calificación	Puntos correctos	Calificación
	Experimental		Control	
1	6	1,5	5	1,3
2	8	2,0	5	1,3
3	6	1,5	5	1,3
4	6	1,5	7	1,8
5	7	1,8	11	2,8
6	8	2,0	6	1,5
7	11	2,8	4	1,0
8	5	1,3	6	1,5
9	5	1,3	4	1,0
10	8	2,0	7	1,8
11	13	3,3	4	1,0
12	9	2,3	8	2,0
13	7	1,8	8	2,0
14	9	2,3	10	2,5
15	8	2,0	8	2,0
16	10	2,5	7	1,8
17	6	1,5	6	1,5
18	8	2,0	6	1,5
19	6	1,5	4	1,0
20	5	1,3	11	2,8
21	5	1,3	9	2,3
22	9	2,3	12	3,0
23	3	0,8	5	1,3

24	5	1,3	5	1,3	
25	6	1,5	4	1,0	
26	10	2,5	14	3,5	
27	5	1,3	10	2,5	
28	8	2,0	5	1,3	
29	6	1,5			
<hr/>					
Total	N	280	52,0	196	49,0
	Media	7,0	1,8	7,2	1,8
<hr/>					

Anexo E. Puntuaciones del postest de los grupos.

Estudiantes	Puntos correctos	Calificación	Puntos correctos	Calificación
	Experimental		Control	
1	12	3,0	13	3,3
2	7	1,8	6	1,5
3	11	2,8	9	2,3
4	7	1,8	8	2,0
5	9	2,3	12	3,0
6	8	2,0	3	0,8
7	10	2,5	4	1,0
8	4	1,0	10	2,5
9	7	1,8	6	1,5
10	17	4,3	7	1,8
11	15	3,8	8	2,0
12	11	2,8	4	1,0
13	10	2,5	5	1,3
14	6	1,5	8	2,0
15	11	2,8	9	2,3
16	12	3,0	14	3,5
17	11	2,8	9	2,3
18	10	2,5	5	1,3
19	14	3,5	2	0,5
20	14	3,5	12	3,0
21	14	3,5	9	2,3
22	16	4,0	15	3,8
23	5	1,3	4	1,0

24	7	1,8	3	0,8	
25	11	2,8	10	2,5	
26	14	3,5	17	4,3	
27	12	3,0	7	1,8	
28	16	4,0	10	2,5	
29	6	1,5			
<hr/>					
Total	N	307	76,8	229	57,3
	Media	10,59	2,6	8,2	2,0
<hr/>					