



DESARROLLO DE LOS NIVELES ARGUMENTATIVOS SOBRE LA DENSIDAD DE
LA MATERIA EN ESTUDIANTES DE BÁSICA SECUNDARIA.

ANGÉLICA PATRICIA CÁCERES SANDOVAL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE MANIZALES
FACULTAD DE ESTUDIOS SOCIALES EMPRESARIALES
MAESTRÍA EN ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS
MANIZALES

2018

DESARROLLO DE LOS NIVELES ARGUMENTATIVOS SOBRE LA DENSIDAD DE
LA MATERIA EN ESTUDIANTES DE BÁSICA SECUNDARIA.

ANGÉLICA PATRICIA CÁCERES SANDOVAL

Proyecto de grado para optar al título de Magister en Enseñanza de las Ciencias

Tutor

JOHN EDISON CARDONA OCAMPO

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE MANIZALES

FACULTAD DE ESTUDIOS SOCIALES EMPRESARIALES

MAESTRÍA EN ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS

MANIZALES

2018

DEDICATORIA

A mi esposo, Pablo

Mis padres, Elsa María y Rodrigo

Mis hermanos, Elsa Rocío, Giovanna, María Fernanda y Edgar Antonio

Mis sobrinos, Daniel y David

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por la fortaleza

A mi esposo, por la paciencia en el proceso

A mi familia, por su apoyo y aliento

A mis amigas, por su entusiasmo

A profesores y tutores por su guía en el proceso.

RESUMEN

Esta investigación fue realizada con el objetivo de promover el desarrollo de los niveles de argumentación sobre la densidad de la materia en estudiantes de básica secundaria de una institución educativa de la ciudad de Cartagena de Indias. Para esto, se realizó una caracterización de textos argumentativos producidos por los estudiantes analizados antes, durante y después de una intervención didáctica sobre el tema densidad de la materia. Dicha caracterización corresponde a la ubicación de los niveles argumentativos en los que se ubican los textos de los estudiantes en las diferentes fases de la investigación y los conceptos y explicaciones que incluyen en sus producciones sobre la densidad de la materia. Tras el análisis realizado se encontró que después de la intervención didáctica, los textos producidos por los estudiantes incluían elementos argumentativos que permitieron ubicarlos en niveles superiores, así mismo, con respecto al concepto de aprendizaje, los argumentos finales incluían conceptos y explicaciones relacionados con la densidad de la materia desde la ciencia disciplinar. Dicha movilización en la argumentación y construcción conceptual fue atribuida a las actividades planteadas en la intervención didáctica.

Palabras Claves: Niveles de argumentación, densidad de la materia (Tesauro Spines).

ABSTRACT

This research was carried out with the objective of promoting the development of argumentation levels, on the matter density parameter, in middle school students, of an educational institution in the city of Cartagena de Indias (Colombia). A characterization of texts created by the students subject of this research, was carried out. The texts were produced before, during, and after a didactic intervention on the topic matter density. Thus, this characterization matches the argumentative levels with the students' texts in the different phases of the investigation, as well as the concepts and explanations that they included in their productions on the matter density topic. The final texts include argumentative elements that located them at higher levels. What is more, regarding the concept of learning was improved; the final arguments included ideas and explanations related to matter density, from a disciplinary science concept. This mobilization in argumentation and conceptual construction was attributed to the activities proposed in the didactic intervention.

Keywords: Argumentation, density, didactic unit, didactic, classroom (Thesaurus Spines).

CONTENIDO

1. PRESENTACIÓN.....	13
2. ANTECEDENTES.....	14
2.1 ANTECEDENTES NACIONALES.....	14
2.2 ANTECEDENTES INTERNACIONALES.....	17
3. ÁREA PROBLEMÁTICA Y PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN.....	21
4. JUSTIFICACIÓN.....	23
5. REFERENTE TEÓRICO.....	25
5.1 ARGUMENTACIÓN.....	25
5.1.1 Argumentación desde la didáctica de las ciencias.....	25
5.1.2 Argumentación desde el enfoque cognitivo y estructural.....	26
5.2 NIVELES DE ARGUMENTACIÓN.....	30
5.3 DENSIDAD.....	31
5.3.1 Epistemología de la densidad.....	32
6. OBJETIVOS.....	34
7. METODOLOGÍA.....	35
7.1 DISEÑO Y PILOTAJE DEL INSTRUMENTO DE INDAGACIÓN DE IDEAS PREVIAS.....	38
8. RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	40
8.1 RESULTADOS DEL INSTRUMENTO DE INDAGACIÓN DE IDEAS PREVIAS	40
8.2 RESULTADOS DURANTE LA APLICACIÓN DE LA UNIDAD DIDÁCTICA ..	49

8.3 RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN FINAL.....	59
9. CONCLUSIONES	72
10. RECOMENDACIONES	73
11. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	74
12. ANEXOS.....	78

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Unidad de análisis.....	35
Tabla 2. Niveles argumentativos	36
Tabla 3. Matriz de análisis de los argumentos de los estudiantes.	36
Tabla 4. Niveles de las producciones argumentativas en el primer momento	40
Tabla 5. Producciones argumentativas de los estudiantes ante la pregunta 1 del instrumento de indagación de ideas previas.	41
Tabla 6. Producciones argumentativas de los estudiantes ante la pregunta 2 del instrumento de indagación de ideas previas.	43
Tabla 7. Producciones argumentativas de los estudiantes ante la pregunta 3 del instrumento de indagación de ideas previas.	44
Tabla 8. Producciones argumentativas de los estudiantes ante la pregunta 6 del instrumento de indagación de ideas previas.	46
Tabla 9. Producciones argumentativas de los estudiantes ante la pregunta 7 del instrumento de indagación de ideas previas.	47
Tabla 10. Niveles de las producciones argumentativas durante la intervención didáctica...	49
Tabla 11. Producciones argumentativas de los estudiantes ante la pregunta 3 del momento de aplicación de la unidad didáctica.	50
Tabla 12. Producciones argumentativas de los estudiantes ante la pregunta 4 del momento de aplicación de la unidad didáctica.	52
Tabla 13. Producciones argumentativas de los estudiantes ante la pregunta 7 del momento de aplicación de la unidad didáctica	53

Tabla 14. Producciones argumentativas de los estudiantes ante la pregunta 9 del momento de aplicación de la unidad didáctica	55
Tabla 15. Producciones argumentativas de los estudiantes ante la pregunta 11 del momento de aplicación de la unidad didáctica.	58
Tabla 16. Niveles de las producciones argumentativas en el tercer momento	60
Tabla 17. Producciones argumentativas de los estudiantes ante la pregunta 1 de la evaluación final.....	60
Tabla 18. Producciones argumentativas de los estudiantes ante la pregunta 2 de la evaluación final.....	62
Tabla 19. Producciones argumentativas de los estudiantes ante la pregunta 3 de la evaluación final.....	63
Tabla 20. Producciones argumentativas de los estudiantes ante la pregunta 4 de la evaluación final.....	66
Tabla 21. Producciones argumentativas de los estudiantes ante la pregunta 5 de la evaluación final.....	67
Tabla 22. Niveles de las producciones argumentativas en cada uno de los momentos.....	69

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Relación entre habilidades cognitivas y tipología textual.....	28
Figura 2. Esquema del modelo argumentativo de Toulmin.....	30
Figura 3. Esquema del diseño metodológico de la investigación.....	38

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Instrumentos de recolección de datos.	78
Anexo 2. Ejemplo de argumento	90

1. PRESENTACIÓN

El presente trabajo de investigación tuvo como propósito promover el desarrollo de los niveles de argumentación sobre la densidad de la materia en estudiantes de básica secundaria a través de la generación de espacios y actividades que faciliten la argumentación en clase de ciencias. Para ello se aplicó una unidad didáctica a un grupo de estudiantes que cursaban el grado noveno en la Institución Educativa El Salvador sede San José, de la ciudad de Cartagena.

Para la consecución del objetivo se realizó un diagnóstico de los niveles de argumentación usados por los estudiantes antes de la intervención didáctica. Luego, teniendo en cuenta los resultados de tal diagnóstico, se dio lugar al diseño de una unidad didáctica en la que se promovió la argumentación específica de la densidad de la materia. Este diseño e implementación de la unidad didáctica arrojó resultados que se evaluaron y de los cuales se obtuvieron algunas conclusiones.

Para la realización de esta investigación fue necesario plantear un marco referencial y un marco teórico que partieron de considerar la argumentación como categoría principal de investigación. En el marco referencial se realizó una revisión bibliográfica de algunos trabajos relacionados con este tema en el plano nacional y en el plano internacional, siendo el plano nacional lo más urgente. Por su parte, para la exposición del marco teórico relevante en esta investigación, además de considerar la argumentación como categoría principal, fue necesario establecer los niveles de argumentación como subcategorías de análisis.

El marco teórico se centra en el concepto de argumentación de Toulmin y el modelo de argumentación propuesto por este autor. De igual manera se toman los aportes de Jorba (2000) para un mejor entendimiento entre la relación argumentación y ciencias y; en cuanto a la subcategoría se encontrará en el cuerpo del trabajo, el modelo de análisis propuesto por Erduran (2004) y ajustado por Tamayo (2011).

Esta investigación responde a un estudio de tipo cualitativo – descriptivo, en cuya unidad de análisis como se expuso anteriormente, está comprendida la argumentación como categoría primaria y los niveles argumentativos como subcategoría.

2. ANTECEDENTES

Al formular la argumentación como categoría principal de esta investigación, se realiza la revisión bibliográfica de algunos trabajos relacionados con el tema, que preceden el actual trabajo y que a continuación se exponen.

2.1 ANTECEDENTES NACIONALES

Tamayo (2011) realiza una caracterización de la argumentación en niños haciendo uso de los niveles de argumentación propuestos por Erduran (2004), a través de los cuales se puede evaluar la calidad de los argumentos desde la estructura toulmiana. Durante la investigación, el autor observa el movimiento de los argumentos de los estudiantes, desde niveles bajos, los cuales no salen de un marco descriptivo de una situación, hacia niveles superiores, que contienen elementos importantes dentro de la estructura de Toulmin como el planteamiento de *aserciones* a partir de la observación de *datos* y una *justificación* que los relaciona. El autor atribuye este resultado a la intervención didáctica de los docentes. En el análisis de dicho movimiento en los niveles de argumentación de los estudiantes involucrados en la investigación, se destaca la identificación por parte de los estudiantes de los principales elementos en la estructura de un argumento aunque, por otra parte, se hace una advertencia en cuanto la fuerza de dichos argumentos y la necesidad de enriquecerlos de tal forma que puedan contener justificaciones y respaldos que evidencien un conocimiento científico correcto y confrontaciones entre diferentes puntos de vista.

A modo de conclusión, Tamayo hace referencia a la argumentación como actividad central para una comprensión profunda de lo estudiado en ciencias y menciona la intervención de otras dimensiones en la práctica cotidiana de la habilidad en cuestión, como el reconocimiento individual de las capacidades cognitivas y comunicativas en torno a un tópico específico, la consciencia de la argumentación como actividad que requiere una constante interacción con

pares y docentes (si el espacio es el aula) y la planeación intencionada de espacios y procesos de transposición didáctica para la promoción de habilidades argumentativas en el aula.

Este antecedente propone para esta investigación, la consideración de cualidades multimodales en el aula de ciencias que constituyan un espacio dialogante para la promoción de la argumentación en los alumnos y la contemplación del contexto social de los mismos para el diseño de actividades que susciten el aprendizaje en ciencias.

Jaramillo (2017) desarrolla una investigación en estudiantes de undécimo grado, partiendo de la advertencia que hace con respecto a la desmotivación del estudiantado frente a actividades planteadas desde los modelos tradicionales. La autora menciona que esto ha suscitado un comportamiento mecánico en los alumnos, quienes muestran poca capacidad de síntesis, análisis y argumentación en clase de ciencias. Atendiendo a lo anterior, Jaramillo señala el deber que tiene la práctica docente de proporcionar herramientas a los alumnos para el desarrollo de habilidades argumentativas y, se propone fortalecerlas a través de la aplicación de instrumentos didácticos como el debate y la resolución de problemas a través del trabajo en grupo.

Jaramillo (2017) toma en consideración para el análisis de los argumentos de los estudiantes su estructura, anatomía y fisiología, observando al inicio de la investigación producciones textuales incompletas en cuanto a los elementos que debe tener una argumentación (datos, justificación, conclusión), así mismo, evidenció un uso limitado de conectores y una secuencia insuficiente entre las ideas planteadas por los estudiantes; en cuanto a la fisiología, la autora explica cómo los textos presentan poca relevancia y coherencia con relación al conocimiento científico.

Al avanzar en la investigación los resultados arrojaron un progreso gradual en la argumentación de los estudiantes donde se observan textos completos en cuanto a su estructura, coherentes, no solo local sino globalmente y con un mayor acercamiento al conocimiento científico.

Cabe anotar que en la unidad didáctica aplicada a los estudiantes hay espacios para la retroalimentación de las categorías y subcategorías de los textos argumentativos, a través de los cuales se hacen correcciones y se articula una mejor estructuración, lo que pudo arrojar los resultados previamente señalados.

A modo de conclusión, Jaramillo manifiesta que la argumentación en clase de ciencias promueve la construcción de conceptos, mejorando la comprensión y explicación de los diferentes fenómenos alrededor del alumno, aportando al desarrollo del pensamiento crítico en los individuos, de modo que, recomienda a los profesores incorporar en la práctica actividades que permitan a los estudiantes el desarrollo de habilidades argumentativas para fortalecer el conocimiento adquirido.

A partir del trabajo de investigación previamente citado, se reflexiona sobre la retroalimentación que debe tener toda actividad didáctica para el avance en el desarrollo de habilidades del pensamiento crítico en los estudiantes y la construcción de conceptos en el aula de ciencias. Anijovich & González (2011) y Alonso, Gil & Martínez-Torregrosa (1996), mencionan, con respecto a esto que, la retroalimentación contribuye a mejorar los aprendizajes de los estudiantes y que, lejos de la evaluación desde el enfoque tradicional, con ello se pretende dar una valoración de las tareas de los alumnos en aras de ayudarlos a conocer su progreso. De igual forma ha de considerarse, una vez más, la forma de promover ambientes comunicativos en el aula de clase (con el profesor, entre pares y con el material de información) donde los alumnos hagan uso de la argumentación alrededor de temas y supuestos planteados desde su contexto. De esta manera, desarrollar esta habilidad y lograr una mayor apropiación del conocimiento adquirido.

Olaya (2017) realiza una investigación a partir de la identificación en sus alumnos de una limitada capacidad para defender una posición o respaldar un argumento con fundamentos sólidos. El autor atribuye esta observación a un lenguaje limitado de los estudiantes y a las pocas oportunidades en clase de ciencias para desarrollar sus habilidades lingüísticas. De otra parte, evidencia en sus estudiantes dificultades en la comprensión de conceptos en ciencias debido a la cualidad abstracta de los mismos y sugiere que los alumnos podrían construir explicaciones con base en hechos observables, tales como los que se experimentan en actividades de laboratorio. Ante esto, Olaya (2017) propone promover los procesos argumentativos en individuos a través de prácticas de laboratorio. Realiza así, una investigación con una muestra de 6 estudiantes de décimo grado cuyas edades están comprendidas entre los 15 y 17 años, a quienes es aplicada una intervención didáctica que comprende la enseñanza del concepto en ciencias y los elementos de la argumentación según Toulmin, así mismo, el desarrollo de actividades experimentales para la construcción de conceptos y el desarrollo de habilidades argumentativas. La información fue

recolectada a través de cuestionarios y posteriormente analizada teniendo en cuenta el modelo argumentativo toulmiano.

En los resultados de la investigación, Olaya (2017) pudo evidenciar cómo los estudiantes se movilaron de niveles iniciales de argumentación hacia niveles de mayor exigencia, al igual que, mejoró la comprensión sobre el concepto científico del estudiantado. Según el autor, lo anterior fue influenciado positivamente por la implementación de la unidad didáctica, a través de la cual, los estudiantes incorporaron secuencias argumentativas durante las prácticas experimentales.

El anterior antecedente invita, una vez más, a la promoción de habilidades cognitivo-lingüísticas desde el diseño de espacios multimodales y, a velar por una mejor comprensión de conceptos en ciencias a través de prácticas experimentales, desde las cuales los estudiantes puedan relacionar sus percepciones con lo estudiado en la literatura, buscando así, un movimiento de las ideas iniciales hacia el concepto científico.

2.2 ANTECEDENTES INTERNACIONALES

En el panorama internacional, se encuentra una investigación realizada por Erduran, Simon & Osborne (2004), en la cual, realizan el análisis del discurso argumentativo en clase de ciencias de estudiantes de bachillerato básico en el Reino Unido, a través del Patrón Argumentativo de Toulmin, PAT (originalmente TAP, por sus siglas en inglés). El principal objetivo de los autores es estudiar el desarrollo y el uso del PAT como herramienta para evaluar la cantidad y calidad de la argumentación en el discurso en ciencias tanto en discusiones entre estudiantes y profesores, como en discusiones entre estudiantes.

Cuando se refiere a cantidad, aclaran los autores, más que arrojar datos estadísticamente, el objetivo es la descripción de un método que pueda usarse para futuros investigadores en la cuantificación de argumentos en aras de evaluar la efectividad de intervenciones que pretendan promoverlos. En cuanto a la calidad de la argumentación, que es de mayor interés para la presente investigación, Erduran et al. generaron un esquema donde la argumentación es evaluada

en términos de niveles y los aplicaron a los datos recolectados, producto de las discusiones entre los estudiantes. Dicho esquema percibe, por ejemplo, que la presencia de una refutación (rebuttal) es un indicador significativo de la calidad de un argumento ya que esta puede contrarrestar el argumento de otros y obliga a evaluar la validez y fuerza de las intervenciones de los participantes.

El análisis de los resultados se enfocó en la identificación de episodios donde los estudiantes en grupos pequeños presentaron discusiones lógicas y argumentativas alrededor del tema planteado y, posteriormente se evaluaron de acuerdo a los niveles argumentativos propuestos por los investigadores. Cabe acotar que dichos niveles son los que esta investigación toma en consideración para realizar el análisis de las producciones argumentativas de los estudiantes.

Los resultados arrojaron que en una minoría de los argumentos analizados no hubo fundamentación o razones que acompañaran la afirmación y se cree que esto podría haber sido gracias a la intervención didáctica realizada por los profesores, en las que se jalonan habilidades cognitivo-lingüísticas como la argumentación.

Después del análisis de los resultados, los autores concluyen que su esquema propuesto a partir del PAT es adecuado para caracterizar no sólo segmentos de discursos en el aula sino clases completas en las que se hayan identificado discusiones entre los participantes. Así mismo, Erduran et al. mencionan haber logrado la extensión del uso del PAT para evaluar la calidad y el mejoramiento de la argumentación en los alumnos.

Teniendo en cuenta el alcance del trabajo de Erduran et al. y, el afán de la presente investigación por evaluar la calidad de las producciones argumentativas de los alumnos, se selecciona el esquema allí propuesto para llevar el seguimiento del mejoramiento de los niveles de argumentación en el aula de ciencias a través de la intervención didáctica.

Una segunda investigación a tener en cuenta es la presentada por Custodio & Sanmartí (2005), quienes partiendo de que una prueba de haber comprendido en profundidad un tema en el aula de clase, es una respuesta razonada de los alumnos frente a preguntas que contienen un *¿por qué?* y un *justifica tu respuesta*. Los autores mencionan: “Cuando los alumnos responden a estas

preguntas han de demostrar competencias tanto en relación al contenido de la pregunta como al formato lingüístico que han de utilizar para comunicar.” (p.1).

Los autores realizan un estudio con estudiantes de 3º de ESO de ciencias y pretenden atender a algunos interrogantes referentes a las características (en el patrón temático y estructural) de los textos producidos por los alumnos, la relación que puede existir entre la escritura de textos justificativos y el conocimiento de un patrón estructural de los mismos y, si hay vínculo entre la calidad del texto de los estudiantes con la de las ideas expresadas. Para ello, Custodio y Sanmartí analizan textos justificativos de los estudiantes: textos previos y posteriores a una serie de actividades aplicadas en clase, que podrían promover en los estudiantes la producción de contenidos estructuralmente aceptables y conceptualmente enriquecidos, entre las cuales están la lectura de textos científicos, la negociación de las pautas características de los textos justificativos y una constante evaluación-regulación de los alcances, entre pares.

En los textos previos a la intervención didáctica observaron una estructura incompleta en los contenidos y la falta de respuesta frente a algunas de las preguntas, mientras que el análisis de los textos posteriores a las actividades planteadas a los estudiantes, arrojó mejoras no sólo en aspectos estructurales sino referentes al contenido científico (pertinencia, volumen de conocimientos, entre otros).

Lo anterior, les permitió concluir que el conocimiento por parte de los estudiantes de las características de un texto justificativo, facilita en ellos la comunicación de ideas científicas, de esta forma, los alumnos encuentran una guía de ruta cuando planifican lo que desean manifestar, identificando los datos y las razones a favor y en contra. De otra parte, destacaron que el aprendizaje de patrones estructurales y temáticos en la escritura, permite a los alumnos el reconocimiento de la comunicación como elemento necesario en la generación de conocimiento científico, producto del trabajo de los científicos.

Los autores de este antecedente, a pesar de acotar su objeto de estudio a la producción de textos justificativos, hacen un llamado a la promoción de las habilidades comunicativas en los alumnos desde la práctica docente, a lo cual atiende la presente investigación, siendo la argumentación una habilidad cognitivo-lingüística que relaciona la comunicación, en forma de instrumento signo (lenguaje), con el conocimiento (Jorba, 2000).

Finalmente, otro trabajo que aporta a esta investigación es el realizado por Agraso, M., Díaz de Bustamante, J., Eirexas, F. & Jiménez, A. (2005), quienes evaluaron la calidad en las justificaciones escritas de estudiantes de bachillerato del municipio La Coruña, España, para la toma de decisiones frente a un problema auténtico que les fue planteado.

Los autores tomaron en cuenta para el análisis de las producciones de los estudiantes: la validez científica, que expresa la relación de las justificaciones con los contenidos de la ciencia; y la consistencia lógica, la cual se refiere a la correspondencia de las justificaciones con las evidencias y la conclusión.

A pesar que los autores determinaron las dos categorías (contenido científico y consistencia lógica) como independientes, a partir de los resultados encontraron que existe una alta correspondencia entre ellas cuando las justificaciones se ubicaban en el campo (nivel) de mejor calidad. De otra parte, observaron que mientras los estudiantes estarían haciendo un buen uso de los contenidos de la ciencia, podrían estar teniendo dificultades para expresar un discurso científico; esto, considerando que los resultados arrojaron un mayor número de justificaciones que se encontraban en el nivel más alto de validez científica, comparado con aquellas que se ubicaban en los altos campos de la consistencia lógica. Esto último, lleva a la presente investigación a pensar en el fortalecimiento de las habilidades cognitivo-lingüísticas desde el aula de ciencias y no caer en el descuido de dejar esta tarea de forma exclusiva del área de lengua (Jorba, 2000; Jaramillo, 2017).

De otra parte, a pesar que en la presente investigación se hará un análisis de la estructura de los argumentos de los estudiantes, es decir, reparar que los textos argumentativos contengan los elementos propuestos en la estructura toulmiana, es importante mencionar que un argumento puede ser fuerte o débil, debido al respaldo que acompaña el elemento que relaciona la evidencia con la conclusión, es decir, la justificación. Ante esto, Tamayo (2011) menciona que: “La identificación de los datos, la conclusión y la justificación frente a un fenómeno determinado no es garantía de argumentos fuertes o de alta calidad” (p.224). Por lo anterior, han de considerarse algunos principios de valoración de la calidad de las justificaciones en los productos argumentativos de los estudiantes y que podemos encontrar en el trabajo descrito de Agraso et al.

3. ÁREA PROBLEMÁTICA Y PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

Al ser el pensamiento crítico uno de los objetos de estudio de la didáctica de las ciencias en la actualidad (Tamayo, 2011) y, teniendo en cuenta que la argumentación es una de las dimensiones de dicho pensamiento, se ha hecho un reparo en cuanto al desarrollo alcanzado por los estudiantes en el aula de clase al día de hoy.

Dentro del aula de clase se advierte apatía por parte de los alumnos hacia el uso de sus habilidades cognitivo-lingüísticas en la clase de ciencias, entre las que está enmarcada la argumentación. No hay mucha participación en debates propuestos, sea por falta de bases teóricas, timidez o desinterés y, en talleres y evaluaciones escritas se limitan a dar respuestas escuetas, que no dan evidencia de la realización de un análisis o cuestionamiento alrededor de las actividades que se les propone.

Cuando se les demanda un argumento para sostener una tesis, acuden a un repaso de la pregunta para responder a lo que se les pide, es decir, en muchas ocasiones no logran producir una conclusión a partir de la información suministrada, sino que repiten dicha información y la presentan como la solución al problema planteado; ahora bien, en el momento que consiguen elaborar una aserción, les cuesta proponer una explicación que pueda conectar datos con conclusiones, en otras palabras, no llegan a plantear una justificación.

Este nivel de argumentación en los alumnos es, posiblemente, debido a la incomprensión de la tarea que se les demanda, es decir, desconocen la forma en que deben desarrollar la actividad propuesta. Esto lo destacan Jorba (2000) y Sardá & Sanmartí (2000), quienes atribuyen las dificultades en la argumentación de los alumnos a una connotación difusa que estos pueden tener sobre la habilidad cognitivo-lingüística que se les suscita. Esto podría explicar las respuestas con definiciones y descripciones que dan los estudiantes, cuando en realidad se les está pidiendo una solución argumentada.

Otra posible causa de las dificultades en la argumentación de los estudiantes puede ser un lenguaje limitado en ciencias, advertencia de esto son las manifestaciones de ellos cuando dicen que no saben cómo dar a entender su pensamiento; a esto último se le debe agregar la falta de

actividades y espacios en el aula de ciencias que promuevan el desarrollo de la argumentación, la cual, al ser una habilidad cognitivo-lingüística del ser humano, no sólo ayuda como vehículo para expresar las ideas sino como instrumento para el desarrollo conceptual (Jorba, 2000; Sanmartí & Tamayo, 2005).

Otro aspecto observable en el aula de clase es la dificultad que tienen los estudiantes para la construcción de nuevos conceptos en grados superiores debido, posiblemente, a la falta de comprensión de conceptos de la base de la química como las propiedades físicas de la materia. Tales vacíos conceptuales han sido identificados incluso, en el estudiantado universitario (Gómez, M., Pozo, J. & Gutiérrez, M., 2004; Merchán, Y., 2013), impulsando así, la elección de trabajar con los alumnos una de las propiedades de la materia como lo es la densidad.

Considerando lo expuesto previamente, surge como pregunta de investigación: ¿Cómo desarrollar los niveles de argumentación sobre la densidad de la materia, en estudiantes de básica secundaria?

4. JUSTIFICACIÓN

Una vez expuesto el problema en el aula de clase, se presenta la necesidad de la creación de espacios y actividades que promuevan la argumentación en los estudiantes de la básica secundaria y, a través de esta dimensión, impulsar en ellos un pensamiento crítico frente a la ciencia y su vida diaria.

Conviene subrayar que, el desarrollo del pensamiento crítico en los individuos, proporciona distintas cualidades de gran utilidad en varios aspectos de la vida actual. Facione (1990), menciona entre ellas, la flexibilidad para considerar alternativas y opiniones, la sensatez en la selección y aplicación de criterios y la persistencia ante dificultades; dichas cualidades, hacen que una persona pueda ser objetiva, justa y autónoma frente a las decisiones en su diario vivir. Así mismo, la argumentación, dimensión que constituye el pensamiento crítico, permite a los estudiantes la construcción de conceptos científicos al mismo tiempo que van adquiriendo nuevos vocablos y expresiones de la disciplina específica en ciencias (Buitrago, Mejía & Hernández, 2013).

De otro lado, es objetivo del Ministerio de Educación Nacional, MEN, a través de los lineamientos de las ciencias naturales que propone a las instituciones educativas, la formación de individuos en argumentación escrita y oral y la apropiación del lenguaje duro de la ciencia y la tecnología, a lo que, a través de esta investigación, se podría aportar para su consecución.

Al fortalecer los niveles argumentativos en los estudiantes de la básica secundaria, se contribuye al desarrollo de personas críticas, no sólo frente a situaciones académicas sino ante los diferentes eventos cotidianos, personas preparadas en la toma de decisiones y dispuestas a la resolución de conflictos a través de la lógica y el consenso. Referente a esto, Hodson (1986) señala que en la enseñanza de la ciencia no se promueve la creatividad científica, la validación y el logro de consenso entre los estudiantes, que así como la ciencia ha sido construida por la sociedad a través de teorías que se defienden o se reemplazan, la ciencia escolar debe ser tomada de una forma similar, en la que los estudiantes aprenden a través de un razonamiento crítico de lo que se les presenta en clase, de esta manera, la didáctica deja de ser una mera transmisión de conceptos

y pasa a ser la construcción de los mismos. Por esto se requiere que los alumnos refuten lo expuesto en clase, busquen alternativas de soluciones a problemas planteados, expresen sus ideas, defiendan las mismas en discusiones presentadas, analicen las ideas de los demás, juzguen entre ellas la que mejor responda a sus inquietudes y así puedan llegar a una conclusión, producto de la razón. Entonces, es necesario que los alumnos acudan a la argumentación como vehículo para expresar y justificar sus premisas y al mismo tiempo, para alimentar sus entramados conceptuales mediante el cuestionamiento y la presentación de razones.

Respondiendo a lo anterior, esta investigación busca promover espacios y actividades que faciliten la argumentación en clase de ciencias. Para ello, se requieren clases dialogantes en donde no falte la discusión entre pares para cuestionar, comparar y concluir ideas, enmarcadas en un entorno de confianza y respeto, así, se garantiza la participación de todos los alumnos sin miedo a ser ridiculizados, partiendo de la idea de que se está aprendiendo. De igual forma, es necesario hacer planteamientos de preguntas que demanden a los jóvenes la búsqueda de evidencias que soporten una premisa y la explicación consecuente entre estos elementos (Márquez & Roca, 2006); para la promoción de la argumentación en el aula, sobran las preguntas de respuesta inmediata como un sí o un no. Así mismo, es importante una retroalimentación en el tiempo justo para la mejora de sus argumentos, sea desde el enfoque conceptual como desde el estructural; de esa forma, el alumno puede enfrentar sus dudas, reconocer sus errores y reestructurar su entramado conceptual y operacional a través de diálogos con sus pares y docentes (Alonso, Gil & Martínez-Torregrosa, 1996; Anijovich & González, 2011).

5. REFERENTE TEÓRICO

5.1 ARGUMENTACIÓN

5.1.1 Argumentación desde la didáctica de las ciencias.

Desde la didáctica de las ciencias, la argumentación ha sido considerada como un vehículo para expresar las ideas de los individuos, así como una herramienta para el desarrollo conceptual (Sanmartí & Tamayo, 2005). Esto constata el valor que tiene toda actividad que pueda promover esta habilidad en el aula de clase, no sólo para el fortalecimiento de la misma en sí, sino para la alimentación del entramado conceptual de los individuos.

Márquez, Ruiz & Tamayo (2015), definen la argumentación como:

Un proceso dialógico, donde toma relevancia el debate, la crítica, la toma de decisiones, la escucha y el respeto por el saber propio y del otro (...) que promueve en los estudiantes la capacidad para justificar, de manera comprensible, la relación entre datos y afirmaciones (...) que promueve la capacidad para proponer criterios que ayuden a evaluar las explicaciones y puntos de vista de los sujetos implicados en los debates. (p.633).

Así mismo, Márquez et al. (2015) y Orrego, Ruiz & Tamayo (2016), mencionan que la argumentación es una acción que permite la explicitación de las representaciones internas de los individuos sobre fenómenos estudiados y, además potencia la comprensión del conocimiento científico

Lo anterior, ubica la argumentación en el aula de ciencias como un proceso cognitivo-lingüístico por medio del cual los alumnos construyen conceptos al hacer explícitas sus ideas y someterlas a críticas y contraargumentos por parte de sus pares, profesores e incluso ellos mismos. A través de la argumentación, los estudiantes tienen la posibilidad de organizar lo aprendido para emitir una proposición en aras de dar solución a las demandas en las actividades propuestas y expresarlo mediante el lenguaje que ha estructurado en su entramado operacional.

5.1.2 Argumentación desde el enfoque cognitivo y estructural.

Los procesos cognitivos son procesos naturales. Kandel, Jessell & Schwartz (1996), sostiene que la interacción de las células entre sí en el cerebro humano, hace que el hombre llegue a ejecutar funciones como la generación y aplicación de conocimiento. Este autor sostiene que, “La complejidad de las conexiones entre los numerosos elementos, no la de los componentes individuales, es la que hace posible el procesamiento de la información compleja” y que, “La plasticidad en las relaciones entre las unidades relativamente homogéneas del sistema nervioso, la que nos proporciona la individualidad” (Kandel et al., 1996. p.42). Este autor observa que cada individuo posee una interconexión neuronal diferente. Esto es lo que se entiende por plasticidad. Esta condición es inherente al ser humano. La interconexión neuronal, se quiera o no, es la que nos hace obtener conocimiento. Los procesos cognitivos son procesos naturales.

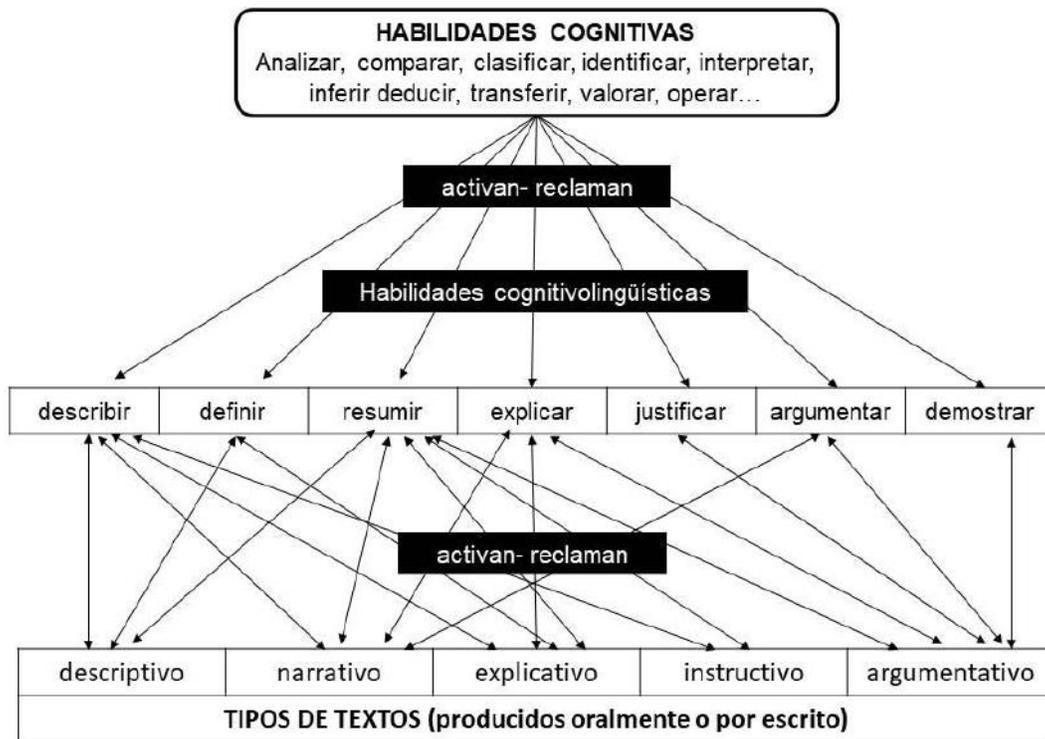
En ese sentido la cognición se puede entender como la capacidad para procesar e interpretar la información que recibe un individuo (Restrepo, 2017). Esta autora se refiere a la cognición como los procesos de la mente que acercan al ser humano al conocimiento. Entonces se tiene que hay procesos de pensamiento simples como el análisis, la síntesis, la abstracción, simbolización y el juicio, y procesos de pensamiento complejos como la teorización, la argumentación, la modelización y la metacognición. Quizás sea este último el proceso más complejo ya que se puede entender como la capacidad de una persona de controlar sus propios procesos cognitivos. Este último, debería ser el objetivo final de cualquier sistema educativo: generar en el aprendiz tal capacidad para aprender y comprender mejor el mundo. Sin embargo, para llegar a tal fin sería necesario forzar esta condición con estimulaciones externas.

Si se tiene en cuenta, como se lee en el planteamiento del problema de este trabajo, que el pensamiento crítico es el objeto central de la didáctica de las ciencias en la actualidad (Tamayo, 2011) y que la argumentación es una de las dimensiones de dicho pensamiento (procesos de pensamientos complejos), la estimulación de estos es a grosso modo uno de los objetivos principales de esta investigación. Por lo tanto, es totalmente necesario definir argumentación como categoría principal en el desarrollo de este trabajo y los niveles de argumentación como subcategoría. Es importante definir los conceptos de argumentación de tres autores: Jorba (2000), Toulmin (2007) y Tamayo (2011).

Para Jorba (2000), la producción de textos y la interpretación de los mismos está ligada estrictamente al uso del lenguaje, ya sea escrito o hablado. En la comunicación por ende se encuentra la base de creación de tipos de textos que son la suma de las relaciones entre habilidades cognitivas y habilidades cognitivo-lingüísticas. La argumentación aparece como una de las habilidades cognitivo-lingüísticas que activan y reclaman las habilidades cognitivas (la base de todo aprendizaje) como inferir, deducir, valorar etc. Las habilidades cognitivo-lingüísticas son las habilidades que se activan para producir textos descriptivos, narrativos, explicativos, argumentativos o instructivos: las tipologías textuales.

Jorba (2000) hace una breve síntesis de diferentes consideraciones de autores como Van Dijk, López, Duval, Chou, Borel Charoles, García Debank, Adams y Velsin, sobre las habilidades cognitivo-lingüísticas. En una serie de cuadros y mapas conceptuales se encuentran desarrolladas y definidas cada una de las diferentes habilidades cognitivo-lingüísticas. La que nos interesa allí para el desarrollo de este trabajo, aunque cada habilidad está en relación con otra, es por supuesto la definición de argumentación. Encontramos este concepto como resultado de una especie de consenso entre las definiciones de C.G. Debank R. Duval, M. Charoles, J.M. Adam y M. López. Argumentar es “Producir razones o argumentos, establecer relaciones entre ellos y examinar su aceptabilidad con el fin de modificar el valor epistémico de la tesis desde el punto de vista del destinatario” (Jorba, 2000, p.40) Por supuesto, todas las habilidades cognitivo-lingüísticas tienen relaciones entre ellas y es imposible, pensar una sin la otra. Son interdependientes, tal como lo muestra la figura 1.

Figura 1. Relación entre habilidades cognitivas y tipología textual.



Fuente: Jorba, 2000, p.32

La presente investigación pretende analizar los argumentos de estudiantes en determinados grados y ubicarlos en los distintos niveles argumentativos propuestos por Erduran (2004), que a su vez se fundamentan en el modelo argumentativo de Toulmin. Es necesario entonces mirar el modelo argumentativo de este autor.

En primer lugar, tenemos que considerar qué es para Toulmin la argumentación. Toulmin considera como argumento todo aquello que es utilizado para justificar o refutar una proposición (Tamayo, 2011). Janik, Rieke y Toulmin (1984), hacen una definición muy precisa del concepto: “El término argumentación será usado para referirse a la actividad total de plantear pretensiones, ponerlas en cuestión, respaldándolas produciendo razones, criticando esas razones, refutando esas críticas, y así” (p.14).

El modelo de argumentación de Toulmin propone que sobre una idea principal existen cinco elementos que flotan interconectados alrededor. Esta idea principal es la tesis y los cinco

elementos funcionan en apoyo a la tesis. Estos elementos son: elemento modalizador o calificativo modal, datos o evidencia, fundamentos o respaldo, garantías y reserva.

El modalizador o calificativo modal a groso modo es el nivel de validez de cada tesis. Este nivel de validez permitiría una mejor credibilidad al momento de proyectar la tesis. Es el grado de fuerza con que se afirma una tesis. En una expresión como: La mayoría de los estudiantes prefieren clases de arte a clases de ciencias, el calificativo modal vendría siendo “la mayoría”, que acompaña la tesis que dice que los estudiantes prefieren las clases de arte que las de matemática. La expresión “la mayoría” tiene una fuerza por sí misma, sin embargo, para que el modalizador tenga el efecto de validez, necesita un contexto de tipo cultural. La expresión en el contexto colombiano perdería validez si se dijera que los estudiantes prefieren ciencias a arte. El modalizador tiene entonces dos bases en las que se fundamenta: una es la fuerza de la expresión como tal (“La mayoría”) y otro son los criterios que permite su uso. Para Toulmin entonces estos criterios son “estándares, razones y motivos a los que nos referimos para decir en cualquier contexto que el uso de un término modal determinado resulta apropiado” (Toulmin, 2007, p.51).

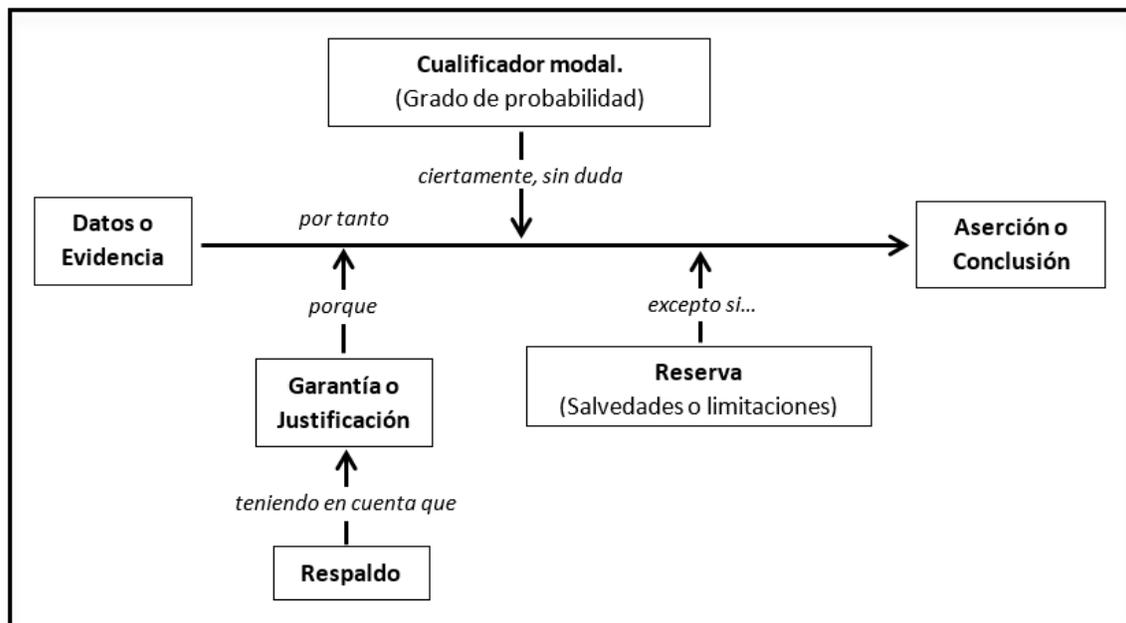
Los datos o evidencias son la información de la vida cotidiana que van a generar una prueba tangible de la tesis. Siguiendo con el ejemplo de los estudiantes, el arte y la ciencia, “La mayoría de los estudiantes prefieren clases de arte a clases de ciencias” una prueba, o un dato que apoya la tesis es que los estudiantes reprueban más matemáticas que arte. Los estudiantes prefieren más las disciplinas donde no reprueban. En una entrega de resultados a los padres en muchas instituciones los datos se hacen más factibles. Sin embargo, es posible caer en un error al afirmar tal tesis, para ello es necesario otro elemento que le va a dar respaldo a la tesis y que precisamente se denomina así en el modelo de Toulmin: El respaldo (o fundamento). Si bien la tesis puede pasar algunos filtros, es necesario respaldarlas desde el punto de vista de un experto. Sin los fundamentos, cualquier tesis se cae. Se puede respaldar este ejemplo usando los datos del ICFES o del ministerio de educación etc., o de investigaciones por parte de profesores y estudiantes de maestrías.

Las garantías por su parte son el saber universal donde se apoya tal tesis. El contexto cultural inmediato. Se parte de la idea popular de que las ciencias son más difíciles que las artes y que (entendiendo bien o mal el papel en las artes de las ciencias y viceversa) cualquiera prefiere

recibir clases de arte que de ciencias. Las garantías son esa realidad aceptada, esas normas invisibles que atraviesan la cultura.

Sin embargo, para que un argumento sea válido en todos los sentidos necesita un poco de prudencia. En este sentido el quinto elemento sería la reserva, que es el grado de no probabilidad que pueda tener cualquier argumento. Si no existiese este elemento no habría tesis pues sería irrefutable y un argumento irrefutable no es en sí un argumento sólido. La reserva es el contraargumento que todo argumento debe llevar en su seno. En el ejemplo La mayoría de los estudiantes prefieren clases de arte a clases de ciencias, el contraargumento es que no todos los estudiantes prefieren clases de artes antes que las de ciencias. Un argumento sin reserva rezaría que: Todos los estudiantes prefieren artes a ciencia. El siguiente cuadro resume el modelo de Toulmin.

Figura 2. Esquema del modelo argumentativo de Toulmin



Fuente: Elaboración propia.

5.2 NIVELES DE ARGUMENTACIÓN

Tomando en cuenta algunos postulados de Erduran (2004), la calidad de los argumentos puede evaluarse desde cinco niveles argumentativos. El primer nivel es donde el estudiante comprende los argumentos que son una descripción simple de la vivencia. El segundo nivel sería donde el estudiante que comprenda los argumentos en los que se identifican con claridad los datos y una conclusión. En el tercer nivel se comprendería argumentos en los cuales se identifican con claridad los datos, conclusiones y justificación. Por su parte el cuarto nivel ubica a quienes comprenden argumentos constituidos por datos, conclusiones y justificaciones, haciendo uso de calificadores o respaldo. El quinto y último nivel en esta cadena ascendente se ubican los que comprenden argumentos en los que se identifican datos, conclusión(es), justificación(es), respaldo(s) y contraargumento(s).

Si bien otros autores, como se lee en el texto de Tamayo, tienen sus aportes y consideraciones respecto al papel de la argumentación en medio de la enseñanza de las ciencias, por ahora solo trabajaremos con los conceptos atendidos y definidos anteriormente para cumplir con los objetivos de diagnosticar los niveles de argumentación usados por estudiantes, diseñar una unidad didáctica y evaluar el avance de los niveles argumentativos.

5.3 DENSIDAD

En lo que respecta a la densidad, concepto alrededor del cual se va a trabajar, podría decirse que responde al grado de compactación de un material o sustancia. En química, se ha adoptado su definición como la cantidad de masa de una sustancia que está contenida en un determinado volumen y es clasificada dentro de las propiedades intensivas de la materia (Chang, 2010). Matemáticamente está representada a través de la siguiente ecuación:

$$d = \frac{m}{V}$$

Donde d , m y V denotan densidad, masa y volumen, respectivamente. La densidad es una magnitud física derivada y puede expresarse en kg/m^3 , g/cm^3 y su equivalente g/ml .

Generalmente, la densidad es una propiedad que se comporta inversamente proporcional a la temperatura, es decir, ante un aumento de temperatura, la densidad de una sustancia suele disminuir. Esto ocurre debido a que la energía cinética de las moléculas de la sustancia, causante del movimiento molecular, se haga mayor ante el incremento de la temperatura. De esta forma, las moléculas adquieren un mayor movimiento, generando espacios entre ellas, haciendo menor su grado de compactación.

5.3.1 Epistemología de la densidad

En el aprendizaje de la densidad influye obligatoriamente la noción de los conceptos masa y volumen, que son propiedades extrínsecas de la materia a partir de las cuales deriva la definición de densidad. Bullejos & Sampedro (1990) hicieron una advertencia con respecto a ciertas dificultades en la apropiación de dichos conceptos, no sólo en alumnos de secundaria, sino en estudiantes de Magisterio de distintos países. A partir de su investigación, los autores encontraron que un alto porcentaje de estudiantes mostraban confusión en los conceptos de peso y volumen en prácticas de inmersión de sólidos en líquidos y no relacionaban la flotación de algunos cuerpos con alguna propiedad intrínseca de la materia. Adicionalmente, no aplicaban la relación m/V para explicar ciertos fenómenos. Ante esto, realizaron una intervención didáctica en la que incluían la concepción de las ideas previas de los estudiantes y el cambio conceptual, lejos de estrategias de mera transmisión verbal. Los resultados revelaron la construcción de un concepto en el aula de ciencias más cercano al propuesto desde la ciencia disciplinar.

Merchán (2013), a partir de su trabajo de investigación sobre el aprendizaje significativo de las propiedades físicas de la materia, recomienda aplicar actividades en clase que estén íntimamente relacionadas a la vida diaria. La autora afirma que de esta manera los estudiantes logran relacionar lo que aprenden, con su entorno. De igual forma, Merchán considera que es necesaria la experimentación en el aprendizaje de las propiedades de la materia, para fortalecer en los estudiantes habilidades en ciencias naturales como la exploración y explicación de fenómenos y la identificación y correlación de datos. Lo anterior lo constata Cappelletti & Fuhr (2015) quien, en su propósito de la enseñanza de las propiedades de la materia, realiza una intervención didáctica a alumnos de bachillerato a través de prácticas de laboratorio virtual en aras de promover procedimientos relacionados con los métodos propios de las ciencias.

Bullejos, Hierrezuelo, Molina & Prieto (1994) y Raviolo, Moscato & Schnersch (2005), a partir de los resultados de sus investigaciones con adolescentes en la educación media y superior, mencionan que es necesaria, además, la consideración de la naturaleza discontinua de la materia para la construcción del concepto de densidad. En otras palabras, que los alumnos tengan en sus entramados conceptuales las nociones de la teoría cinético-molecular para dar explicación alrededor de esta propiedad física de la materia.

6. OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL:

Promover el desarrollo de los niveles de argumentación sobre la densidad de la materia, en estudiantes de básica secundaria.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Identificar los niveles de argumentación y las ideas de los estudiantes sobre densidad de la materia a través del instrumento de indagación.
- Promover los procesos argumentativos mediante la aplicación de una unidad didáctica sobre la densidad de la materia.
- Identificar los niveles de argumentación sobre la densidad de la materia alcanzados por los estudiantes.

7. METODOLOGÍA

Esta investigación responde a un estudio de tipo cualitativo, cuyo alcance es descriptivo, el cual busca caracterizar las producciones argumentativas de los estudiantes analizados, Baptista, P., Fernández, C. & Hernández, R. (2014), en cuya unidad de análisis está comprendida la argumentación como categoría primaria y los niveles argumentativos como subcategoría. A través de esta investigación se pretende analizar los argumentos de los estudiantes y ubicarlos en los distintos niveles indicados por Tamayo (2011), los cuales son un ajuste de los niveles argumentativos propuestos por Erdurán et al. (2004) y que se fundamentan en el modelo argumentativo de Toulmin.

Partiendo de la pregunta de investigación de este proyecto, se definen las categorías y subcategorías de análisis, tal como lo muestra la tabla 1.

Tabla 1. Unidad de análisis.

Objetivo general: Promover el desarrollo de los niveles de argumentación sobre la densidad de la materia en los estudiantes de la básica secundaria.	Categoría: Argumentación sobre el concepto de densidad de la materia.	Subcategoría: Niveles de argumentación.
Indicadores: Niveles argumentativos ajustados por Tamayo, 2011 (ver tabla 2).		
Instrumentos de recolección de datos: Guías y cuestionarios en lápiz y papel.		
Fases de la Investigación:	<p>Antes: Aplicación de cuestionario inicial para identificar niveles de argumentación iniciales alrededor de la densidad de la materia.</p> <p>Durante: Intervención didáctica con inclusión de espacios y actividades en aras de la promoción del desarrollo de la argumentación en el aula de ciencias, con espacios de discusión, prácticas experimentales, planteamiento de problemas y constante retroalimentación.</p> <p>Después: Aplicación de cuestionario final para identificar niveles de argumentación finales alrededor de la densidad de la materia.</p>	

Fuente: Elaboración propia.

La información a analizar, se recogerá a través de textos escritos por los estudiantes como respuesta a cuestionarios aplicados en el aula en torno a la densidad de la materia.

Para el desarrollo de la investigación se hará aplicación de la unidad didáctica a un grupo de estudiantes que cursan el grado noveno en la Institución Educativa El Salvador Sede San José, de

la ciudad de Cartagena. La muestra a tomar será de seis estudiantes, escogidos aleatoriamente, cuyos argumentos, antes, durante y después de la intervención didáctica, serán analizados de acuerdo a los niveles argumentativos ajustados por Tamayo (2011). Dichos niveles se presentan en la tabla 2.

Tabla 2. Niveles argumentativos

Niveles argumentativos	Características
Nivel 1	Comprende los argumentos que son una descripción simple de la vivencia.
Nivel 2	Comprende argumentos en los que se identifican con claridad los datos y una conclusión
Nivel 3	Comprenden argumentos en los cuales se identifican con claridad los datos, conclusiones y justificación.
Nivel 4	Comprende argumentos constituidos por datos, conclusiones y justificaciones, haciendo uso de cualificadores o respaldo teórico.
Nivel 5	Comprende argumentos en los que se identifican datos, conclusiones justificación, respaldo y contraargumentos.

Fuente: Tamayo, 2011, p.218.

Para el manejo de datos, se hace una codificación de los textos argumentativos de los estudiantes seleccionados y se construye una matriz de análisis para cada etapa (antes, durante y después de la intervención didáctica) como la mostrada en la tabla 3.

Tabla 3. Matriz de análisis de los argumentos de los estudiantes.

Nivel \ Estudiante	Pregunta 1	Pregunta 2	Pregunta...	Pregunta n	NIVEL
E ₁					
E ₂					
E...					
E ₆					

(D) Datos (C) Conclusión (J) Justificación (R) Respaldo (M) Cualificador modal (E) Contraargumento

Fuente: Elaboración propia.

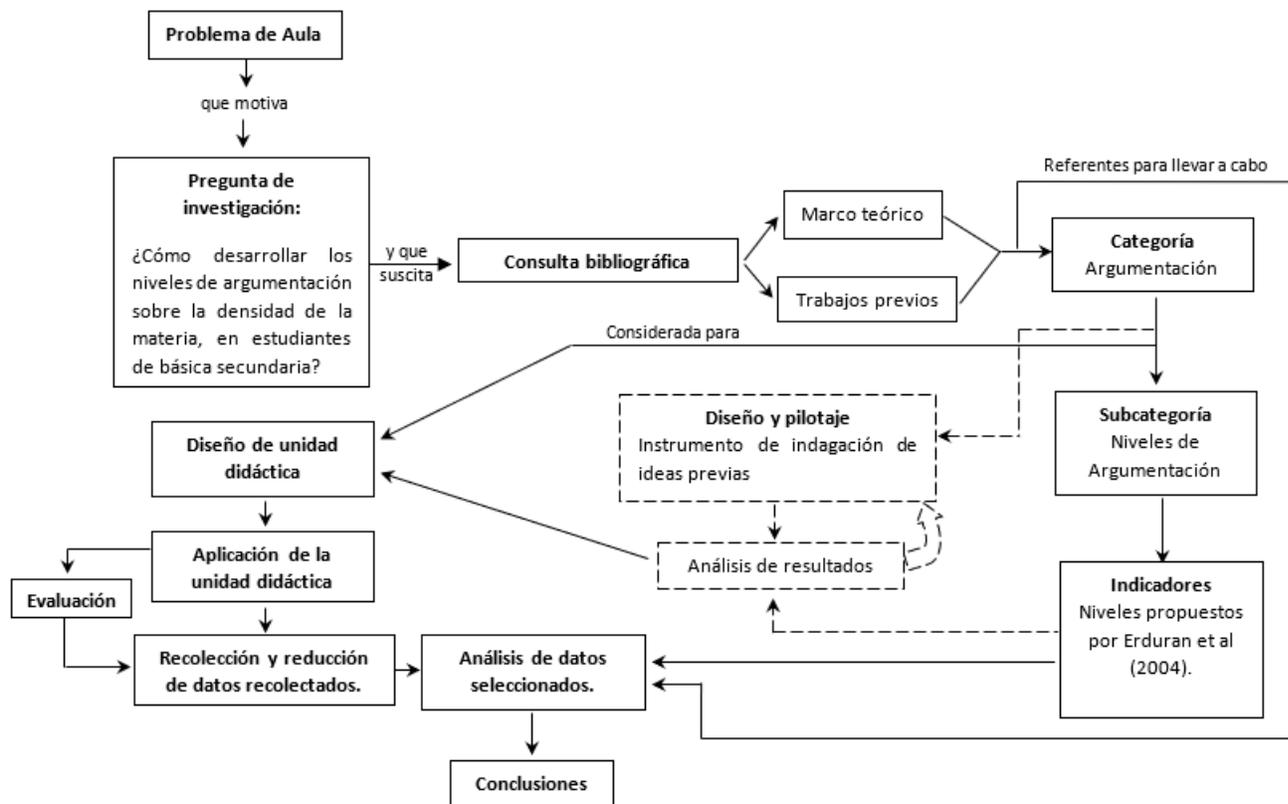
Adicionalmente, se representará respectivamente con las letras *D*, *C*, *J*, *R*, *M* y *E*, los datos, las conclusiones, las justificaciones, respaldos, cualificadores y contraargumentos, que se encuentren en cada producción textual de los estudiantes.

La codificación estará dada para cada estudiante a través del código $E_1, E_2, \dots E_n$.

Una vez descrita la codificación de los datos, en la matriz se pueden ubicar cada una de las respuestas que los alumnos otorgan a las preguntas de los cuestionarios y a las discusiones planteadas. De esta forma, se estudia la estructura de los argumentos y se ubican en los distintos niveles. En la última columna de la matriz se anotará el nivel resultante por estudiante, teniendo en cuenta la frecuencia del nivel de argumentación en el que se ubica cada respuesta del alumno frente a los instrumentos de recolección de datos.

Finalmente, la figura 3 muestra el diseño metodológico de la investigación, en el que expone como punto de partida el problema detectado en el aula de clase y la pregunta de investigación que guiará el estudio para atender dicho problema. Se realiza una consulta bibliográfica alrededor de la pregunta y se inicia la construcción del marco teórico y estado del arte de la investigación. A partir de la bibliografía, se determina la categoría primaria, las subcategorías y los indicadores frente a los cuales se van a contrastar los datos recolectados. Previo al diseño de la unidad didáctica, se analizan los niveles argumentativos que presentan los estudiantes inicialmente en torno a la densidad de la materia y luego se diseña la intervención didáctica. Los datos a analizar serán los recolectados en la etapa de indagación de ideas previas, en la etapa de intervención y la de la evaluación final.

Figura 3. Esquema del diseño metodológico de la investigación.



Fuente: elaboración propia.

7.1 DISEÑO Y PILOTAJE DEL INSTRUMENTO DE INDAGACIÓN DE IDEAS PREVIAS.

Previo al diseño de la unidad didáctica de aplicación a los estudiantes, se realizó un pilotaje del instrumento de indagación de ideas previas, el cual tenía como fin, determinar la calidad de las preguntas en cuanto a comprensión por parte de los estudiantes y precisión para que el contenido de los datos sustraídos contara con suficiente información para la investigación.

El pilotaje se aplicó al curso que participará en la investigación y se realizó un análisis del contenido de los elementos a los argumentos dados por los estudiantes; de esta forma, se pudo hacer un reconocimiento de la redacción y planteamiento de las preguntas hechas a los estudiantes y a partir de esto, se realizaron algunas modificaciones a las mismas en aras de

obtener respuestas con mayor contenido por parte de los alumnos y, desde las cuales se pueda efectuar un análisis más amplio para la investigación. Es así como en la figura 3 se aprecia un espacio para el pilotaje del instrumento de ideas previas, el cual repercute en el rediseño del mismo instrumento de indagación y en la estructura de otros instrumentos de recolección de datos dentro de la unidad didáctica.

8. RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

Para hacer el análisis de los resultados se tuvieron en cuenta las producciones de los estudiantes que respondían a preguntas con demanda argumentativa dentro de la unidad didáctica, así mismo, las preguntas que tuvieron respuesta por parte de todos los analizados.

8.1 RESULTADOS DEL INSTRUMENTO DE INDAGACIÓN DE IDEAS PREVIAS

El consolidado de los niveles de argumentación en el que fueron ubicados las producciones textuales de los estudiantes en esta primera etapa son presentados en la tabla 4, en la que se puede observar que los alumnos analizados no superan el nivel 3 de argumentación que, según Erduran, comprenden datos, conclusión y una justificación o garantía que relaciona y explica la consecución de los dos primeros elementos. La información en la tabla, también muestra cómo uno de los estudiantes (E₅) presenta argumentos que no superan la simple descripción de los datos, lo que le resulta una ubicación en el nivel 1.

Tabla 4. Niveles de las producciones argumentativas en el primer momento

Nivel \ Estudiante	Pregunta 1	Pregunta 2	Pregunta 3	Pregunta 6	Pregunta 7	NIVEL
E ₁	1	2	2	2	1	2
E ₂	1	2	2	2	1	2
E ₃	3	2	2	3	3	3
E ₄	3	3	2	3	3	3
E ₅	1	2	1	1	1	1
E ₆	3	3	3	4	3	3

Fuente: elaboración propia

A continuación, en las tablas 5, 6, 7, 8 y 9, se exponen las producciones argumentativas que arrojaron los estudiantes para dar solución a los planeamientos del instrumento de indagación de ideas previas y se hace apertura del análisis de los datos recolectados.

Tabla 5. Producciones argumentativas de los estudiantes ante la pregunta 1 del instrumento de indagación de ideas previas.

Estudiante	<p align="center">Pregunta 1</p> <p>La siguiente imagen muestra un cubo de icopor y un cubo de jabón, cada uno sobre una balanza.</p>  <p align="center">Icopor Jabón</p> <p>Argumenta por qué los dos cubos presentan tamaños diferentes a pesar de tener la misma masa.</p>	Características Erduran (2004)	NIVEL
E₁	<i>Porque tienen diferentes volumen pero su masa es igual.</i>	Descripción simple de los datos.	1
E₂	<i>Lo que ocurre es que el icopor y el jabón tienen volúmenes diferentes pero igual masa</i>	Descripción simple de los datos.	1
E₃	<i>El icopor es un material más poroso y más ligero (J) por eso ocupa más espacio (C).</i>	Identificación de datos, conclusiones y justificación.	3
E₄	<i>Representan tamaños diferentes por que su volumen es distinto, pero las moléculas se encuentran en el mismo estado(J), lo que hace que tengan la misma masa (C).</i>	Identificación de datos, conclusiones y justificación.	3
E₅	<i>Por que el tamaño del icopor es diferente al tamaño del jabón</i>	Descripción simple de los datos.	1
E₆	<i>El cubo de icopor está hecho de fibras o elementos más ligeros que el cubo de jabón, el jabón es un líquido endurecido y más pesado (J). Por lo tanto un cubo pequeño de jabón puede pesar lo mismo que un cubo grande de icopor (C).</i>	Identificación de datos, conclusiones y justificación.	3

(D) Datos (C) Conclusión (J) Justificación (R) Respaldo (M) Cualificador modal (E) Contraargumento

Fuente: elaboración propia.

Con respecto a la primera pregunta, se puede notar en los estudiantes E₁, E₂ y E₅ respuestas que corresponden a una mera descripción de los datos, en este caso, suministrados en el planteamiento de la pregunta. Estos tres argumentos son el perfecto ejemplo del problema planteado al inicio de esta investigación, en donde se señala una falta de compromiso del estudiante por entender su entorno a través de la ciencia, arrojando una reproducción de datos y observaciones en lugar, de la generación de aseveraciones. De otra parte, es importante reconocer el manejo del concepto que tienen los estudiantes sobre el volumen de los objetos, elemento

importante en la construcción de la densidad de la materia como tema central de aprendizaje. Al parecer, los alumnos tienen un concepto sobre el volumen de la materia, cercano a la definición disciplinar, que es la representación del volumen como el espacio que ocupa un cuerpo.

El argumento del estudiante E₃ es clasificado como nivel 3 pues se logra identificar una conclusión a partir de los datos suministrados en la pregunta y la manifestación de una posible explicación (justificación) en relación con lo observado, en este caso, atribuir la diferencia de volúmenes a la naturaleza de lo que están compuestas las dos muestras, al mencionar los espacios existentes en el icopor, bajo el término “poroso”. De otra parte, esta idea inicial hace pensar en la posibilidad de una construcción más cercana a la ciencia del concepto de densidad por parte de este estudiante. Lo anterior, teniendo en cuenta la definición de la densidad como el grado de compactación de las partículas en un cuerpo (Chang, 2010).

El argumento del estudiante E₄ se ubica en el nivel 3, considerando que en su producción se encuentra una conclusión procedente de los datos dados en la pregunta y una posible justificación de lo planteado. Para el caso de este estudiante, distinto al del estudiante E₃, la justificación propuesta dista de los contenidos de la ciencia y no hay una correspondencia de con los datos y la conclusión. En términos de Agraso et al. (2005), no existe validez científica ni consistencia lógica. Según Tamayo (2011), la presencia de estos tres elementos iniciales (datos, conclusión y justificación) ubican un argumento en el nivel 3 pues, a través de este, puede evidenciarse que el estudiante reconoce la necesidad de explicitar la relación entre datos y conclusión; sin embargo, la mera presencia de la justificación no es garantía de un argumento fuerte o débil, ante lo cual, se pretende orientar a través de la intervención didáctica la adquisición de habilidades para explicar científicamente fenómenos propuestos en clase de ciencias.

Tabla 6. Producciones argumentativas de los estudiantes ante la pregunta 2 del instrumento de indagación de ideas previas.

Estudiante	<p align="center">Pregunta 2</p> <p>De los siguientes elementos, ¿cuáles utilizarías para determinar el volumen de un objeto irregular, como una piedra? Y, ¿cuáles para determinar el volumen de un líquido? Argumenta tu respuesta.</p> 	Características Erduran (2004)	NIVEL
E₁	<i>Utilizaría la regla para el objeto y la probeta para determinar el líquido</i>	Identificación de datos y conclusión.	2
E₂	<i>La piedra (D) = se determina en la probeta (C) El líquido (D) = yo pienso que se determina en jeringa (C)</i>	Identificación de datos y conclusión.	2
E₃	<i>Con la piedra (D): utilizaría el método de sumersión que solo se puede realizar en un recipiente con medidas como la probeta (C). El líquido (D): con la probeta (C) debido a simplemente lógica física.</i>	Identificación de datos y conclusión.	2
E₄	<i>Para poder determininal el volumen de la piedra (D) se utiliza la probeta (C). Se le echa un ladzo de agua y se mete la piedra, el agua tiende a elevarse y asi se puede sacar su volumen (J). Para determinar el volumen de un liquido se utiliza la balanza (C).</i>	Identificación de datos, conclusiones y justificación.	3
E₅	<i>la regla para determinar el volumen de la piedra. La probeta para determinar el volumen del liquido.</i>	Identificación de datos y conclusión.	2
E₆	<i>Para el objeto irregular como la piedra (D) escogería la probeta (C) utilizando el método de sumerción (J) hallando el volumen y para un liquido escogería la jeringa ya que con ella podemos hallarle el volumen</i>	Identificación de datos y conclusión.	3

(D) Datos (C) Conclusión (J) Justificación (R) Respaldo (M) Cualificador modal (E) Contraargumento

Fuente: elaboración propia.

A partir de la segunda pregunta del instrumento de indagación de ideas previas se obtuvieron 4 argumentos posicionados en el nivel 2, en los que se identifican, según Erduran (2004), datos y conclusión, careciendo de una correlación entre estos elementos. En cuanto al constructo conceptual en los estudiantes, puede inferirse que conocen algunos instrumentos de laboratorio y su utilidad para la determinación de algunas propiedades de la materia. Excepción a esta inferencia lo revela el argumento del estudiante E₄, quien mostró confusión entre volumen y masa de un líquido, lo que lo llevó a arrojar una conclusión equivocada. Así mismo, los estudiantes E₁ y E₅ posiblemente no consideraron la irregularidad en la forma del sólido por lo que concluyeron que su volumen podría determinarse con una regla.

Referente al aspecto de la argumentación, los estudiantes E₃, E₄ y E₆, muestran el uso de términos de la ciencia como “sumersión” y términos de análisis de resultados como “tiende” y la advertencia de la calibración de los instrumentos de laboratorio, en este caso, para cuantificar el volumen de una sustancia. El estudiante E₄ arroja una explicación que enlaza su aserción con los datos y parece hacer referencia a la sumersión de sólidos en líquidos para conocer el volumen. De otra parte, el estudiante E₆ hace explícita la relación entre el sólido de forma irregular y el instrumento a usar al mencionar la sumersión, proceso en el que se haya el volumen de un objeto por desplazamiento de líquido en un recipiente calibrado. Es importante hacer la acotación referente a la justificación que, acuerdo a Weston (2006), un buen argumento ha de manifestar el sentido de la relación entre datos y conclusión. De esta forma un argumento se ubica en el nivel 3 donde, según Erduran, está presente, además de datos y conclusión, una justificación.

Tabla 7. Producciones argumentativas de los estudiantes ante la pregunta 3 del instrumento de indagación de ideas previas.

<p>Estudiante</p>	<p align="center">Pregunta 3</p> <p>Un estudiante realiza el siguiente experimento: Toma dos vasos iguales, el primero lo llena de alcohol hasta 5 ml y el segundo lo llena con agua hasta 5 ml. Después toma dos velas idénticas y añade una a cada vaso como se muestra en la imagen.</p> <p>El estudiante observa que la vela se sumerge en el vaso que contiene alcohol, pero la vela que está en el vaso con agua, flota.</p> <p>¿Por qué crees que ocurre este fenómeno? Argumenta tu respuesta.</p> 	<p align="center">Características Erduran (2004)</p>	<p align="center">NIVEL</p>
--------------------------	---	--	------------------------------------

E₁	<i>La vela de la izquierda es mas pesada (C)</i>	Identificación de datos y conclusión.	2
E₂	<i>El acohol es mas liviano (C) por eso la vela pasa al fondo</i>	Identificación de datos y conclusión.	2
E₃	<i>porque la vela es mas ligera que el agua (C) por eso flota</i>	Identificación de datos y conclusión.	2
E₄	<i>Naturalmente la vela flotaría como lo hace en el agua pero al entrar en contacto con el alcohol ocurre una especie de reacción química que hace que la vela se torne mas pesada por lo que se sumerge (C).</i>	Identificación de datos y conclusión.	2
E₅	<i>Porque la vela flota en el agua y no en el alcohol</i>	Descripción simple de los datos.	1
E₆	<i>El alcohol es una sustancia que se evapora con facilidad (J). Cuando el alcohol se evapora se hace mas liviano y se sitúa encima de la vela (C). Como el agua no se evapora con tanta facilidad queda situada abajo.</i>	Identificación de datos, conclusiones y justificación.	3

(D) Datos (C) Conclusión (J) Justificación (R) Respaldo (M) Cualificador modal (E) Contraargumento

Fuente: elaboración propia.

Ante esta pregunta, nuevamente aparecen argumentos ubicados en el nivel 2 que muestran la emisión de una conclusión a partir de los datos, con ausencia de una explicación que los relacione.

El argumento del estudiante E₁ es ubicado en el segundo nivel, puesto que ha logrado hacer una conclusión a partir de unos datos considerados. Para este caso, es importante advertir que, aunque este argumento superó la mera descripción de datos, es catalogado, según Weston (2006), como un argumento no fiable porque parte de premisas inválidas; el estudiante pasa por alto el dato que indica que los dos trozos de vela son *idénticos*, adjetivo desde el cual puede considerarse un peso igual para las dos muestras sólidas.

En este punto el estudiante E₆ arroja un argumento que se ha ubicado en el nivel 3, teniendo en cuenta que contiene datos (los suministrados en el planteamiento de la pregunta), conclusión y un intento de consecución entre los dos elementos mencionados. Tal parece que, en este estudiante, a través de la intervención didáctica, se podría alimentar el entramado conceptual que tiene, en aras que pueda producir, lo que Tamayo (2011) menciona como, argumentos fuertes. Dichos argumentos contienen justificaciones en las que se incorporan conceptos científicos y hechos adecuados, relevantes y específicos.

Desde la perspectiva cognitiva, no se evidencia que los estudiantes relacionen la flotabilidad o hundimiento de la parafina en otra sustancia debido a alguna característica propia de las sustancias y recurren a explicaciones fuera de la densidad para justificar sus aserciones.

Tabla 8. Producciones argumentativas de los estudiantes ante la pregunta 6 del instrumento de indagación de ideas previas.

Estudiante	Pregunta 6 (lectura Arquímedes) ¿Si el rey hubiese accedido a fundir la corona, de qué otra forma habría podido Arquímedes determinar el volumen de esta? Argumenta tu respuesta.	Características Erduran (2004)	NIVEL
E₁	<i>Con una regla (C)</i>	Identificación de datos y conclusión.	2
E₂	<i>Yo pienso que en realidad no tuviera como determinar el volumen de la corona. (C)</i>	Identificación de datos y conclusión.	2
E₃	<i>Cuando se funde un metal este puede tomar cualquier otra forma a la cual se le pueden medir sus lados o ángulos (C) y multiplicarlos (J) para determinar el volumen de la corona</i>	Identificación de datos, conclusiones y justificación.	3
E₄	<i>Ya que la corona se puede transformar en otras maneras con calor, se puede moldear casi como una esfera (C) y se podrá determinar su volumen con una probeta y agua (J).</i>	Identificación de datos, conclusiones y justificación.	3
E₅	<i>Transformarla en una masa compacta para averiguar el volumen</i>	Descripción simple de los datos.	1
E₆	<i>En el caso que el rey hubiese accedido a fundir la corona, Arquímedes habría podido moldear la corona de una forma que dejara hallar su volumen (C). Por ejemplo en forma de cubo (R). Y el volumen de un cubo se puede hallar con una regla (J). Así habría podido determinar el volumen de la corona.</i>	Identificación de datos, conclusión y justificación. Haciendo uso de cualificadores o respaldo.	4

(D) Datos (C) Conclusión (J) Justificación (R) Respaldo (M) Cualificador modal (E) Contraargumento

Fuente: elaboración propia.

Los argumentos de los estudiantes E₁ y E₂ son ubicados en el nivel 2, considerando que exponen una propuesta para calcular el volumen de la corona si esta se llegase a fundir, más no logran explicitar su aserción.

El estudiante E₄ concluye que una forma alternativa de calcular el volumen de la corona es utilizando probeta y agua, quizás, haciendo alusión al método de sumersión y esto lo justifica expresando que la corona podría tener una forma práctica de análisis, por ejemplo, una esfera. A

pesar que el método propuesto por el estudiante tiene el mismo principio que utilizó Arquímedes en la historia, este argumento no es considerado como una descripción de los datos porque su respuesta contiene información fuera de la suministrada, como la utilización de probeta y el moldeamiento en una figura geométrica.

El estudiante E₆ arrojó un argumento que fue ubicado en el nivel 4. Erduran (2004) menciona que este nivel requiere que el argumento contenga *datos*, que en este caso existen en la lectura de Arquímedes y el rey Hierón, *conclusión*, donde el estudiante sugiere moldear la corona en una forma regular, *justificación*, cuando se explica que si se moldea de una forma regular puede determinarse su volumen a través de un instrumento de medición de longitud como lo es la regla y un *respaldo* mediante un ejemplo (forma geométrica cúbica) a esta justificación que, según Weston (2006), ofrece un apoyo a una generalización. Además, dicho apoyo resulta adecuado, teniendo en cuenta que parte de la fiabilidad de la premisa, en la que efectivamente es posible hallar el volumen de una figura geométrica cúbica a partir de la multiplicación de sus tres dimensiones a través de una regla o calibrador de longitud.

El argumento del estudiante E₃ se ubica en el nivel 3 al considerar que los *datos* están incluidos en la pregunta y en el texto, la *conclusión* que, bien podría ser la medición de algunas dimensiones de la figura en la que se forjase la corona y la *justificación*, cuando el estudiante explica que entre la medición de las dimensiones de la figura y el cálculo del volumen existe una relación matemática. Al contrario del argumento del estudiante E₆ frente a esta misma pregunta, el argumento del estudiante E₃ no logra respaldar su justificación, por ejemplo, indicando una figura geométrica puntual, como el cubo, de la cual pueda calcularse su volumen a través de la multiplicación de sus lados.

Tabla 9. Producciones argumentativas de los estudiantes ante la pregunta 7 del instrumento de indagación de ideas previas.

Estudiante	<p align="center">Pregunta 7 (lectura Arquímedes)</p> <p>¿Cuál fue la conclusión a la que debió haber llegado Arquímedes al realizar la prueba con la corona y el oro puro? Argumenta tu respuesta.</p>	Características Erduran (2004)	NIVEL
E₁	<i>Que el volumen de la corona era menor que el</i>	Descripción simple de los datos.	1

	<i>del oro puro</i>		
E₂	<i>El pudo descubrir el principio del desplazamiento</i>	Descripción simple de los datos.	1
E₃	<i>Arquimedes debio haber concluido que la corona no era solo de oro (C) porque desplazo mas agua en el experimento (D) el ya sabía que si tenía otros metales ocuparían mas espacio(J).</i>	Identificación de datos, conclusiones y justificación.	3
E₄	<i>De acuerdo al texto si el nivel del agua se elevaba más con la corona que con el oro puro se podía decir que la corona estaba fabricada con otros tipos de metales tal como lo dice el texto (J). Entonces la conclusión es que la corona contenía otros metales distintos al oro (C).</i>	Identificación de datos, conclusiones y justificación.	3
E₅	<i>Que el volumen desplazado era menor</i>	Descripción simple de los datos.	1
E₆	<i>Arquimedes pudo concluir que efectivamente la corona pudo haber sido mezclada con otros materiales (C) pues se esperaba que tanto los dos como la corona y el peso de oro puro desplazaran la misma cantidad de agua y no fue así (J).</i>	Identificación de datos, conclusiones y justificación.	3

(D) Datos (C) Conclusión (J) Justificación (R) Respaldo (M) Cualificador modal (E) Contraargumento

Fuente: elaboración propia.

Con respecto a los argumentos que responden la pregunta 7, tres son ubicados en el nivel 1 por no contener más que una descripción de datos, en este caso contenidos en la lectura. Los otros tres argumentos se ubican en el nivel 3 que son los correspondientes a las producciones de los estudiantes E₃, E₄ y E₆ los cuales contienen datos, conclusión y justificación o garantía.

De forma general, el análisis de los resultados iniciales arrojó que tres de los seis estudiantes analizados se ubican en el nivel 3, dos estudiantes en el nivel 2 y uno en el nivel 1. Con respecto al total de los argumentos. Los que se presentan en mayor frecuencia son los de niveles 1, 2 y 3.

En cuanto al concepto de la densidad de la materia, se encuentran algunas cualidades en los argumentos de los estudiantes:

- No hay claridad sobre los conceptos de masa y volumen. De acuerdo a Bullejos & Sampedro (1990), al no tener claridad sobre estos conceptos, trae como consecuencia dificultades en la comprensión y aplicación de la noción de densidad.

- No relacionan la densidad como una propiedad característica de una sustancia. Según Raviolo et al. (2005), es necesario que los estudiantes reconozcan la densidad como una propiedad intrínseca, a través de la cual puedan reconocer distintos tipos de materia.
- No se aprecia el uso de nociones de la teoría cinético-molecular. Según Buellejos et al. (1994), ese necesario una apropiación del modelo cinético-molecular para construir y diferenciar conceptos como masa, volumen y densidad.

8.2 RESULTADOS DURANTE LA APLICACIÓN DE LA UNIDAD DIDÁCTICA

Una vez analizados las ideas previas de los estudiantes y las producciones textuales desde la perspectiva de la argumentación, se procede al diseño y aplicación de una unidad didáctica que pueda enriquecer el entramado conceptual de los estudiantes que, a su vez, podría ofrecer a los alumnos referentes teóricos para mejorar sus niveles de argumentación. Durante la intervención didáctica se realizó una constante retroalimentación sobre los conceptos en ciencias y sobre los elementos en la argumentación (ver anexo 2). Se hizo énfasis en la propuesta de soluciones o producción de conclusiones a partir de lo observado o la información dada. Así mismo, se hizo hincapié en las descripciones que algunos alumnos hacían y se impulsó, a través de ejemplos, la organización y expresión de ideas en aras de explicar los problemas planteados.

La tabla 10 muestra los niveles de argumentación en el que fueron ubicados las producciones textuales de los estudiantes durante la intervención didáctica.

Tabla 10. Niveles de las producciones argumentativas durante la intervención didáctica

Estudiante \ Nivel	Pregunta 3	Pregunta 4	Pregunta 7	Pregunta 9	Pregunta 11	NIVEL
E ₁	1	2	2	2	1	2
E ₂	2	3	3	3	2	3
E ₃	4	2	3	3	3	3
E ₄	4	4	3	4	4	4

E5	1	2	2	3	1	2
E6	4	3	3	4	3	3

Fuente: elaboración propia

A continuación, en las tablas 11, 12, 13, 14 y 15, se exponen las producciones argumentativas que arrojaron los estudiantes para dar solución a los planteamientos durante la intervención didáctica.

Tabla 11. Producciones argumentativas de los estudiantes ante la pregunta 3 del momento de aplicación de la unidad didáctica.

Estudiante	Pregunta 3 ¿Consideras que la expresión matemática vista en clase modela el ejercicio con la tajada de pan? Argumenta tu respuesta.	Características Erduran (2004)	NIVEL
E1	<i>La expresión matemática siguió siendo $(D = \frac{m}{V})$ lo único que cambio fue su volumen</i>	Descripción simple de los datos.	1
E2	<i>Si, la expresión modela lo ocurrido con el pan (C), porque solo cambio el volumen y aumento la densidad</i>	Identificación de datos y conclusión.	2
E3	<i>Si (C) porque se puede ver que disminuyo el volumen y aumento la densidad haciendo así que la masa quedara en su mismo punto inicial (J) eso se debe a que la D y el V son indirectamente proporcional (R).</i>	Identificación de datos, conclusión y justificación. Haciendo uso de calificadores o respaldo.	4
E4	<i>Si se modela (C) teniendo en cuenta que $D = \frac{m}{V}$ son directamente proporcionales (R) son inversamente proporcionales (R). Cuando disminuye su volumen, como ocurrió en el ejercicio, la densidad aumenta y el contenido de la materia (pan) se encuentra mas compacto (J).</i>	Identificación de datos, conclusión y justificación. Haciendo uso de calificadores o respaldo.	4
E5	<i>La tajada de pan al ser oprimida no disminulo su masa pero si su volumen</i>	Descripción simple de los datos.	1
E6	<i>Sí, si modela lo que ocurrió con la tajada de pan (C) ya que este se refiere al cambio que se da entre la densidad y la masa que son directamente proporcionales y densidad y volumen que son inversamente proporcionales (R), como observamos la masa se mantuvo constante en su valor (no cambió) pero su volumen disminuyó entonces las moléculas quedaron más compactas y así la densidad aumentó (J).</i>	Identificación de datos, conclusión y justificación. Haciendo uso de calificadores o respaldo.	4

(D) Datos (C) Conclusión (J) Justificación (R) Respaldo (M) Cualificador modal (E) Contraargumento

Fuente: elaboración propia.

El argumento del estudiante E₅ empieza a mostrar palabras propias de quien lo produce, separándose así del simple repaso de las preguntas planteadas. Ante esta pregunta, el estudiante sigue permaneciendo en el nivel 1 pues debe ampliar su argumento con una conclusión a partir de los datos observados.

En el caso del argumento del estudiante E₂, aparece explícitamente la conclusión a partir de lo observado y aprendido y se arriesga a presentar una justificación de su aserción más en el intento por hacerlo sólo logra en la descripción de lo observado y lo discutido en clase. Por esta razón este argumento es ubicado en el nivel 2.

En el argumento del estudiante E₁, a diferencia del argumento del estudiante E₂, no se evidencia una conclusión y la producción argumentativa no llega a ser más que una descripción de lo observado.

Los argumentos de los estudiantes E₃, E₄ y E₆ presentan un respaldo de autoridad a su justificación, por lo que estos argumentos se ubican en el nivel 4 el cual, Tamayo (2011) advierte que comprende además de datos, justificación y conclusión, un respaldo teórico (R) o el uso de calificadores. Cabe anotar que el respaldo que usan estos estudiantes se clasifica como de autoridad, teniendo en cuenta que la información que exponen sobre la relación de proporcionalidad en el modelo matemático de la densidad, fue dada en clase a través de ejemplos. Cabe acotar que el uso de este tipo de respaldos requiere que las fuentes de información sean citadas (Weston, 2006).

Desde el punto de vista conceptual, los estudiantes empiezan a ver una relación marcada entre el volumen, la masa y la densidad; sobre todo entre la densidad y el volumen cuando la cantidad de materia no varía. Esto les ayuda a construir el concepto de densidad como grado de compactación entre moléculas de una sustancia. Es de importancia advertir que se encontró en los estudiantes E₃, E₄ y E₆ ciertas bases conceptuales en matemáticas lo que les permitió una mejor comprensión de la expresión de la densidad en función de la masa y el volumen.

Tabla 12. Producciones argumentativas de los estudiantes ante la pregunta 4 del momento de aplicación de la unidad didáctica.

Estudiante	Pregunta 4	Características Erduran (2004)	NIVEL
	Si quisieras calcular el valor de la densidad de algún objeto, ¿qué instrumentos utilizarías? Argumenta tu respuesta.		
E₁	<i>Una balanza y saber los gramos</i>	Identificación de datos y conclusión.	2
E₂	<i>Yo pienso que un instrumento para medir el volumen (C) para conocer el espacio que ocupan sus partículas (J).</i>	Identificación de datos, conclusiones y justificación.	3
E₃	<i>Tendría que utilizar una balanza y mirar el tamaño del objeto (C).</i>	Identificación de datos y conclusión.	2
E₄	<i>Yo utilizaría un instrumento con el cual yo pueda determinar el volumen (probeta, regla) (C) si la masa no se modifica (M). Así yo podría conocer el espacio que ocupa la materia y estimar su densidad (J).</i>	Identificación de datos, conclusión y justificación. Haciendo uso de cualificadores o respaldo.	4
E₅	<i>Usaría una balanza porque se necesita para la densidad de todo objeto</i>	Identificación de datos y conclusión.	2
E₆	<i>Para calcular la densidad de un objeto se debe conocer la masa (J) y para eso se utilizaría una balanza (C). También se necesita conocer el espacio que ocupan las moléculas(J) y esto se hace con una probeta (C) cuando se sumerge el objeto.</i>	Identificación de datos, conclusiones y justificación.	3

(D) Datos (C) Conclusión (J) Justificación (R) Respaldo (M) Cualificador modal (E) Contraargumento

Fuente: elaboración propia.

Frente a esta pregunta se puede advertir que el estudiante E₅ pasa de un nivel 1 a un nivel 2 donde arroja una propuesta de calcular la densidad con una balanza a modo de conclusión. Aunque es susceptible de ubicarse en el nivel 1 al pensar que el estudiante pudo haber concluido ello a partir de la mera observación de la experiencia con la tajada de pan, donde se hacía uso de una balanza para comprobar que la masa del pan permanecía constante mientras se comparaba el volumen antes y después de la compresión. Se decide ubicarlo finalmente en el nivel 2 considerando que su producción arroja una posible solución a lo planteado.

El argumento del estudiante E₂ no tiene una validez científica puesto que no tuvo en consideración la medición de la masa, variable imprescindible para el cálculo de la densidad de la materia. Desde la perspectiva estructural, el argumento alcanza un nivel 3 al considerar la

presencia de una conclusión que está enlazada a los datos a través de una justificación. Para tal ubicación, se tiene en cuenta que el estudiante considera la relación del concepto de densidad con el espaciado entre partículas en una sustancia y así procura enlazar los datos contenidos en la pregunta con su conclusión en la cual propone un instrumento de medición de volumen para calcular la densidad de la materia.

El estudiante E₃ arroja un argumento que se ubica en el nivel 2 porque sólo comprende una conclusión a partir de los datos considerados. Desde la perspectiva de aprendizaje parece que el estudiante considera las variables masa y volumen como factores necesarios en el cálculo de la densidad de la materia. Esto puede inferirse a partir de la aserción en la que propone utilizar una balanza en la que mediría la masa y considerar el volumen de lo que se está analizando.

El argumento del estudiante E₄ contiene datos, conclusión y una justificación que, similar al argumento del estudiante E₂, hace alusión a la medición de la densidad a través del espaciado entre sus partículas que, para el alumno, es dado por el volumen. Es interesante en este argumento, que el estudiante incorpora lo que se podría llamar *cualificador modal* (M), que condiciona el argumento. En este caso, el alumno advierte que el método de medición de densidad que propone es válido sólo si la masa del objeto permanece constante. El cualificador modal es un elemento que según Erduran, empieza a aparecer en el nivel 4 de argumentación, es por eso que este producto argumentativo se ubica en dicho nivel.

Tabla 13. Producciones argumentativas de los estudiantes ante la pregunta 7 del momento de aplicación de la unidad didáctica

Estudiante	Pregunta 7 Tomen el trozo de vela y el trozo de borrador y llévenlos a la balanza. Registren el valor de su masa. A continuación, agreguen cada uno de estos sólidos a la mezcla que reposa en la probeta (D). Dibujen la nueva mezcla resultante y a partir de esta información obtenida, deduzcan qué valores podrá tener la densidad de cada uno de los sólidos (el trozo de borrador y el trozo de vela). Argumenten su deducción.	Características Erduran (2004)	NIVEL
E₁	<i>Yo digo que el borrador su densidad es de 1,25 y el de la vela es de 0,8</i>	Identificación de datos y conclusión.	2
E₂	<i>La vela tiene una densidad 0,7 (C) porque esta entre el medio del aceite y la superficie (J) El borrador tiene mas densidad que el agua y el aceite (C) por estar abajo (J)</i>	Identificación de datos, conclusiones y justificación.	3

E₃	<p>Me baso en una formula sencilla. Sustancia de arriba = A S. abajo = B $= \frac{A+B}{2}$ (J)</p> <p>Vela: Esta sobre el aceite por lo tanto debe tener una densidad menor que dicha sustancia. Borrador: $\frac{A+B}{2} = \frac{14+1}{2} = \frac{24}{2} = 1,2$ (C)</p>	Identificación de datos, conclusiones y justificación.	3
E₄	<p>Para deducir un valor aproximado de los dos solidos se observa el valor de la densidad de las sustancias a las cuales fueron sumergidos (D). Seguidamente dependiendo de la ubicación de los elementos se deduce el valor (J). De acuerdo a lo anterior el borrador podría tener una densidad como de 1,1 g/ml y el trozo de vela una densidad 0,7 g/ml. Un valor menos que el aceite.</p>	Identificación de datos, conclusiones y justificación.	3
E₅	<p>La densidad de la vela es menos que todo y el borrador tiene mas densidad</p>	Identificación de datos y conclusión.	2
E₆	<p>El valor de la vela seria menor a 0,9 g/ml (C) y el valor del borrador estaría justo en el medio del de el agua y el aceite (J) por lo cual seria 1,2 g/ml aproximadamente</p>	Identificación de datos, conclusiones y justificación.	3

(D) Datos (C) Conclusión (J) Justificación (R) Respaldo (M) Cualificador modal (E) Contraargumento

Fuente: elaboración propia.

Frente a esta pregunta, el estudiante E₅ no arroja un valor numérico para las densidades de los sólidos, tal como se les solicitó, pero sí propone una aserción cualitativa, desde la que se puede inferir que el estudiante logra una conclusión acorde a lo que la ciencia disciplinar menciona. Por otra parte, los argumentos del estudiante E₅ aún permanecen en un nivel 2, donde no hay declaración de una garantía que relacione las conclusiones con lo observado.

El argumento del estudiante E₂ se ubica en el nivel 3, considerando que su producción contiene implícitamente los datos observados en el laboratorio, una conclusión y una justificación que relaciona los dos elementos anteriores. Dicha justificación está relacionada con lo visto en el laboratorio que, a su vez, es respaldado por la teoría sobre la fuerza de flotación que menciona que “... si la densidad del objeto es menor que la densidad del fluido, la fuerza gravitacional hacia abajo es menor que la fuerza de flotación y el objeto sin apoyo acelera hacia arriba” y “si la densidad del objeto es mayor que la densidad del fluido, la fuerza de flotación hacia arriba es

menor que la fuerza gravitacional hacia abajo y el objeto sin apoyo se hunde” (Jewett, J. & Serway, R., 2008, p. 397). Al no hacer explícito un respaldo, el argumento del estudiante E₂, no supera el nivel 3.

El argumento del estudiante E₃ consta de datos (contenidos en la práctica), una conclusión donde arroja un valor para la densidad de lo que sería el borrador y, una descripción de posibles valores para el trozo de vela al decir que su densidad será menor que el aceite. La justificación que señala el estudiante E₃ es la explicación de cómo a partir de la flotación del trozo de vela sobre el aceite, puede deducirse que este tiene menor densidad. Referente al borrador, el estudiante muestra como garantía, una fórmula que promedia el valor de las dos densidades, dando a entender que el valor de la densidad para este sólido no puede salir del rango de densidades del agua y la miel por ubicarse entre las dos en la prueba de la columna. Desde esta perspectiva, puede decirse que el estudiante ha construido la relación entre la flotación y la densidad de la materia en una mezcla heterogénea. Ahora bien, la fórmula que propone el estudiante realmente no puede aplicarse para este ejercicio pues a partir de los datos que se tienen sólo puede proponerse un rango de valores para las densidades de los sólidos, por esta razón, la fórmula no puede tomarse como un respaldo a la garantía.

El argumento del estudiante E₆ se ubica en el nivel 3 al contener datos (contenidos en la vivencia), conclusión y una justificación muy corta pero que a partir de la cual puede inferirse que enlaza el valor de la densidad de los sólidos con lo observado en el laboratorio y los relaciona a través de la posición que ocupa cada sustancia (sólidos y líquidos) en la probeta, haciendo referencia a la flotabilidad según la densidad de una sustancia.

Tabla 14. Producciones argumentativas de los estudiantes ante la pregunta 9 del momento de aplicación de la unidad didáctica

Estudiante	<p align="center">Pregunta 9</p>  <p>¿Cómo explicas el fenómeno mostrado en el video? Recuerda lo que has aprendido en torno a la densidad.</p>	Características Erduran (2004)	NIVEL
E₁	<i>El agua fría y el agua caliente se va poniendo una por encima de la otra (D), es por la</i>	Identificación de datos y conclusión.	2

	<i>densidad, el agua caliente tiene menos densidad(C)</i>		
E₂	<i>Yo pienso que el vaso de agua fría tenía mas densida que el del vaso del agua caliente (C). Lo cual se mantendría abajo (J)</i>	Identificación de datos, conclusiones y justificación.	3
E₃	<i>En el video los dos liquidos aunque sean liquidos ambos no presentan la misma densidad (C), el agua caliente es menos densa y un poco mas disuelta en su estructura molecular comparándola con el agua fría que es mucho mas compacta y menos densa ... por esta y otras razones el agua caliente se elevo y el agua fría sucundio (J)</i>	Identificación de datos, conclusiones y justificación.	3
E₄	<i>Este fenómeno lo explico de la siguiente manera: es probable (M) que el agua fría (azul) posea una densidad mayor que el agua caliente (roja) (C). Esto se puede decir observando lo que se aprendió en el laboratorio cuando por ejemplo el aceite podía flotar sobre el agua por ser de menos densidad (R). Así mismo un liquido es sumergido cuando se hace más denso que otros (J).</i>	Identificación de datos, conclusión y justificación. Haciendo uso de cualificadores o respaldo.	4
E₅	<i>El agua azul estava en un estado frio y la roja en un estado tívio (D) al juntarlas queda abajo (Roja) con mas densidad (C).</i>	Identificación de datos, conclusiones y justificación.	3
E₆	<i>Así como en el experimento con la miel el agua y el aceite, una sustancia entre menos densidad tenga flota mas (R). Por lo tanto el agua caliente tendría menos densidad (C) pues al ponerla junto al agua fría, queda flotando sobre esta, mostrando una mayor densidad (J). Entonces si el agua fría tiene una densidad de 1,0 el agua caliente tendría una densidad de 0,9 o menos</i>	Identificación de datos, conclusión y justificación. Haciendo uso de cualificadores o respaldo.	4

(D) Datos (C) Conclusión (J) Justificación (R) Respaldo (M) Cualificador modal (E) Contraargumento

Fuente: elaboración propia.

Ante esta pregunta, el argumento del estudiante E₅ continúa ubicándose en el nivel 2, que contiene datos y conclusión en su estructura. De otra parte, es posible inferir que, a partir de la experiencia en el laboratorio sobre densidad y flotabilidad, el estudiante ha logrado incluir en su entramado conceptual la relación que hay entre estas dos variables, con algo de dificultad para hacerlo explícito. Puede observarse, además, en los argumentos del estudiante E₅ una continuidad en el uso de palabras propias, mostrando así, una de las características que Tamayo (2011) menciona para los argumentos de segundo nivel: “compromiso del alumno en función de

mirar la situación de manera integrada” y “establecer ciertas relaciones, causales o no, entre datos y conclusión” (p.222).

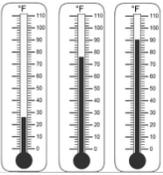
El estudiante E₆ arrojó un argumento con *respaldo* (R) por analogía que, según Weston (2006) se da cuando: “discurren de un caso o ejemplo específico a otro ejemplo, argumento que debido a que los dos ejemplos son semejantes en muchos aspectos, son también semejantes en otro aspecto más específico” (p.47). Tal es el caso del estudiante E₄ quien tomó la experiencia en el laboratorio con la columna de densidades y extrapoló sus observaciones y conclusiones al ejercicio de la mezcla de agua fría y caliente, concluyendo así, que se traba de dos muestras de distintas densidades.

El argumento del estudiante E₂ contiene datos (tomados del video), conclusión y lo que podría parecer una justificación que alude que el agua fría se ubica debajo del agua caliente debido a la diferencia de densidad entre las dos muestras. Este argumento se ubica en el nivel 3.

Según lo observado, los estudiantes concluyeron ante esta pregunta qué muestra podría tener mayor o menor densidad teniendo en cuenta la flotación de estas al mezclarse. Ningún argumento relaciona la temperatura de cada una de las muestras con la densidad, aun así, estos argumentos fueron analizados desde su estructura y contenido, por tal razón se encuentran producciones argumentativas ubicadas en los niveles 3 y 4 a pesar de no haber evidenciado la relación previamente mencionada.

En la unidad didáctica, después de este momento, se hace una explicación a los estudiantes sobre el efecto que tiene un aumento de temperatura en el movimiento de las partículas y posteriormente se les solicita plantear una relación entre este aumento de movimiento interno por el aumento de energía, con la densidad de una sustancia. Desde el aspecto de la validez científica, los estudiantes E₁, E₂ y E₅ no logran deducir tal relación. Los otros tres estudiantes sí arrojan planteamientos a partir de los cuales podría decirse que, al momento de la evaluación, han logrado una construcción cercana a la ciencia sobre la densidad, ya que argumentan una correspondencia entre aumento de movimiento con espaciado entre moléculas y la disminución de densidad.

Tabla 15. Producciones argumentativas de los estudiantes ante la pregunta 11 del momento de aplicación de la unidad didáctica.

Estudiante	<p align="center">Pregunta 11</p> <p>El termómetro de mercurio es un instrumento para medir la temperatura de diferentes sistemas (cuerpo humano, un recinto, una sustancia). Este consta de un bulbo en el que hay una cantidad de mercurio, que es un metal líquido a temperatura ambiente, y este sube por un tubo de vidrio a medida que la temperatura del sistema va aumentando (D). Explica el comportamiento de este metal líquido, teniendo en cuenta lo aprendido.</p> 	Características Erduran (2004)	NIVEL
E₁	<i>El liquido mercurio se altera por la temperatura y se elevara dando como señal cual es la temperatura que hizo que se elevara</i>	Descripción simple de los datos.	1
E₂	<i>Depende de su densidad (C), que caliente hace que suba como el frio hace que baje un poco pero siempre queda en el bulbo</i>	Identificación de datos y conclusión.	2
E₃	<i>Según las imágenes el mercurio a 0°C esta lo suficientemente compacto (C) por la retirada que le provoca el frio (J), yo supongo que el mercurio es un material que tiene la capacidad de ser flexible dependiendo de la temperatura y por sus capacidades se usa de esta forma digamos útil para el ser humano (C₂), todo gracias al estudio de la densidad.</i>	Identificación de datos, conclusiones y justificación.	3
E₄	<i>El comportamiento del mercurio es igual o parecido a otras sustancias (R). Al momento de someterlas a altas temperaturas sus partículas entran en constante movimiento (J) por consiguiente su volumen aumenta (C).</i>	Identificación de datos, conclusión y justificación. Haciendo uso de cualificadores o respaldo.	4
E₅	<i>El bulbo va aumentando a la temperatura en que se encuentre el ambiente o una sustancia entre la temperatura vaya disminuyendo el termómetro va subiendo su temperatura</i>	Descripción simple de los datos.	1
E₆	<i>Cuando la temperatura aumenta el mercurio sufre un cambio en sus moléculas (J) provocando que este se eleve o suba en el termómetro (C) y cuando la temperatura disminuye sus moléculas se juntan más (J) provocando que este descienda dentro del termómetro (C).</i>	Identificación de datos, conclusiones y justificación.	3

(D) Datos (C) Conclusión (J) Justificación (R) Respaldo (M) Cualificador modal (E) Contraargumento

Fuente: elaboración propia.

Frente al planteamiento de esta pregunta, el argumento del estudiante E₃ es ubicado en el nivel 3 al contener en su estructura una conclusión desarrollada a partir de los datos (incluidos en el planteamiento de la pregunta) y una garantía que los relaciona. La garantía relaciona la disminución del espacio ocupado por el mercurio con el descenso de la temperatura.

El estudiante E₄ arroja un argumento que contiene un *respaldo* (R) por analogía en donde probablemente a partir de lo observado en el video de la mezcla de agua a diferentes temperaturas, hace un análisis para el comportamiento del mercurio cuando es igualmente sometido a distintas temperaturas.

El producto argumentativo del estudiante E₆ fue analizado teniendo en cuenta que contiene 2 argumentos. Uno relacionado con el aumento del nivel del mercurio en el termómetro y otro con lo que sería la disminución del mismo. En cada uno de los argumentos se advirtió la presencia de una conclusión a partir de los datos contenidos en el planteamiento de la pregunta y una justificación a través de la cual explica su aserción. Este argumento fue ubicado en el nivel 3.

De forma general, el análisis de los datos recolectados durante la intervención didáctica, arrojó que tres de los seis estudiantes se han movilizad a un nivel superior de argumentación que el inicial y los otros tres se han mantenido en las condiciones iniciales. En cuanto al total de las producciones textuales, los estudiantes han dejado de usar la simple descripción de datos y observaciones y han empezado a identificar conclusiones y a presentar justificaciones. Además, aquellos que han alcanzado un nivel superior, incluyen en sus argumentos respaldos que validan sus justificaciones.

Con respecto al concepto de aprendizaje, en los argumentos se ha apreciado la relación de la densidad como una propiedad característica de una sustancia y aparecen nociones del concepto de densidad desde la teoría cinético-molecular.

8.3 RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN FINAL

Una vez hecha la intervención didáctica, se aplica una evaluación final a los estudiantes para dar fin al proceso de recolección de datos y poder realizar un análisis global del avance o desarrollo

de los niveles de argumentación en los estudiantes. La tabla 16, muestra los niveles en los que fueron ubicados los argumentos de los estudiantes ante los planteamientos de la evaluación final.

Tabla 16. Niveles de las producciones argumentativas en el tercer momento

Estudiante \ Nivel	Nivel					NIVEL
	Pregunta 1	Pregunta 2	Pregunta 3	Pregunta 4	Pregunta 5	
E ₁	2	1	3	1	2	2
E ₂	3	2	2	1	2	2
E ₃	3	3	3	3	3	3
E ₄	4	3	5	4	4	4
E ₅	1	2	3	1	2	2
E ₆	3	3	4	4	4	4

Fuente: elaboración propia

A continuación, en las tablas 17, 18, 19, 20 y 21, se exponen las producciones argumentativas que arrojaron los estudiantes para dar solución a los planteamientos de la evaluación final.

Tabla 17. Producciones argumentativas de los estudiantes ante la pregunta 1 de la evaluación final.

Estudiante	Pregunta 1	Características Erduran (2004)	NIVEL
	A partir del resultado que obtuviste del experimento en casa, describe el fenómeno que observaste y explica a qué pudo deberse lo ocurrido.		
E ₁	<i>La botella se comprimio (D) debido al cambio de temperatura y el cambio de estado de las moléculas del agua (C)</i>	Identificación de datos y conclusión.	2
E ₂	<i>La botella se oprimio por el aire frio (C) ya que compacta las moléculas y siente mas presión (J)</i>	Identificación de datos, conclusiones y justificación.	3
E ₃	<i>La botella inicio una compresión (D) ya que la bajas temperaturas hacen que las moléculas pierdan energía sinetica y ganen densidad (J) entonces la moléculas se juntan y tienen menos volumen (C).</i>	Identificación de datos, conclusiones y justificación.	3
E ₄	<i>Lo que observé fue que al retirar la botella del refrigerador estaba comprimida y disminuido su volumen (D). Se sabe que una sustancia cuando pierde temperatura baja el movimiento en su estructura molecular quedando mas junta y menos voluminosa (J). Lo ocurrido puede ser explicado por lo anteriormente dicho. Esto es algo que también se puede observar en el contenido del mercurio y que explica lo que</i>	Identificación de datos, conclusión y justificación. Haciendo uso de cualificadores o respaldo.	4

	<i>ocurre en el termómetro (R)</i>		
E5	<i>Observe que cuando saque la botella de la nevera ella estaba espichada y cuando la abri salió aire de ella.</i>	Descripción simple de los datos.	1
E6	<i>Antes de meter la botella estaba normal y luego cuando estaba refrigerada estaba comprimida (D), esto se debe a que el frío provoca que las moléculas se junten más y por lo cual ocupen menos espacio(J) lo que provoca que la botella se comprima (C)</i>	Identificación de datos, conclusiones y justificación.	3

(D) Datos (C) Conclusión (J) Justificación (R) Respaldo (M) Cualificador modal (E) Contraargumento

Fuente: elaboración propia.

Ante esta pregunta, el estudiante E₂ presenta un argumento ubicado en el nivel 3. Este consta de una conclusión hecha a partir de los datos (vivencia en casa) e intenta entablar una relación entre ellos explicando cómo una disminución de temperatura afecta en el volumen de una sustancia mientras las moléculas pierden movimiento.

El estudiante E₁ concluye que es el descenso de temperatura lo que hace que la botella se comprima, más no logra explicar o relacionar los dos elementos. Este argumento es ubicado en el nivel 2.

El argumento del estudiante E₄ es ubicado en el nivel 4 considerando que el texto producido contiene datos, conclusión, justificación y busca respaldar su justificación a través de una comparación con un ejercicio visto en clase. Según Weston (2006), este sería un argumento por analogía en el que las dos situaciones, la del termómetro y la botella, son semejantes en un aspecto específico y de esa forma dar validez a una explicación.

Desde el punto de vista de construcción conceptual, puede advertirse un acercamiento a la disciplina científica, de la relación entre temperatura, energía cinética y densidad de una sustancia que hacen los estudiantes analizados. Los argumentos arrojados por los estudiantes E₂, E₃, E₄ y E₆ ante la pregunta 1 de la evaluación final son prueba de la anterior inferencia.

Se esperaba que los estudiantes encontraran respaldo en la expresión matemática de la densidad trabajada en clase e incorporaran este referente teórico en sus argumentos, de acuerdo a los resultados, no fue así. Sin embargo, sí se observó una referencia a un ejercicio hecho en clase

como respaldo para un argumento, así lo mostró el estudiante E₄. Esto podría deberse a que fue más significativo para él, la representación del concepto a través de una situación en su contexto que el modelamiento matemático. Según Merchán (2013), un aprendizaje significativo se nutre de todo tipo de experiencias y lo constituye un proceso interno del individuo que aprende.

Tabla 18. Producciones argumentativas de los estudiantes ante la pregunta 2 de la evaluación final.

Estudiante	<p align="center">Pregunta 2</p> <p>Cuando ocurre una fuga de gas metano (principal componente del gas natural o de cocina), se recomienda ubicarse cerca al suelo para evitar inhalar el gas. De acuerdo a lo aprendido, explica por qué se hace esta recomendación.</p>	Características Erduran (2004)	NIVEL												
E ₁	<i>Esta recomendación se hace porque el gas metano estaría en el aire y es recomendable ubicarse en el suelo para inalar menos gas</i>	Descripción simple de los datos.	1												
E ₂	<i>Esta recomendación se hace ya que el gas por ser un gas va a subir (C)</i>	Identificación de datos y conclusión.	2												
E ₃	<p><i>Porque el gas tiene menor densidad que el aire lo que hace que suba (J) y entonces la víctimas podrán respirar mejor abajo sin gas (C)</i></p> <table border="1" data-bbox="342 1073 659 1209"> <thead> <tr> <th>Sustancia</th> <th>Densidad (kg/m³)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Gas metano</td> <td>0,717</td> </tr> <tr> <td>Gas propano</td> <td>1,882</td> </tr> <tr> <td>Gas butano</td> <td>2,5</td> </tr> <tr> <td>Agua líquida</td> <td>1,0</td> </tr> <tr> <td>Aire</td> <td>1,225</td> </tr> </tbody> </table> <p>Menor que el aire (D)</p>	Sustancia	Densidad (kg/m ³)	Gas metano	0,717	Gas propano	1,882	Gas butano	2,5	Agua líquida	1,0	Aire	1,225	Identificación de datos, conclusiones y justificación.	3
Sustancia	Densidad (kg/m ³)														
Gas metano	0,717														
Gas propano	1,882														
Gas butano	2,5														
Agua líquida	1,0														
Aire	1,225														
E ₄	<i>Por la cantidad del gas metano al ser expulsado busca elevarse en sentido contrario que el oxígeno que es más denso (D) y busca mantenerse abajo del gas metano más cerca al suelo (J) lo cual explica la recomendación que hacen de agacharse y ponerse un trapo en la cara para evitar inhalar ese gas (C)</i>	Identificación de datos, conclusiones y justificación.	3												
E ₅	<i>Porque el gas se dispersa en la cocina y solo queda un espacio abajo (C)</i>	Identificación de datos y conclusión.	2												
E ₆	<i>Esto se da debido a que el gas de la cocina tiene en su contenido gas metano y presenta una menor densidad de 0,717 y el aire y el agua presentan una densidad más alta de 1,0 para el agua y de 1,225 para el aire (D) entonces las sustancias más ligeras o menos densas se organizan encima de las que son menos ligeras o densas (J). Así la persona tiene que estar abajo del gas (C)</i>	Identificación de datos, conclusiones y justificación.	3												

(D) Datos (C) Conclusión (J) Justificación (R) Respaldo (M) Cualificador modal (E) Contraargumento

Fuente: elaboración propia.

El argumento del estudiante E₁ es ubicado en un nivel 1 pues arroja una simple descripción de lo planteado. Al parecer, no tuvo en consideración los datos dados en la tabla donde se mostraba el valor de la densidad para algunas sustancias, entre las que estaba el metano y el aire. Tal parece que, para llegar a su respuesta, partió del dato sobre la fuga sin detallar más información de esa.

Los argumentos de los estudiantes E₂ y E₅ muestran una conclusión a partir de la información en donde de alguna forma expresan que el gas se desplazaría a la parte superior del recinto donde ocurre la fuga y, la parte inferior quedaría libre para respirar con menor dificultad. Estos dos argumentos, sin embargo, no hacen explícita una relación entre la información dada y la conclusión arrojada, por esa razón, son ubicados en el nivel 2.

Los argumentos de los estudiantes E₃, E₄ y E₆ se ubican en el nivel 3, donde en los tres casos hacen explícita la consideración de los datos mostrados en la tabla y a partir arrojaron una aseveración que, en los tres argumentos fue justificada explicando que la sustancia menos densa flota sobre aquellas menos densas.

Tabla 19. Producciones argumentativas de los estudiantes ante la pregunta 3 de la evaluación final.

Estudiante	<p align="center">Pregunta 3</p> <p>Estás en el laboratorio de química y quieres determinar el valor de la densidad de un aceite de coco que acabas de comprar y compararlo con la densidad del aceite de cocina que se calculó en el laboratorio. Para eso, cuentas con los siguientes elementos:</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  Probeta </div> <div style="text-align: center;">  Regla </div> <div style="text-align: center;">  Balanza </div> <div style="text-align: center;">  Jeringa </div> </div> <p>¿Cuáles de ellos utilizarías para llevar a cabo tu práctica en el laboratorio? Argumenta tu respuesta</p>	<p align="center">Características Erduran (2004)</p>	NIVEL
E₁	<i>La probeta sería la mas adecuada porque se vería en orden ambos aceites</i>	Identificación de datos, conclusiones y justificación.	3
E₂	<i>La balanza y la probeta para medir lo</i>	Identificación de datos y conclusión.	2

	<i>necesario según</i>		
E₃	<p><i>Primero que todo tendría que medir el volumen del aceite, eso se puede hacer con la jeringa o con la probeta pero como la jeringa es muy liviana después no lograría pesar mucho, en ese caso propondría la probeta para medir el volumen del aceite.</i></p> <p><i>Y necesitaría la balanza porque la densidad requiere masa en la balanza y volumen en sus respectivas medidas (J). En conclusión los instrumentos que escogería serían la balanza y la probeta (C)</i></p>	Identificación de datos, conclusiones y justificación.	3
E₄	<p><i>Primero hay que decir que cuento con dos formas y para distintamente cada una se necesitaría un instrumento o un par de instrumentos diferentes:</i></p> <p><i>Una es usando la balanza (C) para saber una masa, la masa del aceite que es igual al total menos el del recipiente (J). Y la probeta (C) que es el recipiente que mantendría el líquido (J). luego en este procedimiento se hace una división como se muestra en la fórmula:</i></p> $D = \frac{m}{v} (R)$ <p><i>Otra forma es comparando el aceite de coco con el aceite de cocina en una sola probeta (C₁) como se procedió con los tres líquidos en el laboratorio (R). Esto se hace para observar cual flota y como es conocida la densidad de uno de los aceites entonces se sabría cual es más o menos denso (J). El problema con este punto es que así no se podría tener un valor de la densidad muy puntual sino uno mayor o menor (E)</i></p>	Identificación de datos, conclusiones, justificación(es), respaldo(s) y contraargumento(s).	5
E₅	<i>Usaría la probeta y la balanza (C) pa ver cual es el menos denso si queda arriba o abajo (J)</i>	Identificación de datos, conclusiones y justificación.	3
E₆	<i>Yo utilizaría el peso y la probeta (C) porque de acuerdo a lo que se dio en clase para obtener la densidad de un líquido como ejemplo el aceite tenemos que acudir a realizar una operación matemática que es la división de la masa de un objeto y el volumen que el mismo ocupa (R). Entonces se necesita el peso para tener la masa y la probeta sirve para el volumen (J).</i>	Identificación de datos, conclusión y justificación. Haciendo uso de cualificadores o respaldo.	4

(D) Datos (C) Conclusión (J) Justificación (R) Respaldo (M) Cualificador modal (E) Contraargumento

Fuente: elaboración propia.

En este punto, los estudiantes E₁ y E₅ arrojan un argumento de nivel 3 que contiene una conclusión a partir de los datos suministrados y, al parecer, tratan de explicar cómo podrían

determinar un valor (aproximado según su propuesta) para la densidad del aceite de coco por el método de la columna de densidades. Una vez más, se cita a Tamayo (2011), quien menciona que un argumento de nivel 3 contiene al menos datos, conclusión y justificación, pero ello no es garantía que el argumento planteado sea fuerte o de alta calidad. Este es el caso de los estudiantes E₁ y E₅ que, a pesar de incorporar los tres elementos que comprende un nivel 3 de argumentación, necesitan ser orientados en la diferenciación clara de datos, conclusión y justificación y, además fortalecer el desarrollo en la explicación de fenómenos cotidianos haciendo uso de conceptos construidos.

El argumento del estudiante E₆ es ubicado en el nivel 4 considerando la presencia de datos, conclusión, justificación y respaldo. El fundamento al que hace referencia el estudiante es catalogado como de autoridad, teniendo en cuenta que menciona un planteamiento matemático, cuya aplicación y demostración fue dada en clase.

Con respecto a la producción textual del estudiante E₄, se indica fue analizado como dos argumentos. El primero, que constituye un argumento de nivel 4 pues contiene un respaldo de autoridad al referenciar la fórmula matemática de densidad para fundamentar su justificación. El segundo argumento, en el que propone una aseveración diferente, contiene un respaldo por analogía al recurrir al procedimiento realizado en el laboratorio como fundamento para su justificación. El conjunto de estos dos argumentos es ubicado en el nivel 5 teniendo en cuenta que al final del texto argumentativo del estudiante, aparece una refutación o contraargumento por medio del cual da a entender al lector que su primera aseveración es una mejor decisión. De acuerdo a Erduran, un argumento de nivel 5 contiene en su estructura datos, conclusión, justificación, respaldo o cualificadores modales y contraargumentos.

Tabla 20. Producciones argumentativas de los estudiantes ante la pregunta 4 de la evaluación final.

Estudiante	Pregunta 4 Un fabricante de calzado tiene como encargo la confección de 250 pares de zapatos para deportistas de alto rendimiento. Una especificación del cliente, es que el calzado sea liviano para no repercutir en la fatiga muscular del deportista y, que garantice amortiguación en los saltos (D). Para esto, el fabricante decide incorporar cámaras de aire en las suelas de los zapatos. ¿Consideras correcta la decisión del fabricante para cumplir con lo requerido? Explica tu respuesta.	Características Erduran (2004)	NIVEL
E₁	<i>Si porque las camaras de aire hace que la suela del zapato sea mas liviana y no repercute en la fatiga muscular de los deportistas.</i>	Descripción simple de los datos.	1
E₂	<i>Si porque al poner cámara de aire en la suela del zapato tiene una mayor amortiguación y ligeresa. Y asi no fatiga a los deportistas.</i>	Descripción simple de los datos.	1
E₃	<i>Si, si lo concidero correcto (C) ya que en la cámara de aire debería contener menos densidad que si fuera otro material normal macizo (J) lo cual seria mas liviano y complacer al comprador.</i>	Identificación de datos, conclusiones y justificación.	3
E₄	<i>Si considero correcta la decisión (C) ya que al agregar camaras de aire en las suelas de los zapatos se genera una separación entre las moléculas (R) y hace que tenga menor densidad (J) por lo tanto es mas liviano. El aire contenido funcionaria como una almohadilla invisible.</i>	Identificación de datos, conclusión y justificación. Haciendo uso de cualificadores o respaldo.	4
E₅	<i>Si porque las camaras de aire ayuda a que el zapato este mas amortiguado para asi proteja sus tendones y no tenga ningún problema al caer</i>	Descripción simple de los datos.	1
E₆	<i>Estoy de acuerdo con que el fabricante (C), porque al integrar las camaras de aire en los zapatos, ya que el aire es menos denso y pesa menos que cualquier otro material solido (J), por ejemplo el caucho (R), el deportista tendría unos zapatos mas ligeros.</i>	Identificación de datos, conclusión y justificación. Haciendo uso de cualificadores o respaldo.	4

(D) Datos (C) Conclusión (J) Justificación (R) Respaldo (M) Cualificador modal (E) Contraargumento

Fuente: elaboración propia.

Frente a esta pregunta, la mitad de la muestra analizada arroja un argumento de nivel 1, en el que los estudiantes no logran extraer los datos para dar una conclusión y para suplir la demanda de la pregunta, recurren a un repaso de la información en el planteamiento del problema.

A su vez, los estudiantes E₃, E₄ y E₆ producen argumentos en los que llegan a una aseveración, considerando el concepto de densidad como una herramienta para solucionar preguntas cotidianas, manejando los constructos en ciencias. Los argumentos de los estudiantes E₄ y E₆ son ubicados en el nivel 4 teniendo en cuenta que en la estructura de sus argumentos están presentes los elementos de respaldo a sus explicaciones.

Tabla 21. Producciones argumentativas de los estudiantes ante la pregunta 5 de la evaluación final.

Estudiante	Pregunta 5 Considerando las altas temperaturas en tu salón de clase, el consejo directivo del colegio ha entregado dos extractores de aire y tres ventiladores para mejorar el ambiente físico del aula. ¿De qué manera propondrías ubicar cada uno de estos elementos en el aula de clase? Ten en cuenta también, el espacio entre el cielo raso y el techo. Recuerda ser explícito en tu respuesta.	Características Erduran (2004)	NIVEL
E₁	<i>Sería ubicar un extractor de aire en la parte de principal y el otro en la externa cada uno con un ventilador apuntándolo</i>	Identificación de datos y conclusión.	2
E₂	<i>Pues creo que con otro ventilador así se reduce un poco el calor y con los dos en medio pues se puede mantener fresco el aula de clase (C)</i>	Identificación de datos y conclusión.	2
E₃	<i>Una forma es tomando el aire desde los calados donde trascurre un aire más fresco (J) los ventiladores desde los calados hacia adentro (C) Los extractores se pondría de igual forma hacia afuera (C) para sacar el aire caliente (J) sin que crucen las dos corrientes</i>	Identificación de datos, conclusiones y justificación.	3
E₄	<i>En realidad propondría ubicar antes que nada los extractores en el cielo raso (C) pues es donde estaría la mayor parte de calor (J) porque se recibe la radiación del sol directo (R). Esos extractores deben ubicarse hacia afuera del colegio ya que hacia adentro aumentaría el calor a otros salones. Además los ventiladores se pondrían equitativamente en el salón para repartir a todos los estudiantes.</i>	Identificación de datos, conclusión y justificación. Haciendo uso de calificadores o respaldo.	4
E₅	<i>Sería poner los ventiladores atrás del salón y los extractores en la parte de adelante (C) y así tendríamos que dar las clase normalmente.</i>	Identificación de datos y conclusión.	2

E ₆	<i>Considero que seria mas conveniente colocar los extractores en los lugares donde se concentra el aire caliente, ya que la densidad disminuye cuando aumenta la temperatura supongo que el aire caliente se elevara y se concentrara cerca del cielo razo por lo cual los extractores deberían colocarse por encima de los ventiladores y estos en la parte baja del salón</i>	Identificación de datos, conclusión y justificación. Haciendo uso de cualificadores o respaldo.	4
----------------	--	--	---

(D) Datos (C) Conclusión (J) Justificación (R) Respaldo (M) Cualificador modal (E) Contraargumento

Fuente: elaboración propia.

El estudiante E₄ arroja un argumento que contiene en su estructura un respaldo acerca de las causas, donde el fundamento que apoya la justificación explica la causa, en este caso la radiación emitida por el sol, y los efectos, la mayor concentración de calor en la parte superior del salón de clase. De acuerdo a Weston (2006), un buen argumento no apela únicamente a la correlación entre causas y efectos sino hace explícito el sentido de estas dos y recomienda, además, recurrir a las explicaciones de mejor fundamento como las que constituyen las Ciencias Naturales. El estudiante E₄ toma un fundamento constituido en las Ciencias Naturales y lo hace explícito, debido a esto, su argumento se ubica en el nivel 4.

Otro argumento ubicado en el nivel 4 es el producido por el estudiante E₆ que, respalda su garantía a través de uno de los principios teóricos vistos en clase. Una vez más, debe hacerse la advertencia del deber de quien argumenta de citar los principios teóricos referenciados. Sólo el estudiante E₆ tomó en consideración la concentración de aire caliente en la parte superior del salón de clase debido a su baja densidad, para su aseveración. Los otros estudiantes dieron respuesta a la pregunta, algunos desde razones válidas desde la ciencia no relacionados con el tema central de aprendizaje, y otros desde el saber y la práctica común.

La siguiente tabla muestra el proceso de argumentación de los estudiantes antes, durante y después de la intervención didáctica.

Tabla 22. Niveles de las producciones argumentativas en cada uno de los momentos

Nivel Estudiante	Antes	Durante	Después
E ₁	2	2	2
E ₂	2	3	2
E ₃	3	3	3
E ₄	3	4	4
E ₅	1	2	2
E ₆	3	3	4

Fuente: elaboración propia.

De acuerdo a los resultados, se puede observar la movilización del estudiante E₅ del nivel 1 al nivel 2, en el que deja de lado la simple descripción de datos y vivencias para comenzar a usar un lenguaje propio mientras atiende a las demandas argumentativas con una proposición. Durante el proceso se observó, además, el logro de algunas producciones argumentativas de nivel 3, en el que buscaba dar explicación a las aseveraciones que arrojaba. Dichas justificaciones, para tales casos, fueron aceptadas teniendo en cuenta que se acercaron a los referentes teóricos para dar explicación a sus conclusiones. Aun así, a partir del análisis de los argumentos de este estudiante, se ubicó en el nivel 2 que es en el que incurría con mayor frecuencia.

En cuanto a los estudiantes E₁ y E₂, puede observarse que se mantuvieron en el mismo nivel. En el caso del estudiante E₂ hubo una movilización del nivel 2 al nivel 3 en el momento de la intervención didáctica y, al momento de la evaluación final retrocedió al nivel 2 de argumentación. Esto pudo deberse a la constante retroalimentación durante los ejercicios del momento 2 y al entorno dialogante en el que dichas actividades fueron desarrolladas, lo que pudo aportar a su desenvolvimiento en la argumentación de respuestas. Según Anijovich & González, 2011 y Alonso, Gil & Torregrosa, 1996, la retroalimentación en el aula contribuye al desarrollo de habilidades del pensamiento crítico, marco de la argumentación, y a la construcción de conceptos. Así mismo, Jorba, 2000 y Sanmartí & Tamayo, 2005, reflexionan sobre la

argumentación como instrumento para el desarrollo conceptual y para lo cual, es necesario hacer apertura de espacios para la promoción de habilidades argumentativas en el aula.

Los argumentos del estudiante E₃ se mantuvieron ubicados en el nivel 3. Dichas producciones comprenden, según Erduran (2004), datos, conclusión y justificación. A pesar que no hubo movilización de un nivel a otro para sus argumentos, se observó una extensión en el cuerpo de sus producciones textuales y la incorporación de justificaciones procedentes de referentes teóricos aprendidos a través de la intervención didáctica. Esto pudo deberse al reconocimiento de lo que le demandaba cada una de las actividades, haciendo que el estudiante enriqueciera sus argumentos para obtener mejores productos.

Finalmente, los argumentos de los estudiantes E₄ y E₆ han mostrado una movilización desde el nivel 3 hasta el nivel 4 en donde incorporan a sus producciones argumentativas un respaldo como fundamento a sus justificaciones. En los argumentos de estos estudiantes se encontraron respaldos mediante ejemplos, por analogía, de autoridad y acerca de las causas. Los respaldos en los argumentos de los estudiantes permiten explorar los desarrollos conceptuales que han podido darse en su proceso de aprendizaje (Tamayo, 2011).

La movilización de los argumentos de los estudiantes de un nivel inferior a uno superior a través de la intervención didáctica, así como el enriquecimiento de los argumentos (caso del estudiante E₃), demuestra la importancia del jalonamiento desde las clases de ciencias para el desarrollo de las habilidades cognitivo-lingüísticas de los individuos. Con respecto a esto, De Zubiría (2006) menciona que, en aras de lograr un desarrollo en los individuos ha de partirse desde el lugar en que estos se encuentran y enfocar un poco delante de ellos la acción educativa, esto, haciendo alusión al concepto vigotskiano de la zona de desarrollo potencial.

De forma general, en análisis de los datos en la fase final de la investigación arrojó que tres de los seis estudiantes analizados han sido ubicados en un nivel superior al que empezaron y los otros tres se mantuvieron en el inicial. En cuanto al total de los argumentos, los que se encuentran en mayor frecuencia son los de los niveles 2, 3 y 4.

En cuanto al concepto de aprendizaje, se encontró que los estudiantes establecen de forma correcta una relación entre la densidad, masa y volumen. Así mismo, se aprecia en los

argumentos, la consideración de la influencia de la temperatura sobre la densidad y el efecto que esta tiene sobre el volumen de las sustancias. También se evidenció la consideración de la densidad como una propiedad característica de la materia y la relación entre la densidad y la flotación.

9. CONCLUSIONES

se logró, a través del instrumento de indagación, identificar los niveles de argumentación de los productos iniciales de los estudiantes, siendo los de mayor frecuencia el 1, 2 y 3.

Con respecto al concepto de aprendizaje, se apreció en los argumentos iniciales la no consideración de la densidad como propiedad específica de la materia y la ausencia de fundamentos de la teoría cinético-molecular como apoyo a sus aseveraciones.

Se logró promover los procesos argumentativos en los estudiantes, mediante las actividades planteadas en la unidad didáctica alrededor del concepto de densidad, arrojando una movilización a niveles superiores de algunos estudiantes analizados a medida del avance de la intervención en el aula, incorporado justificaciones y respaldos a sus argumentos. A pesar que la otra mitad de estudiantes no logró un avance en los niveles de argumentación, arrojaron algunas producciones argumentativas de niveles superiores al que fueron ubicados.

Con respecto al concepto de aprendizaje, a través de la unidad didáctica se logró que los estudiantes se apropiaran de nuevos conceptos y explicaciones que integraron a sus producciones argumentativas para responder a las actividades planteadas.

Se logró identificar los niveles de argumentación de las producciones de los estudiantes al final de la intervención didáctica, siendo los de mayor frecuencia el 2, 3 y 4.

Con respecto al concepto de aprendizaje, se encontró en los argumentos finales la consideración de la densidad como propiedad específica de la materia, la relación establecida entre densidad, masa y volumen y la aparición de fundamentos de la teoría cinético-molecular como apoyo a sus aseveraciones.

10. RECOMENDACIONES

Tener en consideración para el diseño de las actividades en clase de ciencias diferentes elementos como la regulación del aprendizaje a través de la retroalimentación, la contextualización del contenido curricular al entorno del alumno, las actividades experimentales que le permitan al alumno alimentar su entramado conceptual por medio de la exploración y un espacio dialogante en el que el alumno tenga la posibilidad de organizar y hacer explícitas sus ideas.

Es importante, en aras de suscitar la producción de argumentos de niveles superior, crear o plantear situaciones controversiales que permitan al estudiante expresar contraargumentos fundamentados en referentes teóricos frente a otras aseveraciones.

Es necesario hacer actividades de desarrollo de la argumentación en estudiantes desde todas las áreas curriculares y durante periodos más largos, que puedan promover y fortalecer los niveles argumentativos de los estudiantes, incorporando elementos cognitivos y estructurales que den fuerza a sus aseveraciones.

11. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alonso, M., Gil, D. & Martínez-Torregrosa, J. (1996). Evaluar no es calificar. La evaluación y la calificación en una enseñanza constructivista de las ciencias. *Investigación en la Escuela*, 30, 15-26
- Anijovich, R. & González, C. (2011). Evaluar para aprender. Conceptos e Instrumentos. Buenos Aires: AIQUE Educación
- Baptista, P., Fernández, C. & Hernández, R. (2014). Metodología de la Investigación. México D.F., México: McGraw Hill.
- Buitrago, A., Mejía, N. & Hernández, R. (2013). La argumentación: de la retórica a la enseñanza de las ciencias. *Innovación educativa (Méx. DF)*, 13(63), 17-39. Recuperado de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1665-26732013000300003 el 26 de julio de 2016
- Bullejos, J., Hierrezuelo, J., Molina, E. & Prieto, T. (1994). Análisis de una prueba de evaluación de una unidad didáctica sobre las propiedades físicas de la materia, dirigida a alumnos de doce a trece años. *Revista de Educación*,(305), 395-428.
- Bullejos, J. & Sampedro, C. (1990). Diferenciación de los conceptos de masa, volumen y densidad en alumnos de BUP, mediante estrategias de cambio conceptual y metodológico. *Enseñanza de las Ciencias*, 8(1), 31-36.
- Cappelletti, S. & Fuhr, A. (2015). La enseñanza del concepto de Materia y sus propiedades en 1° año de Educación Secundaria. Escuela Nacional Adolfo Pérez Esquivel. En Pinna, A. & Delbueno, S. (Ed), *Formación docente, investigación educativa y enseñanza de las ciencias: complejidades y desafíos*. Buenos Aires: Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires.
- Chang, R. 2010. *Química*. México D. F., México: McGraw-Hill

- Custodio, E. & Sanmartí, N. (2005). Mejorar el aprendizaje en la clase de ciencias aprendiendo a escribir justificaciones. *Enseñanza de las Ciencias. Número extra* (VII Congreso), 1-6.
- Gómez, M., Gutiérrez, S & Pozo, J. (2004). Enseñando a comprender la naturaleza de la materia: el diálogo entre la química y nuestros sentidos. *Educación Química. 15*(3), 198-209.
- De Zubiría, J. (2006). *Los modelos pedagógicos. Hacia una pedagogía dialogante*. Bogotá: Cooperativa Editorial Magisterio.
- Erduran, S.; Simon, S. & Osborne, J. (2004). Tapping into argumentation: Developments in the application of Toulmin`s argument pattern for studying science discourse. *Science Education. 6*(88), 915-933.
- Facione, P. (1990). *Critical thinking: A statement of expert consensus for purposes of educational assessment and instruction*. California: The California Academic Press.
- Janik, A.; Rieke, R. & Toulmin, S. (1984). *An Introduction to Reasoning*. Estados Unidos de América: Macmillan, Inc.
- Jaramillo, A. (2017). *Desarrollo de habilidades argumentativas a partir de situaciones problema en el campo de las características y propiedades de los gases* (Tesis de maestría). Universidad Autónoma de Manizales. Manizales, Colombia.
- Jewett, J. & Serway, R. (2008). *Física para ciencias e ingeniería*. México: Cengage Learning Editores S.A. de C.V.
- Jorba, J. (2000). La comunicación y las habilidades cognitivo-lingüísticas. En Jorba, J., Gómez, I. & Prat, A. (Ed.), *Hablar y escribir para aprender. Uso de la lengua en situación de enseñanza-aprendizaje* (pp. 29-49). Barcelona: Editorial Síntesis.
- Kandel, E., Jessell, Th, Schwartz, J. (1996). *Neurociencia y conducta*. Prentice Hall
- López, G. (2013). Pensamiento crítico en el aula. Docencia e Investigación. *Revista de la Escuela Universitaria de Magisterio de Toledo. 37*(22), 41-60.
- Márquez, C. & Roca, M. (2006). Plantear preguntas: un punto de partida para aprender ciencias. *Revista Educación y Pedagogía. 18*(45), 61-77.

- Márquez, C., Ruiz, F. & Tamayo, O. (2015). La argumentación en clase de ciencias, un modelo para su enseñanza. *Educação e Pesquisa*, 42(3), 629-646.
- Merchán, Y. (2013). *Aprendizaje significativo de las propiedades físicas de la materia en alumno que ingresan a la universidad* (Tesis de maestría). Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia.
- Ministerio de Educación Nacional de la República de Colombia. (1998). *Ministerio de Educación Nacional de la República de Colombia*. Bogotá: Imprenta Nacional de Colombia. Recuperado de http://www.mineducacion.gov.co/1759/articles-339975_recurso_5.pdf el 6 de julio de 2016.
- Olaya, F. 2017. *Desarrollo de procesos argumentativos desde las prácticas de laboratorio sobre reacciones químicas* (Tesis de maestría). Universidad Autónoma de Manizales. Manizales, Colombia.
- Orrego, M., Ruiz, F. & Tamayo, O. (2016). *Unidades didácticas para la enseñanza de las ciencias*. Manizales, Colombia: Editorial Universidad Autónoma de Manizales.
- Raviolo, A., Moscato, M. & Schnersch, A. (2005). Enseñanza del concepto de densidad a través de un modelo analógico. *Revista de Enseñanza de la Física*. 18(2), 93-103.
- Restrepo de Mejía, F. (2017). Segunda videoconferencia del Seminario de Ciencias Cognitivas. En el programa de Maestría en Enseñanza de las Ciencias. Universidad Autónoma de Manizales. Manizales, Colombia.
- Sanmartí, P. & Tamayo, O. (2005). Características del discurso escrito de los estudiantes en clases de ciencias. *Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales, Niñez y Juventud*, 3(2). Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=77330203> el 16 de mayo de 2018.
- Sardà, J. & Sanmartí, P. (2000). Enseñar a argumentar científicamente: Un reto de las clases de ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 18(3), 405-422. Recuperado de <http://ddd.uab.cat/pub/edlc/02124521v18n3/02124521v18n3p405.pdf> el 2 de julio de 2016.
- Tamayo, O. (2011). La argumentación como constituyente del pensamiento crítico en niños. *Hallazgos*, 9(17), 211-233.

- Tamayo, O. & Sanmartí, N. (2005). Características del discurso de los estudiantes en clases de ciencias. *Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales, Niñez y Juventud*. 3(2).
- Toulmin, S. (2007). *Los usos de la argumentación*. Barcelona, España: Ediciones Península.
- Weston, A. (2006). *Las claves de la argumentación*. Barcelona: Editorial Ariel, S.A.

12. ANEXOS

Anexo 1. Instrumentos de recolección de datos.

INSTRUMENTO DE INDAGACIÓN DE IDEAS PREVIAS

1. La siguiente imagen muestra un cubo de icopor y un cubo de jabón, cada uno sobre una balanza.



Icopor

Jabón

Argumenta por qué los dos cubos presentan tamaños diferentes a pesar de tener la misma masa.

2. De los siguientes elementos, ¿cuáles utilizarías para determinar el volumen de un objeto irregular, como una piedra? ¿cuáles para determinar el volumen de un sólido de forma regular, como un cubo? Y, ¿cuáles para determinar el volumen de un líquido? Argumenta tu respuesta.



Probeta



Regla



Balanza



Jeringa



Termómetro

- 3.** Un estudiante realiza el siguiente experimento:
Toma dos vasos iguales, el primero lo llena de alcohol hasta 5 ml y el segundo lo llena con agua hasta 5 ml. Después toma dos velas idénticas y añade una a cada vaso como se muestra en la imagen.



El estudiante observa que la vela se sumerge en el vaso que contiene alcohol, pero la vela que está en el vaso con agua, flota.

¿Por qué crees que ocurre este fenómeno?

Imagen tomada de: <http://www.middleschoolchemistry.com/espanol/capitulo3/leccion5/>

Argumenta tu respuesta.

- 4.** Se desea determinar la masa y el volumen de 3 sustancias diferentes en un experimento.

¿Cuál o cuáles son los formatos de tabla más adecuado para registrar los datos obtenidos?

Argumenta tu respuesta.

A.

	Volumen 1	Volumen 2	Volumen3
Masa 1			
Masa 2			
Masa 3			

B.

	Masa	Volumen
Sustancia 1		
Sustancia 2		
Sustancia 3		

C.

	Sustancia 1		Sustancia 2		Sustancia 3	
	Masa	Volumen	Masa	Volumen	Masa	Volumen
Sustancia 1						
Sustancia 2						
Sustancia 3						



Realiza la siguiente lectura y responde las preguntas 5 a 7.

Arquímedes y la corona del rey Hierón

(Texto tomado de: Isaac Asimov: Movimientos estelares de la Ciencia. Alianza Editorial)

Hace muchos años vivió un hombre llamado Arquímedes, que hizo algo que nadie hasta entonces había hecho; aplicar la ciencia a los problemas de la vida práctica, de la vida cotidiana. Nació en Siracusa, una ciudad de Sicilia aproximadamente en el año 287 a.C.

Hubo en aquella época un rey llamado Hierón y cierto orfebre le había fabricado una corona de oro. El rey no estaba muy seguro de que el artesano hubiese obrado rectamente, podría haberse guardado parte del oro que le habían entregado y haberlo sustituido por plata o cobre. Así que Hierón encargó a Arquímedes averiguar si la corona era de oro puro, sin estropearla.

Arquímedes no sabía qué hacer. El cobre y la plata eran más ligeros que el oro. Si el orfebre hubiese añadido cualquiera de estos metales a la corona, ocuparían un espacio mayor que el de un peso equivalente de oro. Conociendo el volumen de la corona podría contestar a Hierón. Lo que no sabía era cómo hacerlo sin causar daño a la corona.

Arquímedes siguió dando vueltas al problema en los baños públicos, suspirando probablemente con resignación mientras se sumergía en una tinaja llena y observaba cómo reposaba el agua. De pronto se puso en pie como impulsado por un resorte: se había dado cuenta de que su cuerpo desplazaba agua fuera de la bañera. El volumen de agua desplazado tenía que ser igual al volumen de su cuerpo. Para averiguar el volumen de cualquier cosa basta con medir el volumen de agua que desplazaba. ¡Era un golpe de intuición, había descubierto el principio del desplazamiento!

Arquímedes no pudo esperar: saltó de la bañera y, desnudo y empapado, salió a la calle y corrió a casa, gritando una y otra vez: “lo encontré, lo



encontré”. Sólo que, en griego, claro está: “Eureka Eureka” Y esta palabra se utiliza todavía hoy para anunciar un descubrimiento feliz.

Llenó de agua un recipiente, metió la corona y midió el volumen de agua desplazada. Luego hizo lo mismo con un peso igual de oro puro; el volumen desplazado era menor.

Conoce el desenlace de este relato al finalizar la clase. Primero, responde las siguientes preguntas:

- 5.** ¿Por qué crees que Arquímedes pensaba que otros metales ocupaban más espacio que el oro?
- 6.** ¿Si el rey hubiese accedido a fundir la corona, de qué otra forma habría podido Arquímedes determinar el volumen de esta? Argumenta tu respuesta.
- 7.** ¿Cuál fue la conclusión a la que debió haber llegado Arquímedes al realizar la prueba con la corona y el oro puro? Explica tu respuesta.

Una vez resueltas las preguntas planteadas, se cuenta a los estudiantes el final de la historia:

Entonces Arquímedes llenó de agua un recipiente, metió la corona y midió el volumen de agua desplazada. Luego hizo lo mismo con un peso igual de oro puro; el volumen desplazado era menor. El oro de la corona había sido mezclado con un metal más ligero, lo cual le daba un volumen mayor y hacía que la cantidad de agua que rebosaba fuese más grande. El rey ordenó ejecutar al orfebre.

Arquímedes jamás pudo ignorar el desafío de un problema, ni siquiera a edad avanzada. Demostró que era posible aplicar una mentalidad científica a los problemas de la vida cotidiana y que de un problema práctico se puede llegar a un principio científico. Hoy en día creemos que el gran deber de la ciencia es “comprender” el universo, pero también mejorar las condiciones de vida de la humanidad en cualquier rincón de la tierra.

INTERVENCIÓN DIDÁCTICA

Se realiza una homogeneización de los conceptos *masa* y *volumen*, teniendo en cuenta que algunos alumnos presentan ideas no correspondientes con lo planteado por la disciplina científica. Se mencionan los diferentes instrumentos que pueden emplearse para la determinación de estas dos propiedades extrínsecas y se hace un repaso de las unidades en las que estas se pueden expresar. Se hace retroalimentación de las preguntas 2, 4 y 6 del instrumento de indagación de ideas previas.

Construcción del concepto densidad

Se realiza un pequeño experimento en el que se toma una tajada de pan, se cortan sus bordes y se pesa en una balanza digital. Los estudiantes toman nota del valor de la masa inicial y se les pide realizar una representación gráfica de lo realizado. Posteriormente, se toma la tajada que se pesó y se le aplica presión con las manos para formar una masa más pequeña. Esta masa es pesada en la balanza digital y los estudiantes verifican que el valor leído es el mismo de la rodaja antes de cambiar su forma y tamaño.

A partir de este pequeño experimento, se hacen las siguientes preguntas a los estudiantes:

- 1.** ¿Qué cambios observaste en la tajada de pan?
- 2.** Imagina que puedes ver las moléculas de la tajada de pan y realiza una representación gráfica de ellas antes y después de cambiar su forma y volumen.

Se incorpora en este momento el término de densidad y se explica la representación matemática de este. Posteriormente, se pide a los estudiantes que expliquen si lo observado en el experimento cumple con el modelo matemático planteado:

- 3.** ¿Consideras que la expresión matemática vista en clase modela el ejercicio con la tajada de pan? Explica tu respuesta.

- 4.** Si quisieras calcular el valor de la densidad de algún objeto, ¿qué instrumentos utilizarías? Argumenta tu respuesta.

Se realiza *retroalimentación* de las anteriores preguntas y de la 1, 5 y 7 del instrumento de indagación de ideas previas.

Densidad y flotación

Este momento tiene como objetivo que los estudiantes reflexionen con respecto a la relación que existe entre la densidad de una sustancia y la flotación de esta cuando se tiene una mezcla. Además, el afianzamiento de habilidades con algunos instrumentos de medición. Este momento de la intervención didáctica se realiza en grupos pequeños y se hace recolección de datos a través de producciones escritas de los estudiantes.

Una vez aprendido el concepto de densidad y la forma en que matemáticamente es expresada, realiza el siguiente procedimiento para determinar la densidad de algunas sustancias.

Los elementos que vas a utilizar son:

- Picnómetro
- Balanza
- Probeta
- borrador de nata
- Regla
- Agua
- Miel
- Aceite
- Trozo de vela y de

Determinación de densidad de líquidos

Recuerden que la densidad de una sustancia es igual a su masa dividida en su volumen. Entonces, para calcular la densidad de un líquido, habrá de medirse la *masa* de una muestra tomada de este y dividir este valor entre el espacio que el mismo ocupa, es decir, su *volumen*.

Para el procedimiento de determinación de densidad de líquidos, sigue los siguientes pasos sugeridos:

- I. Tomen el picnómetro vacío y llévalo a la balanza, registren el valor leído.
- II. Ahora llenen el picnómetro con *agua* hasta rebosar e inmediatamente ajústense la tapa. Observarán que saldrá un pequeño chorro por el orificio de la tapa.
- III. Sequen con un paño el exterior del picnómetro y vuélvano a llevar a la balanza. Registren el nuevo valor leído.
Con los datos previamente obtenidos pueden calcular la *masa* de la muestra del líquido analizado.
- IV. Para determinar el *volumen* de la muestra del líquido basta con leer la calibración que está señalada en el picnómetro.
- V. Para calcular la densidad del líquido, basta con tomar el valor de masa obtenido y dividirlo entre el volumen medido, de acuerdo a la ecuación matemática aprendida, $D = \frac{m}{V}$
- VI. Repitan todo el procedimiento para determinar la densidad de la miel y el aceite.



5. Una vez realizado el procedimiento para la determinación de la densidad de los tres líquidos, registren en la tabla los datos obtenidos.

<i>TABLA 1</i>	Masa picnómetro vacío (g)	Masa picnómetro lleno (g)	Masa de la sustancia (g) $M = M_{\text{lleno}} - M_{\text{vacío}}$	Volumen de la sustancia (ml)	Densidad de la sustancia (g/ml) $D = \frac{m}{V}$
Sustancia 1					
Sustancia 2					
Sustancia 3					

6. A continuación, tomen 10 ml de cada uno de los líquidos y agreguen cada una de las muestras a una misma probeta. Dibujen la mezcla resultante y expliquen qué relación puede haber entre la flotabilidad de una sustancia y su densidad.
7. Tomen el trozo de vela y el trozo de borrador y llévenlos a la balanza. Registren el valor de su masa. A continuación, agreguen cada uno de estos sólidos a la mezcla que reposa en la probeta. Dibujen la nueva mezcla resultante y a partir de esta información obtenida, deduzcan qué valores podrá tener la densidad de cada uno de los sólidos (el trozo de borrador y el trozo de vela). Expliquen su deducción.
8. Finalmente, comparen los valores de densidad que infirieron en el punto anterior con los valores que les da la profesora. Estos valores han sido previamente determinados de forma experimental. Al comparar, constaten si acertaron en su inferencia.

Constantemente, se realiza retroalimentación para guiar la construcción del entramado conceptual alrededor del concepto de densidad, incluyendo la pregunta número 3 del *instrumento de indagación de ideas previas* y se señalan correcciones y oportunidades de mejora en las producciones argumentativas de los estudiantes.

Densidad y temperatura

Una vez determinada la relación entre densidad y flotabilidad de algunas sustancias de forma experimental, se procede al siguiente momento que tiene como objetivo el que los estudiantes encuentren la relación existente entre un aumento o descenso de temperatura y la densidad de la materia. Para esto, se muestra el primer fragmento del siguiente video:

<https://www.youtube.com/watch?v=RvFcmFu4heQ>



En el video se muestra cómo al mezclar agua a alta temperatura (en color rojo) con agua a baja temperatura (en color azul), se logra apreciar una separación entre ellas, quedando en la parte superior aquella con mayor temperatura y abajo la que tiene menor temperatura.

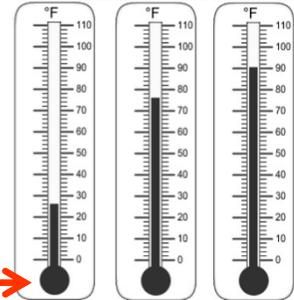
A partir de la información del video se plantean los siguientes interrogantes a los estudiantes:

- 9.** ¿Cómo explicas el fenómeno mostrado en el video? Recuerda lo que has aprendido en torno a la densidad.

Una vez hayan respondido a este cuestionamiento, se explica a los estudiantes cómo varía el movimiento de las moléculas de la materia de acuerdo a la temperatura a la que es sometida. Seguidamente, se pregunta a los alumnos:

10. ¿Cómo crees que cambia la densidad de una sustancia al variar la temperatura a la que es sometida? Explica tu respuesta.

11. El termómetro de mercurio es un instrumento para medir la temperatura de diferentes sistemas (cuerpo humano, un recinto, una sustancia). Este consta de un bulbo en el que hay una cantidad de mercurio, que es un metal líquido a temperatura ambiente, y este sube por un tubo de vidrio a medida que la temperatura del sistema va aumentando. **bulbo** →



Explica el comportamiento de este metal líquido, teniendo en cuenta lo aprendido.

Instrumento de Evaluación Final

Como instrumento de evaluación final de la intervención didáctica, se les plantea a los estudiantes unos cuestionamientos que están relacionados con la densidad de la materia y a partir de los cuales, ellos tengan el espacio y para realizar producciones argumentativas.

Para el primer planteamiento, se les ha pedido previamente a los estudiantes realicen un ejercicio en casa. Deben tomar una botella plástica de agua, no muy llena, y dejar que alcance la temperatura ambiente (28 a 30°C en Cartagena). Seguidamente, deben meter la botella en el congelador de la casa durante 10 minutos. Transcurrido ese tiempo, sacan la botella y deben tomar apuntes de lo observado. Con estos datos, podrán dar respuesta a la pregunta 1.

1. A partir del resultado que obtuviste del experimento en casa, describe el fenómeno que observaste y explica a qué pudo deberse lo ocurrido.
2. Cuando ocurre una fuga de gas metano (principal componente del gas natural o de cocina), se recomienda ubicarse cerca al suelo para evitar inhalar el gas. De acuerdo a lo aprendido, explica por qué se hace esta recomendación.

En la siguiente tabla se muestra el valor de la densidad para distintas sustancias.



Sustancia	Densidad (kg/m ³)
Gas metano (CH ₄)	0,717
Gas propano (C ₃ H ₈)	1,882
Gas butano (C ₄ H ₁₀)	2,5
Agua líquida	1,0
Aire	1,225

- 3.** Estás en el laboratorio de química quieres determinar la densidad de un aceite de coco que acabas de comprar y compararlo con el aceite de cocina. Para eso, cuentas con los siguientes elementos:



Probeta



Regla



Balanza



Jeringa



Termómetro

¿Cuáles de ellos utilizarías para llevar a cabo tu práctica en el laboratorio? Explica tu respuesta.

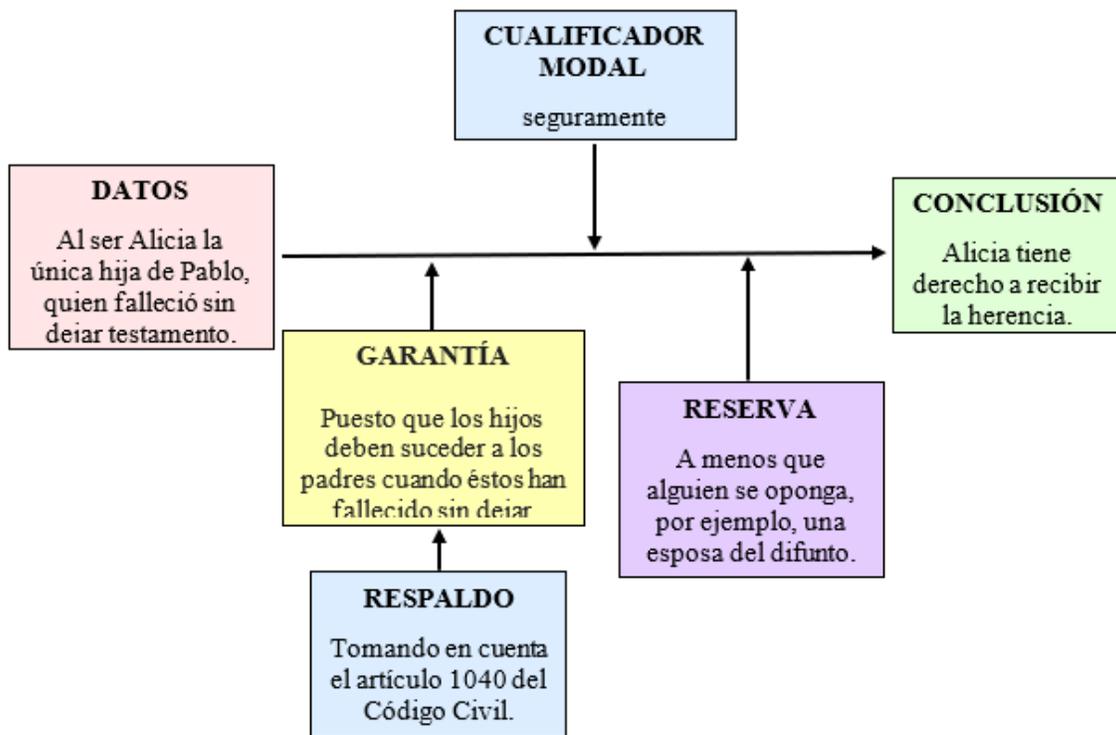
- 4.** Un fabricante de calzado tiene como encargo la confección de 250 pares de zapatos para deportistas de alto rendimiento. Una especificación del cliente, es que el calzado sea liviano para no repercutir en la fatiga muscular del deportista y, que garantice amortiguación en los saltos. Para esto, el fabricante decide incorporar cámaras de aire en las suelas de los zapatos. ¿Consideras correcta la decisión del fabricante para cumplir con lo requerido? Explica tu respuesta.



- 5.** Considerando las altas temperaturas en tu salón de clase, el consejo directivo del colegio ha entregado dos extractores de aire y tres ventiladores para mejorar el ambiente físico del aula. ¿De qué manera propondrías ubicar cada uno de estos elementos en el aula de clase? Ten en cuenta también, el espacio entre el cielo raso y el techo. Recuerda ser explícito en tu respuesta.

Anexo 2. Ejemplo de argumento

Las retroalimentaciones se hacen sobre el concepto que se está aprendiendo y sobre los elementos de un argumento. Para lo último, se recurre en varias ocasiones al siguiente argumento como ejemplo.



Tomado de: http://pac.ife.org.mx/debate_democratico/pensamiento_critico.html