



Desarrollo de la habilidad argumentativa, mediado por el diseño y aplicación de una unidad didáctica sobre modelos atómicos, en estudiantes de grado 7 de la Institución Educativa Agustín Nieto Caballero (Dosquebradas, Risaralda)

RENÉ MARÍN RODRÍGUEZ

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE MANIZALES

DEPARTAMENTO DE EDUCACIÓN

MAESTRÍA EN ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS

MANIZALES

2018

**Desarrollo de la habilidad argumentativa, mediado por el diseño y aplicación de una
unidad didáctica sobre modelos atómicos, en estudiantes de grado 7 de la Institución
Educativa Agustín Nieto Caballero (Dosquebradas, Risaralda)**

RENÉ MARÍN RODRÍGUEZ

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

Tutor

PhD WILMAN RICARDO HENAO GIRALDO

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE MANIZALES

DEPARTAMENTO DE EDUCACIÓN

MAESTRÍA EN ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS

MANIZALES

2018

DEDICATORIA

A mi madre, por enseñarme, con el ejemplo, el valor del trabajo duro, con el cual se alcanzan las metas propuestas.

A mi familia, por su incondicional apoyo y amor, siempre orgullosos de nuestros logros, y constante motivación.

AGRADECIMIENTOS

A los profesores, que compartieron conocimientos y experiencias en este proceso de formación, en especial a aquellos que se mostraron de manera disciplinada, humilde con sus saberes y amable en su trato.

A mi familia, siempre presentes y que de muchas formas me apoyan y alientan, con sus buenos deseos y acciones demostrándome su amor incondicional... cada uno a su manera.

A todas aquellas personas que directa o indirectamente contribuyen a mi formación académica, laboral y personal.

A la vida, y a cada persona que de una u otra forma han tocado mi corazón...

RESUMEN

Este es un informe de la investigación sobre el desarrollo de la argumentación científica escolar, como dimensión del pensamiento crítico, en estudiantes de grado séptimo de la Institución Educativa Agustín Nieto Caballero. Se buscó establecer la relación entre la argumentación y su desarrollo a través del diseño y aplicación de unidades didácticas en el campo específico de la química. Para la intervención didáctica se diseñó una unidad didáctica, sobre los modelos atómicos, con base en el modelo argumentativo de Toulmin, que fue incorporado explícitamente en cinco actividades promotoras de la argumentación, las cuales fueron aplicadas a 64 estudiantes. El análisis cualitativo de la información recolectada a través de la aplicación de un Pretest y Postest, permitió establecer los niveles argumentativos y la calidad de los argumentos, y fue realizado con 7 estudiantes. La caracterización de los niveles de argumentación permitió establecer que la mayoría de los estudiantes, presentan argumentos que estructuralmente se clasifican en el nivel 3, tanto en el Pretest como en el Postest. De igual manera se pudo establecer que los cambios en los niveles argumentativos se pueden evidenciar más fácilmente, cuando hay movimientos de niveles bajos al nivel 3, y cuando del nivel 3 los estudiantes se movilizan a niveles superiores. La calidad de los argumentos, entendida como funcionalidad de los mismos y cuya construcción de argumentos que cumplen con los criterios de forma, contenido y contexto, mejora en gran medida después de la intervención didáctica, intencionalmente diseñada bajo el modelo de argumentación científica escolar.

Palabras Clave: pensamiento crítico, argumentación, modelos atómicos, unidad didáctica, secundaria grado séptimo.

ABSTRACT

This is a report of the research about the development of school scientific argumentation, as a dimension of critical thinking, in seventh grade students of the Agustín Nieto Caballero - Educational Institution. The aim was to establish the relationship between argumentation and its development through the design and application of didactics units in the specific field of chemistry. For the didactic intervention a didactic unit was designed, on the atomic models, based on the Toulmin's argumentative model that was incorporated explicitly in five activities that promote the argumentation, which were applied to 64 students. The qualitative analysis of the information collected through the application of a pre and posttest, allowed to establish the argumentative levels and the quality of the arguments, and was carried out with 7 students. The characterization of the levels of argumentation made it possible to establish that the majority of students present arguments that are structurally classified in level 3, in both Pretest and Posttest. Likewise, it was established that changes in argumentative levels can be more easily evidenced, when there are movements from low levels to level 3, and when level 3 students move to higher levels. The quality of the arguments, understood as their functionality and whose construction of arguments that meet the criteria of form, content and context, greatly improves after the didactic intervention, intentionally designed under the school scientific argumentation model.

Keywords: critical thinking, argumentation, atomic models, didactic unit, seventh grade secondary.

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	12
CAPÍTULO 1	14
ÁREA PROBLEMÁTICA Y PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN.....	14
1.1 Planteamiento de problema	14
1.2 Pregunta de investigación.....	16
CAPÍTULO 2	18
JUSTIFICACIÓN	18
CAPÍTULO 3	20
OBJETIVOS	20
3.1 Objetivo general:	20
3.2 Objetivos específicos:	20
CAPÍTULO 4	21
REFERENTE TEÓRICO	21
4.1 Antecedentes	21
4.2 Pensamiento crítico	24
4.3 Argumentación	27
4.4 Calidad de los argumentos	35
4.5 Los modelos atómicos – Reseña histórica.....	39
CAPITULO 5	48
METODOLOGÍA.....	48
5.1 Metodología de la investigación	48
5.2 Contexto de la investigación	48
5.3 Diseño metodológico.....	49
5.4 Modelo de instrucción: La unidad didáctica	52
5.5 Descripción de las categorías de análisis	56
5.6 Instrumentos	61
5.7 Análisis de la información.....	67
CAPITULO 6	69
RESULTADOS	69

6.1 Resultados argumentación: Subcategoría niveles argumentativos.....	69
6.2 Resultados argumentación: Subcategoría calidad de los argumentos	71
CAPITULO 7	73
DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	73
7.1 Análisis categoría argumentación	73
7.2 Sobre los cambios en los conceptos relacionados con los modelos atómicos	85
CAPITULO 8	94
CONCLUSIONES.....	94
CAPITULO 9	96
RECOMENDACIONES	96
REFERENCIAS	98
ANEXOS	106

Lista de Tablas

	Pág.
Tabla 1 <i>Niveles de la argumentación</i>	32
Tabla 2 <i>Niveles para evaluar la calidad de la argumentación</i>	32
Tabla 3 <i>Niveles argumentativos propuestos para el trabajo</i>	34
Tabla 4 <i>Criterios para evaluar la calidad de los argumentos</i>	37
Tabla 5 <i>Niveles de calidad de los argumentos</i>	38
Tabla 6 <i>Descripción de la categoría de análisis, Argumentación</i>	57
Tabla 7 <i>Detalles y codificación de los niveles argumentativos (Toulmin)</i>	58
Tabla 8 <i>Descripción de la subcategoría, Niveles de Calidad</i>	60
Tabla 9 <i>Niveles de calidad de los argumentos</i>	60
Tabla 10 <i>Actividades para datos y conclusiones</i>	62
Tabla 11 <i>Actividades para justificaciones y refutaciones (1)</i>	64
Tabla 12 <i>Actividades para justificaciones y refutaciones (2)</i>	65
Tabla 13 <i>Actividades diseñadas para promover la argumentación científica escolar</i>	66
Tabla 14 <i>Actividades seleccionadas para establecer los cambios en los conceptos</i>	67
Tabla 15 <i>Frecuencia de los niveles argumentativos encontrados por estudiante</i>	70
Tabla 16 <i>Frecuencia de los niveles argumentativos encontrados en la unidad de trabajo</i> .	70
Tabla 17 <i>Tendencia de los niveles argumentativos en los estudiantes</i>	70
Tabla 18 <i>Frecuencia de los niveles de calidad encontrados por estudiante</i>	71
Tabla 19 <i>Frecuencia de los niveles de calidad encontrados en la unidad de trabajo</i>	72
Tabla 20 <i>Tendencia de los niveles de calidad de los argumentos de los estudiantes</i>	72
Tabla 21 <i>Cambio en la representación del átomo, E7</i>	86
Tabla 22 <i>Cambio en la representación del átomo, E6</i>	87
Tabla 23 <i>Cambio en la representación del átomo, E5</i>	88
Tabla 24 <i>Cambio en la representación del átomo, E4</i>	89
Tabla 25 <i>Cambio en la representación del átomo, E3</i>	90
Tabla 26 <i>Cambio en la representación del átomo, E2</i>	90
Tabla 27 <i>Cambio en la representación del átomo, E1</i>	91

Lista de Figuras

	Pág.
Figura 1 <i>Diseño Metodológico</i>	51
Figura 2 <i>Modelo argumentativo de Toulmin</i>	61

Lista de Anexos

	Pág.
<i>Anexo A Instrumento para el diagnóstico</i>	107
<i>Anexo B Unidad Didáctica</i>	114
<i>Anexo C Codificaciones.....</i>	156

INTRODUCCIÓN

Este trabajo de investigación se inscribe en la línea de investigación en didáctica de las ciencias naturales y experimentales; ya que plantea desarrollo de la habilidad argumentativa, como una de las dimensiones del pensamiento crítico, en un grupo de estudiantes del grado séptimo de la institución educativa Agustín Nieto Caballero del municipio de Dosquebradas (Risaralda); y el principal objetivo de esta línea de investigación de la Universidad Autónoma de Manizales, es el contribuir al desarrollo del pensamiento crítico, centrándose en tres categorías o dominios tales como: la argumentación, la metacognición y la solución de problemas, en los estudiantes, en los diferentes niveles de la educación (Tamayo, 2014).

De los dominios del pensamiento crítico, este trabajo se centró en la argumentación, estructuralmente desde la perspectiva de Toulmin (1958), y como habilidad desde el modelo de argumentación científicas escolar (Chion y Adúriz-Bravo, 2015). Perspectivas que se integran en la unidad didáctica sobre los modelos atómicos, cuyo diseño incorpora aspectos relevantes tales como: la historia y epistemología de los conceptos, las ideas previas de los estudiantes, la evolución conceptual, la metacognición, la multi-modalidad en el aula, la dimensión emotiva-afectiva; pero se caracteriza por el uso explícito de la estructura de los argumentos Toulminianos, que se integran en actividades promotoras de la argumentación científica escolar, desde el marco de referencia de Osborne, Erduran y Simon (2004).

La aplicación de la unidad didáctica, como parte de la intervención de aula, se une a un instrumento diagnóstico, aplicado antes y después de la intervención, que permite categorizar los niveles argumentativos de los estudiantes. Ambos instrumentos pretenden dar información y dar razón a la pregunta ¿Cómo desarrollar la argumentación científica escolar en estudiantes de grado séptimo en el proceso de aprendizaje de los modelos atómicos?

Dentro de los hallazgos más importantes, se encuentra que la mayoría de los estudiantes presentan un nivel argumentativo tres (3) en el cual identifican y relacionan datos, conclusiones y justificaciones; y que la calidad de los argumentos, entendida como

funcionalidad de los mismos y cuya construcción de argumentos que cumplen con los criterios de forma, contenido y contexto, mejora en gran medida después de la intervención didáctica que fue intencionalmente diseñada bajo el modelo de argumentación científica escolar.

Este trabajo se encuentra estructurado por capítulos, así: en el capítulo 1 se hace una presentación del problema a investigar y termina con la formulación de la pregunta que orientó todo el proceso investigativo. El capítulo 2 contiene aspectos importantes que justifican este trabajo. Los objetivos que se plantearon para el desarrollo del trabajo de investigación se presentan en el capítulo 3. El capítulo 4, denominado referente teórico, contiene antecedentes y los referentes teóricos que se toman para el desarrollo de esta investigación. Los aspectos metodológicos se encuentran en el capítulo 5. Los resultados obtenidos se presentan en el capítulo 6, y su análisis y discusión en el capítulo 7. Para finalizar las conclusiones y recomendaciones se encuentran en los capítulos 8 y 9, respectivamente.

CAPÍTULO 1

ÁREA PROBLEMÁTICA Y PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Planteamiento de problema

Los conceptos relacionados con la estructura atómica son fundamentales para la comprensión de la química, ya que son estructurantes para la comprensión y explicación de los fenómenos que involucran la materia y los contenidos de la asignatura. En el proceso de enseñanza y aprendizaje, de la química, se presentan una serie de problemas, tales como los que se muestran en muchos trabajos de investigación:

... Son muchos los problemas que se presentan en la enseñanza y aprendizaje de esta temática, como lo demuestran los trabajos de investigación que se han desarrollado, unos buscando comprender el conocimiento de los alumnos sobre la naturaleza corpuscular de la materia (Gabel, 1993) y cómo es su evolución (Benarroch, 2000; 2001), otros orientados a encontrar alternativas para su solución (Caamaño, 2000; De Posada y Conejo, 2000; Gentil y otros, 1989; Gillespie y otros, 1996; Mondelo y otros, 1994; Niaz, 1998; Niaz y otros, 2002; Okulik y otros, 2002; Rodríguez y Niaz, 1999; 2001; Villaveces, 2001)..., tratando de combatir la enseñanza descriptiva y memorística (Vásquez y Manassero, 1999). (Uribe y Gallego, 2005)

Adicionalmente, se presenta el problema de los bajos niveles argumentativos de los estudiantes; esta situación es claramente visible en cada una de nuestras instituciones educativas, la cual es puesta de manifiesto en el discurso de los profesores al plantear como una de las causas del bajo rendimiento escolar y de los resultados en las pruebas de evaluación nacional (Saber) y las internacionales (PISA) estos bajos niveles argumentativos de los estudiantes. Los trabajos realizados por Sardá y Sanmartí (2000), Revel, Couló, Erduran, Furman, Iglesia, y Aduriz-Bravo (2005), dan razón de como en los estudiantes la argumentación es una dificultad al momento en que intentan expresar de forma oral y escrita sus explicaciones referentes a fenómenos en el contexto específico de las ciencias, el

cual exige rigurosidad, precisión, estructuración y coherencia; los autores precisan que los estudiantes escriben oraciones largas con dificultades de coordinación y subordinación o muy cortas, sin justificar ninguna afirmación y empleando términos sin diferenciar entre el lenguaje científico y el cotidiano (Palacio, 2017).

Al respecto Revel y otros (2005), nos plantean como paso fundamental el enseñar de forma explícita la argumentación, al concluir que:

... Establecemos una primera conclusión respecto a la implementación de instancias explícitas de enseñanza del procedimiento cognitivo-lingüístico de la argumentación y de su diferenciación de otros procedimientos científicos, como la definición, la descripción o la formulación de hipótesis. Creemos que esto vendría a saldar una “vieja deuda”: el discutible recurso de exigir, al momento de evaluar, una justificación, explicación o argumentación de las respuestas que se dan a las preguntas sin haber analizado, apropiado y practicado estas habilidades y sin haber tenido en cuenta que los términos que las designan adquieren significados bien distintos en el lenguaje cotidiano...

En concordancia con lo anterior, la educación en Colombia esta direccionada desde al Ministerio de Educación, por medio del establecimiento de un conjunto de estándares (MEN, 2004), que pretenden ser alcanzados durante el proceso de enseñanza – aprendizaje a través del desarrollo de competencias que permitan mejores desempeños es este tipo de pruebas. A este respecto Sanmartí (2015) plantea como un reto la enseñanza de las ciencias en el siglo XXI, partiendo una reflexión inicial [...] ¿se debe enseñar hoy la misma ciencia y de la misma forma que nos enseñaron a nosotros? [...].

En trabajos previos realizados a nivel local se ha podido evidenciar que los estudiantes tienen dificultades en cuanto a las habilidades asociadas al pensamiento crítico como la metacognición (Cadavid, 2014), como también ponen de manifiesto la importancia de la argumentación (dimensión del pensamiento crítico) en el campo específico de la química (Pinzón, 2014).

Es también necesario reconocer que parte de esta problemática son las prácticas docentes tradicionales que aun reinan en la educación actual colombiana, donde se evidencia que los docentes desconocen o ignoran los resultados de investigaciones en el campo de la didáctica y que es necesario replantear el quehacer docente (Ruiz, Tamayo & Márquez, 2013; Campanario (2000), tomando parte activa en el diseño de currículos pertinentes (Hodson, 1986; Izquierdo, 2007), y superando vacíos conceptuales y epistemológicos (Rodríguez, 2012).

A todo lo anterior se suma que existen diferentes perspectivas sobre que entendemos por argumentación, cuál es su papel en el aula de ciencias, y cuál es la forma de aproximarnos e investigar este problema, como lo presentan Jiménez-Aleixandre y Díaz de Bustamante (2003).

En conclusión, una forma de enfrentar este nuevo reto de la educación es el desarrollo, en los estudiantes, del pensamiento crítico en dimensiones, tales como la solución de problemas, argumentación y metacognición (Tamayo, 2014), a través de intervenciones educativas en el aula a nivel básico primaria (Tamayo, 2014), secundaria (Pinzón, 2014) y universitario (Lazo, 2011) entre otras, para lo cual se propone el desarrollo de pensamiento crítico en el aula (López, 2012) y el diseño adecuado de unidades didácticas que sirvan como herramientas (Sanmartí, 2000).

Ante este panorama, surge la necesidad transformar la enseñanza, mejorar el aprendizaje y desarrollar el pensamiento crítico de los estudiantes, por lo cual se presenta esta propuesta de intervención en el aula para el desarrollo de habilidades argumentativas, mediado por el diseño y aplicación de una unidad didáctica, en estudiantes de grado 7 de la Institución Educativa Agustín Nieto Caballero del municipio de Dosquebradas, Risaralda; con un eje temático bastante abstracto para los estudiantes, la estructura de la materia, y en particular modelos atómicos.

1.2 Pregunta de investigación

La investigación se centra en la relación entre: La argumentación científica escolar, su desarrollo a través del diseño y aplicación de unidades didácticas en el campo específico de

la química, los niveles argumentativos y la calidad de los argumentos. La propuesta de investigación pretende dar respuesta al siguiente interrogante:

¿Cómo desarrollar la argumentación científica escolar, en estudiantes de grado séptimo, en el proceso de aprendizaje de los modelos atómicos?

CAPÍTULO 2

JUSTIFICACIÓN

La presente investigación pretende establecer el papel de una intervención didáctica en el aula, que incluye el diseño y aplicación de una unidad didáctica del dominio específico de la química, en el desarrollo de la dimensión argumentativa del pensamiento crítico y su contribución al aprendizaje de conceptos básicos de química, de los estudiantes de grado séptimo de la institución educativa Agustín Nieto Caballero del municipio de Dosquebradas, Risaralda.

No es un secreto que en la actualidad el proceso de enseñanza y aprendizaje de las ciencias naturales enfrenta una serie de dificultades. Desde mi experiencia como docente de ciencias naturales-química he observado la falta de interés de los estudiantes por el estudio, especialmente por las ciencias naturales (p. ej. Química), desfases en el grado del desarrollo de pensamiento, y poca capacidad de pensamiento crítico, especialmente la argumentación. Esta situación se percibe como generalizada ya que no solo hace parte del discurso entre los docentes, sino que se ve reflejado en los pobres resultados de desempeño de los estudiantes, como lo muestran las evaluaciones institucionales y externas Saber 11 y PISA .

Lo anterior deja en evidencia la necesidad de realizar cambios en el proceso de enseñanza, para alcanzar los estándares y el desarrollo de las competencias establecidas por Ministerio de Educación Nacional desde el enfoque Ciencia-Tecnología-Sociedad-Ambiente (CTSA). Estos cambios se deben dar en y para cada uno de los actores de este proceso. Es por eso que los docentes deben implementar estrategias tendientes al desarrollo de competencias, especialmente aquellas relacionadas con el pensamiento crítico y en este caso en particular la habilidad argumentativa, en los estudiantes, por lo cual es pertinente la realización de investigaciones que apunten al logro de estos objetivos.

Se pretende que los resultados de esta investigación den luces, a la comunidad educativa de la institución educativa Agustín Nieto Caballero, para repensar sus prácticas de aula, reflexionar sobre el proceso de enseñanza y aprendizaje, y de cómo el diseño de unidades didácticas pueden apuntar al desarrollo de competencias comunicativas-lingüísticas, y el desarrollo de pensamiento crítico. De igual manera se espera que las conclusiones de esta investigación sean trascendentales para la institución educativa y la

sociedad en general al desarrollar en los estudiantes pensamiento crítico, que no solo les permita alcanzar los estándares, establecidos y evaluados institucional e internacionalmente, sino transformar su entorno.

Como resultado de esta investigación se pretende realizar recomendaciones para el mejoramiento del rendimiento escolar, basado en el desarrollo de PC de los estudiantes, así como proponer este tipo estrategia docente para que impacte el proceso de enseñanza y aprendizaje y convierta el aula en un escenario de investigación, como requisito para mejorar la práctica educativa (Duit, 2006). De igual manera generar un referente teórico en cuanto a la relación entre la argumentación y el proceso de aprendizaje de este tema específico.

Por último, es importante resaltar la viabilidad de la investigación, ya que se cuenta con la institución educativa dispuesta a servir como escenario de esta propuesta investigativa, pues está en sintonía con su visión y misión.

CAPÍTULO 3

OBJETIVOS

Para el desarrollo de este trabajo de investigación se plantearon los siguientes objetivos.

3.1 Objetivo general:

Desarrollar la argumentación científica escolar de los estudiantes de grado séptimo en el proceso de aprendizaje de los modelos atómicos.

3.2 Objetivos específicos:

- a. Caracterizar los niveles argumentativos de los estudiantes durante el proceso de enseñanza y aprendizaje de los modelos atómicos.
- b. Promover el desarrollo de la argumentación científica escolar, a través de la aplicación de una unidad didáctica, diseñada con base en el modelo argumentativo de Toulmin, para la enseñanza y aprendizaje de los modelos atómicos.
- a. Evaluar el papel de la intervención didáctica, basada en la argumentación científica escolar, a través de la identificación de los cambios en los niveles argumentativos de los estudiantes.

CAPÍTULO 4

REFERENTE TEÓRICO

Como antecedentes de esta propuesta de investigación se pueden citar inicialmente los siguientes trabajos, algunos de los cuales pueden no coincidir con los objetivos de la propuesta investigativa, pero aportan sustentos tanto teóricos como didácticos y metodológicos.

4.1 Antecedentes

Para comenzar es importante mencionar algunos trabajos que fundamentan teóricamente, la relación entre la argumentación, los procesos de enseñanza y aprendizaje de las ciencias naturales, y de cómo al potenciar dicha conexión se logra activar la constitución de pensamiento crítico. Algunos autores señalan que “la argumentación apoya el desarrollo de las competencias comunicativas y particularmente el pensamiento crítico” (Erduran y Jiménez-Aleixandre, 2008), en este trabajo se muestra cómo la argumentación es un dominio muy rico para investigar y contribuye a mejorar la educación científica, evidenciando claramente la conexión entre el desarrollo de las habilidades argumentativas, la constitución de pensamiento crítico y las prácticas de aula.

Sarda & Sanmartí (2000), plantean que la argumentación es una actividad social que permite a los estudiantes desarrollar competencias en uso del lenguaje, así como la comprensión de conceptos, al igual que el desarrollo de habilidades cognitivas, que le permiten formarse como un ser humano crítico capaz de tomar decisiones. Esta posición también es sostenida por Pliego & Rodríguez (2009) cuando nos presentan la necesidad de desarrollar en los estudiantes la capacidad de elaborar argumentaciones, a través del proceso de enseñanza y aprendizaje.

El desarrollo de pensamiento crítico, en todas dimensiones, incluida la argumentación, ha tomado relevancia en las últimas décadas como una respuesta al papel de la educación de los miembros de una sociedad cambiante y cada vez más permeada por ciencia y tecnología. A este respecto Osborne (2009), plantea que los modelos dialógicos son esenciales para los procesos de enseñanza y aprendizaje, en la educación científica, a través

de cuatro elementos básicos el desarrollo de la comprensión conceptual, la mejora del razonamiento cognitivo, el incremento de la comprensión de la naturaleza epistémica de la ciencia, y la proporción de una experiencia afectiva, los cuales pueden ser facilitados en aula a través actividades dialógicas basadas en la argumentación. Osborne (2009) proporciona un marco de referencia con actividades que se pueden incorporar en las unidades didácticas. A este respecto Marchan & Sanmartí (2015) plantean una propuesta de criterios para la elaboración de unidades didácticas, contextualizadas y orientadas a la modelización de ideas clave en el campo específico de química, que permiten o aportan al desarrollo de la habilidad argumentativa de los estudiantes.

La relación entre la necesidad de enseñar a los estudiantes a argumentar y la enseñanza misma de las ciencias naturales ha sido abordada por Simon (2006), el objetivo de esta investigación, con niños con edades que oscilan entre los 10 y 11 años de edad, fue determinar cómo lo estudiantes utilizaban las evidencias (datos) en actividades de toma de decisiones y si estas fueron utilizadas para justificar las decisiones tomadas. Las actividades intencionalmente diseñadas intencionalmente para: revelar las diferencias de opinión, explorar su razonamiento y capacidad de exponer sus ideas. Los instrumentos de recolección de datos fueron: mapas de discusión. Los resultados se triangularon y se establecieron unos niveles de argumentación. Los hallazgos de esta investigación permitieron establecer que:

Si los maestros proporcionaran a los estudiantes actividades donde se discutan evidencias científicas y si se les enseñara a los niños a adoptar las posiciones que maximizan el uso de evidencias y habilidades de argumentación, su comprensión de los conceptos científicos podría ser mejorada; además que los planes de estudios de ciencias deben abordar este tema para poder incorporar actividades y oportunidades apropiadas, y apoyar los enfoques pedagógicos. (Simon, 2006)

En los trabajos de Jiménez-Aleixandre y Díaz (2003) se propone la argumentación como una dimensión relevante en la enseñanza de las ciencias naturales, y al igual que Márquez y Prat (2010) precisan una serie de reflexiones relación con las prácticas de aula en educación secundaria, en las cuales ponen de forma explícita la necesidad de que se

diseñen estrategias, con referencias precisas al modelo Toulmin, para desarrollar en los estudiantes la habilidad de justificar y argumentar.

Es necesario plantear que en este proceso de enseñanza y aprendizaje el docente debe ser capaz de identificar episodios argumentativos, ya sea como diagnóstico o evaluación al final de intervenciones en el aula, como lo plantea Ruiz (2012), en su tesis doctoral “caracterización y evolución de los modelos de enseñanza de la argumentación en clase de ciencias en la educación primaria” en la que finalmente se sugieren algunas implicaciones que contribuyen a su fortalecimiento y también al inicio de nuevas propuestas de investigación, como por ejemplo el estudio de las acciones argumentativas de los estudiantes en el aula de ciencias. Igualmente Parra & Cademartori (2000) en la búsqueda de potenciar la competencia argumentativa en los estudiantes, brinda elementos clave en torno a las modificaciones o reformas que han sido realizadas en Latinoamérica con el fin de acercar los procesos de enseñanza aprendizaje de los estudiantes en los entornos académicos a la necesidad de argumentar para demostrar sus aprendizajes.

De igual manera las argumentaciones de los estudiantes deben ser caracterizadas, para lo cual es pertinente recurrir al modelo argumentativo de Toulmin. Rodríguez (2004) presenta una detallada descripción de la utilización de las declaraciones (patrón de los argumentos) Toulminianas en las investigaciones argumentativas (Erduran, 2004). A este respecto Henao & Stipcich (2008) presentan este modelo como una alternativa y cuyo valor intrínseco es la fundamentación epistemológica para las propuestas de investigación e innovación en la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias.

Lazo (2012) y Lazo & Herrera (2011), aplicaron un modelo de intervención pedagógica para desarrollar pensamiento crítico en estudiantes de carreras del área de ciencias, mostrando resultados positivos y significativos en el desarrollo de habilidades asociadas al PC.

Zenteno & Garritz (2010) proponen insertar en la enseñanza cotidiana de la química la dimensión ciencia, tecnología y sociedad, mediante el tratamiento de asuntos socio-científicos y la utilización de secuencias de enseñanza y aprendizaje como estrategia, con la argumentación incluida como elemento dialógico; concluyendo que la estructuración de cualquier propuesta didáctica necesita de tiempo, conocimiento e ingenio para desarrollar materiales, pero sobre todo, de ganas de transformar la enseñanza.

En trabajos previos realizados a nivel local se ha podido evidenciar que los estudiantes tienen dificultades en cuanto a las habilidades asociadas al PC. Cadavid (2014) estudio las habilidades metacognitivas en relación de un eje temático de la química orgánica, en estudiantes universitarios. Pinzón (2014) pone de manifiesto la relevancia de argumentación en el campo específico de la química, en su tesis de maestría, aportes de la argumentación en la constitución de pensamiento crítico en el dominio específico de la química, cuya población de estudio fueron estudiantes de secundaria.

Cardona & Tamayo (2009) presentan la caracterización de modelos argumentativos de los estudiantes en su trabajo - Modelos de argumentación en ciencias: una aplicación a la genética. De igual manera Pérez & Torres (2005) caracterizaron las competencias interpretar, argumentar y proponer de estudiantes de los grados décimo y undécimo, formulando y evaluando estrategias didácticas y pedagógicas, en el campo específico de química, para que los estudiantes transformaran esas competencias.

4.2 Pensamiento crítico

Este trabajo investigativo se soporta a la luz de las teorías y postulados sobre el pensamiento crítico (enfaticando en la dimensión argumentativa) y su proceso de constitución. Por lo tanto se debe establecer claramente las dimensiones, disposiciones, características, criterios y habilidades que deben estar presentes en un pensador crítico. Diferentes autores, a través de sus trabajos, han planteado algunas conceptualizaciones sobre el pensamiento crítico, puntualizando sobre su importancia, yendo más allá del simple hecho de elaborar definiciones, permitiendo el entendimiento de este y dando luces para establecimiento de rutas para la constitución del pensamiento crítico.

El grupo de investigación “Cognición y Educación” de la Universidad Autónoma de Manizales, ha construido, para su consolidación y ejecución de sus investigaciones, un referente teórico sobre el pensamiento crítico, convirtiéndose en un importante punto de partida y de referencia, no solo por lo referenciado, sino por sus aportes y avances al conocimiento sobre este tema. Este trabajo de investigación busca hacer sus aportes en el dominio específico de la argumentación en química.

Son varias las áreas del conocimiento que han hecho sus aportes a la configuración del conocimiento del pensamiento crítico, de los cuales son pertinentes destacar los aportes, desde la filosofía y de la psicología, de Facione (2007) , Puche (2000), Bachelard (1994) y Lipmann (1998) que desde una perspectiva del comportamiento humano abordan el pensamiento crítico, generando lineamientos importantes para el análisis del mismo, como también estableciendo relaciones entre pensamiento crítico, lo actitudinal y el pensamiento filosófico; todo esto bajo una concepción del pensamiento ligado a necesidad de aprender , comprender el entorno, la búsqueda de respuestas y la capacidad de asombro como cualidades del ser humano que están presentes en todas las etapas formativas de este, que deben no solo configurarse sino permanecer, para que convierta en un pensador crítico.

El desarrollo de habilidades de pensamiento crítico es una necesidad planteada por varios autores como Lemming (1998), Facione (2007) y algunas instituciones como la Universidad de Georgia (mencionada en varios artículos) quienes plantean algunos protocolos o programas para su desarrollo. Según Facione las habilidades de un pensador crítico, aunque no son las mismas para todos los autores, son la inferencia, interpretación, análisis, evaluación, argumentación y autorregulación. De igual manera la habilidad de pensamiento crítico se ha convertido en un eje problemático que confluye en el desarrollo de pruebas para la determinación de niveles de pensamiento crítico, sobre todo en estudiantes, en este aspecto se puede mencionar los trabajos de McMillan(1987), los desarrollados por la Universidad de Salamanca(PENCRISAL) , y otros como Cornell Test of Critical Thinking (CCTT), Watson & Glaser Critical Thinking Appraisal (CTAI), California Critical Thinking Skills Test (CCTST), The Ennis-Weir Critical Thinking Essay Test y HCTAES (Halpern Critical Thinking Assessment using Everyday Situations). Aquí se hace necesario una aproximación conceptual al pensamiento crítico, para lo cual podemos integrar planteamientos de diferentes fuentes. En primer lugar es fundamental establecer cuáles son las habilidades, criterios y dimensiones que se son necesarias o están presentes en pensador crítico. En este sentido autores como Bailin (1990, 2010) nos dice:

La expresión "pensamiento crítico" es un término normativo. Los que se convierten en pensadores críticos adquirir dichos recursos intelectuales como el conocimiento de fondo, el conocimiento operativo de normas apropiadas, el conocimiento de los

conceptos clave, la posesión de heurísticas eficaces, y de ciertos hábitos vitales de la mente. Explicamos por qué se necesitan estos recursos intelectuales y sugerimos que mejor podemos enseñar el pensamiento crítico mediante la inclusión dentro de cualquier práctica curricular en el que están involucrados los estudiantes.

Lo anterior es que congruente con la visión de Lipmann (1998) quien define el pensamiento crítico basándose en criterios donde el contexto es de vital importancia, lo que se puede resumir en que el pensamiento crítico es ante todo situacional, es decir, se adecúa a las determinadas situaciones con el fin de buscar soluciones o respuestas que en la práctica brindan mayor aplicabilidad.

Para Ennis (1989) y Novak (1993, citado en varios artículos) el concepto de pensamiento crítico es una permanente reflexión y razonamiento consciente que logra guiar al pensador hacia la toma de decisiones correctas. Por otro lado Scriven y Paul (1992), Halpern (2014) y Facione (2007) propone que el pensamiento crítico se define como un potenciamiento de habilidades, es decir, trabajo en torno al desarrollo de inferencias, análisis, argumentación, autorregulación, evaluación, toma de decisiones y solución de problemas, deducción lógica. Es así que se para estos autores el pensamiento crítico se puede resumir en: análisis, inferencia, metacognición, explicación, evaluación e interpretación, donde cada una de ellas juega un papel importante, donde el papel de la metacognición es preponderante, al permitir al pensador crítico observar y monitorear de manera consciente sus propios aprendizajes, a través de la aplicación del análisis y evaluación de sus juicios con la idea de cuestionar, corregir, validar, modificar o rectificar sus razonamientos.

Ennis (2002) y Paul (1995), se encuentran en cuanto la necesidad de identificar las características, actitudes o disposiciones que debe tener un pensador crítico, las cuales se asumen como de gran aplicabilidad en múltiples contextos y de gran utilidad en procesos de enseñanza aprendizaje, por consiguiente es necesario referir, sin profundidad, los acuerdos en torno a dichas disposiciones, así: identificar conclusiones, razones o premisas; estar bien informado; juzgar bien la calidad de un argumento; actuar de manera justa; tener fe en la razón; disponer de independencia, coraje, empatía y perseverancia intelectual; juzgar la

credibilidad de toda fuente de información y sin lugar a dudas una de las disposiciones más importantes es la mente abierta.

Los aportes de Facione (2007) son de gran relevancia en torno a las disposiciones más importantes para que una persona sea reconocida como un pensador crítico: la flexibilidad al considerar alternativas y opiniones, honestidad al enfrentar las propias predisposiciones, prudencia al postergar, realizar o alterar juicios, comprensión de las opiniones de las otras personas y la confianza en los procesos de investigación razonados.

Para Bailin (2002) los criterios sobre los cuales se fundamenta el pensamiento crítico y se hace necesario relacionarles, sin ningún orden o priorización, son los siguientes: sensibilidad al campo disciplinar, relación entre la teoría y la práctica, la preferencia de herramientas conceptuales que sobre procedimientos, reconocimiento del texto, hacer énfasis más en las razones que en las reglas, enfatizar tanto el trabajo individual como el grupal y la argumentación como criterio. Mientras que para Villarini (2003) las dimensiones del pensamiento crítico son pragmática, sustantiva, lógica, dialógica y contextual.

El grupo de investigación “Cognición y Educación” de la Universidad Autónoma de Manizales, tiene definidas cuatro dimensiones de pensamiento crítico que permiten la constitución de este tanto en dominios generales como específicos, y estas son: *Argumentación*, *Metacognición*, *Solución de problemas* y *motivación*. Estas dimensiones, así como su relación con los campos científico que se enseñan, la conexión entre su potenciación y el aprendizaje del área del conocimiento específico, son el eje central de sus investigaciones.

4.3 Argumentación

Uno de los intereses para la didáctica de las ciencias son los estudios sobre la argumentación, donde se deben abordar aspectos de tipo estructural y funcional, los cuales son fundamentales para el propósito de este trabajo. Estos aspectos los podemos definir como: la comprensión de las relaciones entre la argumentación y el pensamiento crítico en la enseñanza de un dominio específico, la química. Al respecto Tamayo (2012) presenta la argumentación como un componente del pensamiento crítico.

Históricamente la argumentación ha sido abordada desde una perspectiva clásica y tradicional, en la cual se asume desde relaciones de causalidad y procede de los postulados realizados de causa y efecto por Platón (427-347 a.c.) pero que se complejizan con Aristóteles (384-322a.c) quien entiende la argumentación como una tercera operación que surge después de la abstracción de los conceptos y de los juicios, los cuales a su vez son la primera y segunda operación y la argumentación les une o concatena en una lógica compleja (Aspe, 2005, pp. 35-36; Estévez, 2016).

Es pertinente mencionar, como un momento histórico importante en el desarrollo de la argumentación, los aportes de Jurgen Habermas, quien insiste que el proceso de reacción y crítica contra el origen mítico del hombre, se apoya en el discurso racional y por ende en una explicación racional de la naturaleza y el hombre mismo; además sugiere en su obra, Teoría de la acción comunicativa, que la teoría de la argumentación es sumamente necesaria y se encuentra inmersa en las unidades pragmáticas, es decir, en los actos de habla. (Mina, 2007, p. 15).

Es entonces necesario, conceptualizar las características y propiedades de la argumentación, como una habilidad (Osborne, 2001; Jiménez-Aleixandre, 2003), que se han de observar, al igual que los tipos, niveles o clasificación de los argumentos, su estructura o composición y los criterios o posturas que se han de asumir en el momento de analizar la argumentación como dimensión esencial en el desarrollo del pensamiento crítico de los estudiantes. Es una realidad que la argumentación como habilidad cognitivo lingüística no se enseña en las clases de ciencias naturales, porque se considera que debe ser aprendida en las clases de lenguaje.

Como plantea Sutton (1997), citado en Sardá (2000), las ideas de la ciencia se aprenden y se construyen expresándolas, y el conocimiento de las formas de hablar y de escribir en relación con ellas es una condición necesaria para su evolución; por ello es fundamental y pertinente definir la argumentación. Considerando como punto de referencia la definición de Van Eemeren & Grootendorst (2004, p.1): “la argumentación es una acción verbal, social y racional que apunta a convencer de manera crítica y razonable la aceptación de un punto de vista al exponer una constelación de proposiciones que justifican o refutan la proposición expresada en el punto de vista”, contrastándola con Jiménez Aleixandre y Díaz de Bustamante (2003: 361) quienes definen la argumentación en ciencias, en forma

genérica, como “la capacidad de relacionar datos y conclusiones, de evaluar enunciados teóricos a la luz de los datos empíricos o procedentes de otras fuentes, definición que esta está en concordancia con los objetivos de este trabajo investigativo.

El concepto de argumentación antes presentado, está en consonancia con los trabajos de Toulmin (1958), los cuales se toman como referentes, en cuanto a la argumentación, en este trabajo. El modelo argumentativo postulado por Toulmin busca detectar los elementos o propiedades que describen o cualifican un buen argumento. Estos, acorde con su desarrollo conceptual y acudiendo a las traducciones, análisis y aplicaciones más acertadas, como Rodríguez (2004), de la obra de Toulmin, son:

- *La tesis*, aserción o afirmación, en la cual quien argumenta plantea su punto de vista o expone inicialmente la postura que se dispondrá a defender.
- *La evidencia*, básicamente los datos sobre los cuales establece su aseveración y conclusión, deben tener un soporte teórico o empírico para tener validez.
- *Las garantías*, que sirven como justificación de la importancia o relevancia que tienen las evidencias, por ello se caracterizan por ser usualmente reglas, patrones, leyes, principios.
- *El respaldo*, el cual básicamente se encarga de asegurar que las garantías son reales y fidedignas, que se puede confiar en ellas plenamente.
- *La reserva*, la cual deja por sentado las situaciones en las cuales existen excepciones a lo planteado por la tesis, se suele plantear como un “a menos que” o “no obstante”, con el fin de demostrar los casos en los cuales la tesis no se cumple.
- *El cualificador o calificador modal*, cuya misión es brindar especificidad en torno al grado de veracidad o certeza de una tesis, se formula usualmente de manera condicional ya que gira en torno a la posibilidad de comprobación de la tesis.

Según Toulmin, una argumentación, como mínimo, ha de tener datos (D), justificación (J) y conclusión (C), es decir orden (III)]. Según los componentes anteriormente expuestos, el argumento más completo tendrá seis componentes diferentes y será de orden (VI). Erduran et al. (2004) usaron las argumentaciones (C), los datos (D), las justificaciones (J), el apoyo (A) y las refutaciones (R), para crear CD, CJ, CDJ, CDR, CDJA y CDJR. En estas

combinaciones, CDJA y CDJR representan una mayor calidad de la argumentación científica que los otros cuatro. A esto se le conoce como método clúster y sirven como indicadores o niveles de argumentación o bien como medida del grado de sofisticación de los argumentos, que en términos de calidad de las refutaciones sirve para identificar las situaciones de oposición explícita o de objeción en el discurso de los estudiantes, es decir, las refutaciones. Se establecen categorías o niveles. Se trata de una escala que permite cuantificar la argumentación según cinco niveles, que van desde la más básica (nivel 1), hasta una argumentación muy sofisticada (nivel 5) (Pinochet, 2015), en sentido creciente de calidad, como establece Osborne (2004):

- Nivel 1: Una conclusión frente a una contra-conclusión u otra conclusión.
- Nivel 2: Una conclusión frente a otra con datos, justificación o fundamentación pero sin ninguna refutación.
- Nivel 3. Argumentaciones completas con refutaciones débiles ocasionales. .
- Nivel 4: Aparece alguna refutación fuerte que cuestiona algún componente de la argumentación del interlocutor.
- Nivel 5: La argumentación muestra un discurso extenso con más de una refutación fuerte, los participantes aportan refutaciones y contra-refutaciones justificadas.

Es pertinente resaltar el papel de las evidencias y las justificaciones en el proceso argumentativo, así como Toulmin (1958) cita la evidencia como elemento de esencial importancia que debe estar presente en todo argumento, esta postura es complementada por Osborne y otros (2001), apoyándose en la obra de Toulmin, en cuanto a relación de que existe entre los datos, las conclusiones y las justificaciones, así como que la evidencia permite concatenar estos elementos en un argumento de singular fortaleza, lo cual se hace relevante cuando Hacking (2006), reconoce dos tipos de evidencia, a la primera clase le llama evidencia por autoridad o testimonio y a la segunda le llama evidencia interna, a ésta la halla presente en contextos de descubrimiento y aprendizaje de nuevos conceptos.

En cuanto a las justificaciones, estas se relacionan con las evidencias, como fue inicialmente planteado por Toulmin (1958). Para Guillaumin (2009) estas son abordadas desde la perspectiva de la dificultad para encontrar justificaciones de las inferencias a

través de las cuales la observación de ciertas cosas indican la presencia o existencia de otras cosas; y según el autor, este problema involucra tres dificultades complementarias: ¿Qué cuenta como una observación correcta? ¿Con qué grado de seguridad una cosa indica otra cosa, y cómo medimos ese grado? ¿Cómo establecemos la existencia genuina de la cosa inferida? A este problema y los subsecuentes problemas derivados, Guillaumin les llama en orden correspondiente: evidencia observacional, evidencia probable o inductiva y evidencia probatoria.

Un proceso importante es la construcción de categorías que permitan determinar el origen o naturaleza de las intervenciones de los estudiantes, para esto se puede recurrir a los trabajos de Frank Ramsey, en cuanto el análisis de las creencias, cuyo postulados sostienen que las creencias tienen unos componentes que incluyen aspectos de la formación e identidad cultural; igualmente estas pueden ser internas cuando provienen de los propios pensamientos y externas si surgen a partir de elementos adquiridos durante los procesos de socialización. De igual manera la relación de estas creencias con los planteamientos de Bachelard (1994) sobre los principios unificantes y razón insuficiente.

También se considera como una herramienta, para explicar algunas intervenciones de los estudiantes que por otro medio no se podrían fundamentar, lo propuesto por Maffesoli (1997) en cuanto al sentido común y el arraigamiento de un “pensamiento orgánico”, un saber incorporado que asegura la solidez social a través de las generaciones, sin tener una relación obligatoria con la verdad. De igual manera se pueden considerar las categorías propuestas por Davini (2012) en relación a la configuración de pensamiento y de acción, que se mantienen a lo largo del tiempo, las cuales se incorporan al actuar y concien de las personas.

Para finalizar, se considera como referente conceptual los trabajos de Van Dijk (1989), para el análisis de las intervenciones argumentativas y lograr así un análisis discursivo sobre los niveles argumentativos de los estudiantes, para los cual se toman como referente los niveles planteados por Osborne y otros (2004) y las adecuaciones realizadas por Tamayo (2014), los cuales se presentan a continuación, ver tablas 1 y 2.

Con base en la estructura de argumentos de Toulmin (1958), y los niveles anteriores, se conceptualiza argumentación científica para lo cual se construyen seis niveles distintos. La

Tabla 3 muestra estos niveles en un orden ascendente sofisticación. Los niveles más altos se asignan a los estudiantes que incluyen más elementos en sus argumentos científicos.

Tabla 1 Niveles de la argumentación

Nivel	Argumentación
Nivel 1	Argumentación que consiste en argumentos que son una conclusión simple vs una reconvención o una conclusión vs otra conclusión.
Nivel 2	Argumentación que tiene argumentos consistentes en conclusiones basados en datos, justificaciones o respaldos, pero no contienen ninguna refutación.
Nivel 3	Argumentación que tiene argumentos con una serie de conclusiones o reconvenciones basadas en datos, justificaciones o respaldos con la refutación débil ocasional.
Nivel 4.	Argumentación que muestra argumentos con una conclusión con una refutación claramente identificable. Este argumento puede tener varias conclusiones y reconvenciones, pero esto no es necesario.
Nivel 5.	Argumentación que muestra un argumento ampliado con más de una refutación.

Tomado y traducido de Osborne (2004).

Tabla 2 Niveles para evaluar la calidad de la argumentación

Nivel	Argumentación
Nivel 1	Comprende los argumentos que son una descripción simple de la vivencia (Van Dijk & Kintsch, 1983).
Nivel 2	Comprende argumentos en los que se identificaron claridad de los datos (data) y conclusión (Claim).
Nivel 3	Son argumentos constituidos por datos, con conclusiones y una justificación (<i>warrant</i>), y sin cualificador o modalizador.
Nivel 4.	Comprende argumentos constituidos por datos, conclusiones, justificaciones (<i>warrants</i>) haciendo uso de cualificadores (<i>qualifiers</i>) o respaldo teórico (<i>backing</i>), y sin contraargumento.
Nivel 5.	Comprende argumentos con conclusión y un contraargumento (<i>rebuttal</i>). Igual.
Nivel 6.	Comprende argumentos completos con más de un contraargumento (<i>rebuttal</i>)

Tomado de Tamayo (2014)

El primer nivel, es la diferencia frente a los niveles de referencia, y representa declaraciones no científicas, se propone este nivel para agrupar o clasificar a los Estudiantes que solo responden, a una situación problemática con un: si, no, porque si, porque no, o solo seleccionan una respuesta de una serie presentada. En el segundo nivel, los estudiantes escriben o eligen solo una premisa científica sin evidencia de apoyo o conocimiento relevante. En el tercer nivel, los estudiantes elaboran conclusiones basados en datos sobresalientes o conocimiento relevante; es de anotar que se agrupan CDJ y CDJA, para saltar la estrecha línea clasificatoria entre una justificación y un apoyo. En el cuarto nivel, los estudiantes sacan una conclusión basada en la coordinación entre evidencia relevante y conocimiento relevante. En el quinto nivel, los estudiantes modifican mediante cualificadores modales la calidad de su argumento científico. En el sexto y más alto nivel, los estudiantes pueden distinguir las condiciones donde sus argumentos científicos se mantienen verdaderos y reconocer las limitaciones asociadas con los datos, las justificaciones y apoyos.

Tabla 3 Niveles argumentativos propuestos para el trabajo

Nivel	Descripción	Según Toulmin	Características de los estudiantes
0	No científico	---	Los Estudiantes solo responden, a una situación problemática con un: si, no, porque si, porque no, o solo seleccionan una respuesta de una serie presentada.
1	Conclusión “Científica”	Conclusión (C)	Los estudiantes piensan que se puede concluir científicamente sin datos.
2	Relación entre conclusión y datos	Conclusión + Datos (CD)	Los estudiantes reconocen que es necesaria una serie de datos adecuados para formular una conclusión.
3	Relación razonada entre conclusión y datos	Conclusión + Datos Justificación + Apoyos (CDJ) / (CDJA)	Los estudiantes pueden usar teorías, conocimientos adquiridos para relacionar datos y conclusiones.
4	Relación modificada y razonada entre conclusión y datos	Conclusión + Datos Justificación/Apoyos +Cualificador modal (CDJAQ)	Los estudiantes reconocen la incertidumbre de la conclusión dada la fuerza de las justificaciones.
5	Relación condicionada, modificada y razonada entre conclusión y datos	Conclusión + Datos Justificación/Apoyos +Cualificador modal + Refutación (CDJAQR)	Los estudiantes reconocen que la conclusión no puede ser mantenida, analizando las limitaciones relacionadas con los datos, la teoría/el modelo del fenómeno en cuestión.

Adaptación del Autor tomando como referente Tamayo (2014) y Osborne (2004)

4.4 Calidad de los argumentos

Se hace necesario plantear que desde una perspectiva pedagógica, el enseñar argumentación tiene como función mejorar sus niveles, pero que es fundamental que la argumentación sea de calidad. Al respecto Joannon & Ihnen (2015) plantean que:

...una argumentación será de calidad si cumple con los requerimientos del ámbito de la lógica, la retórica y la dialéctica, todos ellos necesarios pero ninguno suficiente de manera aislada. El primero consiste en sacar conclusiones adecuadas a partir de premisas que presuponemos aceptables, el segundo en que la argumentación esgrimida debe efectivamente cumplir con su objetivo fundamental el cual es persuadir a la audiencia a la que se dirige y el tercero en que el argumentador debe observar una conducta razonable al dialogar. (Joannon & Ihnen, 2015)

Pero para Perelman y Olbrechts-Tyteca (1958) lo importante es la fuerza del argumento, pero no ofrecen una definición describiendo el significado del término crucial fuerza del argumento, ni tampoco dan una lista completa de criterios operacionales que permita determinar la fuerza relativa de los argumentos. A este respecto Apostel (1979) en forma sintética plantean que la fuerza de un argumento que ocurre como parte de un discurso que es presentado por un orador, para un auditorio, durante un intervalo específico de tiempo, en un contexto concreto; así la fuerza del argumento estará en función del orador concreto, el auditorio concreto, el tiempo concreto y el contexto concreto; y que lo que se necesita para alcanzar la fuerza del discurso en sí, será su fuerza promedio.

En consonancia con lo anterior y en el marco de la ciencia escolar (Adúriz-Bravo, 2008), Chion y Adúriz-Bravo (2015) definen la argumentación científica escolar como la producción de un texto en el cual se explica; y reiteran que la argumentación, es una competencia cognitivo-lingüística fundamental para la actividad científica, ya sea erudita como escolar. Además propone que en la argumentación científica escolar debe tenerse en cuenta los siguientes componentes:

- La componente retórica presente en todo argumento, que alude a la voluntad de convencer al interlocutor y de cambiar el estatus que un determinado conocimiento tiene para él.
- La componente pragmática: Toda argumentación se produce en un contexto al cual se ajusta y adecúa, y en el marco del cual toma sentido.
- La componente teórica, que se refiere al requerimiento de la existencia de un modelo teórico que sirve de referencia al proceso explicativo.
- La componente lógica, apoyada en la estructura sintáctica compleja del texto producido.

Adicionalmente Chion & Adúriz-Bravo (2015) plantean que la competencia argumentativa escolar da por resultado la producción de texto explicativo y ese tipo de textos supone mayores desafíos cognitivos a los estudiantes, dado que los obliga a usar otros procesos de pensamiento como son el analizar e identificar las relaciones existentes entre los conceptos. Cabe aclarar que los eventos argumentativos que se analizan en este trabajo de investigación con producciones escritas de los estudiantes. Al respecto Sanmartí (2000) presenta diferentes elementos que permiten la evaluación textos argumentativos.

En relación a la calidad de los argumentos Rodríguez y Jiménez -Aleixandre (2007) además de estudiar el desempeño cognitivo de estudiantes primaria, evalúan la calidad de los argumentos abordando tópicos de calidad grupal (aportaciones individuales, cantidad de contribuciones a la argumentación grupal) y a la sofisticación de los argumentos (dos o más justificaciones para un argumento, apoyar un argumento incluyendo datos, refutaciones a los argumentos del oponente o calificadores).

Con base en los conceptos y aspectos teóricos de los trabajos mencionados anteriormente, y ante la falta de unos niveles de calidad de los argumentos, en este trabajo de investigación se proponen criterios para evaluar la calidad de los argumentos, en los cuales se consideran tres componentes: Forma o componente lógico, Contenido o componente teórico, Contexto o componente pragmático (Ver tabla 4). Para cada criterio se establecen sus respectivos descriptores se plantean tres niveles de calidad de los argumentos. (Ver tabla 5)

Tabla 4 *Criterios para evaluar la calidad de los argumentos*

CRITERIOS PARA EVALUAR LA CALIDAD DE LOS ARGUMENTOS	
Componente	Descriptor
Forma o componente lógico	Se refiere a que las justificaciones y conclusiones deben estar relacionadas de tal manera que si las justificaciones son ciertas, la conclusión tenga un grado variable de certeza
Contenido o componente teórico	Establece que las justificaciones que hacen que las afirmaciones sean verdaderas o que tengan una alta probabilidad de ser ciertas, toman como base un modelo teórico, explicativo o un concepto aprendido.
Contexto o componente pragmático	Aquí el argumento se evalúa como un todo. El argumento presentado se ajusta y adecua a las circunstancias en las que se presenta, o en que se pretende dar una explicación o este es aplicable

Tabla 5 *Niveles de calidad de los argumentos*

Nivel de Calidad de los Argumentos	Descriptores del Nivel de Calidad
Nivel de Calidad 1 (nC1)	• No hay justificaciones o las justificaciones y conclusiones NO están relacionadas; o las justificaciones NO son ciertas, por cual la conclusión NO es cierta. • Las justificaciones NO aportan para que las afirmaciones sean verdaderas o que tengan una alta probabilidad de ser ciertas. • El argumento, como un todo, NO se ajusta y ni se adecua a las circunstancias en las que se pretende dar explicaciones o es aplicable.
Nivel de Calidad 2 (nC2)	• Las justificaciones y conclusiones están relacionadas de tal manera que si las justificaciones son ciertas, la conclusión tiene un buen grado de certeza. • Las justificaciones aportan para que las afirmaciones sean verdaderas o que tengan alguna probabilidad de ser ciertas, pero NO se refieren a modelo teórico/explicativo o concepto aprendido, es decir hace uso de lenguaje cotidiano o creencias. • El argumento, como un todo, No se ajusta o adecua completamente a las circunstancias en las que se pretende dar explicaciones o es aplicable. Pero se evidencia el intento por dar una explicación.
Nivel de Calidad 3 (nC3)	• Las justificaciones y conclusiones están relacionadas de tal manera que si las justificaciones son ciertas, la conclusión tiene un alto grado de certeza. • Las justificaciones que hacen que las afirmaciones sean verdaderas o que tengan una alta probabilidad de ser ciertas, se refieren a modelo teórico/explicativo o concepto aprendido, haciendo uso correcto del lenguaje científico escolar. • El argumento, como un todo, se ajusta y adecua a las circunstancias en las que se pretende dar explicaciones o es aplicable

4.5 Los modelos atómicos – Reseña histórica

La historia y filosofía de la ciencia en la educación han sido, en años recientes, vistas como la vía más directa para establecer la relación entre los procesos por los cuales se ha conducido la ciencia por sí misma. Desde la perspectiva de Allchin (1995), esta intención se fundamenta en que si los estudiantes comprenden cómo se desarrolla el conocimiento científico y cómo el contexto histórico, filosófico y tecnológico ha influenciado desarrollo de la ciencia, los estudiantes pueden adquirir un punto de vista mucho más comprensivo de esta y en consecuencia se podría potenciar el aprendizaje de las ciencias.

4.5.1 Los modelos científicos.

Los modelos científicos son uno de los principales productos de la ciencia, estos juegan un rol importante ya que reducen la complejidad del fenómeno, permitiendo así una representación más visual de las teorías abstractas:

La naturaleza del papel que juegan los modelos en ciencia es ampliamente debatida, al parecer juegan como un intermedio entre la teoría científica y la experiencia del mundo como tal o bien como un intermediario entre las abstracciones de la teoría y las acciones concretas del experimento, ayudando a hacer predicciones, guiando la curiosidad, resumiendo datos y facilitando la comunicación; aunque la naturaleza precisa del papel depende de cómo se interprete el significado de la palabra teoría, modelo y experiencia del mundo. (Giere, 1990)

En una forma más sintética, un modelo es una representación de la realidad o de lo que esperamos que sea la realidad; y las ideas o los conceptos acerca de ella son explicitadas y representadas en él (Hubber, 2006). Así, los modelos como representaciones del mundo, toman importancia en los procesos de enseñanza y aprendizaje, cuando toma en consideración lo planteado por Chamizo (2009) en relación a que es enseñar, desde la escuela primaria, que toda percepción es una traducción operada por el cerebro a partir de terminales sensoriales, y que ningún conocimiento puede dejar de ser una representación.

4.5.2 Los modelos atómicos.

Los modelos atómicos hacen parte de los contenidos en todos los programas de ciencias naturales y química en las instituciones educativas de Colombia. En el caso particular de la IE Agustín Nieto Caballero se considera que este tema puede acercar a los estudiantes al entendimiento de la actividad científica y que es un requisito fundamental para iniciar al estudiante en el estudio de la química. Argumentos que según Benarroch (2000) han justifican muchas investigaciones en relación con estructura de la materia.

Lakatos (1970) desarrolló un esquema de “programa de investigación científica”, el cual es aplicable a los modelos históricos, así:

Este programa está constituido tres elementos: *un corazón duro* el cual contiene la más importante aseveración que guía a todo el que trabaja dentro del programa, *un cinturón de protección* el cual contiene hipótesis auxiliares que protegen al duro corazón de ser refutado, y, la *heurística positiva* que es un conjunto de sugerencias acerca de cómo modificar el cinturón de protección. De acuerdo con Lakatos, cuando el duro corazón del programa de investigación es cambiado, el programa es reemplazado. Esto como el resultado de la competencia que existe entre la progresión del cambio de problema (nuevos hechos y evidencias empíricas se predicen y descubren) y la degeneración del cambio del problema (predicciones exitosas no pueden ser hechas). (Lakatos, 1970)

Según Niaz (1994) esta aproximación, puede ser utilizada para caracterizar a algunos modelos históricos que son importantes en la enseñanza y aprendizaje de la ciencia. En este caso del átomo, del cual se han identificado seis modelos (Justi, R. & Gilbert, J.: 1999), que además de ser relevantes en los planes de estudio de las instituciones educativas, y bajo esta perspectiva pueden ser involucrados como ejemplos de argumentos que pueden reconstruidos utilizando las estructura de Toulmin, si se asimilan las premisas, las justificaciones/apoyos y las refutaciones, al duro corazón, el cinturón de protección y la heurística positiva, respectivamente. Estos modelos se describen brevemente (Castillejos y otros, 2006) a continuación y se contrastan con la visión Lakatosiana.

El modelo de los antiguos griegos (Leucipo y Demócrito): A los filósofos de la antigua Grecia se les atribuyen las primeras ideas sobre la existencia de los átomos.

Demócrito y Leucipo (en el siglo v a.C.) acuñan el concepto de átomo, cuya etimología viene del latín *atomous* “a” que significa sin y “tomé” que significa división, sin división. La idea de ellos era que: “la materia es una concentración de pequeñas partículas o átomos indivisibles en constante movimiento que se combinan de diferentes maneras y se diferencian entre sí”. La idea de una partícula de materia no divisible en otras y de la cual estaban formadas todas las cosas, provenía de argumentos filosóficos (Monk, M. & Osborne, J.: 1997) y no de evidencias experimentales, además se contraponía con la ideología de la época y no fue aceptada en su tiempo por muchos filósofos entre ellos Aristóteles y Platón (cuyas ideas tenían un gran peso en el pensamiento griego).

En términos de Lakatosianos: el duro corazón de este modelo contiene dos ideas fundamentales: la materia está compuesta de corpúsculos muy pequeños e indivisibles y, los átomos son duros y difieren en forma y tamaño. Las aseveraciones de la heurística positiva en este modelo incluyen: lo relacionado al movimiento atómico y las fuerzas que gobiernan la conducta de los átomos como el amor y el odio (Lakatos, 1970).

El modelo atómico griego tuvo influencia por largo tiempo. Durante el siglo XVII y XVIII varios científicos como Bacon, Descartes, Gassendi, Boyle y Newton discutieron la constitución de la materia y consideraron la idea de la existencia de los átomos para explicar algunos fenómenos y propiedades de la materia pero no desarrollaron una teoría científica. Con la excepción de Descartes, quien pensaba que la materia era continua e infinitamente divisible todos los demás aceptaban una o ambas ideas del duro corazón del modelo de los antiguos griegos.

El Modelo de Dalton: En 1805, John Dalton propone considerar los átomos como esferas idénticas para cada elemento. La razón que impulsó a Dalton a proponer una nueva teoría atómica fue la búsqueda de una explicación a las leyes químicas que se habían deducido en forma práctica hasta el momento, como la ley de la conservación y la ley de las proporciones definidas

El principal problema con el modelo de los antiguos griegos era que éste no planteaba bases para diferenciar los tipos de átomos (elementos) lo que el modelo de Dalton abordaba directamente. Así, el duro corazón del modelo de Dalton era que los elementos se

componen de partículas diminutas e indivisibles (átomos) y que los átomos de un elemento son diferentes a los átomos de otro elemento.

Dalton no hablaba de las fuerzas que existían entre los átomos sino que los concebía como estacionarios, su modelo permitía calcular masas y establecer relaciones de combinación entre diferentes tipos de átomos y ayudó así a que la química fuera una ciencia cuantitativa, diferencia radical con la perspectiva previa; con estos cálculos.

El cinturón de protección del modelo de Dalton son las afirmaciones de cómo los átomos se combinaban para formar compuestos. A pesar de sus éxitos, el modelo de Dalton solo fue ligeramente aceptado y visto como audaz por la novedad que contenía respecto al modelo de los antiguos griegos. El Modelo o teoría atómica de Dalton planteaba los siguientes postulados:

- La materia está constituida por átomos, partículas indivisibles e indestructibles.
- Los átomos que componen una sustancia elemental son semejantes entre sí, en cuanto a masa, tamaño y cualquier otra característica, y difieren de aquellos que componen otros elementos.
- Los átomos se combinan para formar entidades compuestas. En esta combinación los átomos de cada uno de los elementos involucrados están presentes siguiendo proporciones definidas y enteras. Así mismo, dos o más elementos pueden unirse en diferentes proporciones para formar diferentes compuestos.

Modelo de Thompson: Experimentando sobre la naturaleza de los rayos catódicos J. J. Thompson demostró que estos estaban compuestos por partículas cargadas negativamente y de masa muy ligera a los cuales llamó electrones. El descubrimiento de los electrones requirió un nuevo modelo del átomo. Aunque los electrones tengan carga negativa, los átomos en su totalidad son neutros, esto implicaba que cada átomo debía contener un número igual de cargas positivas y negativas, por lo que Thompson propuso que el átomo estaba constituido por electrones inmersos en una esfera con carga positiva uniforme.

El modelo de Thompson superaba al modelo de Dalton ya que proponía una estructura interna para los átomos. Para Lakatos el duro corazón del modelo sería lo referente a las cargas eléctricas de la materia. Sin embargo pronto surgió una evidencia experimental que

mostraba algunas deficiencias del modelo; el experimento de Geiger y Marsden donde una lámina de oro con grosor de 0.00004 cm se bombardeó con partículas alfa. Lo que se esperaba era que si bombardeo algo muy delgado con algo muy pesado el resultado lógico era que lo atravesara, pero aproximadamente una de cada 10000 partículas alfa “rebotaban en dirección contraria a la que habían sido lanzadas”; otro científico, Ernest Rutherford expuso varios años después su sorpresa ante estos resultados diciendo que: “fue casi tan increíble como si se hubiera disparado una bala de cañón contra una hoja de papel delgado y ésta hubiera rebotado contra el artillero”, él estableció que podía explicar los resultados obtenidos surgiendo así un nuevo modelo.

Modelo de Rutherford: En 1911, Ernest Rutherford propone, básicamente que, el átomo está formado por una pequeñísima región en donde se concentra la carga positiva y la masa del átomo y ésta se encuentra rodeada por los electrones. Este modelo estaba fundamentado en el experimento de la lámina de oro. Rutherford explicó los resultados obtenidos, así:

Suponiendo que la carga positiva y la masa de un átomo estaban concentradas en una pequeña fracción del volumen total, a la que llamó núcleo, la mayoría de las partículas alfa había atravesado sin cambiar su dirección porque en su trayectoria no se encontró con tal región, al contrario de las que se desviaron o rebotaron (la partícula alfa chocó con otra masa de carga positiva, mucho mayor, que le produjo grandes desviaciones e incluso la hizo rebotar). (Castillejos y otros, 2006)

Solamente después de someter a bombardeo durante dos años todos los “rincones” del átomo, se comprobó que esta hipótesis era cierta: en el núcleo se concentra la carga positiva y toda la masa del átomo, el diámetro del núcleo es igual, aproximadamente a una cienmilésima del diámetro atómico. Por eso la gran mayoría de las partículas alfa pasaban sin desviarse. Se descubrió que el átomo estaba prácticamente vacío en su inmensa mayoría.

En el artículo que Rutherford publica, no menciona nada respecto a la forma de las órbitas. El modelo planetario (por la analogía que hace al sistema solar) es la representación

más conocida por la sociedad (Pozo, J. I., Gómez, M. A., Limón M. & Sanz A.: 1991) a pesar de no ser actual y es una de las analogías más conocidas en relación a un modelo científico.

El comportamiento de los electrones en el modelo de Rutherford, fue descrito usando la mecánica clásica pero pronto fue claro que fallaba. La falla del modelo de Rutherford (modelo planetario) era que a diferencia de los planetas, los electrones tienen carga eléctrica. Al girar emitirían radiación y perderían con ello energía, hasta caer al núcleo siguiendo una trayectoria espiral. En una fracción de segundo, el electrón caería al núcleo, por otra parte, este modo de movimiento contradecía las leyes del electromagnetismo, el giro de una partícula cargada, como el electrón, la somete a una aceleración, y se sabía que toda carga acelerada debía emitir continuamente radiación electromagnética lo cual, no se observaba. Éste era un modelo inestable para un átomo. Algo estaba faltando en la teoría de Plank y ese “algo” era considerar la teoría cuántica.

El duro corazón del modelo de Rutherford consistiría de dos ideas: en primer lugar que la carga positiva y la masa del átomo estaban concentradas en una pequeña fracción del volumen total, el núcleo (aproximadamente 10000 veces más pequeño que el átomo por sí mismo); la segunda idea era que el núcleo estaba rodeado por un sistema de electrones que se mantenían juntos por fuerzas atractivas hacia él.

Modelo de Bohr: Observaciones sobre las líneas de emisión del hidrógeno:

Nombre de la línea	H alfa	H beta	H gama	H delta
Longitud de onda (nm)	656.2	486.1	434.0	410.2
Color	rojo	verde	azul	violeta

Generaron afirmaciones tales como:

- Cada elemento sigue un patrón diferente. Aún el más simple de los átomos, el hidrógeno, emite luz en forma de cuatro colores diferentes.
- Como los átomos solamente absorben o emiten luz de unas cuantas longitudes de onda, los experimentos espectrales parecían indicar que la energía de los electrones no podía tomar cualquier valor.

El comienzo de la explicación de esto ocurrió a principios del siglo XX, cuando el alemán Max Planck presentó una teoría que revolucionó nuestra concepción del universo. Max Planck, trataba de explicar por qué los cuerpos calientes emiten radiación electromagnética. En 1900, Planck logró dar una explicación después de que los científicos lo intentaron durante cuarenta años, pero tuvo que proponer algo totalmente nuevo: que los cuerpos del microcosmos (electrones, nucleones, átomos, moléculas) absorben y emiten luz de manera discontinua. Los electrones sólo absorben o emiten luz en pequeños paquetes de energía, que llamó cuantos de energía. Esta palabra viene del latín quantum, que se entiende como: cantidad elemental. Por eso se conoce a la contribución de Planck como teoría cuántica o teoría de los cuantos.

Así, de la misma manera como la carga de un cuerpo puede variar según gane o pierda electrones (cuantos de carga), la energía de un objeto sólo puede variar en magnitudes fijas, los cuantos energéticos. Estos cuantos de energía son tan pequeños que el intercambio de energía en los objetos grandes, parece continuo. Planck pudo calcular que la mínima cantidad de energía luminosa que puede absorber o emitir un cuerpo depende de la frecuencia de la luz que emite o absorbe.

Convencido de que la mecánica clásica no podía explicar la estructura atómica, Bohr basándose en la idea de la cuantización de Max Planck, propuso un nuevo modelo. Bohr propuso un modelo atómico que permitía explicar perfectamente la aparición de las líneas de emisión del hidrógeno.

Las bases del modelo de Bohr fueron:

- Los electrones en los átomos sólo presentan ciertos estados energéticos estables. Así, no cualquier órbita del modelo planetario estaría permitida para el electrón. Al aplicar la teoría cuántica de Planck, Bohr encontró que sólo ciertas órbitas eran factibles.
- Las leyes del electromagnetismo clásico no son del todo válidas en el nivel atómico. Aunque los electrones son partículas cargadas, no emiten radiación en su viaje alrededor del núcleo, sino solamente cuando cambian el radio de su órbita.

- Cada uno de los niveles energéticos corresponde a una posible órbita del electrón alrededor del núcleo.

Las siguientes son consecuencias importantes del modelo atómico de Bohr:

- La energía del electrón en el átomo está cuantizada, es decir, no puede adoptar cualquier valor.
- La emisión y absorción de luz por los átomos se explica por el tránsito del electrón entre dos de los estados energéticos permitidos.
- Existe un estado de mínima energía, llamado estado basal.
- El radio de la órbita menor es de 53pm.
- El número entero n , o número cuántico principal, es suficiente para especificar la órbita del electrón y su energía. Si n crece, el electrón gira más lejos del núcleo y con mayor energía.

Esta representación explicaba datos espectroscópicos. Para Lakatos el duro corazón de este modelo sería que los electrones en los átomos sólo presentan ciertos estados energéticos estables. Así, no cualquier órbita del modelo planetario estaría permitida para el electrón.

Modelo cuántico: Entre 1924 y 1926 aparecen propuestas nuevas sobre la estructura de los átomos, es así como se propone la naturaleza dual de las partículas como por ejemplo los electrones y se dice que algunas veces estos se comportan como corpúsculos (materia) y otras veces como ondas (luz). Werner Heisenberg alemán que colaboró durante muchos años con Niels Bohr, presentó a finales de 1925 una teoría que consideraba esta naturaleza dual de los electrones y dos años más tarde presentó su Principio de Incertidumbre. Proponen que existe una incertidumbre de principio en los sistemas atómicos: “un observador no puede determinar simultáneamente con toda precisión, la posición y velocidad de un electrón”. Según Heisenberg y Bohr la naturaleza dual corpuscular ondulatoria de los sistemas cuánticos tiene implicaciones sobre el grado de conocimiento que podemos obtener de los electrones y los átomos.

En 1926 el austriaco Erwin Schrödinger publicó trabajos en los que utilizó ecuaciones que antes sólo habían sido empleadas para fenómenos ondulatorios (de luz), obteniendo resultados para los átomos (materia). Por eso se le conoce como el creador de la mecánica ondulatoria; numéricamente obtiene los mismos resultados que Heisenberg es decir resultados teóricos que confirman perfectamente los datos experimentales. Luego demuestra que su teoría es equivalente a la de Heisenberg.

En la mecánica cuántica de Schrödinger, como se le conoce hoy, aparece un componente matemático llamado función de onda, cuya interpretación no quedaba clara, pero el alemán Max Born indicó que el cuadrado de la función de onda nos proporciona la probabilidad de que el electrón se encuentre en las diversas regiones del espacio vacío del átomo, de esta manera nace la interpretación probabilística de la mecánica cuántica.

En resumen en el modelo actual de la estructura atómica, los electrones no circulan en órbitas, como sugería el modelo de Bohr, pues no son corpúsculos en el sentido clásico (es decir: partículas con masa, materia) sino que aceptan una descripción ondulatoria (como onda de luz). Un corpúsculo puede tener una posición bien definida pero no una onda, esta naturaleza dual de los electrones y el Principio de Incertidumbre sólo nos permite conocer con cierto grado de precisión su posición y velocidad y ello nos impide hablar de “la trayectoria” de los electrones, sólo podemos conocer la probabilidad de que el electrón se encuentre aquí ó allá, nada más, por ello en lugar de hablar de órbitas el nuevo modelo habla de orbitales.

CAPÍTULO 5

METODOLOGÍA

Este capítulo describe el proceso y diseño metodológico que se llevará a cabo; se presenta el tipo de investigación elegida, el diseño de la investigación, el contexto investigativo, las categorías de análisis, al igual que los instrumentos diseñados para la recolección de los datos; se explica el procedimiento que permitió codificar y analizar la información, mediante la triangulación de los datos, provenientes de diversas fuentes. Finalmente se presentan los criterios teóricos y metodológicos que orientaron el diseño y la aplicación de la unidad didáctica, como un modelo de instrucción para la enseñanza y el aprendizaje de los modelos atómicos, que potenciara la habilidad argumentativa.

5.1 Metodología de la investigación

Este proyecto de investigación metodológicamente está mayoritariamente enmarcado en el ámbito de la investigación o enfoque cualitativo, a un nivel correlacional causal, en la medida en que se involucran un pre-test y un pos-test (Cauas, 2015) y es del corte descriptivo, en cuanto pretende dar razón de la evolución o desarrollo de la habilidad argumentativa (Cauas, 2015). En términos de Briomes (1996) esta se puede definir como una investigación educativa, una vez que esta se llevara a cabo sobre el proceso educativo dentro de la escuela. Un ingrediente cuantitativo presente en este trabajo estará en el manejo de algunos datos y su presentación en forma gráfica.

5.2 Contexto de la investigación

La población para este estudio estuvo determinada por estudiantes del grado séptimo de la IE Agustín Nieto Caballero (Dosquebradas, Risaralda), cuyas edades oscilan entre los 12 y 15 años de edad; el número de estudiantes matriculados en este grado y jornada son 64, que en su totalidad fueron participantes de la intervención didáctica.

Tanto para conocer los niveles argumentativos de los estudiantes, así como para promover el desarrollo de las habilidades argumentativas de estos, servirán como espacio

contextualizado, las clases de ciencias naturales¹ – química, y específicamente aquellas durante el proceso de enseñanza y aprendizaje de los modelos atómicos. Durante la aplicación de la unidad didáctica, además de llevarse a cabo la enseñanza y aprendizaje de tema en mención, se recolectará la información requerida a través de aplicación de instrumentos previamente diseñados para el propósito de este trabajo.

5.2.1 Unidad de trabajo

De los estudiantes participantes en la intervención didáctica (64 estudiantes) y que completaron tanto el pre como el post test (52 estudiantes), solo se tuvieron en cuenta para el análisis los registros de 7 estudiantes, los cuales se seleccionaron bajo los siguientes criterios:

- Estudiantes con una buena actitud frente al estudio y a las clases de ciencias naturales.
- Estudiantes con un historial de rendimiento académico bajo (2), bueno (2) y Alto o superior (3).

Una vez terminada la intervención, los estudiantes se clasificaron de acuerdo a la escala de valoración nacional y de cada grupo se seleccionaron aleatoriamente los estudiantes de la unidad de trabajo.

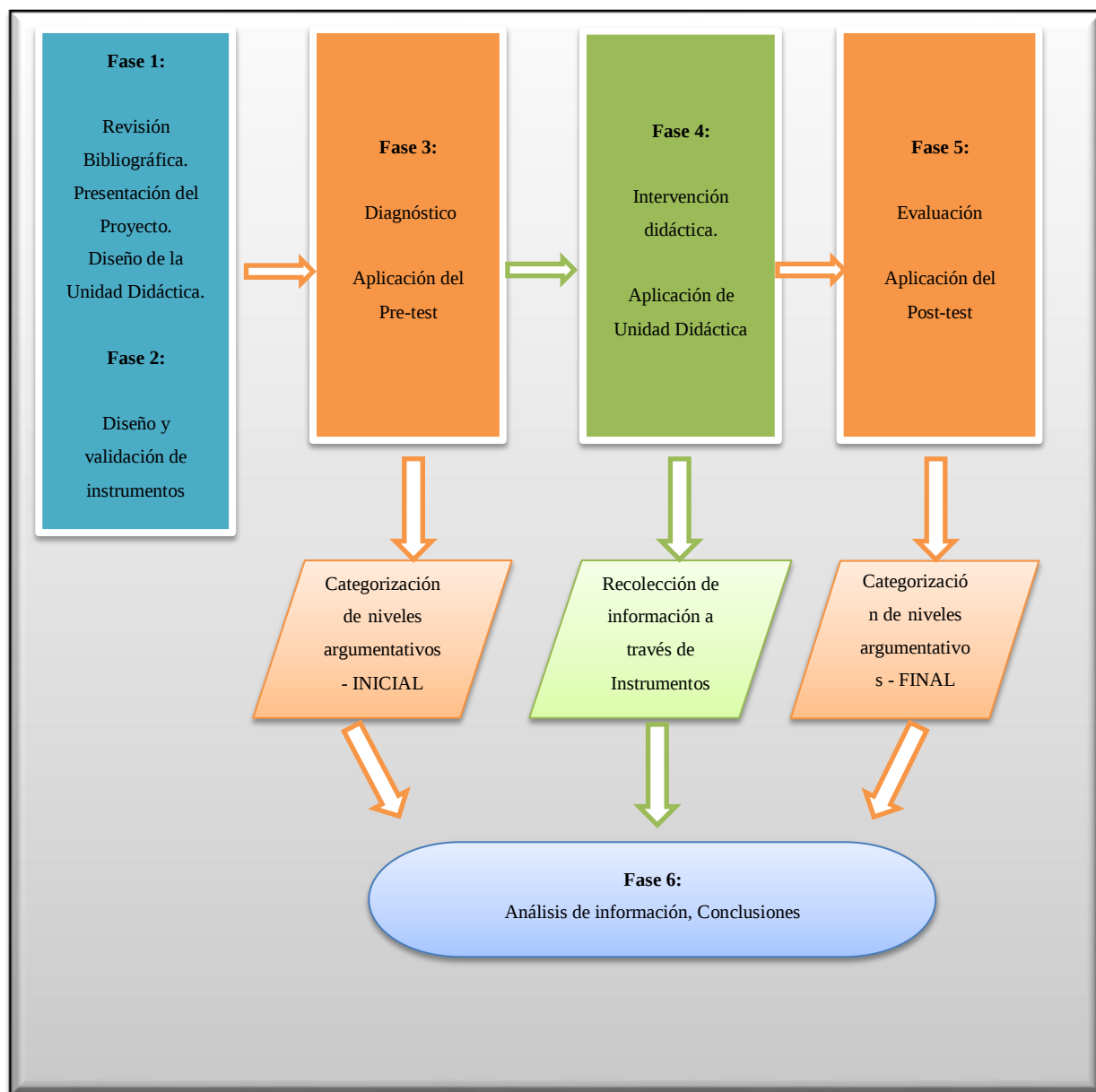
5.3 Diseño metodológico

El diseño metodológico de esta investigación cualitativa sobre el desarrollo de la argumentación científica escolar durante el aprendizaje de los modelos atómico, involucra el diseño de una Unidad Didáctica y los instrumentos de recolección de información, que permiten establecer los cambios en los niveles argumentativos y la calidad de los argumentos de los estudiantes, se desarrollará en las siguientes seis fases (Figura 1):

¹ Asignatura con una intensidad horario de 4 horas semanales.

- *Fase 1:* Incluye: Revisión bibliográfica y presentación del proyecto, Diseño teórico de la Unidad Didáctica: Selección de temas y actividades que teóricamente, ayuden a desarrollar la argumentación científica escolar desde el modelo de Toulmin. (Ver [Anexo B](#)).
- *Fase 2:* Diseño y validación de herramientas para recolección de información (eventos argumentativos) y diseño de Pre-test y Post-test para el establecimiento de los niveles argumentativos (Caracterización de la argumentación en los estudiantes). (Ver [Anexo A](#))
- *Fase 3:* Aplicación de Pre-test (diagnóstico), previa validación con 5 estudiantes de la misma institución el rango de edad y nivel educativo, para la determinación y categorización inicial de los niveles de argumentación y calidad de los argumentos de los estudiantes.
- *Fase 4:* Aplicación de la Unidad Didáctica (intervención didáctica) y recolección de información.
- *Fase 5:* Aplicación del Post-test (Evaluación) para establecer los cambios en los niveles argumentativos. Se refiere al proceso de evaluación, en la cual se aplicará la prueba pos-test (prueba paralela) a los estudiantes, con el fin de determinar el impacto de la estrategia y si ésta favoreció en ellos la habilidad de argumentar.
- *Fase 6:* Análisis de información, obtención de conclusiones y recomendaciones: La información suministrada por las pruebas pre y post-test permitirá la caracterización de la habilidad de los estudiantes para argumentar a partir del uso de pruebas, además la comparación de los dos grupos de resultados de la fase inicial y final permitirá evidenciar el cumplimiento de los objetivos, el impacto de la estrategia aplicada y el grado de evolución de los estudiantes en el uso de pruebas para favorecer la argumentación en ciencias.

Figura 1 Diseño Metodológico



5.4 Modelo de instrucción: La unidad didáctica

Para potenciar la Argumentación Científica Escolar, a través del aprendizaje de los modelos atómicos, se diseñó una unidad didáctica para ser aplicada en la intervención en el aula.

5.4.1 Fundamento teórico

La herramienta central para la realización de este trabajo es el diseño de una unidad didáctica (UD), sobre los modelos atómicos, pero más allá de la temática la intención de esta es el desarrollo de la dimensión argumentativa en los estudiantes. Es así como que es importante la establecer que se entiende por UD, sus objetivos, y los elementos que la constituye.

El concepto de UD se define, según lo planteado desde el grupo de investigación “Cognición y Educación” de la Universidad Autónoma de Manizales, a partir de los trabajos de Tamayo (2009) y Sánchez & Valcárcel (1993), como “un proceso flexible de planificación de la enseñanza de los contenidos relacionados con un campo específico para construir procesos de aprendizaje en una comunidad determinada” , en el cual el aula de clase se convierte en un espacio donde docentes y estudiantes se involucran con la ciencia escolar desde una perspectiva constructivista y evolutiva, que termina transformando el pensamiento de los actores del proceso.

Desde esta perspectiva las UD deben integrar aspectos relevantes tales como: la historia y epistemología de los conceptos, las ideas previas de los estudiantes, la evolución conceptual, la metacognición, la multi-modalidad en el aula, la dimensión emotiva-afectiva y las relaciones CTSA donde el desarrollo de pensamiento crítico es importante, en nuestro caso la dimensión argumentativa (Tamayo, 2014).

Lo anterior hace necesario establecer una serie de criterios para la toma de decisiones en el diseño de la unidad didáctica, para lo cual se acogerán los planteados por Sanmartí (2000), y el proceso para el análisis, diseño y ejecución de la UD presentados por Tamayo, Vasco y otros (2013), donde la historia y epistemología del concepto juega papel importante a ser integrados en las unidades didácticas, aspecto que es soportado por autores como Quintanilla (2005) cuando plantea importancia del papel de la historia de la ciencia en la didáctica de la ciencia, no solo para generar actitudes positivas sobre esta en los

estudiantes, sino también para propiciar cambios en la visión que se tienen de los científicos y de la ciencia, y así desarrollar habilidades de pensamiento crítico, entre ellas la habilidad argumentativa. Es por esta razón que se plantea como eje temático de la UD los modelos atómicos que brindan no solo la visión del desarrollo histórico sobre la estructura de la materia, sino que brinda la posibilidad de desarrollar la habilidad argumentativa de los estudiantes durante el proceso de enseñanza y aprendizaje de los mismos.

5.4.2 Objetivos de la unidad didáctica

Teniendo en cuenta la importancia didáctica de la historia y la epistemología de la ciencia para dar una imagen adecuada de esta, generar actitudes positivas hacia la misma y aumentar la comprensibilidad de los contenidos incorporados en la malla curricular, en esta unidad didáctica sobre los *modelos atómicos*, presenta desde una visión histórico-epistemológica, el desarrollo de los principales modelos que han servido para elucidar la estructura de la materia. Además de los aspectos conceptuales y evolutivos de los modelos atómicos, en esta unidad didáctica se presenta de forma explícita la argumentación y el desarrollo de esta habilidad a través de las diferentes actividades desarrolladas en el proceso de enseñanza y aprendizaje de los modelos atómicos.

En la unidad didáctica se plantearon los siguientes objetivos:

- Promover la comprensión de la estructura de la materia, a través de estudio de los modelos atómicos.
- Fomentar y promover el uso del lenguaje científico en las explicaciones sobre estructura de la materia en producciones escritas por los estudiantes.
- Potenciar la habilidad argumentativa de los estudiantes durante el proceso de enseñanza y aprendizaje de los modelos atómicos.
- Potenciar procesos de autorregulación sobre los procesos de aprendizaje de los estudiantes.

5.4.3 Estructura de la unidad didáctica

A continuación se presenta la estructura de la UD:

- a. Identificación de Ideas Previas / Modelos Explicativos e Identificación de Obstáculos: Las ideas previas de los estudiantes se identificaron a través de las siguientes actividades:

- *Actividad IP1. Átomo como unidad:* La intención con esta primera pregunta es que los estudiantes lleguen a una respuesta sobre la porción más pequeña de la materia, en este caso el átomo. Se propone a los estudiantes que reflexionen sobre las siguientes preguntas introductorias
- *Actividad IP2. Estructura de la materia:* Esta actividad tiene como propósito indagar cuales son las ideas previas y modelos explicativos de los estudiantes sobre la estructura de la materia. Es un instrumento desarrollado y validado por Perrota y otros (2003), se realizaron ajustes en términos de contexto, lenguaje y se adicionó a las preguntas pertinentes la condición de “justifica tu respuesta”.

El instrumento consta de 14 ítems, de los cuales los primeros 5 ítems indagan sobre si el átomo es la parte más pequeña que constituye las cosas (seres vivos y no vivos) y sobre cómo está constituido. En los ítems 6 al 9 se pregunta sobre la diferencia entre átomos, el movimiento de las partes que lo componen, la masa y el tamaño de las partículas. Las interacciones y las posibilidades de romper o unir el núcleo del átomo se tratan en los ítems 10 a 13. El ítem 14 pretende indagar respecto del origen de la información que tienen los estudiantes”

- *Actividad IP3: Analogía vs Modelo:* Una vez que llegan a las respuestas sobre la porción más pequeña de la materia, se les sugiere que representen gráficamente el modelo atómico de Thomson, presentado con una analogía y se de respuesta interpretativas y comparativas entre la analogía y el modelo.

b. Actividades de reflexión sobre el aprendizaje y el contrato didáctico

- *Actividades de Evaluación:* Cada estudiante deberá auto valorar su trabajo, respondiendo una serie de preguntas.
- *Actividades de Autorregulación:* Promoción de la autorregulación a través de una serie de actividades.

c. Intervención Didáctica: De acuerdo con autores como Osborne (2001, 2004) y Revel y otros (2005), la argumentación científica debe enseñarse de forma explícita, por lo cual en esta actividad se revisan los aspectos generales de la estructura de un argumento según Toulmin.

- *Actividad ID1:* Introducción a la argumentación científica: Se presenta los elementos de un argumento según Toulmin y se familiarizan con los esquemas y el uso de cuadros heurísticos.
- *Actividad ID2:* Uso de Tabla de declaraciones: A los estudiantes se les da una tabla de declaraciones sobre un tema en particular (en este caso se seleccionó el futbol, que despierta interés en la mayoría de los estudiantes). Se les pide que digan con cuál de las declaraciones está de acuerdo o en desacuerdo, argumentando sus respuestas.
- *Actividad ID3:* diseño de experimentos: la caja negra: Esta actividad tiene como objetivo el aproximar a los estudiantes al concepto de modelo, que además de hacer parte de la malla curricular, proporcionan un buen contexto para potenciar destrezas propias de la competencia científica como el razonamiento, predicción, interpretación de la realidad, construcción de modelos para explicar observaciones.
- *Actividad ID4:* Mapa Conceptuales de las ideas de los estudiantes: Esta actividad es una adaptación del uso común del concepto de mapeo (Osborne, 1997).
- *Actividad ID5:* Teorías competidoras – Ideas y evidencias: Esta actividad es una adaptación de Solomon y otros (Solomon, 1991, Solomon, Duveen, & Scott, 1992) citado por Osborne (2001). Se realizará la lectura y análisis de los diferentes modelos, apoyándose en videos sobre los experimentos y

descubrimientos relacionados con cada modelo. Luego se plantea la actividad: teorías competidoras – ideas y evidencias. A cada estudiante se le asigna un texto sobre uno de los modelos atómicos, para que lo lea comprensivamente.

d. Actividades de evaluación de la unidad didáctica.

5.5 Descripción de las categorías de análisis

5.5.1 Categoría argumentación

Esta categoría se ubica desde la perspectiva de Toulmin (1958) en relación de los elementos que constituyen los argumentos, y se complementa con el análisis del discurso desde la visión Van Dijk (1989), como lo presenta Pinzón (2014) en relación a la expresión del conocimiento.

A esta categoría se le ha asignado como subcategoría de análisis los niveles argumentativos, que han sido adaptados de Osborne (2001, 2004) y Tamayo (2014) y trabajados desde la visión de Erduran y otros (2004).

Con base en la estructura de los argumentos de Toulmin (1958), y los niveles anteriores, se conceptualiza la argumentación científica para lo cual se construyen seis niveles distintos con descriptores que además de incluir los elementos Toulminianos, establecen las características de los estudiantes que se ubican en cada nivel. El primer nivel, es la diferencia frente a los niveles de referencia, y representa declaraciones no científicas; se propone este nivel para agrupar o clasificar a los Estudiantes que solo responden, a una situación problemática con un: si, no, porque si, porque no, o solo seleccionan una respuesta de una serie presentada. Las Tabla 6 y 7 muestran en detalle la categoría, subcategorías y sus descriptores.

Tabla 6 Descripción de la categoría de análisis, Argumentación

Categorías	Subcategorías	Descriptores
Argumentación	Niveles Argumentativos	N0: No científico
		N1: Los estudiantes piensan que se puede concluir científicamente sin datos
		N2: Los estudiantes reconocen que es necesario una serie de datos adecuados para formular una conclusión
		N3: Los estudiantes pueden usar teorías, conocimientos adquiridos para relacionar datos y conclusiones
		N4: Los estudiantes reconocen la incertidumbre de la conclusión dada la fuerza de las justificaciones.
		N5: Los estudiantes reconocen las una que la conclusión no puede ser mantenida, analizando las limitaciones relacionadas con los datos, la teoría/el modelo del fenómeno en cuestión.
NOTA: Ver tabla 1 con la descripción completa de los Niveles Argumentativos		

Tabla 7 *Detalles y codificación de los niveles argumentativos (Toulmin)*

Código	Nivel	Descripción	Según Toulmin	Características de los estudiantes
N0	0	No científico	---	Los Estudiantes solo responden, a una situación problemática con un: si, no, porque si, porque no, o solo seleccionan una respuesta de una serie presentada.
N1	1	Conclusión “Científica”	Conclusión (C)	Los estudiantes piensan que se puede concluir científicamente sin datos
N2	2	Relación entre conclusión y datos	Conclusión + Datos (CD)	Los estudiantes reconocen que es necesario una serie de datos adecuados para formular una conclusión
N3	3	Relación razonada entre conclusión y datos	Conclusión + Datos Justificación + Apoyos (CDJ) / (CDJA)	Los estudiantes pueden usar teorías, conocimientos adquiridos para relacionar datos y conclusiones
N4	4	Relación modificada y razonada entre conclusión y datos	Conclusión + Datos Justificación/Apoyos +Cualificador modal (CDJAQ)	Los estudiantes reconocen la incertidumbre de la conclusión dada la fuerza de las justificaciones.
N5	5	Relación condicionada, modificada y razonada entre conclusión y datos	Conclusión + Datos Justificación/Apoyos +Cualificador modal + Refutación (CDJAQR)	Los estudiantes reconocen que la conclusión no puede ser mantenida, analizando las limitaciones relacionadas con los datos, la teoría/el modelo del fenómeno en cuestión.

5.5.2 Calidad de los argumentos

Con base en los conceptos y aspectos teóricos de los trabajos mencionados en el marco teórico (Joannon & Ihnen , 2015; Apostel , 1979; Adúriz-Bravo, 2008; Chion y Adúriz-Bravo ,2015; y Rodríguez y Jiménez –Aleixandre, 2007), y ante la falta de unos niveles para evaluar la calidad de los argumentos, en este trabajo de investigación se proponen criterios para evaluar la calidad de los argumentos, en los cuales se consideran tres componentes: Forma o componente lógico, Contenido o componente teórico, Contexto o componente pragmático, así:

- La forma o componente lógico: Se refiere a que las justificaciones y conclusiones deben estar relacionadas de tal manera que si las justificaciones son ciertas, la conclusión tenga un grado variable de certeza
- El contenido o componente teórico: establece que las justificaciones que hacen que las afirmaciones sean verdaderas o que tengan una alta probabilidad de ser ciertas, toman como base un modelo teórico, explicativo o un concepto aprendido.
- El contexto o componente pragmático: Aquí el argumento se evalúa como un todo. El argumento presentado se ajusta y adecua a las circunstancias en las que se presenta, o en que se pretende dar una explicación o este es aplicable.

Para cada criterio se establecieron sus respectivos descriptores y se plantean tres niveles de calidad de los argumentos. Las Tablas 8 y 9 muestran en detalle la categoría, subcategorías y descriptores.

Tabla 8 Descripción de la subcategoría, Niveles de Calidad

Categorías	Subcategorías	Descriptor
Argumentación	Niveles de Calidad	Nivel de Calidad 1 (nC1)
		Nivel de Calidad 2 (nC2)
		Nivel de Calidad 3 (nC3)

NOTA: Ver tabla 1 con la descripción completa de los Niveles de Calidad de los Argumentos

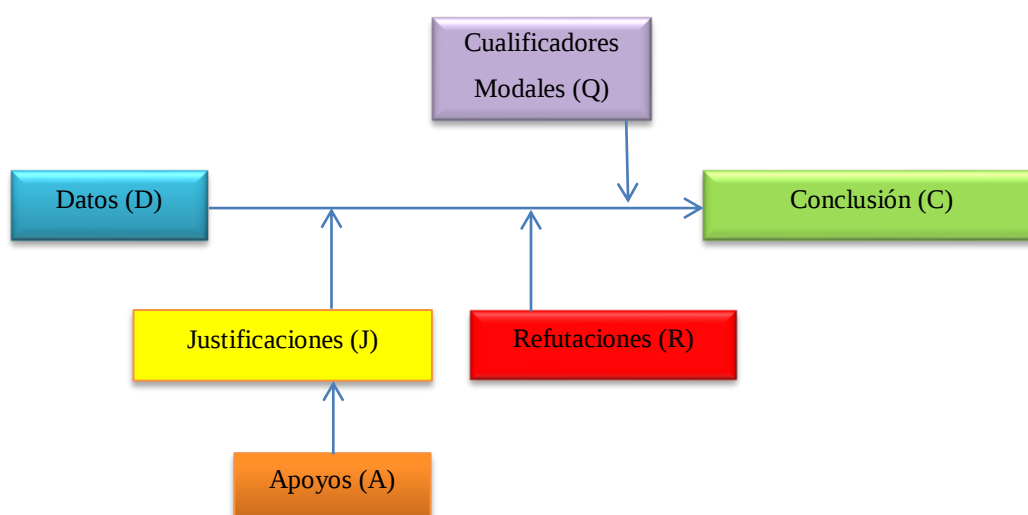
Tabla 9 Niveles de calidad de los argumentos

Nivel de Calidad	Descriptor del Nivel de Calidad
Nivel de Calidad 1 (nC1)	- No hay justificaciones o las justificaciones y conclusiones NO están relacionadas; o las justificaciones NO son ciertas, por cual la conclusión NO es cierta. - Las justificaciones NO aportan para que las afirmaciones sean verdaderas o que tengan una alta probabilidad de ser ciertas. - El argumento, como un todo, NO se ajusta y ni se adecua a las circunstancias en las que se pretende dar explicaciones o es aplicable.
Nivel de Calidad 2 (nC2)	- Las justificaciones y conclusiones están relacionadas de tal manera que si las justificaciones son ciertas, la conclusión tiene un buen grado de certeza. - Las justificaciones aportan para que las afirmaciones sean verdaderas o que tengan alguna probabilidad de ser ciertas, pero NO se refieren a modelo teórico/explicativo o concepto aprendido, es decir hace uso de lenguaje cotidiano o creencias. - El argumento, como un todo, No se ajusta o adecua completamente a las circunstancias en las que se pretende dar explicaciones o es aplicable. Pero se evidencia el intento por dar una explicación.
Nivel de Calidad 3 (nC3)	- Las justificaciones y conclusiones están relacionadas de tal manera que si las justificaciones son ciertas, la conclusión tiene un alto grado de certeza. - Las justificaciones que hacen que las afirmaciones sean verdaderas o que tengan una alta probabilidad de ser ciertas, se refieren a modelo teórico/explicativo o concepto aprendido, haciendo uso correcto del lenguaje científico escolar. - El argumento, como un todo, se ajusta y adecua a las circunstancias en las que se pretende dar explicaciones o es aplicable

5.6 Instrumentos

Se diseñó un instrumento para la evaluación de los niveles argumentativos y la calidad de los argumentos de los estudiantes, (Ver [anexo A](#)). El instrumento consta de tres actividades (seleccionadas de diferentes fuentes² y adaptadas según el contexto) para crear momentos argumentativos, que permitirán identificar los elementos involucrados en las argumentaciones de los estudiantes y correlacionarlos con los elementos Toulminianos (ver Figura 2): Conclusiones (tesis, afirmaciones), Datos (hechos, premisas), Justificaciones (garantías), Apoyos (respaldos), Cualificadores modales y Refutaciones (excepciones).

Figura 2 Modelo argumentativo de Toulmin



En cada actividad se solicita a los estudiantes que planteen, conclusiones, justificaciones con apoyos, y se busca que formulen refutaciones al preguntar por el grado de certeza que tienen de sus conclusiones, en relación con los cualificadores modales. Para la evaluación de las conclusiones y su relación de con los datos se plantea una actividad de selección múltiple o respuesta corta, seguida de una justificación. (Ver Tabla 10)

² Estas actividades fueron tomadas y modificadas de TIMSS 1999, páginas 33, 40, 45, 58 y 63.

Tabla 10 Actividades para datos y conclusiones

Actividad (No. y Descripción)	Pregunta No.	Pregunta
1 Selección múltiple con Justificación	1	La principal razón de que los científicos repitan las mediciones durante la realización de un experimento, es porque ellos pueden: a. Revisar si los instrumentos están funcionando b. Hacer una tabla con los resultados c. Calcular el error del experimento d. Cambiar las condiciones del experimento La respuesta correcta es _____, porque:
1 Selección múltiple con Justificación	2	Los insecticidas son usados para controlar las poblaciones de insectos, y así ellos no pueden dañar los cultivos. Después de un tiempo los insecticidas son menos efectivos para matar los insectos y nuevos insecticidas se tienen que desarrollar. Cuál es la principal razón más probable para que los insecticidas se vuelvan menos efectivos a través del tiempo: a. Los insectos sobrevivientes han aprendido a usar los insecticidas como fuente de alimento. b. Los insectos sobrevivientes pasan su resistencia a los insecticidas a sus descendientes. c. Los insecticidas se acumulan en el suelo d. Los insecticidas son concentrados en el parte más baja de la cadena alimenticia. La respuesta correcta es _____, porque:
1 Selección múltiple con Justificación	3	Dos frascos sin tapa, se llenan respectivamente con vinagre y aceite de oliva y se dejan en el borde de una ventana, expuestos a la luz solar. Varios días después se observa que las botellas están mermadas. Que puedes concluir de esta observación: a. El vinagre se evapora más rápido que el aceite de oliva. b. El aceite de oliva se evapora más rápido que el vinagre. c. Tanto el vinagre como el aceite de oliva se evaporan. d. La luz solar directa es necesaria para la evaporación. La respuesta correcta es _____, porque:

Para la evaluación de las justificaciones, a los estudiantes se les proporcionan datos en forma de gráficos, tablas o declaraciones escritas, se solicita a los estudiantes que las respuestas siempre deben estar acompañadas de una explicación (justificación). La evaluación de las refutaciones se procura a través del concepto de incertidumbre sobre las conclusiones, la cual la deben valorar en un escala de 1 a 5 seguida de una explicación del por qué el valor asignado. (Ver Tablas 11 y 12).

El instrumento se validó de dos formas: primero a través del juicio de expertos y segundo el pilotaje. La validación por juicio de experto la llevo a cabo el PhD en Educación Wilman Ricardo Henao G. y director del trabajo de grado, e indirectamente por los pares evaluadores en el proceso de aprobación. La validación por pilotaje se llevó a cabo con 5 estudiantes del mismo nivel, pero de jornada contraria.

Adicionalmente se diseñaron cinco instrumentos (actividades), los cuales fueron aplicados durante el transcurso de la Unidad Didáctica (Ver [Anexo B](#)), con el fin de rastrear: eventos argumentativos, avances en la utilización del esquema de Toulmin y cuadros heurísticos, como parte del desarrollo de la habilidad de la argumentación científica escolar. A continuación se describe las actividades diseñadas y aplicadas. (Ver tabla 13).

En relación con la evaluación de los cambios en los conceptos relacionados con modelos atómicos, que no es propósito del proyecto, se tomaron tres actividades, del instrumentos de ideas previas y modelos explicativos, que permiten establecer no solo cambios conceptuales sino que adicionalmente son eventos argumentativos. (Ver tabla 14)

Tabla 11 Actividades para justificaciones y refutaciones (1)

Actividad (No. y Descripción)	Pregunta No.	Pregunta
2 Vida en otro planeta	1	¿Puede existir vida similar a la de la Tierra en Proto? Sí ____ No ____ Justifica.
2 Vida en otro planeta	2	Escriba una razón importante por la que sería difícil para los seres humanos vivir en Proto, si este planeta existiera. Explica tu respuesta.
2 Vida en otro planeta	3	¿Qué tan seguro es usted de su respuesta sobre la vida en Proto? 1. ____ Nada Seguro 2. ____ 3. ____ 4. ____ 5. ____ Muy seguro Explica lo que influyó en su incertidumbre en el tema anterior.

Información para la actividad: vida en otro planeta

Diana y Mario estaban discutiendo lo que podría ser la vida en otros planetas. Su profesor de ciencias les proporcionó datos sobre la Tierra y un planeta imaginario “Proto”. La tabla muestra estos datos.

Parámetro	Tierra	Proto
Distancia desde su estrella	148.640.000 Km	902.546.000 Km
Presión atmosférica en la superficie del planeta	1,0 Atm	0,000986923 Atm
Condiciones atmosférica: - Composición gaseosa	Oxígeno 21% Dióxido de Carbono 0,03% Nitrógeno 78%	Oxígeno 5% Dióxido de Carbono 5% Nitrógeno 90%
- Capa de Ozono?	Si	No
- Cubierto de nubes?	Si	No

Tabla 12 Actividades para justificaciones y refutaciones (2)

Actividad (No. y Descripción)	Pregunta No.	Pregunta
3 Combustión	1	¿Un tronco grande de madera se quemará más lentamente que el mismo tronco cortado en trozos pequeños? Sí _____ No _____ Explicar por qué?
3 Combustión	2	¿Qué tan seguro es usted de su respuesta sobre la vida en Proto? 1. _____ Nada Seguro 2. _____ 3. _____ 4. _____ 5. _____ Muy seguro Explica lo que influyó en su incertidumbre en el tema anterior.

Texto para la actividad 3: Combustión

“La Combustión es una reacción química que se da entre una sustancia denominada combustible (como la madera) que entra en contacto con el oxígeno (comburente), y que en condiciones características de cada material, producen dióxido de carbono (entre otras sustancias) y energía (calor y luz). La velocidad de la combustión es una medida de la cantidad de combustible consumida por unidad de tiempo en unas condiciones dadas. La velocidad de la combustión depende en alto grado de la forma del combustible, cantidad de aire existente, contenido de humedad y otros factores relacionados con éstos; sin embargo, para que la combustión continúe, es siempre necesario que se produzca una evaporación progresiva de los sólidos y líquidos por su exposición al calor ...” (Texto construido por el autor)

Finalmente con el propósito de conocer la opinión de los estudiantes respecto a la metodología y al enfoque seguido para la enseñanza y el aprendizaje del tema de los modelos atómicos y el desarrollo de la argumentación científica escolar, se realizó una sesión de socialización de las experiencias durante la intervención didáctica.

Tabla 13 *Actividades diseñadas para promover la argumentación científica escolar*

Actividad	Descripción
Actividad id1: Introducción a la argumentación científica	Se presenta los elementos de un argumento según Toulmin y se familiarizan con los esquemas y el uso de cuadros heurísticos
Actividad id2: Uso de tabla de declaraciones	A los estudiantes se les da una tabla de declaraciones sobre un tema en particular (en este caso se seleccionó el futbol, que despierta interés en la mayoría de los estudiantes). Se les pide que digan con cuál de las declaraciones está de acuerdo o en desacuerdo, argumentando sus respuestas.
Actividad id3: Diseño de experimentos	La caja negra: esta actividad tiene como objetivo el aproximar a los estudiantes al concepto de modelo, que además de hacer parte de la malla curricular, proporcionan un buen contexto para potenciar destrezas propias de la competencia científica como el razonamiento, predicción, interpretación de la realidad, construcción de modelos para explicar observaciones.
Actividad id4: Mapas conceptuales de las ideas de los estudiantes	Esta actividad es una adaptación del uso común del concepto de mapeo (Osborne, 1997). Los estudiantes a partir de unos textos sobre los modelos atómicos elaboran mapas conceptuales que se comparan y se reformulan en forma colaborativa.
Actividad id5: Teorías competidoras – ideas y evidencia	Esta actividad es una adaptación de Solomon y otros (Solomon, 1991, Solomon, Duveen, & Scott, 1992) citado por Osborne (2001). Se realizará la lectura y análisis de los diferentes modelos, apoyándose en videos sobre los experimentos y descubrimientos relacionados con cada modelo. Luego se plantea la actividad: teorías competidoras – ideas y evidencias. A cada estudiante se le asigna un texto sobre uno de los modelos atómicos, para que lo lea comprensivamente.

Tabla 14 Actividades seleccionadas para establecer los cambios en los conceptos

Actividad	Descripción
Actividad IP1. Átomo como unidad. Pregunta b.	La intención con estas primeras actividades es que los estudiantes lleguen a una respuesta sobre la porción más pequeña de la materia, en este caso el átomo. Es decir identificar qué nivel de descripción o representacional (macroscópico o microscópico) sobre la materia tienen, al igual el modelo de estructura de materia (continuo o discontinuo). Se propone a los estudiantes que reflexionen sobre la siguiente preguntas introductoria:
Actividad IP2. Átomo como unidad. Preguntas 1 y 2.	¿Si se repite la partición sucesivas veces, de un pedazo de papel y de una flor ¿se alcanza un límite, una porción de materia que ya no puede dividirse? Si/No/Justifica tu respuesta. Nombra cual es la parte más pequeña con la que se construyen internamente una flor, una piedra, una hoja de papel, un perro.
Actividad IP2. Estructura de la materia. Pregunta 5	Esta actividad tiene como propósito indagar cuales son las ideas previas de los estudiantes sobre la estructura de la materia, específicamente si conoce algún modelo atómico. Se le solicita al estudiante que: Realiza un dibujo que represente un átomo y nombra cada una de sus partes.
Actividad IP2. Estructura de la materia. Pregunta 7	Se busca indagar sobre la diferencia entre los átomos. Un átomo de hierro y uno de oxígeno son? Iguales/Diferentes/No sé/ Indica por qué elegiste esa respuesta.

5.7 Análisis de la información

El proceso de triangulación se llevó a cabo mediante la contrastación de la información obtenida a través de instrumento diagnóstico y apoyado, cuando se consideró pertinente, con la información obtenida en el desarrollo de las actividades de indagación de ideas previas/modelos explicativos y la unidad didáctica. Las preguntas y respuestas del instrumento diagnóstico se clasificaron de acuerdo elementos Toulminianos y la categoría

de análisis (argumentación) y subcategorías de análisis (niveles argumentativos y niveles de calidad) previamente establecidas. Las respuestas en las actividades de ideas previas/modelos explicativos y la unidad didáctica, tales como textos, esquemas y dibujos enriquecieron las respuestas y permitieron, así mismo, evaluar la evolución en cuanto los conceptos relacionados con los modelos atómicos.

La codificación (ver [Anexo C](#)) e interpretación de los datos se realizó por medio del matrices elaboradas en Excel. Fueron objeto de codificación: los estudiantes de unidad de trabajo (Est #), los elementos Toulminianos de un argumento (D, J, A, Q, R, C), los Niveles argumentativos (N0, N1, N2, N3, N4, N5), los niveles de calidad (nC1, nC2, nC3) y las actividades/preguntas del instrumento de diagnóstico (a#p#) y las actividades/preguntas del instrumento de ideas previas/modelos explicativos (M#).

El análisis cualitativo que parte de un método Clúster, es decir la identificación de elementos Toulminianos en los argumentos, permitió establecer los niveles argumentativos de los estudiantes tanto en el pre-test como en el pos-test, y así determinar los cambios en estos. El análisis de del discurso de los argumentos a la luz de los criterios establecidos para la calidad de los mismos, permitió evaluarlos y clasificar. Tanto para los niveles argumentativos como para los niveles de calidad se establecieron tendencias de los mismos.

Es importante resaltar que una dificultad, como lo plantea Erduran y otros (2004), es la falta de claridad sobre lo que cuenta como dato, premisa, justificación o apoyos, en el análisis de los argumentos de los estudiantes se tomaron en cuenta el uso de conectores como indicativos importante de estos elementos (Sanmartí, 2000).

CAPÍTULO 6

RESULTADOS

A continuación se muestran los resultados encontrados en relación con los niveles argumentativos de los estudiantes, la calidad de los argumentos, y el cambio en estos; al igual que los cambios evidenciados en los conceptos relacionados con los modelos atómicos.

6.1 Resultados argumentación: Subcategoría niveles argumentativos

En la tabla 15 se muestran los resultados de datos individuales, de siete estudiantes, los cuales se consolidan en la tabla 16 donde se presentan los datos de unidad de trabajo.

En la tabla 16 se puede observar, que en el Pretest, los argumentos de nivel 0 corresponden al 8,9 % de los eventos (respuestas) analizadas, los del nivel 1 al 5,4%, un 7,1% al nivel 2, el 75,0 % corresponden a argumentos de nivel 3, mientras que los argumentos de niveles 4 y 5 se representan cada uno 1,8%. Para el momento del Posttest los porcentajes de los niveles 0, 1, 2, 3, 4 y 5 son 1,8%, 5,4%, 1,8%, 73,2%, 10,7% y 7,1% respectivamente.

Al revisar estas frecuencias, es de resaltar que para ambos momentos (Pretest y Posttest) el mayor porcentaje de argumentos se encuentran en el nivel 3, igualmente estos resultados se pueden visualizar como tendencias en la tabla 17. Además se evidencia una disminución en uso de los argumentos de nivel 1 y 2 y un aumento en argumentos de los niveles 4 y 5 al comparar los resultados del Pretest y del Posttest. Estos cambios en la sofisticación de los argumentos podrían ser atribuidos a la intervención didáctica, la cual fue intencionalmente diseñada para desarrollar la habilidad argumentativa científica escolar.

Resultados y tendencias afines, a los encontrados, han sido obtenidos y presentados en los trabajos de Tamayo (2012) en estudiantes de la básica primaria.

Tabla 15 Frecuencia de los niveles argumentativos encontrados por estudiante

	Nivel 0		Nivel 1		Nivel 2		Nivel 3		Nivel 4		Nivel 5	
	Pretest	Posttest	Pretest	Posttest	Pretest	Posttest	Pretest	Posttest	Pretest	Posttest	Pretest	Posttest
Est1	1	0	1	1	0	0	5	4	0	3	1	0
Est2	0	0	0	1	0	0	8	6	0	1	0	0
Est3	3	1	2	1	0	0	3	3	0	0	0	3
Est4	0	0	0	0	1	0	7	6	0	1	0	1
Est5	1	0	0	0	0	0	7	7	0	1	0	0
Est6	0	0	0	0	1	0	7	8	0	0	0	0
Est7	0	0	0	0	2	1	5	7	1	0	0	0
Total	5	1	3	3	4	1	42	41	1	6	1	4
%	8,9	1,8	5,4	5,4	7,1	1,8	75,0	73,2	1,8	10,7	1,8	7,1

Tabla 16 Frecuencia de los niveles argumentativos encontrados en la unidad de trabajo

	Pretest	Posttest
Nivel 0	5 (8,9%)	1 (1,8%)
Nivel 1	3 (5,4 %)	3 (5,4%)
Nivel 2	4 (7,1%)	1 (1,8%)
Nivel 3	42 (75,0%)	41 (73,2%)
Nivel 4	1 (1,8%)	6 (10,7%)
Nivel 5	1 (1,8%)	4 (7,1%)

Tabla 17 Tendencia de los niveles argumentativos en los estudiantes

	Pretest	Posttest
Est 1	N3	N3
Est 2	N3	N3
Est 3	N3	N3
Est 4	N3	N3
Est 5	N3	N3
Est 6	N3	N3
Est 7	N3	N3

6.2 Resultados argumentación: Subcategoría calidad de los argumentos

Los resultados de los niveles de calidad (nC) de los argumentos de los estudiantes se presentan en la tabla 18, y se condensan como resultados de la unidad de análisis en la tabla 19, donde se puede ver que para los dos momentos (Pretest y Postest) las mayores frecuencias están representadas por argumentos de calidad del nivel 2 (nC2), 58,9% para los argumentos en Pretest y 51,8% en el Postest.

Una análisis más detallado de las frecuencias de la tabla 19 evidencia claramente como los estudiantes elaboran argumentos de mejor calidad, probablemente como producto de intervención didáctica, cuando los argumentos nC1 en el Pretest son del 39,3%, mientras que los argumentos de este nivel en el Postest son del 25,0%; de forma correspondiente, los argumentos de nC3 pasan del 1,8% en el Pretest al 23,2% en el Postest.

La tabla 20 muestra la tendencia de los niveles de calidad en forma individual. Es de subrayar que cuatro (4) de los siete (7) estudiantes mejoran el nivel de calidad de sus argumentos, así el Estudiante 3 (Est3) se mueve de nC1 a un nC3; los Est4 y Est6 pasan del nC1 al nC2, mientras que el Est5 muestra un cambio del nC2 al nC3.

Tabla 18 Frecuencia de los niveles de calidad encontrados por estudiante

	nC1		nC2		nC3	
	Pretest	Postest	Pretest	Postest	Pretest	Postest
Est1	2	3	6	3	0	2
Est2	2	3	6	5	0	0
Est3	5	3	3	2	0	3
Est4	3	2	4	5	1	1
Est5	2	1	6	2	0	5
Est6	7	2	1	6	0	0
Est7	1	0	7	6	0	2
Total	22	14	33	29	1	13
%	39,3	25,0	58,9	51,8	1,8	23,2

Tabla 19 *Frecuencia de los niveles de calidad encontrados en la unidad de trabajo*

	Pretest	Posttest
nC1	22 (39,3%)	14 (25,0%)
nC2	33 (58,9%)	29 (51,8%)
nC3	1 (1,8%)	13 (23,2%)

Tabla 20 *Tendencia de los niveles de calidad de los argumentos de los estudiantes*

	Pretest	Posttest
Est 1	nC2	nC2
Est 2	nC2	nC2
Est 3	nC1	nC3
Est 4	nC1	nC2
Est 5	nC2	nC3
Est 6	nC1	nC2
Est 7	nC2	nC2

CAPÍTULO 7

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

El análisis cualitativo realizado permitió conocer y categorizar los niveles argumentativos y la calidad de los argumentos de siete (7) estudiantes de básica secundaria de la Institución Educativa Agustín Nieto Caballero del municipio de Dosquebradas (Risaralda); a través del método “cluster” para los niveles argumentativos y el análisis del discurso para la calidad de los argumentos. Las categoría analizada fue la argumentación (Toulmin, 1958), y como subcategorías se analizaron los niveles argumentativos (Osborne, 2004; Tamayo 2014) y la calidad de los argumentos (Joannon & Ihnen , 2015; Apostel , 1979; Adúriz-Bravo, 2008; Chion y Adúriz-Bravo ,2015; y Rodríguez y Jiménez –Aleixandre, 2007).

Cabe anotar que dentro de los niveles argumentativos de la referencia no había lugar para clasificar algunas de las respuestas de los estudiantes, por lo cual se creó un Nivel 0; y en relación a la calidad de los argumentos se establecieron unos criterios de calidad, a partir de los referentes teóricos, y se establecieron tres niveles de calidad.

De igual manera es importante subrayar que se incorporan algunas respuestas de los instrumentos de la unidad didáctica e ideas previas/modelos explicativos, con el fin de darle fuerza los resultados encontrados y dar razón de la evolución conceptual en relación al aprendizaje de los modelos atómicos, aun cuando no es el propósito de este trabajo.

7.1 Análisis categoría argumentación

Esta categoría se ubica desde la perspectiva de Toulmin (1958) en relación de los elementos que constituyen los argumentos. A esta categoría se le ha asignado como subcategoría de análisis los niveles argumentativos, que han sido adaptados de Osborne (2001, 2004) y Tamayo (2014) y trabajados desde la visión de Erduran y otros (2004), y la calidad de los argumentos se analizan a partir de los criterios que se establecieron en este trabajo que toman como referente los trabajos de Joannon & Ihnen , 2015; Apostel , 1979; Adúriz-Bravo, 2008; Chion y Adúriz-Bravo ,2015; y Rodríguez y Jiménez –Aleixandre, 2007.

7.1.1 Análisis Sub-categoría Niveles Argumentativos.

A continuación se presenta un análisis, por niveles, de los argumentos presentados por los estudiantes.

El **nivel 0**, (N0), se propuso para clasificar a los estudiantes que solo responden, a una situación problemática con un: si, no, porque si, porque no, o solo seleccionan una respuesta de una serie presentada. En este nivel se encontraron seis (6) respuestas, así: cinco (5) respuestas en el Pretest y una (1) respuesta en el Posttest, las cuales se presentan a continuación:

En, **E3 a1p3 N0 nC1** (Pretest): *La respuesta es C*

Se evidencia que el estudiante no realiza ninguna justificación, posiblemente porque no encuentra en el texto (descripción de un experimento), de forma explícita, elementos propios de un argumento (dato, justificaciones, etc.) que pueda parafrasear, ni tampoco se le solicita que realice una descripción del fenómeno, que al menos lo acercaría al nivel 1 (Tamayo, 2012). Ahora:

E1 a3p2 N0 nC1 (Pretest): ... yo estoy seguro de mi respuesta un 2.

E3 a3p1 N3 nC2 (Pretest): No responde

E3 a3p2 N0 nC1 (Pretest): No responde

E5 a3p2 N0 nC1 (Pretest): No sé ni que respondí..., y

E3 a3p2 N0 nC1 (Posttest): ...1

Las respuestas anteriores, hacen que los estudiantes se clasifiquen en el nivel más bajo, N0, planteado en este trabajo, no obstante es importante reconocer que el texto proporcionado para la actividad puede tener una complejidad estructural, gramatical y de contenido, para el grado en que se aplicó el test. Lo que pone de manifiesto la necesidad de incorporar la lectura de este tipo para favorecer la argumentación (Márquez y Prat, 2010).

Como se muestra en la Tabla 16, los argumentos de N0 pasan del 8,9% en el Pretest, al 1,8% en el Posttest, lo que puede interpretarse que como que los estudiantes durante la

intervención didáctica logran identificar la estructura básica de los argumentos en función de los datos y las conclusiones.

El **nivel 1** de argumentación, (N1), según caracteriza a los estudiantes que consideran que se puede concluir sin datos, es decir sus argumentos son simples premisas, por ejemplo:

E3 a3p1 N1 nC1 (Postest): *No se quemará más lento.*

E1 a1p2 N1 nC1 (Pretest): *Los insecticidas se vuelvan menos efectivos a través del tiempo, Porque ya no son tan efectivos como al principio que lo crearon.*

Como podemos ver en ***E3 a3p1 N1 nC1 (Postest)***, no se presentan datos, solo se hace una transformación del planteamiento de la situación presentada en la actividad, y la presenta como una justificación. Este tipo de situación pone de manifiesto que el estudiante concluye sin datos (Osborne, 2004). Mientras que en ***E1 a1p2 N1 nC1 (Pretest)***, el estudiante solo replantea discursivamente la situación planteada y la presenta como una justificación, este tipo de argumentos también han sido caracterizados por Tamayo (2012), cuando plantea que los estudiantes solo se enfocan en describir los datos de la actividad, soportándose teóricamente en los trabajos de Ericsson y Kintsch, en relación a un nivel de los argumentos que denominan representación de la base del texto.

Los porcentajes de este tipo de argumentos (N1) encontrados son relativamente bajos, tanto en el Pretest como en el Postest y fueron del 5,4% en ambos momentos.

El **Nivel 2**, (N2), comprende argumentos donde los estudiantes reconocen que es necesario una serie de datos adecuados para formular una conclusión, como podemos ver en:

E4 a3p2 N0 nC1 (Pretest): *... mi respuesta fue casi segura porque la responde así por la explicación del texto...*

E6 a2p3 N2 nC1 (Pretest): ... *Por las características del planeta Proto que están en la tabla...*

E7 a3p2 N2nC2 (Posttest): ... *Por esta información que el texto me da y por lo que dice el texto sobre la combustión*

Es importante resaltar que más que el nivel y la estructura del argumento, se debe reconocer desde lo funcional, que aquí en todos los ejemplos podemos ver como los estudiantes expresan de forma explícita la necesidad de los datos en el proceso de argumentar, al respecto tanto Erduran (2004) como Tamayo (2012) coinciden en que generar conclusiones requiere por parte de los estudiantes acciones o procesos de pensamiento tales como: Identificar los datos, identificar las conclusiones, establecer diferencias entre un dato y una conclusión, establecer ciertas relaciones, causales o no, entre datos y conclusión, dar cierto orden, cierta estructura, al proceso de pensamiento empleado y regular, de manera consciente o no, la relación entre datos y conclusión, además de la adquisición de cierto compromiso en función de mirar la situación de manera integrada.

La tabla 16 muestra que este tipo de argumentos bajaron del 7,1% (Pretest) al 1,8% (Posttest), posiblemente porque para los estudiantes en general es fácil distinguir los datos en las actividades, aun cuando se les dificulte establecer relaciones con la conclusión a través de una justificación, y la intervención didáctica favoreció este proceso.

El **nivel 3** de argumentación, N3, contiene los elementos Toulminianos como: conclusión, datos y justificación, como una relación razonada entre estos. En este trabajo también se incorpora en este nivel argumentos que contienen apoyos, reconociendo que existe, no solo para los estudiantes, una línea muy sutil entre una justificación y un apoyo (Erduran, 2004), por ejemplo:

E5 a1p1 N3 nC2 (Pretest): ... *Los científicos repiten las mediciones durante la realización de un experimento, para cambiar las condiciones del experimento porque ellos deben de realizar varias veces el experimento para poder tomar una decisión concreta sobre las condiciones del experimento...*

E2 a2p1 N3 nC2 (Postest): ... No puede existir vida similar a la de la Tierra en Proto, porque nosotros los seres vivos necesitamos oxígeno para sobrevivir y en Proto casi no hay...

E3 a1p3 N3 nC2 (Postest): ...Tanto el vinagre como el aceite de oliva se evaporan porque en el texto dice que las botellas están mermadas o sea las dos...

E7 a2p1 N3 nC3 (Postest): ...No puede existir vida similar a la de la Tierra en Proto, porque tiene menos oxígeno no tiene capa de ozono no está cubierto de nubes por lo tanto no sería similar. Porque casi no hay oxígeno como para que muchos respiraran como se hace en la tierra...

E1 a2p2 N3 nC2 (Pretest): ... Sería difícil para los seres humanos vivir en Proto, porque no hay sino un 5% de oxígeno en Proto y las personas no podrían sobrevivir, por otro lado tiene nitrógeno...

Los estudiantes con argumentos en este nivel evidencian en sus justificaciones el uso (incipiente) de teorías o conocimientos adquiridos para relacionar datos y conclusiones, elaborando textos (respuestas) en las que hay un buen uso del vocabulario y se hace uso de conectores de causalidad; aunque una mayor sofisticación en la estructura de los argumentos no es una garantía de la calidad de los mismos, como se discutirá más adelante.

Siendo este tipo de argumentos los más frecuentes en la unidad de trabajo, como lo muestra la tabla 16, donde en el Pretest el N3 corresponde al 75,0% y en el Postest el 73,2%, se convierte en punto focal para el trabajo en el aula, el desarrollo de la argumentación científica escolar en términos de la diferenciación de datos, conclusiones y justificaciones, que permitan relacionar los conceptos aprendidos o uso de evidencias internas, probables o inductivas (Hacking, 2006), a través del uso de una terminología propia de la ciencia escolar, dándole sentido y significado a la competencia argumentativa en relación con aprendizaje de los contenidos, sin dejar de lado el papel que la

argumentación tiene en el desarrollo de habilidades metacognitivas como la autorregulación, como lo plantean Chion y Adúriz-Bravo (2015).

El **nivel 4** de argumentación, N4, se encuentran los argumentos que establecen una relación modulada y razonada entre la conclusión y los datos, es decir en estos argumentos encontramos conclusión, datos, justificaciones, apoyos y cualificador modal. Es decir este tipo de argumentos son completos y tiene una estructura tanto en su forma y finalidad. Algunos ejemplos de estos argumentos encontrados son:

E1 a1p3 N4 nC3 (Postest): ... Tanto el vinagre como el aceite de oliva se evaporan porque la luz solar, según su número de calor evapora todos los elementos que sean líquidos, y al dejarse varios días las botellas a la luz del sol es muy probable que se evapore por causa de la luz solar....

E1 a2p1 N4 nC3 (Postest): ... No Puede existir vida similar a la de la Tierra en Proto, porque No tiene el oxígeno adecuado que todo ser necesita para poder vivir allá. En los datos muestra que Proto si existiera tendría 5% mientras que los seres humanos tenemos en la tierra un 21% que es lo que necesitamos para vivir...

E2 a3p2 N4 nC2 (Postest): ... 4. Todos los seres humanos necesitamos un límite adecuado de oxígeno para poder vivir, por lo tanto, creo que allá no podríamos vivir, no hay oxígeno necesario...

E5 a1p2 N4 nC3 (Postest): ... Los insecticidas se vuelvan menos efectivos a través del tiempo. Porque si algún insecto sobrevive significa que es fuerte contra el insecticida y puede transmitir esta inmunidad a la otra generación...

En todos los ejemplos podemos diferenciar fácilmente los elementos argumentativos requeridos para este nivel, los respaldos teóricos aunque de manera muy superficial, están en relación con la conclusión y los datos. Por ejemplo, en caso de **E1 a1p3 N4 nC3 (Postest)**, podemos ver como parte de que las dos sustancias son líquidas y que al

aplicárseles calor estas se evaporan, además plantea que fuente de calor es la luz solar. De igual manera en **E5 a1p2 N4 nC3 (Postest)**, el estudiante establece una relación entre ser fuerte, sobrevivir y transmitir esa inmunidad, lo que es una clara evidencia que está aplicando, y de forma correcta, los conceptos aprendidos.

De los siete argumentos de nivel 4, seis se presentaron en el Postest, es decir se pasó de 1,8% en el Pretest a un 10,7% en el Postest (ver tabla 16), dejando en claro el papel de la intervención didáctica en el desarrollo de la argumentación científica escolar.

En el **nivel 5** de argumentación, N5, según Osborne y otros (2004) se pueden identificar todo los elementos estructurales que según Toulmin: Datos, conclusiones, justificación, apoyos, cualificadores modales, pero lo más importante es la aparición los contraargumentos o refutaciones. En este trabajo se plantea que los estudiantes con este nivel de argumentación, reconocen que una conclusión no puede ser mantenida, analizando las limitaciones relacionadas con los datos, la teoría o el modelo del fenómeno en cuestión. Los siguientes son ejemplos de argumentos N5, que se encontraron:

E1 a2p3 N5 nC2 (Pretest): ...Proto en algunas cosas es mejor que el planeta tierra entonces estoy un poco segura de que no hay vida...

E3 a2p1 N5 nC3 (Postest): ...No Puede existir vida similar a la de la Tierra en Proto, porque los seres humanos, los animales y los vegetales necesitamos el oxígeno para vivir y no bastaría un 5% de un 21% que hay en la tierra. Sin contar la diferencia de demás químicos. Tendrían un organismo muy diferente...

E3 a2p2 N5 nC3 (Postest): ...Sería difícil para los seres humanos vivir en Proto, porque El oxígeno no basta, ya que hay una diferencia de un 16%, podría decir que es imposible...

E4 a2p2 N5 nC3 (Postest): ...Sería difícil para los seres humanos vivir en Proto, por el oxígeno: hay muy poco oxígeno en el planeta Proto y esto nos da poca

probabilidad para respirar a los seres humanos en el planeta Proto. Podría existir vida pero que se adapte a los datos que están en el cuadro...

La tabla 16, muestra que en el Pretest solo se encontró 1 evento argumentativo de nivel 5, mientras que en el momento del Posttest se encontraron 4, lo que corresponde a 1,8% y 7,1% respectivamente. Los ejemplos anteriores muestran tanto el uso de cualificadores modales y de refutaciones, que como plantea Tamayo (2012), son los elementos que hacen más difícil el paso del N4 al N5. Si bien se evidencia un progreso este nivel, se debe reconocer que las actividades diseñadas en el instrumentos de diagnóstico estuvieron centradas en la argumentación científica escolar, cuyo producto final son textos que explican o justifican una situación problemática, y las refutaciones pueden ser mucho más favorecidas cuando se presentan eventos dialógicos sobre situaciones problemáticas (Osborne, 2004; Manilkan, 2005, citado por Tamayo, 2012).

En resumen, podemos decir que los estudiantes logran identificar con cierta facilidad los datos proporcionados en la situación problemática, al igual que construyen o dan conclusiones, y muchos logran elaborar justificaciones, dando como resultados argumentos que cumplen con los criterios de forma (estructura) según Toulmin; sin esto asegurar la funcionalidad o calidad de los mismos, como analizaremos más adelante. En relación a los apoyos, se evidenció que los estudiantes usan en una forma incipiente los conocimientos para soportar teóricamente sus justificaciones, pero que es posible mediante intervenciones didácticas, diseñadas intencionalmente, que ellos logren aprender no solo sobre los fenómenos estudiados en la ciencia escolar, sino también que aprendan a referirse a ellos en diferentes contextos, a través del uso de terminología propia de cada campo específico, como lo plantean Tamayo (2009,2012, 2014), Sarda y colaboradores (2000) entre otros, y así moverse a niveles superiores de argumentación, específicamente de la argumentación científica escolar.

7.1.2 Análisis de la sub-categoría niveles de calidad de los argumentos.

A continuación se presenta un análisis, por niveles de calidad de los argumentos presentados por los estudiantes.

El **nivel de calidad 1**, (nC1), recordemos que los criterios de calidad establecidos para un argumento relacionan la forma, el contenido y el contexto, es decir sus componentes lógico, teórico y pragmático. Los siguientes son ejemplos de argumentos de nC1 encontrados en los estudiantes analizados:

E1 a1p2 N1 nC1 (Pretest): ... *Los insecticidas se vuelvan menos efectivos a través del tiempo, porque ya no son tan efectivos como al principio que los crearon...*

E4 a1p3 N3 nC1 (Pretest): ... *El vinagre se evapora más rápido, porque el vinagre es mucho más líquido y tiene más posibilidades de evaporarse si los rayos del sol le cae directamente a la botella...*

E2 a1p3 N3 nC1 (Posttest): ... *la luz solar directa es necesaria para la evaporación. Porque sin la luz no se evaporarían y obviamente mermarían...*

En el caso de *E1 a1p2 N1 nC1 (Pretest)*, No se presentan datos, solo se hace una transformación del planteamiento de la situación, y la presenta como una justificación. Este tipo de situación pone de manifiesto que el estudiante concluye sin datos (Osborne, 2004). No hay una justificación, por lo cual la premisa no adquiere ningún grado de validez y el "argumento" no da explicación a la situación problemática planteada. Mientras que en *E4 a1p3 N3 nC1 (Pretest)*, la justificación tiene relación con la conclusión, pero no explica la situación ni da ningún grado de verdad a la premisa; y en *E2 a1p3 N3 nC1 (Posttest)*, la justificación no es cierta, el estudiante parece no reconocer otras formas de energía o fuentes de calor.

En el primer caso, se esperaba que el estudiante estableciera la relación entre la resistencia y la forma de transmitir inmunidad o bien planteara una relación con la evolución de una especie. Mientras que en los otros dos, solo se requería establecer la relación entre el las fuentes de calor y el papel de este en el proceso de evaporación, sin importar la naturaleza de los líquidos.

La Tabla 19 muestra que en el momento del Pretest se encontraron 22 argumentos nC1 correspondientes al 39,3%, y que este nivel de calidad disminuyó al 25,0%, con 14

argumentos. Lo que muestra una posible relación entre la calidad de los argumentos y la intencionalidad de la intervención didáctica, para favorecer la argumentación científica escolar.

Nótese que dos de los ejemplos tiene una clasificación de N3, pues contiene los elementos estructurales de un argumento (Toulmin, 1958), pero los argumentos en su totalidad, no se ajustan a ni se adecuan a la situación problemática planteada.

El **nivel de calidad 2**, nC2, requiere que exista una justificación y que esta tenga relación con la premisa; además requiere que la justificación aporte un grado de verdad a la premisa; así como que el argumento en su totalidad de respuesta o se ajuste a situación problemática planteada. A continuación se muestran algunos de los argumentos de nC2 encontrados:

E1 a1p1 N3 nC2 (Pretest): ...Los científicos repiten las mediciones durante la realización de un experimento, *para revisar si los instrumentos están funcionando, porque si los instrumentos no está funcionando, no se van a dar cuenta si no revisan varias veces. Porque si tiene algo malo o más de lo necesario van a calcular el error...*

E5 a3p1 N3 nC2 (Pretest): ...un tronco grande de madera se quemará más lentamente que el mismo tronco cortado en trozos pequeños, *porque si el tronco está completo grande se demora más porque no es lo mismo aunque sea el mismo tronco porque el tronco grande se quema más despacio mientras el Fuego llegar a la corteza etc. Y el tronco ya ha cortado se demora menos que el grande porque como ya está cortado es más fácil que el Fuego penetre y queme más rápido.*

E2 a2p2 N3 nC2 (Posttest): ...Sería difícil para los seres humanos vivir en Proto, *porque No haría calor, no hay casi oxígeno y lo necesitamos, y no tiene nubes por los cual las necesitamos mucho. Necesitamos de la lluvia y el sol y en Proto no hay*

E6 a1p3 N3 nC2 (Postest): ...Tanto el vinagre como el aceite de oliva se evaporan. Porque no importa que líquidos se expongan al sol siempre se van a evaporar...

Los argumentos de calidad nC2, representan la mayoría de los argumentos encontrados, como se muestra en la tabla 19, tanto en el Pretest (58,9%) como en el Postest (51,8%). En todos los argumentos anteriores, podemos ver como los estudiantes plantean una justificación que está en relación con la conclusión y le aporta algún grado de validez a la misma, y se evidencia un intento de explicar la situación problemática, pero no se apoyan en conocimientos teóricos adquiridos en el proceso de escolarización, sino que hacen referencia a un conocimiento o sentido común, lo cual es referido por Maffesoli (1997) como el uso de un pensamiento orgánico, que se incorpora para asegurar solidez social, en forma generacional, pero no necesariamente es cierto.

El **nivel de calidad 3**, nC3, se ha descrito como aquel en el cual el argumentos en su totalidad se ajusta y adecua a las circunstancias en las que se pretende dar explicaciones o es aplicable, Las justificaciones y conclusiones están relacionadas de tal manera que si las justificaciones son ciertas, la conclusión tiene un alto grado de certeza, y las justificaciones que hacen que las afirmaciones sean verdaderas o que tengan una alta probabilidad de ser ciertas, se refieren a modelo teórico/explicativo o concepto aprendido, haciendo uso correcto del lenguaje científico escolar. Veamos los siguientes ejemplos encontrados:

E1 a1p3 N4 nC3 (Postest): ...Tanto el vinagre como el aceite de oliva se evaporan, porque la luz solar, según su “número de calor” evapora todos los elementos que sean líquidos, y al dejarse varios días las botellas a la luz del sol es muy probable que se evapore por causa de la luz solar.

E3 a2p1 N5 nC3 (Postest): ... No Puede existir vida similar a la de la Tierra en Proto, porque los seres humanos, los animales y los vegetales necesitamos el oxígeno para vivir y no bastaría un 5% de un 21% que hay en la tierra. Sin contar la diferencia de demás químicos. Tendrían un organismo muy diferente...

E5 a1p3 N4 nC3 (Postest): ... Tanto el vinagre como el aceite de oliva se evaporan, *porque al estar expuestos a la luz directa del sol los dos por más compuestos que estén se evaporan igualmente. Ya que el sol, la luz solar es calor y es como si estuvieran a la estufa pero más caliente...*

E5 a3P1 N3 nC3 (Postest): ...un tronco grande de madera se quemará más lentamente que el mismo tronco cortado en trozos pequeños, *porque como dice en el texto la velocidad de la combustión depende en alto grado de la forma del combustible. Siendo la madera o tronco el combustible sí se quemaría más lento el tronco completo que cortado. Porque el oxígeno del tronco completo es distinto al del tronco cortado...*

En todos los ejemplos anteriores se evidencian los elementos estructurales de un argumento desde la perspectiva de Toulmin, acordes a los niveles N3, N4 y N5, que los clasifica como argumentos con cierto grado de sofisticación. Ahora desde la perspectiva de Van Dijk (1978) se resalta el uso de conectores y la presencia de una serie o secuencias de oraciones cuya finalidad es justificar la conclusión o explicar la situación problemática planteada. Aun cuando se nota falta del dominio de los recursos lingüísticos que les permita establecer relaciones más claras o “correctas”, problemática abordada por Sarda y Sanmarti (2000).

Todos los argumentos ejemplificados contienen justificaciones que están relacionados con la conclusión y le confieren un buen grado de verdad a la premisa. De igual manera hacen uso de conceptos teóricos, para apoyar la justificación. Se evidencia que en su esfuerzo de explicar la situación problemática los estudiantes hacen uso de una serie habilidades cognitivo-lingüísticas como describir, definir y explicar y habilidades cognitivas básicas del aprendizaje por ejemplo: analizar, comparar, deducir, inferir, valorar, como lo plantean Sarda y Sanmarti (2000). En conclusión, todos estos argumentos cumplen con los criterios de forma, contenido y contexto, establecidos, en este trabajo, como indicadores de calidad de un argumento.

La tabla 19 muestra que los estudiantes mejoran la calidad de sus argumentos, alcanzando el nivel de calidad 3, nC3, cuando en el Pretest el nC3 representa un 1,8%,

mientras en el Postest este porcentaje alcanza un valor de 23,2%, esto muy probablemente como resultado de intervención didáctica.

7.2 Sobre los cambios en los conceptos relacionados con los modelos atómicos

En relación a los **niveles representacionales de la materia**, en el Pretest se encontró que la mayoría, 5 de 7, de los estudiantes de la unidad de trabajo, evidenciaron un nivel de representación macroscópico y un modelo continuo de la materia, ninguno mencionó palabras clave como: elementos, átomos, compuestos, moléculas o iones, que son indicativos del reconocimiento del carácter corpuscular de la materia y un nivel representacional microscópico. Resultados que están en consonancia con lo encontrado por González, Blanco y Martínez (1989) y Benarroch (2000, 2001).

E1: ...*El aire no se divide...*

... *el papel llega a un límite donde no lo se puede partir más...*

E2: ...*el papel se divide hasta que queda muy pequeño y ya no se puede rasgar más..., ...El agua se puede pasar de un vaso a otro...*

E7: ...*Hay partes muy duras de partir...*

E6: ...*La parte más pequeña que constituye una mesa es madera, porque esta viene de los troncos...*

En el Postest, después de la intervención didáctica, todos los estudiantes de la unidad de trabajo evidenciaron un cambio al nivel representacional microscópico. Algunos ejemplos son:

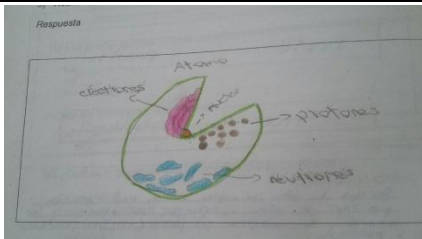
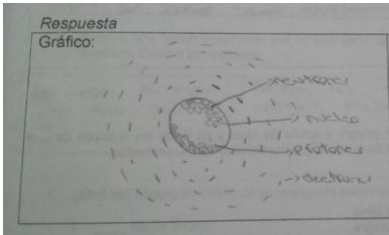
E5: ...*La flor, la piedra. La hoja de papel y el perro internamente están formados de átomos, porque es la parte más pequeña de la materia...*

E4:La flor, la piedra. La hoja de papel y el perro internamente *están formados de átomos, porque toda la materia está constituida por átomos...*

E7: ...*todo lo que existe en el mundo es materia. La materia está constituida por átomos y por lo tanto la flor, la piedra. La hoja de papel y el perro, es materia entonces tiene átomos...*

En las tablas 21 a 27, se describen cambios evidenciados, en los estudiantes de la unidad de trabajo, en relación a la representación del átomo o **modelo atómico**.

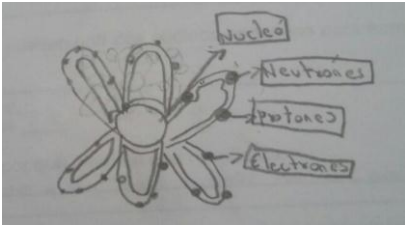
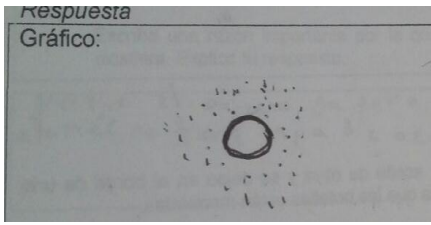
Tabla 21 Cambio en la representación del átomo, E7

Estudiante	Pretest	Postest
E7		

En el Pretest el estudiante claramente representa el átomo evocando un dibujo clásico de la célula, es probable que el termino núcleo sea el que provoque esta confusión. El estudiante nombra las partículas subatómicas (electrones, protones y neutrones), pero no logra ubicarlos en las regiones correctas (núcleo y periferia).

En el Postest, el estudiante representa el átomo desde el modelo de actual (probabilístico, de nube electrónica, Schrödinger), además ubica las partículas subatómicas en las regiones correctas.

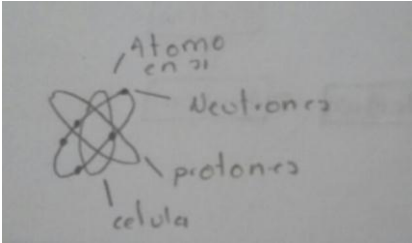
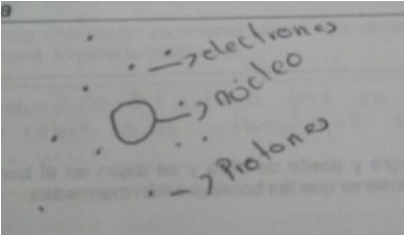
Tabla 22 *Cambio en la representación del átomo, E6*

Estudiante	Pretest	Postest
E6		

En el Pretest el estudiante muestra un gráfico donde se pueden identificar los orbitales (aproximación al modelo de Schrödinger), pero también evoca al modelo de orbitas de Rutherford. El estudiante nombra las partículas subatómicas (electrones, protones y neutrones), pero no logra ubicarlos en las regiones correctas (núcleo y periferia).

En el Postest, el estudiante representa el átomo desde el modelo de actual (probabilístico, de nube electrónica, Schrödinger), en el gráfico no muestra las partículas subatómicas, pero en otras respuestas se refiere a los electrones como partículas en movimiento, mientras que neutrones y protones los considera como las partes estáticas.

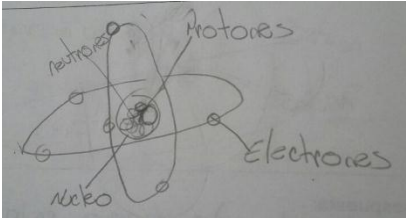
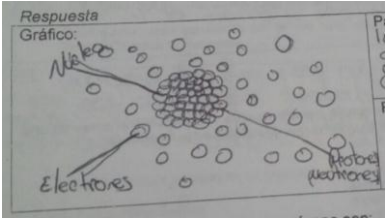
Tabla 23 *Cambio en la representación del átomo, E5*

Estudiante	Pretest	Postest
E5		

En el Pretest, el estudiante proporciona un gráfico que evoca el modelo nuclear de Rutherford, pero de forma incompleta. No nombra todas las partículas subatómicas, al igual que el E7 tiene una confusión entre el átomo y célula.

En el Postest el estudiante se mueve a una aproximación del modelo de Schrödinger, pero incompleto, pues no menciona los neutrones.

Tabla 24 Cambio en la representación del átomo, E4

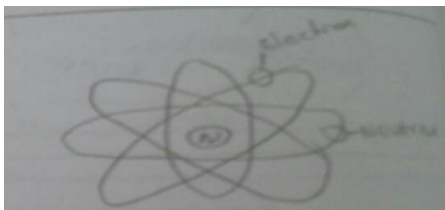
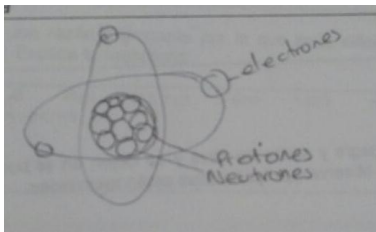
Estudiante	Pretest	Postest
E4		

El estudiante en el Pretest representa el átomo a través del modelo de Rutherford en forma completa. Reconoce los electrones como partículas en movimiento y el núcleo (protones y neutrones) como la parte estática de átomo.

En el Postest, evidencia un movimiento al modelo de nube de electrones o modelo probabilístico de Schrödinger. Reconoce los electrones como partículas en movimiento y el núcleo (protones y neutrones) como la parte estática de átomo:

“las parte quieta del átomo es el núcleo (protones, neutrones) los protones y los neutrones, son los aquellos que forman el núcleo y son los que permanecen quietos”...
“los electrones, se mantienen en constante movimiento girando cerca del núcleo”...

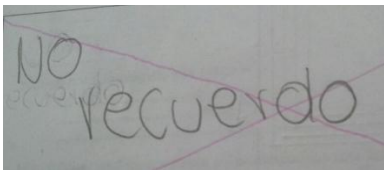
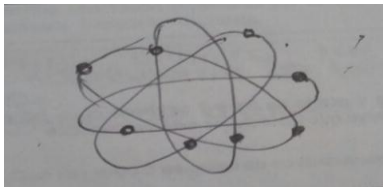
Tabla 25 Cambio en la representación del átomo, E3

Estudiante	Pretest	Postest
E3		

La estudiante en el Pretest representa el átomo a través del modelo de Rutherford en forma incompleta. Reconoce el núcleo, los electrones y los neutrones (pero los ubica de forma incorrecta).

La estudiante en el Postest representa el átomo a través del modelo de Rutherford en forma completa. Reconoce los electrones como partículas en movimiento y el núcleo (protones y neutrones) como la parte estática de átomo.

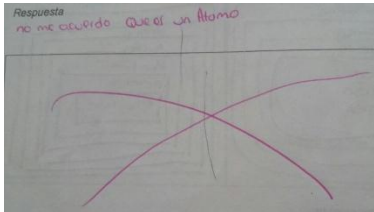
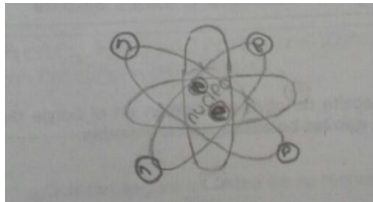
Tabla 26 Cambio en la representación del átomo, E2

Estudiante	Pretest	Postest
E2		

En el Pretest, la estudiante reconoce no recordar cómo se representa un átomo.

En Postest, la estudiante se aproxima al modelo planetario de Rutherford. No identifica explícitamente el núcleo ni la periferia, como tampoco las partículas subatómicas.

Tabla 27 Cambio en la representación del átomo, E1

Estudiante	Pretest	Postest
E1		

En el Pretest, la estudiante reconoce no recordar cómo se representa un átomo.

En Postest, la estudiante se aproxima al modelo planetario de Rutherford. Identifica explícitamente el núcleo. Utiliza símbolos para las partículas subatómicas (n = neutrones, p = protones, y e = electrones), pero los ubican en forma errónea.

Otro de los cambios fácilmente detectado en los estudiantes es el relacionado con el concepto de **Elemento**, el cual hace referencia a cada una de las *clases de átomos*. Se espera que un estudiante pueda establecer con claridad la definición anterior, así como que pueda justificar que las clases de átomos se diferencian entre sí por sus núcleos, relación con el número de protones. En este caso en particular se acepta como correcto que mencionen el número de electrones, si se especifica que es u átomo en estado natural.

En relación a capacidad para establecer las diferencias en un átomo y otro, en la unidad de trabajo se presentaron tres situaciones, al responder y justificar si un átomo de hierro y un átomo de oxígeno son iguales o diferentes:

- Estudiantes que no saben cómo diferenciar un átomo de otro y no lograron cambiar esta situación, aun con la intervención didáctica. Este es el caso de los estudiantes E1 y E2:

E1 en Pretest: ...: iguales, porque los dos tienen las mismas partes... no importa de que sean...

E1 en Posttest: *...No sé...*

Es probable que la estudiante en su respuesta en Pretest, retenga el concepto de átomo como unidad estructural de TODA clase de materia.

E2 en Pretest: *...Deben ser distintos porque hierro y oxígeno son prácticamente diferentes...*

E2 en Posttest: *...No sé...*

En el Pretest, la estudiante trata de recurrir a saberes comunes sobre las características estas sustancias y que las distinguen.

- b. Estudiantes que de una u otra forma mejoraron conceptualmente, E4, E5 y E6:

E5 en Pretest: *... distintos, porque el átomo de hierro es quieto en cambio el átomo de oxígeno se moviliza...*

E5 en Posttest: *... distintos, porque de las 118 clases de átomos ninguno es igual...*

E6 en Pretest: *... distintos, porque son de diferente materia...*

E6 en Posttest: *...distintos, porque están formados de diferentes elementos...*

E7 en Pretest: *...iguales, porque aunque sean de diferente tipo para ser átomos necesitan moléculas, electrones, protones, núcleo y neutrones...*

E7 en Posttest: *...distintos, porque a pesar de que el hierro y el oxígeno están constituidos por materia son distintos porque existen 118 clases de átomos...*

- c. Estudiantes que lograron establecer que diferencian a un átomo de otro, E4 y E3:

E4 en Pretest: *...diferentes, porque si fueran los mismos el aire pesaría más y es todo lo contrario...*

E4 en Posttest: *...diferentes, porque pueden tener la misma apariencia, pero uno puede tener más electrones, protones, neutrones. Así que son distintos por la cantidad de materia (masa). Lo que diferencia a lo que se diferencia por la cantidad de átomos (118)...*

E3 en Pretest: *...iguales, porque todos los átomos están constituidos por las mismas partes...*

E3 en Posttest: *...distintos, porque no todos los átomos tienen la misma cantidad de neutrones, protones o electrones...*

En Resumen, en relación a los aspectos seleccionados para dar razón de los cambios conceptuales en el proceso de aprendizaje de los modelos atómicos, se puede decir que si se dieron cambios, en diferentes grados, como producto de la intervención didáctica, en especial con relación al nivel representacional de la materia, del macroscópico al microscópico, y algunos avances en relación a capacidad para establecer las diferencias en un átomo y otro (concepto de elemento).

CAPÍTULO 8

CONCLUSIONES

La investigación permitió llegar a las siguientes conclusiones, en relación a los niveles argumentativos de los estudiantes del grado séptimo de la IE Agustín Nieto Caballero, y el papel de modelo de instrucción (unidad didáctica basada en la estructura de los argumentos de Toulmin) para potenciar la Argumentación Científica Escolar, a través del aprendizaje de los modelos atómicos.

- Al aplicar la unidad didáctica sobre modelos atómicos, se pudo establecer que la enseñanza de la argumentación de forma explícita, le permite al estudiante mejorar sus niveles argumentativos, en la medida que aprende a identificar los elementos que son importantes a la hora de construir un argumento; y que este aprendizaje lo puede contextualizar en diferentes aspectos de su vida escolar y extraescolar.
- La caracterización de los niveles de argumentación de los estudiantes permitió establecer que la mayoría de los estudiantes, presentan argumentos que estructuralmente se pueden clasificar en un nivel 3, tanto en el Pretest como en el Postest, es decir que los estudiantes logran identificar con cierta facilidad los datos proporcionados en la situación problemática, al igual que construyen o dan conclusiones, y muchos logran elaborar justificaciones, dando como resultados argumentos que cumplen con los criterios de forma (estructura) según Toulmin; sin esto asegurar la funcionalidad o calidad de los mismos. De igual manera se pudo establecer que los cambios en los niveles argumentativos se pueden evidenciar más fácilmente, cuando hay movimientos de niveles bajos al nivel 3, y cuando del nivel 3 los estudiantes se movilizan a niveles superiores.
- La calidad de los argumentos, entendida como funcionalidad de los mismos y cuya construcción de argumentos que cumplen con los criterios de forma, contenido y contexto, mejora en gran medida después de la intervención didáctica, intencionalmente diseñada bajo el modelo de argumentación científica escolar.

- La separación temática entre la unidad didáctica y el instrumento de diagnóstico, permitió identificar los niveles argumentativos, desde una perspectiva de habilidad argumentativa, sin el sesgo que se puede generar por el aprendizaje de forma memorística.

CAPÍTULO 9

RECOMENDACIONES

- Acoger la argumentación científica escolar en los planes curriculares de ciencias naturales, como modelo de aprendizaje, para posibilitar el desarrollo de pensamiento crítico en los estudiantes.
- Incorporar la enseñanza de la argumentación de forma explícita, como una herramienta que facilite el desarrollo de la habilidad argumentativa en los estudiantes de todos los grados y niveles.
- Identificar no solo las ideas previas de los estudiantes y los modelos explicativos, sino también los obstáculos que provocan dificultades en los procesos de enseñanza y aprendizaje; y que estos sean determinantes en el diseño de las unidades didácticas.
- Planear actividades que potencialicen la argumentación como el uso de tabla de declaraciones, mapas conceptuales, diseño de experimentos, elaboración de reportes de experimentos, comparación de teorías o posiciones, ejercicios de predicción, observación y elaboración de textos explicativos.
- Diseñar instrumentos de diagnóstico y seguimiento de la habilidades relacionadas con el pensamiento crítico, que permitan no solo evaluar el desempeño de los estudiantes en temáticas específicas, sino caracterizar el proceso de aprendizaje de los estudiantes y así ampliar el conocimiento sobre este proceso en forma contextualizada; posibilitando el desarrollo de estrategias que mejoren las prácticas de aula en forma personal e institucional.
- Es necesario caracterizar los argumentos de los estudiantes tanto desde la perspectiva estructural como funcional; este es uno de los aspectos que se encontró

de gran relevancia, y lo convierte en un aspecto a tener en cuenta para futuros trabajos investigativos en relación con la argumentación científica escolar.

- La selección de un concepto estructural de química (Estructura de la materia – Modelos atómicos) como eje temático de unidad didáctica, arrojó información importante que no fue objeto de análisis en profundidad, y que abre las puertas a futuras investigaciones en didáctica en el campo específico de la química, sobre los posibles estudios de cambio conceptual.

REFERENCIAS

- Adúriz-Bravo, A. (2016). Un modelo de ciencia para el análisis epistemológico de la didáctica de las ciencias naturales. *Revista Perspectivas Educativas*, 1.
- Allchin, D. (1995). How not to teach history in science. In *Proceedings, third international history, philosophy and science teaching conference* (Vol. 1, pp. 13-22).
- Apostel, L. (1979). What is the Force of an Argument? Some Problems and Suggestions. *Revue internationale de philosophie*, 99-109.
- Aspe, V. (2005). Perennidad Y Apertura de Aristóteles: Reflexiones Poéticas Y de Incidencia Mexicana. Publicaciones Cruz O., SA.
- Bachelard, G. (1994). *La Formación del Espíritu Científico*. México: Siglo XXI.
- Bailin, S., Case, R., Coombs, J. R., & Daniels, L.B. (1990). Conceptualizing critical thinking. *Journal of Curriculum Studies*.
- Bailin, S. (2002). *Critical Thinking and Science Education*. Science and Education, Black. <https://link.springer.com/article/10.1023%2FA%3A1016042608621?LI=true>
- Bailin, S., Case, R., Coombs, J. R., & Daniels, L. B. (2010). Conceptualizing critical thinking. *Journal of Curriculum Studies*. Published online. Recuperado de: <http://dx.doi.org/10.1080/002202799183133>
- Benarroch, A. (2000). “El desarrollo cognoscitivo de los estudiantes en el área de la naturaleza corpuscular de la materia”, *Enseñanza de las Ciencias*, 18 (2), pp. 235-246.
- Benarroch, A. (2001). “Una interpretación del desarrollo cognoscitivo de los alumnos en el área de la naturaleza corpuscular de la materia”, *Enseñanza de las Ciencias*, 19 (1), pp. 123-134.
- Briomes, G. (1996). *Epistemología de las ciencias sociales*. Restrepo, B. Investigación en Educación. Bogotá, Colombia. Instituto Colombiano para el fomento de la Educación Superior ICFES.
- Caamaño, A. (2000). “El aprendizaje y la enseñanza de la estructura de la materia: presentación de la monografía”, *Revista Alambique*, N° 26, pp. 73-74.
- Cadavid, V. (2014). *Relaciones entre la metacognición y el pensamiento viso-espacial en el aprendizaje de la estereoquímica*. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma de Manizales.
- Cardona, D; Tamayo, E. (2009). Modelos de argumentación en ciencias: una aplicación a la genética”, *Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales, Niñez y Juventud*,

- Manizales, Doctorado en Ciencias Sociales, Niñez y Juventud del Centro de Estudios Avanzados en Niñez y Juventud de la Universidad de Manizales y el Cinde, vol. 7, núm. 2, (especial) (julio-diciembre), 2009, pp. 1545-1571.
- Castillejos, S. A. y otros. (2006). Conocimientos Fundamentales de Química. Vol. I. Pearson Educación. México.
- Campanario, J., Otero, J. (2000). Más allá de las ideas previas como dificultades de aprendizaje: Las pautas de pensamiento, las concepciones epistemológicas y las estrategias metacognitivas de los alumnos de ciencias. En: Enseñanza de las Ciencias. 18 (2), 155-169.
- Cauas, D. (2015). Definición de las variables, enfoque y tipo de investigación. Biblioteca electrónica de la Universidad Nacional Abierta ya Distancia. Recuperado de: http://datateca.unad.edu.co/contenidos/210115/Documento_reconociamiento_Unidad_N o_2. pdf# page, 5.
- Chamizo, J. A. (2009). Filosofía de la química: I. Sobre el método y los modelos. Educación química, 20(1), 6-11.
- Chion, A. R., & Adúriz-Bravo, A. (2015). La argumentación científica escolar. Contribuciones a una alfabetización de calidad. Revista Pensamiento Americano, 7(13).
- De Posada, J. M. (1999). Concepciones de los alumnos sobre el enlace químico antes, durante y después de la enseñanza formal. Problemas de aprendizaje. Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas, 17(2), 227-245.
- Davini, M (2012) Corrientes didácticas contemporáneas, Barcelona: Paidós.
- Duit, R. (2006). La investigación sobre enseñanza de las ciencias: Un requisito imprescindible para mejorar la práctica educativa. En: Revista Mexicana de Investigación Educativa. 11(30). 741-770.
- Ennis, R. (1989). Critical Thinking and Subject Specificity Clarification and Needed Research. Education Researcher.
- Ennis, R. (Ed). (2002). Goals for a critical thinking curriculum and its assessment. Costs Alexandria.
- 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, 88(6), 915-933.
- Erduran, S., & Jiménez-Aleixandre, M. P. (2008). Argumentation in science education. Perspectives from classroom-Based Research. Dordre-cht: Springer.

- Estévez, E. D. (2016). Tres momentos para la filosofía de la lógica. *Contrastes. Revista Internacional de Filosofía*.
- Facione, P. (2007). *Pensamiento crítico: ¿qué es y por qué es importante?* Chicago: Loyola University. Recuperado de <http://www.insightassessment.com>.
- Gabel, D. (1993). Use of the particle nature of matter in developing conceptual understanding, *Journal of Chemical Education*, 70 (3), pp. 193-194.
- Gentil, C.; Iglesias, A.; Oliva, J.M. (1989). "Nivel de apropiación de la idea de discontinuidad de la materia en alumnos de bachillerato. Implicaciones didácticas", *Enseñanza de las Ciencias*, 7 (2), pp. 126-131.
- Giere, R. N. (1990). *Evolutionary models of science. Evolution, cognition, and realism*, 21-32.
- Hacking, I. (2006). *The Emergence of probability*. Cambridge: Cambridge University Press.
- González, G., Blanco, I., y Martínez, O. (1989). Nivel de apropiación de la idea de discontinuidad de la materia en alumnos de bachillerato. *Implicaciones didácticas. Enseñanza de las ciencias*, 1989, 7(2), 126-131
- Guillaumin, G & Galindo, A. G. (2009). Argumentación científica escolar¿ cómo se aborda el problema de la evidencia en una conversación sobre crecimiento en plantas?. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, (Extra), 2438-2444.
- Hacking, I. (2006). *The emergence of probability: A philosophical study of early ideas about probability, induction and statistical inference*. Cambridge University Press.
- Halpern, D.F. (2014). *Thought and knowledge: An introduction to critical thinking*. (5ª ed.). Psychology Press. NY
- Henao, B.; Stipcich, M. (2008). Educación en ciencias y argumentación: la perspectiva de Toulmin como posible respuesta a las demandas y desafíos contemporáneos para la enseñanza de las Ciencias Experimentales. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias* .7 (1).
- Hodson, Derek. (1986). "Filosofía de la Ciencia y Educación Científica". En: *Constructivismo y enseñanza de las ciencias*. (2000) Porlan, R; García, E. & Cañal, P. Sevilla, Díada. p.p 7 a 19.
- Hubber, P. (2006). Year 12 students' mental models of the nature of light. *Research in Science Education*, 36(4), 419-439.

- Izquierdo, M. (2007). Enseñar ciencias, una nueva ciencia. En: Enseñanza de las ciencias sociales, volumen (6), p.p 125-138
- Jiménez-Aleixandre, M. P. y Díaz de Bustamante, J. (2003). Discurso de aula y argumentación en la clase de ciencias: cuestiones teóricas y metodológicas. Enseñanza de las ciencias.
- Joannon, C. y Ihnen, C. (2015). Argumentación de Calidad. En Carretero, F. L. (2015). Argumentación y pragma-dialéctica: Estudios en honor a Frans van Eemeren. Guadalajara, Mexico: Editorial Universitaria-Libros UDG.
- Justi, R., & Gilbert, J. (1999). A Cause of Ahistorical Science Teaching: Use of Hybrid Models. *Science Education*, 83(2), 163-77.
- Lakatos, I. (1970). Falsificación y la metodología de los programas de investigación científica (1).
- Lazo L., Herrera, H. (2011). Aplicación de un modelo de intervención pedagógica que Desarrolla estrategias de pensamiento crítico para estudiantes De carreras del área de las ciencias. En: Revista electrónica diálogos educativos. No. 21. p.p 81 a 97.
- Lazo L. (2012). Estrategia para la enseñanza y el aprendizaje de la Química general para estudiantes de primer año de Universidad1revista Electrónica Diálogos Educativos (ISSN 0718-1310). No. 21, Año 11. www.umce.cl/~dialogos/n23_2012/lazo.swf
- Leming, J. S. (1998). Some critical thoughts about the teaching of critical thinking. March-April. *The Social Studies*.
- López, G. (2012). Pensamiento Crítico en el Aula. En: Docencia e Investigación, Año XXXVII Enero/Diciembre, ISSN: 1133-9926 / e-ISSN: 2340-2725, Número 22, pp. 41-60.
- Lipmann (1998) Lipman, M. (1998). Pensamiento complejo y educación. Madrid. Segunda edición.
- Maffesoli, M (1997), Elogio de la razón sensible, México: Paidós.
- Marchán-Carvajal, I., & Sanmartí, N. (2015). Criterios para el diseño de unidades didácticas contextualizadas: aplicación al aprendizaje de un modelo teórico para la estructura atómica. *Educación Química*. <http://dx.doi.org/10.1016/j.eq.2015.06.001>
- Márquez, C., & Prat, A. (2010). Favorecer la argumentación a partir de la lectura de textos. *Alambique*, 63, 39-49.
- McMillan(1987) McMillan, J. H. (1987). Enhancing college students' critical thinking: A review of studies. *Research in Higher Education*.

- MEN (2004). Estándares Básicos de Competencias en Ciencias Naturales y Ciencias Sociales: Formar en ciencias: El desafío. Serie Guías No.7
- Mina, Á. (2007). Humanismo y argumentación. Bogotá DC, Colombia: Magisterio.
- Mondelo, M.; García, S.; Martínez, C. (1994). “Materia inerte/Materia viva, ¿tienen ambas constitución atómica?”, Enseñanza de las Ciencias, 12 (2), pp. 226-233
- Monk, M., & Osborne, J. (1997). Placing the history and philosophy of science on the curriculum: A model for the development of pedagogy. Science education, 81(4), 405-424.
- Niaz, M. (1994). Más allá del positivismo: una interpretación lakatosiana de la enseñanza de las ciencias. Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas, 12(1), 97-100.
- Novak, J., & García, F. (1993). Aprendizaje significativo. Teorías y modelos. Madrid: Cincel.
- Okulik, N.; Núñez, M. B.; Aguado, M. I.; Castro, E. (2002). “Una experiencia de investigación en la enseñanza de la estructura atómica”, Revista de Educación en Ciencias, 3 (1), pp. 31-33.
- Osborne, J.; Erduran, S.; Simon, S. & Monk, M. (2001) Enhancing the quality of argumentation in school science. School science review, 3(301), pp.63- 70.
- Osborne, J., Erduran, S., & Simon, S. (2004). Enhancing the quality of argumentation in school science. Journal of research in science teaching, 41(10), 994-1020.
- Osborne, J. (2009). Hacia una pedagogía más social en la educación científica: el papel de la argumentación. En Documentos Argumentación en el salón de clases. Abril. p.p 157-165.
- Paul, R. (1992). Teaching critical reasoning in the strong sense: getting behind worldviews. State University of NY: Albany.
- Paul, R. (1995). Critical thinking: How to prepare students for a rapidly changing world. Santa Rosa, CA. Foundation for Critical Thinking
- Palacio, C. A. (2017). La argumentación científica escolar desarrollada desde un enfoque de resolución de problemas como propuesta didáctica en la clase de ciencias. Seres, Saberes y Contextos, 2(2), 83-89.

- Parra, D., & Cademartori, Y. (2000). Reforma educativa y teoría de la argumentación. *Revista signos*, 33(48), 69-85. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-09342000004800006>
- Pinochet, J. (2015). El modelo argumentativo de Toulmin y la educación en ciencias: una revisión argumentada. *Ciência & Educação*, 21(2), 307-327.
- Pinzón A. (2014), Aportes de la argumentación en la constitución de pensamiento crítico en el dominio específico de la química (Tesis de maestría). Universidad Tecnológica de Pereira. Colombia
- Pérez, R.; Gallego, R.; Torres, L. (2005). Las competencias interpretar, argumentar Y proponer en química. Un problema pedagógico y didáctico. *Enseñanza de las ciencias*, 2005. Número extra. VII.
- Perrotta, M. T., Dima, G., Gutiérrez, E., Capuano, V., & Follari, B. (2003). Estructura atómica. *Enseñanza de las Ciencias*, 21(1), 123-134.
- Pliego, O; Rodríguez, C. (2009). La argumentación científica en el aula de química, aplicación de modelos válidos. Universidad Nacional del Rosario.
- Pozo, J. I., Gómez Crespo, M. A., LIMÓN, M., & Sanz, A. (1991). Procesos cognitivos en la comprensión de la ciencia: ideas de los alumnos sobre la química. Madrid: Servicio de Publicaciones del MEC.
- Puche (2000), Puche, R. (2000). Formación de herramientas científicas en el niño pequeño. Universidad del Valle: Arango editores.
- Quintanilla, M. (2005). Historia de la ciencia y formación docente: una necesidad irreducible. *Revista TED*, 34-43.
- Revel, A., Couló, A., Erduran, S., Furman, M., Iglesia, P & Aduriz-Bravo, A (2005). Estudios sobre la enseñanza de la argumentación científica escolar. *Enseñanza de las Ciencias*. Número Extra, 1-5.
- Rodriguez, L. (2004). El modelo argumentativo de Toulmin en la escritura de artículos de investigación educativa. *Revista Digital Universitaria*. 5(1). ISSN: 1067-6079
- Rodríguez, A. (2012). "Epistemología: Cambios y transformación del término". En: *El árbol del Edén. La epistemología en el discurso pedagógico*. Manizales, Universidad Autónoma de Manizales. pp 37 a 73.
- Rodríguez, R. L., & Aleixandre, M. P. J. (2007). ¿ Podemos cazar ranas? Calidad de los argumentos de alumnado de primaria y desempeño cognitivo en el estudio de una charca. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 25(3), 309-324.

- Ruiz, F. (2012). Caracterización y evolución de los modelos de la enseñanza en clase de ciencias de la educación primaria (Tesis). Revista enseñanza de las Ciencias. 31(2). 275-284
- Ruiz, F.; Tamayo, Ó.; Márquez, C. (2013). La enseñanza de la argumentación en ciencias: un proceso que requiere cambios en las concepciones epistemológicas, conceptuales, didácticas y en la estructura argumentativa de los docentes. Revista Latinoamericana de Estudios Educativos (Colombia). 9 (1). p.p29-52
- Sánchez, G., & Valcárcel, M. (1993). Diseño de unidades didácticas en el área de Ciencias Experimentales. Enseñanza de las Ciencias, 11(1), 033-44.
- Sanmartí, N. (2000). El diseño de Unidades Didácticas. En: Didáctica de las ciencias experimentales. Editorial Marfil. 2000. ISBN: 84-268-1051-9
- Sanmartí N., Marchán I (2015). ¿Se debe enseñar hoy la misma ciencia y de la misma forma que nos enseñaron a nosotros? En: La educación Científica del Siglo XXI: Retos y Propuestas. InvestigacionyCiencia.es, p.p 30 a 39.
- Sarda, J.; Sanmartí, A, Sanmartí, N. (2000). Enseñar a argumentar científicamente: un reto de las clases de ciencias. Revista: Enseñanza de las Ciencias. 18(3), 405-422
- Scriven, M. y Paul, R. (1992). Defining critical thinking. Recuperado de: <http://www.criticalthinking.org/university/defining.html>.
- Simon, S., Maloney, J. (2006). «Mapping Children's Discussions of Evidence in Science to Assess Collaboration and Argumentation». International Journal of Science Education, vol. 28(15), pp. 1817-1841.
- Tamayo, O. E. (2009). Didáctica de las ciencias: La evolución conceptual en la enseñanza y el aprendizaje. Centro Editorial Universidad de Caldas.
- Tamayo, O E., Vasco, Carlos E. y otros (2013). Capítulo 5: Diseño y análisis de unidades didácticas desde una perspectiva multimodal. En el libro «La clase Multimodal y la Formación y Evolución de Conceptos Científicos a través del uso de Tecnologías de la Información y la Comunicación».
- Tamayo, O. E. (2012). La argumentación como constituyente del pensamiento crítico en niños. Hallazgos, 9(17).
- Tamayo O. (2014). Pensamiento crítico dominio específico en la didáctica de las Ciencias. En: Tecné, episteme y didaxis revista de la Facultad de Ciencia y Tecnología. Julio - Diciembre de 2014. p.p25 – 46.

- Toulmin, S. (1958). *The Uses of Argument* Cambridge University Press. Cambridge, UK.
- Uribe, M., y Gallego, R. (2005). Enseñanza de los modelos atómicos en programas de ingeniería. *Educación y Educadores*, 8.
- Villarini, A. R. (2003). Teoría y pedagogía del pensamiento crítico. *Perspectivas psicológicas*. 3– 4(IV), 35.
- Van Eemmeren, F; Grootendorst, R. y Snoeck Henkemans. F. (2006). *Argumentación*. Buenos Aires: Biblos.
- Villarini, A.R. (1987). *Principios para la integración del currículo*. San Juan, P.R.: Departamento de Instrucción Pública.
- Van Dijk, T. (1989). *La ciencia del texto*. Barcelona: Paidós
- Van Dijk, T. A. (1989). Structures of discourse and structures of power. *Annals of the International Communication Association*, 12(1), 18-59.
- Vásquez, A.; Manassero, M.A. (1999). “Características del conocimiento científico: Creencias de los estudiantes”, *Enseñanza de las Ciencias*, 17 (3), pp. 377-395.
- Villaveces, J. L. (2001). “La enseñanza de la estructura de los átomos y de las moléculas”, *Revista Ciencia y Tecnología*, 9, Bogotá, Colombia, U.P.N. p.p 108-118.
- Zenteno, B.; Garritz, A. (2010). Secuencias dialógicas, la dimensión CTS y asuntos socio-científicos en la enseñanza de la química. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*. 7(1).p.p 2-25.

ANEXOS

[Anexo A:](#) Instrumento para diagnóstico y evaluación de la habilidad de argumentación

[Anexo B:](#) Estrategia didáctica para para potenciar la argumentación a través del aprendizaje de los modelos atómicos.

Anexo A Instrumento para el diagnóstico

**INSTRUMENTO PARA DIAGNÓSTICO Y EVALUACIÓN DE LA HABILIDAD
DE ARGUMENTACIÓN**

René Marín Rodríguez

Actividad 1: Selección múltiple con justificación

**Para cada pregunta selecciona la respuesta que consideras la más adecuada.
Justifica tu respuesta.**

Pregunta 1:

7.2.1 La principal razón de que los científicos repitan las mediciones durante la realización de un experimento, es porque ellos pueden:

- a. Revisar si los instrumentos están funcionando
- b. Hacer una tabla con los resultados
- c. Calcular el error del experimento
- d. Cambiar las condiciones del experimento

La respuesta correcta es _____, porque:

Pregunta 2:

Los insecticidas son usados para controlar las poblaciones de insectos, y así ellos no pueden dañar los cultivos. Después de un tiempo los insecticidas son menos efectivos para matar los insectos y nuevos insecticidas se tienen que desarrollar. Cuál es la principal razón más probable para que los insecticidas se vuelvan menos efectivos a través del tiempo:

- a. Los insectos sobrevivientes han aprendido a usar los insecticidas como fuente de alimento.
- b. Los insectos sobrevivientes pasan su resistencia a los insecticidas a sus descendientes.

- c. Los insecticidas se acumulan en el suelo
- d. Los insecticidas son concentrados en el parte más baja de la cadena alimenticia.

La respuesta correcta es _____, porque:

Pregunta 3:

Dos frascos sin tapa, se llenan respectivamente con vinagre y aceite de oliva y se dejan en el borde de una ventana, expuestos a la luz solar. Varios días después se observa que las botellas están mermadas. Que puedes concluir de esta observación:

- a. El vinagre se evapora más rápido que el aceite de oliva.
- b. El aceite de oliva se evapora más rápido que el vinagre.
- c. Tanto el vinagre como el aceite de oliva se evaporan.
- d. La luz solar directa es necesaria para la evaporación.

La respuesta correcta es _____, porque:

Actividad 2: Vida en otro planeta

Diana y Mario estaban discutiendo lo que podría ser la vida en otros planetas. Su profesor de ciencias les proporcionó datos sobre la Tierra y un planeta imaginario “Proto”. La tabla muestra estos datos.

	Tierra	Proto
Distancia desde su estrella	148.640.000 Km	902.546.000 Km
Presión atmosférica en la superficie del planeta	1,0 Atm	0,000986923 Atm
Condiciones atmosférica: - Composición gaseosa	Oxígeno 21% Dióxido de Carbono 0,03% Nitrógeno 78%	Oxígeno 5% Dióxido de Carbono 5% Nitrógeno 90%
- Capa de Ozono?	Si	No
- Cubierto de nubes?	Si	No

Conclusión:

- ¿Puede existir vida similar a la de la Tierra en Proto? Sí ____ No ____

Justificación:

_____.

- Escriba una razón importante por la que sería difícil para los seres humanos vivir en Proto, si este planeta existiera. Explica tu respuesta.

_____.

Para el análisis del uso refutaciones y cualificadores modales:

- ¿Qué tan seguro es usted de su respuesta sobre la vida en Proto?

1. ____ Nada Seguro

2. ____

3. ____

4. ____

5. ____ Muy seguro

- Explica lo que influyó en su **incertidumbre** en el tema anterior.

Actividad 3: Combustión

“La Combustión es una reacción química que se da entre una sustancia denominada combustible (como la madera) que entra en contacto con el oxígeno (comburente), y que en condiciones características de cada material, producen dióxido de carbono (entre otras sustancias) y energía (calor y luz). La velocidad de la combustión es una medida de la cantidad de combustible consumida por unidad de tiempo en unas condiciones dadas. La velocidad de la combustión depende en alto grado de la forma del combustible, cantidad de aire existente, contenido de humedad y otros factores relacionados con éstos; sin embargo, para que la combustión continúe, es siempre necesario que se produzca una evaporación progresiva de los sólidos y líquidos por su exposición al calor ...” (Texto construido por el autor)

Conclusión:

- ¿Un tronco grande de madera se quemará más lentamente que el mismo tronco cortado en trozos pequeños? Sí _____ No _____

Justificación:

- Explicar por qué

_____.

Para el análisis del uso refutaciones y cualificadores modales:

- ¿Qué tan seguro es usted de su respuesta anterior? Califica de 1 a 5.
 1. ____ Nada Seguro
 2. ____
 3. ____
 4. ____
 5. ____ Muy seguro
- Explica lo que influyó en tu calificación anterior.

_____.

Registro de observaciones y datos**Cuadro 1.** *Argumentaciones escritas analizadas en este trabajo*

Actividad No.	Título	No. de escritos	Grupo

Cuadro 2. *Fragmento de texto de la actividad. Nivel según calidad de argumentaciones*

Línea o identificador	Actor o estudiante	Transcripción	Interpretación (cluster)

Cuadro 3. *Resultado de los debates de las actividades según la calidad de las refutaciones*

NIVEL DEL DEBATE						
MÉTODO CALIDAD DE LAS ARGUMENTACIONES						
Curso o grado	Nivel 0	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4	Nivel 5

Referencias

- 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*, núm. 88, pp. 915-933.
- IEA (International Association for the Evaluation of Educational Achievement) (1999). TIMSS science items: Released Set for Eighth Grade. Chestnut Hill, MA: Boston College.

Anexo B *Unidad Didáctica*

UNIDAD DIDÁCTICA
“ARGUMENTAR PARA MODELAR”

UNA ESTRATEGIA DIDACTICA PARA PARA POTENCIAR LA
ARGUMENTACIÓN A TRAVÉS DEL APRENDIZAJE DE LOS
MODELOS ATÓMICOS

Lic. RENÉ MARÍN RODRÍGUEZ
UAM 2017

A MODO DE PRESENTACIÓN (INTRODUCCIÓN)

Teniendo en cuenta la importancia didáctica de la historia y la epistemología de la ciencia para dar una imagen adecuada de esta, generar actitudes positivas hacia la misma y aumentar la comprensibilidad de los contenidos incorporados en la malla curricular, en esta unidad didáctica sobre los *modelos atómicos*, presenta desde una visión histórico-epistemológica, el desarrollo de los principales modelos que han servido para elucidar la estructura de la materia. Además de los aspectos conceptuales y evolutivos de los modelos atómicos, en esta unidad didáctica se presenta de forma explícita la argumentación y el desarrollo de esta habilidad a través de las diferentes actividades desarrolladas en el proceso de enseñanza y aprendizaje de los modelos atómicos.

Con el desarrollo de esta unidad se pretende alcanzar los siguientes objetivos:

- Promover la comprensión de la estructura de la materia, a través de estudio de los modelos atómicos.
- Fomentar y promover el uso del lenguaje científico en las explicaciones sobre estructura de la materia en producciones escritas por los estudiantes.
- Potenciar la habilidad argumentativa de los estudiantes durante el proceso de enseñanza y aprendizaje de los modelos atómicos.
- Potenciar procesos de autorregulación sobre los procesos de aprendizaje de los estudiantes.

IDEAS PREVIAS (ip) E IDENTIFICACION DE OBSTACULOS**Actividades propuestas**

Las ideas previas de los estudiantes se identificarán a través de las siguientes actividades.

Actividad IP1. Átomo como unidad.

La intención con esta primera pregunta es que los estudiantes lleguen a una respuesta sobre la porción más pequeña de la materia, en este caso el átomo. Se propone a los estudiantes que reflexionen sobre las siguientes preguntas introductorias:

- a. ¿Una piedra o un pan, el agua de un vaso, el aire y cualquier pedazo de materia pueden partirse o dividirse en partes menores?

Sí ☐	¿Cómo?
No ☐	¿Por qué?

- b. Si se repite la partición sucesivas veces, de un pedazo de papel ¿se alcanza un límite, una porción de materia que ya no puede dividirse?

Sí	Justifica tu respuesta:
----	-------------------------

☐	
No ☐	

Actividad IP2. Estructura de la materia:

Esta actividad tiene como propósito indagar cuales son las ideas previas de los estudiantes sobre la estructura de la materia. Es un instrumento desarrollado y validado por Perrota y otros (2003), se realizaron ajustes en términos de contexto, lenguaje y se adicionó a las preguntas pertinentes la condición de “justifica tu respuesta”.

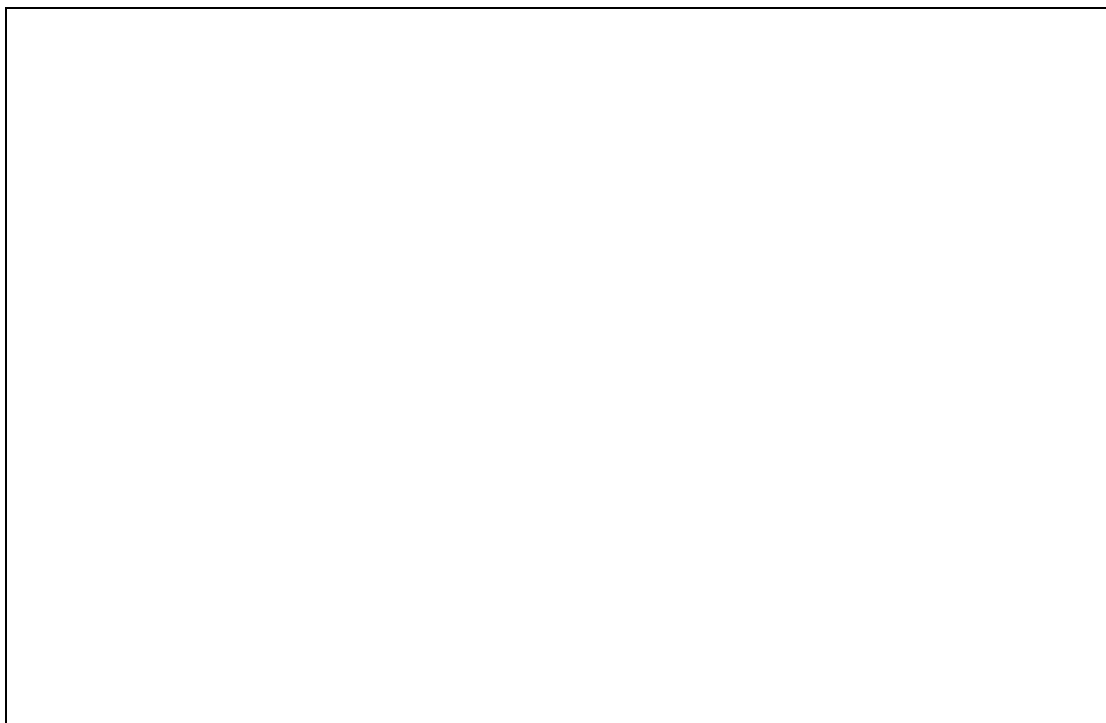
“El cuestionario (Anexo I) consta de 14 ítems, de los cuales los primeros 5 ítems indagan sobre si el átomo es la parte más pequeña que constituye las cosas (seres vivos y no vivos) y sobre cómo está constituido. En los ítems 6 al 9 se pregunta sobre la diferencia entre átomos, el movimiento de las partes que lo componen, la masa y el tamaño de las partículas. Las interacciones y las posibilidades de romper o unir el núcleo del átomo se tratan en los ítems 10 a 13. El ítem 14 pretende indagar respecto del origen de la información que tienen los estudiantes”

Actividad IP3: Analogía vs Modelo

Una vez que llegan a las respuestas (2.1.1) sobre la porción más pequeña de la materia, se les sugiere que representen gráficamente el modelo atómico de Thomson, presentado con una analogía:

a. Representa gráficamente:

“Según el modelo de Thomson el átomo consistía en una esfera uniforme de materia cargada positivamente en la que se hallaban incrustados los electrones de un modo parecido a como lo están las semillas en una sandía. Este sencillo modelo explicaba el hecho de que la materia fuese eléctricamente neutra, pues en los átomos de Thomson la carga positiva era neutralizada por la negativa”.



b. Según tu gráfico:

a. La sandia es equivalente o representa a _____

b. Las semillas representan _____

c. La “esfera uniforme” del modelo, en tu gráfico es _____

d. Como se representa que la materia es eléctricamente neutra _____

Instrumento de análisis ideas previas y obstáculos

Instrumento de recolección y análisis actividad IP1.

Ver Anexo A

Instrumento de recolección y análisis actividad IP2

Ver anexo B

Instrumento de recolección y análisis actividad IP3

Ver Anexo C

ACTIVIDADES DE REFLEXIÓN SOBRE EL APRENDIZAJE Y EL CONTRATO DIDÁCTICO

Las siguientes actividades de reflexión, enmarcadas en este contrato didáctico, deben ser desarrolladas al finalizar cada una de las actividades de esta unidad didáctica.

CONTRATO DIDÁCTICO

Yo, _____, estudiante del Grado _____
me comprometo a realizar las siguientes actividades, para cada actividad de la unidad didáctica, como parte de mi proceso de aprendizaje. Así como comunicar al profesor _____ las dificultades que encuentre para el desarrollo de las mismas.

Actividades de evaluación.

Cada estudiante deberá auto valorar su trabajo, respondiendo a las siguientes preguntas:

- ¿Qué sabía antes de esta(s) clase(s) y qué sabes ahora?

_____.

- ¿Cuál fue la parte más difícil de este proceso y por qué? _____

- ¿Cómo puedo utilizar lo aprendido?

- ¿Qué tan importante crees que es lo aprendido?

- ¿Puedo aprender por mi propia cuenta?

- ¿Si tuviera que repetir este trabajo, que cambiaria y que no?

Actividades de autorregulación.

Las siguientes actividades están diseñadas para promover el desarrollo de procesos de autorregulación:

a. Completa el siguiente cuadro de autoevaluación:

Actividad No.	¿Qué Aprendiste?	¿Qué fue lo más difícil y por qué?	¿Qué crees que puedes hacer para mejorar tu desempeño?

Pide a un compañero que realice una observación (co-evaluación) sobre tu autoevaluación:

b. Contesta las siguientes preguntas:

¿Realizaste todas las actividades en los tiempos establecidos?

Si _____

No _____ ¿Por qué?

¿Cuánto tiempo (horas/días) dedicaste para desarrollar estas actividades y consideras que fue suficiente? Justifica tu respuesta.

¿De todas las actividades que realizaste, cual crees que fue en la que más aprendiste y cuál fue la más difícil? Justifica tus respuestas.

INTERVENCIÓN DIDÁCTICA (ID)

A continuación se describen las actividades para: la enseñanza de la estructura de la materia a través de estudio de los modelos atómicos, favorecer el uso del lenguaje científico y potenciar la habilidad argumentativa

Actividad ID1: Introducción a la argumentación científica.

De acuerdo con autores como Osborne (2001, 2004) y Revel y otros (2005), la argumentación científica debe enseñarse de forma explícita, por lo cual en esta actividad se revisan los aspectos generales de la estructura de un argumento según Toulmin, así:

- a. Introducción de la temática a través de la presentación PowerPoint del material básico sobre la estructura argumentativa de Toulmin.
- b. Ejercicio de identificación de los diferentes elementos de un argumento, en un texto argumentativo.
- c. Lee comprensivamente el siguiente texto:

LA CASTRACIÓN QUÍMICA³

“Al incrementarse tanto las cifras en delitos de abuso sexual, se ha barajado seriamente la posibilidad de la castración química. Esta disminuiría el deseo sexual en los violadores que se tomaran las pastillas (que lo harían una vez ya en prisión, y de manera opcional). Consiste en utilizar sustancias que bloqueen la orden del cerebro de producir testosterona, cuando esta desaparece se produce una disminución del impulso sexual del hombre, aunque el paciente sigue teniendo la oportunidad de excitarse en circunstancias extremas como pornografía o una fantasía sexual intensa.

³ Tomado y adaptado de: <http://terepe3.blogspot.com.co/2007/09/texto-argumentativo-la-castracin-qumica.html>

Algunos expertos aconsejan que dicho tratamiento vaya acompañado de sesiones con psicólogos, y aun así, es muy posible que no sea eficaz porque es muy difícil hacer cambiar la forma de actuar de los violadores, ya que ellos saben perfectamente que lo que hacen está mal. Además este tratamiento no es irreversible, sino que en cuanto la persona deje de tomar las pastillas las hormonas volverán a funcionar con normalidad.

Al principio, la castración química parece ser una manera efectiva de reducir notablemente los abusos sexuales, pero puede ser una reducción de condena para los delincuentes, que una vez dejen de tomar las pastillas volverían a actuar igual o incluso peor, porque todas las ganas contenidas podrían derivarse en ataques más violentos. A parte tampoco está bien una solución donde solo se incluyan violadores que han estado en prisión, creo que esta situación se debería resolver de fondo, ya que hay muchos violadores o potenciales abusadores que no han sido capturados, y que por supuesto no tomarían ninguna pastilla para evitar las violaciones -que es lo que importa de verdad, evitar no castigar-. Tampoco servirían de mucho si la terapia es solo un castigo puntual, porque el delincuente sabe que una vez haya dejado el tratamiento volverá, no a la vida sexual normal si no a la anterior”.

d. Sabiendo que:

ELEMENTO DE ARGUMENTO	DESCRIPCIÓN
Conclusión	Enunciado que debe ser sustentado o desaprobado
Datos	Hechos o informaciones (que pueden derivar de observaciones, experimentos, etc.) que se usan para evaluar una conclusión.
Justificaciones	Son razones (reglas, principios, modelos) que se proponen para relacionar los datos con la conclusión.
Refutaciones	Son las excepciones a la conclusión pero que le dan fuerza

Usa los diferentes colores para resaltar en el texto, **LA CASTRACIÓN QUÍMICA**, cada uno de elementos del argumento, plantea una conclusión y completa el siguiente formato:

Fecha: _____		
Nombre: _____		Grado: _____
CONCLUSIÓN:		
EVIDENCIAS (DATOS):	JUSTIFICACION:	REFUTACIÓN:
ARGUMENTACIÓN COMPLETA:		

Fuente: modificado de Jiménez-Aleixandre; López Álvarez (2009).



No olvidar...

... realizar las actividades propuestas en el CONTRATO

DIDÁCTICO

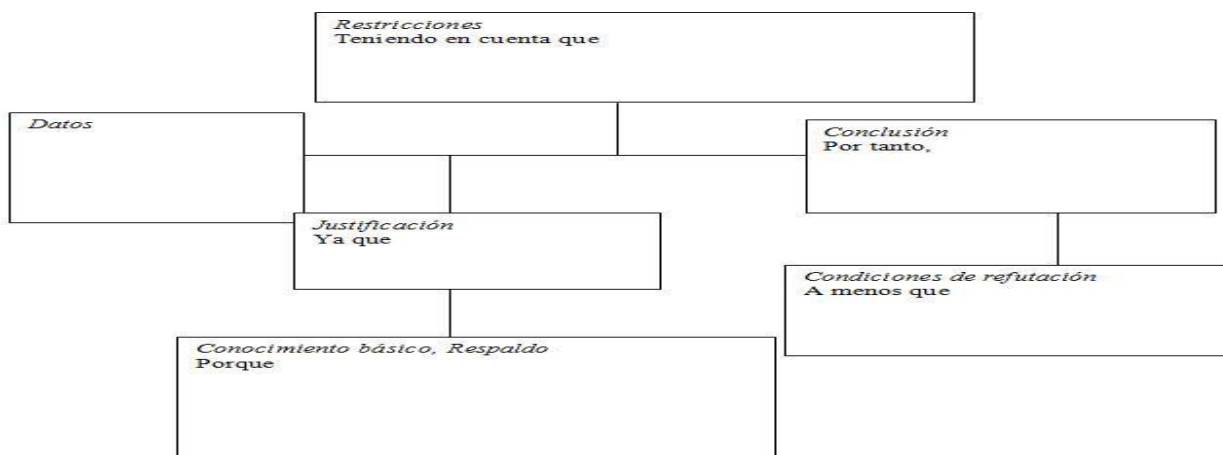
Actividad ID2: uso de Tabla de declaraciones.

A los estudiantes se les da una tabla de declaraciones sobre un tema en particular (en este caso se seleccionó el futbol, que despierta interés en la mayoría de los estudiantes). Se les pide que digan con cuál de las declaraciones está de acuerdo o en desacuerdo, argumentando sus respuestas.

Tabla de declaraciones sobre el mejor equipo de Europa

Declaración	¿Estás de acuerdo?
El Barcelona es el mejor equipo de Europa	Sí ☐ No ☐
El Real Madrid es el mejor equipo de Europa	Sí ☐ No ☐

A continuación justifica tu respuesta usando el siguiente esquema:



* El docente usa, como guía durante el desarrollo de la actividad, el material anexo: Uso del formato para argumentación basado en Toulmin (Anexo 2).

... realizar las actividades propuestas en el CONTRATO

DIDÁCTICO

ACTIVIDAD ID3: DISEÑO DE EXPERIMENTOS: LA CAJA NEGRA

Esta actividad tiene como objetivo el aproximar a los estudiantes al concepto de modelo, que además de hacer parte de la malla curricular, proporcionan un buen contexto para potenciar destrezas propias de la competencia científica como el razonamiento, predicción, interpretación de la realidad, construcción de modelos para explicar observaciones. Para esto:

- Dividir el grupo en al menos cuatro equipos (los estudiantes escogen sus pares).
- A cada equipo se le entregan cuatro cajas cerradas con varios objetos en su interior. En cada una de las cajas el contenido era diferente: bolas de vidrio y metálicas, pelota de ping-pong, borrador, objeto rectangular de madera.
- Los estudiantes pueden manipular, pero no abrir, las cajas.

Pregunta 1. ¿Usando tus sentidos puedes descubrir “algo” del contenido de cada caja?

Sí _____ No _____

Justifica tu respuesta:

Has una lista de las observaciones y explica cómo puedes utilizar esa información para aproximarte al contenido de cada caja.

Caja	Observaciones	Me serviría para
1		
2		
3		
4		

Pregunta 2: “¿Qué características del contenido de las cajas quisieran saber y no puedes?”.

Respuesta:

¿Por qué no puedes?

- En forma gráfica plantea tú hipótesis del contenido de cada caja.

Caja 1.	Caja 2.
Caja 3.	Caja 4.

Justifica cada una de tus hipótesis.

- Selecciona una de las cajas y diseña un experimento para probar la correspondiente hipótesis y socializa tu experimento con tu grupo.

Una vez realizada esta actividad, se realiza la socialización de los resultados y cooperativamente se “construye” el concepto de modelo, sus características y utilidad, como también se introduce el concepto de modelo atómico, así:

- El modelo científico es una representación de los sistemas involucrados en un fenómeno dado, y uno de sus primeros propósitos es proporcionar un cuadro mental o visual del fenómeno.
- Los “científicos” hacen una abstracción de la realidad, seleccionando las propiedades que consideran relevantes, y construyen modelos que permiten analizar la naturaleza del fenómeno y plantear, desarrollar y comprobar hipótesis, para finalmente tener una mejor comprensión del fenómeno real que el modelo busca representar”
- Un modelo atómico es una representación de la estructura de un átomo que trata de explicar su comportamiento y propiedades, fundamentales para comprender y justificar la estructura electrónica de los átomos, el enlace, las propiedades eléctricas de la materia, emisión de luz, el color, etc.,



... realizar las actividades propuestas en el CONTRATO

DIDÁCTICO

Actividad ID4: Mapa Conceptuales de las ideas de los estudiantes.

Esta actividad es una adaptación del uso común del concepto de mapeo (Osborne, 1997).

- Realice la lectura de: Libro digital sobre los modelos atómicos (información básica).
Visita la siguiente página web:

	http://es.calameo.com/read/0041948256999285b6d1d
---	---

- Con base en la lectura y en forma individual realiza un mapa conceptual.
- Forma un grupo de 3 estudiantes, y discute los conceptos y las palabras de enlace de cada uno de los mapas, estableciendo si son correctos o no, después de que cada uno plantee los argumentos para su elección.

Estudiante	Conceptos	Enlaces	Observaciones del grupo
1			
2			
3			

- En forma consensuada seleccionen el “mejor” mapa para representar al grupo (es posible que decidan hacer uno nuevo entre todos), argumentando su selección, para cual deben diligenciar el siguiente formato.

Fecha: _____ Nombre: _____ Grado: _____		
CONCLUSIÓN:		
EVIDENCIAS (DATOS):	JUSTIFICACION:	REFUTACIÓN:
ARGUMENTACIÓN COMPLETA:		

Fuente: modificado de Jiménez-Aleixandre; López Álvarez (2009).



No olvidar...

... realizar las actividades propuestas en el CONTRATO DIDÁCTICO

Actividad ID5: Teorías competidoras – Ideas y evidencias:

Esta actividad es una adaptación de Solomon y otros (Solomon, 1991, Solomon, Duveen, & Scott, 1992) citado por Osborne (2001).

Se realizará la lectura y análisis de los diferentes modelos, apoyándose en videos sobre los experimentos y descubrimientos relacionados con cada modelo. Luego se plantea la actividad: teorías competidoras – ideas y evidencias.

A cada estudiante se le asigna un texto sobre uno de los modelos atómicos, para que lo lea comprensivamente. (Ver textos sobre modelos atómicos en Anexo 3 contenido de los libros de Santillana para el grado 7 y 10)

Los siguientes videos se presentaran y analizaran de acuerdo a la temática.

- Video 1: De que está hecha la materia?:
(<https://www.youtube.com/watch?v=KqAafT2VI9w>)
- Video 2: “Estructura de la materia”:
<https://www.youtube.com/watch?v=CTPuBqt90R4>
- Video 3: El espinazo de la Noche-Demócrito atomismo (Carl Sagan COSMOS VII):
<http://www.youtube.com/watch?v=1WCThnl2iQ8>.
- Video 4: Desarrollo histórico de los modelos atómicos John Dalton y Niels Bohr -
<https://www.youtube.com/watch?v=0UPRyzlWC6k>
- Espectros atómicos-Espectro de emisión de los elementos:
(<https://www.youtube.com/watch?v=G7kouAGLg4>).

Pregunta 1: ¿Si tú fueras el autor del modelo, como completarías el siguiente cuadro?

Nota: Te será de gran utilidad resaltar con diferentes colores sobre el texto lo correspondiente al cuadro.

Tabla. *Herramienta para facilitar y favorecer la escritura de texto argumentativo*

Mi idea como autor del modelo es que	
Los datos en los que me baso Estos datos apoyan mi idea porque... (justificaciones) son:	
Estos datos apoyan mi idea porque... (justificaciones)	
En consecuencia...(conclusión)	
Y además otros datos en los que me puedo apoyar son	
Algunos argumentos contra mi idea podrían ser que (refutaciones)	
Mi modelo tiene las siguientes ventajas e inconvenientes.	

Fuente: modificado de Osborne (2001).

- Ahora integra toda la información del cuadro anterior en este formato

Fecha: _____		
Nombre: _____ Grado: _____		
El Modelo Atómico de _____ plantea que :		
Las bases de este modelo son:	Este modelo responde algunos interrogantes como:	Los puntos débiles de este modelo son:
En general podemos decir que este modelo:		

Fuente: modificado de Jiménez-Aleixandre; López Álvarez (2009).

Esta actividad se repite con un modelo diferente.

Pregunta 2: Si tuvieras que escoger uno de los modelos anteriores para defenderlo ante tus compañeros. ¿Cuál de escogerías?

¿Por qué?

¿Qué evidencia que usaría para convencerlos?

No olvidar...

... realizar las actividades propuestas en el CONTRATO DIDÁCTICO

EVALUACIÓN

La evaluación será continua a lo largo de todo el proceso de enseñanza y aprendizaje ya que se pretende conocer qué acciones formativas son más adecuadas para cada persona y la evolución del alumno, será por tanto diagnóstica, formativa y sumativa. Esto se conseguirá mediante contrastación de la prueba de diagnóstico, las ideas previas y el seguimiento de las respuestas de los alumnos ante las distintas actividades planteadas. Finalmente se comprobará el grado de consecución de los objetivos mediante la revisión de escritos de los estudiantes, al finalizar cada una de las actividades.

Contenidos mínimos

Los contenidos mínimos que se tendrán en consideración a la hora de la evaluación son:

1. Identificar el átomo como unidad constitutiva de la materia y reconocer las partículas subatómicas.
2. Representar gráficamente cada uno de los modelos atómicos.
3. Reconocer y asociar cada uno elementos (fenómenos y experimentos) que sirvieron como base para la formulación de cada modelo atómico.
4. Identificar para cada modelo atómico los elementos argumentativos según Toulmin.
5. Utilizar adecuadamente el lenguaje científico asociado a la estructura de la materia y los modelos atómicos.

Procedimientos de evaluación

Para evaluar el logro de los objetivos y de las competencias básicas en esta unidad se evaluarán las actividades/trabajos individuales, participación en clase, trabajo en equipo y composiciones escritas al finalizar cada una de las actividades propuestas. Las actividades, procedimientos e instrumentos de evaluación empleados son los que aparecen en la siguiente tabla:

Actividades de evaluación	Procedimientos	Instrumentos	Evaluación
Valoración de la participación en clase: - Participación activa en las clases. - Respeto hacia los compañeros. - Participación en la resolución de las cuestiones planteadas en clase	Observación del trabajo en el aula, de las participaciones y de las puestas en común.	Registro de clases de la actividad diaria.	La participación y la actitud mostrada por el alumno en el aula se evaluará en la escala nacional de: Bajo, básico, superior y alto
Valoración de las actividades de reflexión sobre el aprendizaje presentadas en el contrato didáctico	Revisión de las respuestas a las preguntas propuestas en el contrato didáctico para cada actividad.	Formato de Contrato didáctico	Se evalúa cambios en el grado de conciencia sobre su desempeño.
Valoración de la adquisición y evolución de conceptos básicos: - Conceptualización de átomo como unidad estructural y constitutiva de la materia. - Representación de los modelos atómicos. - Identificación de los fenómenos y experimentos asociados a cada modelo.	Solución de las actividades propuestas. Elaboración de escritos al final de cada actividad.	Registros de las actividades de identificación de ideas previas. Registro de las actividades propuestas para cada tema. Escritos finales de cada tema.	La adquisición y evolución de los conceptos básicos desarrollados en la unidad se evaluará en la escala nacional de: Bajo, básico, alto y superior. Además se realizaron observaciones en cuanto los cambios con respecto a las pruebas de ideas previas.
Valoración de la adquisición de la habilidad argumentativa: - Identificación de los elementos de un argumento. - Formulación de los	Resolución de cuestiones propuestas en cada actividad.	Instrumento de Diagnóstico. Formatos de registros de argumentación (heurístico) y diagramas	Los estudiantes serán ubicados en los diferentes niveles argumentativos. Además se realizaron observaciones en

modelos atómicos en forma argumentativa, siguiendo el modelo de Toulmin.		de argumentación basado en Toulmin. Escritos personales realizados al final de cada actividad	cuanto los cambios con respecto a la habilidad argumentativa.
--	--	--	---

Tabla. Procedimientos y Criterios de Evaluación.

Referencias

- Osborne, J.; Erduran, S.; Simon, S. & Monk, M. (2001) Enhancing the quality of argumentation in school science. *School science review*, 3(301), pp.63- 70.
- Osborne, J., Erduran, S., & Simon, S. (2004). Enhancing the quality of argumentation in school science. *Journal of research in science teaching*, 41(10), 994-1020.
- Perrotta, M. T., Dima, G., Gutiérrez, E., Capuano, V., & Follari, B. (2003). Estructura atómica. *Enseñanza de las Ciencias*, 21(1), 123-134.
- Benarroch, A. (2001). “Una interpretación del desarrollo cognoscitivo de los alumnos en el área de la naturaleza corpuscular de la materia”, *Enseñanza de las Ciencias*, 19 (1), pp. 123-134
- Revel, A., Couló, A., Erduran, S., Furman, M., Iglesia, P & Aduriz-Bravo, A (2005). Estudios sobre la enseñanza de la argumentación científica escolar. *Enseñanza de las Ciencias*. Número Extra, 1-5.
- .

ANEXO I**Ideas previas - Actividad IP2: Estructura de la materia**

Estudiante: _____ Grado: _____

Las siguientes preguntas intentan conocer tus ideas acerca de las partes más pequeñas que forman la materia.

Responde cada una de las preguntas o señala con una “X” la(s) opción(es) que consideres correcta/s.

- 1) Nombra cuál es la parte más pequeña con la que se construyen internamente:

una mesa / una piedra / una hoja de papel / el aire / el agua

Respuesta:

	Internamente se constituye de	Justifica tu respuesta:
Mesa		
Piedra		
Hoja de papel		
Aire		
Agua		

- 2) Nombra cuál es la parte más pequeña que construyen internamente:

un perro / una rosa / un pez / un árbol / una mariposa

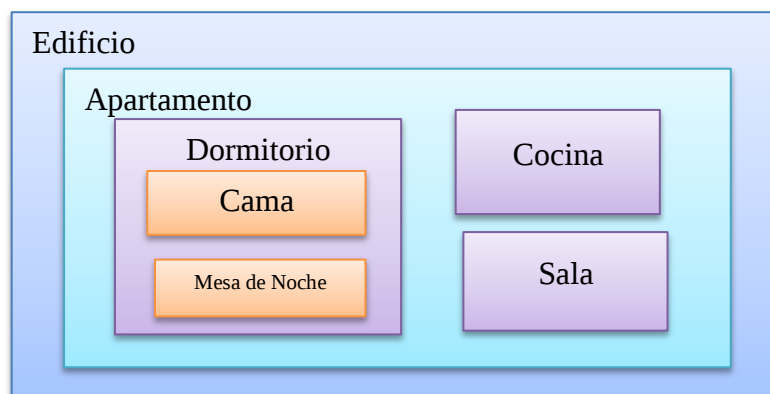
Respuesta:

	Internamente se constituye de	Justifica tu respuesta:
Perro		
Rosa		
Pez		
Árbol		
Mariposa		

3. Con las siguientes palabras:

apartamento / cama / sala / dormitorio / edificio / cocina / barrio / mesa de luz

Se confeccionó un diagrama que muestra que el edificio está dentro del barrio, que el departamento está dentro del edificio, que el dormitorio, la sala y la cocina están dentro del departamento, etc.



Confecciona un diagrama similar al anterior para el caso de una gota de agua con las siguientes palabras:

átomo / neutrón / núcleo / protón / molécula / electrón / gota de agua

Respuesta gráfica:

Justifica tu respuesta:

5. Confecciona un diagrama similar a los anteriores, para el caso de un perro con las siguientes palabras:

átomo / neutrón / célula / núcleo / protón / molécula / corazón/ electrón / perro

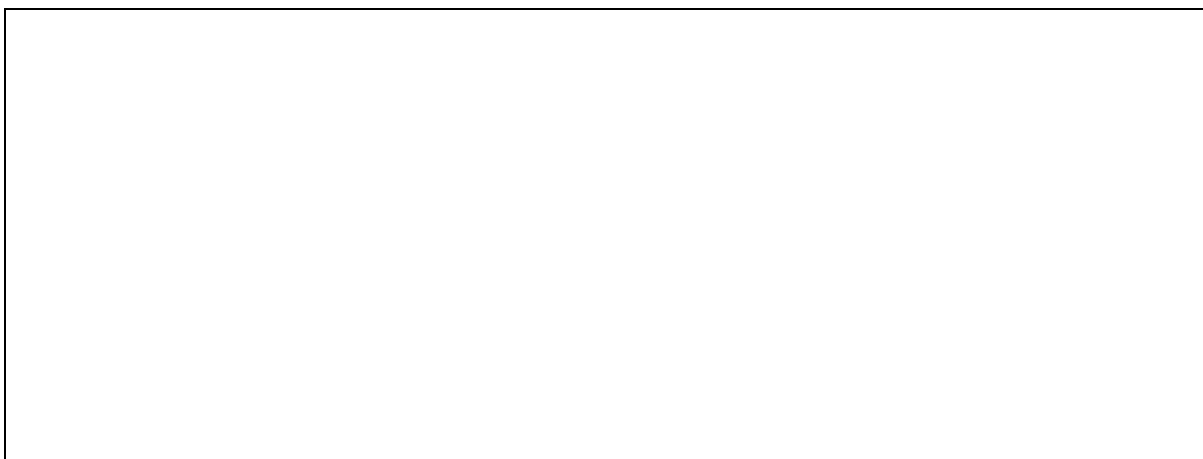
Respuesta gráfica:



Justifica tu respuesta:

6. Realiza un dibujo que represente un átomo y nombra cada una de sus partes.

Respuesta



7. Indica qué partes del dibujo anterior consideras que están quietas y qué partes están en movimiento:

Partes quietas:

Partes en movimiento:

8. Un átomo de hierro y un átomo de oxígeno son:

Iguales ____

Distintos ____

No sé ____

Explica por qué elegiste esa respuesta.

9. ¿Cuántos átomos crees, aproximadamente, que hay en un grano de arena?

Una docena de átomos ____

Algunos millones ____

Trillones de átomos ____

Otra respuesta ____

No sé ____

10. Si la masa del protón fuera como la de una naranja

• La masa del electrón sería como la de:

Una semilla de naranja ____

Una manzana ____

Una sandía ____

Otra respuesta _____

No sé _____

- La masa del neutrón sería como la de:

Una semilla de naranja _____

Una manzana _____

Una sandía _____

Otra respuesta _____

No sé _____

- 11.** Los electrones se mantienen alrededor del núcleo formando el átomo. Explica por qué crees que ocurre esto.

- 12.** ¿Se pueden separar los electrones de un átomo?

Sí _____

No _____

No sé _____

Explica por qué elegiste esa respuesta.

- 13.** ¿Se puede partir el núcleo del átomo?

Sí _____

No _____

No sé _____

Explica por qué elegiste esa respuesta.

14. ¿Se pueden unir dos núcleos pequeños para formar un núcleo más grande?

Sí ____

No ____

No sé ____

Explica por qué elegiste esa respuesta.

15. ¿Cuál es el origen de esta información que nos brindaste?

La televisión ____

La escuela / colegio ____

Revistas ____

Periódicos ____

Charlas con amigos o familiares ____

ANEXO 2

Uso del formato para argumentación basado en Toulmin⁴

Una buena herramienta para ejercitar el pensamiento crítico es aprender a fabricar una buena argumentación o detectar cuándo se está produciendo una falacia argumentativa. Hoy día, las falacias argumentativas están por todos lados, sobre todo cuando se desatan las pasiones: política, religión... ¡fútbol!

El modelo argumentativo de Toulmin, que explica desde el punto de vista lógico la estructura o el esquema al cual responde un texto argumentativo, se puede usar para aprender a argumentar en ciencia. El libro *10 ideas clave: competencias en argumentación y uso de pruebas* de María Pilar Jimenez Aleixandre, catedrática de didáctica de las ciencias de la Universidad de Santiago de Compostela, es un claro ejemplo de cómo podemos usar la argumentación en el aula de ciencias.

Quizá, la mejor manera de que el alumnado se dé cuenta que usan algún tipo de falacia cuando argumentan, es tratar un tema que les apasione y que entiendan: el fútbol, como se presenta en los siguientes ejercicios

Ejercicio 1: Se trata de responder la siguiente pregunta:

¿Qué equipo es mejor, el R.Madrid o el F.C. Barcelona?

Se espera que tipo de pasiones y comentarios se desaten en clase y surjan argumentaciones en favor y en contra de los equipos o de jugadores (Por ejemplo, Cristiano es un chulo) para justificar que el Barcelona es mejor que el Madrid o que empiecen directamente por el final, respondiendo la conclusión antes de argumentarla.

Una vez “el debate” se haya dado, se orienta que se responda a las siguientes preguntas:

- ¿De qué información se parte para escoger un equipo o el otro? (Datos)

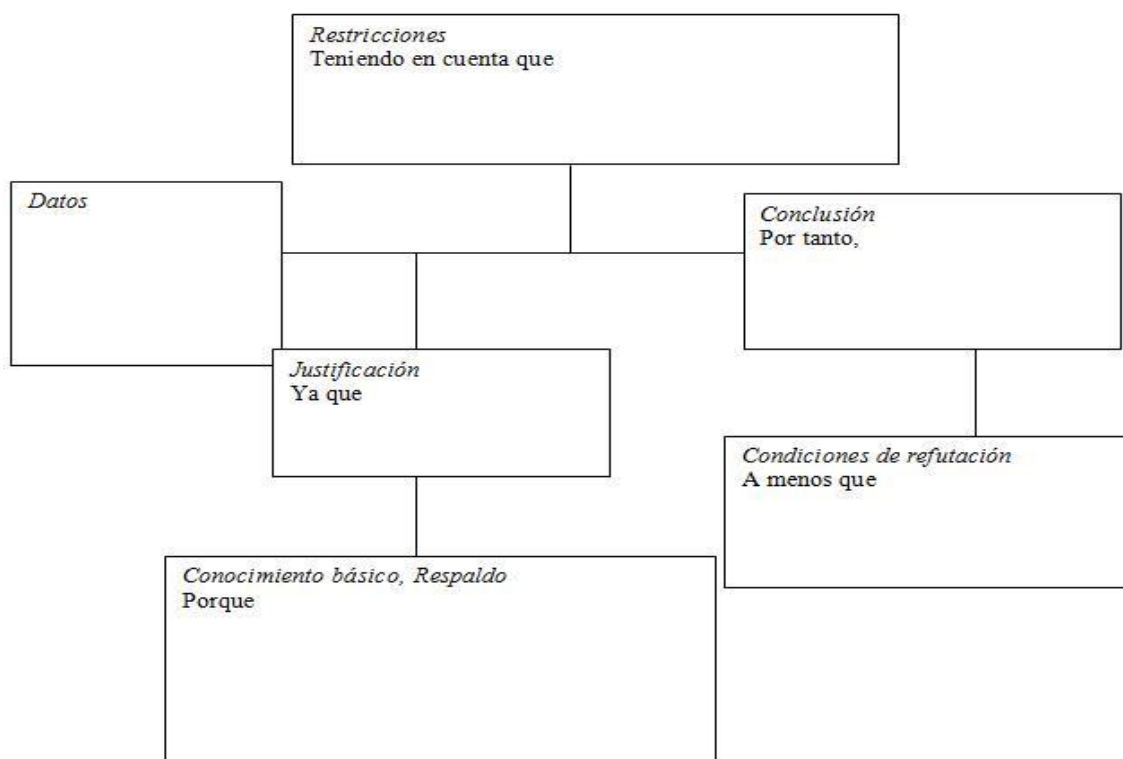
⁴ (Tomado y adaptado de www.leer.es . Cómo construir una argumentación científica. Emilio Pedrinaci)

- ¿Que debe tener un equipo para ser el mejor? (Justificaciones y respaldo)
- ¿El equipo que crees es el mejor, siempre lo ha sido? (Restricciones)
- ¿Qué se puede concluir según todo lo anterior? (Conclusiones)

Y ya que en las argumentaciones, el alumnado se suele saltar las restricciones y, en muchos casos, los datos en los que se basa. Cuando se argumenta correctamente se dan cuenta de que cambiando una de estas dos condiciones cambia nuestra conclusión. Se les plantea:

- ¿Qué hace que el otro equipo pueda ser el mejor? (Refutaciones)

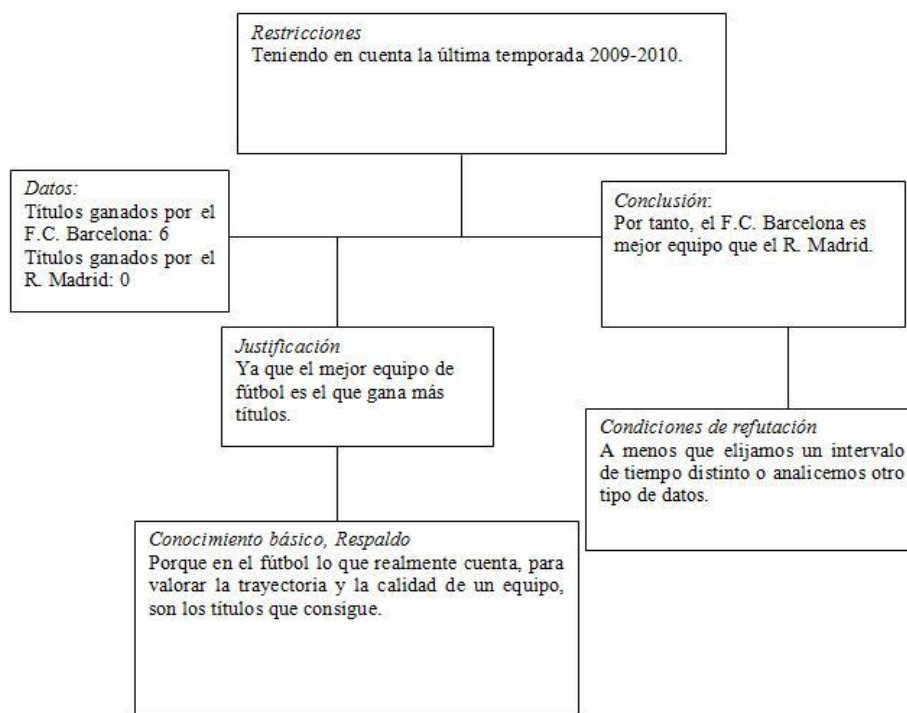
Ahora se les propone que todas las respuestas se incorporen en el siguiente esquema, (Según las partes argumentativas de Toulmin):



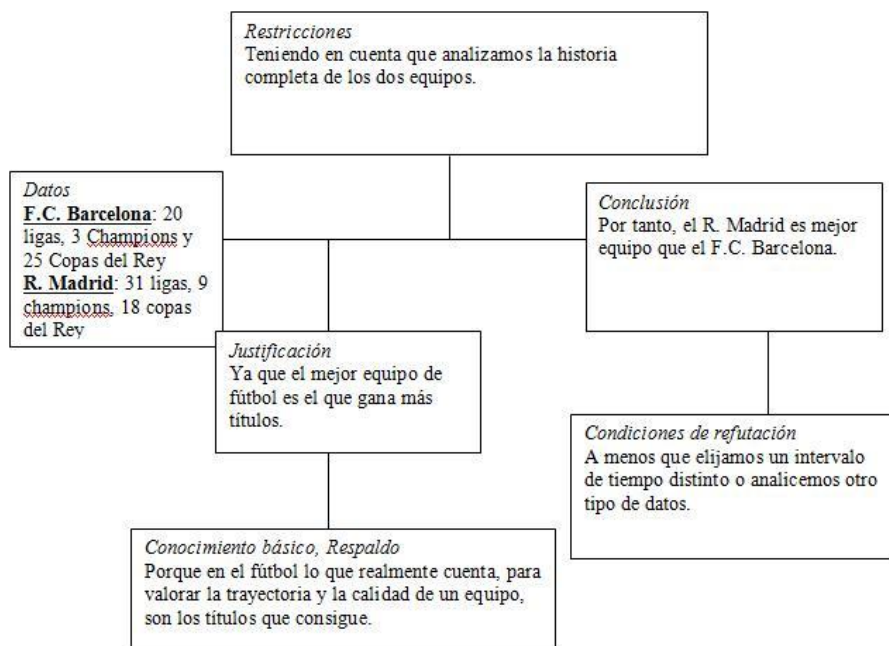
Se toma y sigue como base para una argumentación correcta a la pregunta de *qué equipo es mejor*, usando el argumento de Toulmin, el siguiente derrotero:

- Restricciones: Como *restricción* podemos seleccionar el intervalo de tiempo que estamos considerando: última temporada, última semana, siglo XXI, siglo XX...
- Datos o pruebas: Podemos considerar distintos *datos*: títulos ganados o cantidad de goles serían los datos más objetivos y fáciles de analizar.
- Respaldo: Como *respaldo* o *conocimiento básico* podemos aceptar como una “ley” del fútbol que el mejor equipo es aquél que más títulos gana (siempre discutible, claro).
- Conclusión: Con todo esto llegamos a una *conclusión*: F.C.Barcelona o R.Madrid.
- Refutaciones: Y por último planteamos las refutaciones: *Todo esto es cierto a menos que...*

El ejercicio se debe ejecutar en de forma esquemática, así:



Ahora se cambian las restricciones:



ANEXO 3

Textos sobre los modelos atómicos

Se usaran los contenidos de los textos de Santillana grado 7 y 10

ANEXO A**Actividad IP1. Átomo como unidad****Tabla.** Registro de las respuestas dadas por los alumnos

Alumno:			Grado:	
Actividad	Reconoce los datos	Formula conclusiones	Formula refutaciones	Observaciones (Ejemplo)
IP1 - a				
IP1 - b				

Para el análisis de las respuestas de los estudiantes se tendrá como referencia los niveles explicativos de los estudiantes sobre la naturaleza corpuscular de la materia presentados por Benarroch (2000), así:

Nivel 1: imagen de la materia continua y estática. Los estudiantes no son capaces de traspasar la barrera de los que pueden observar, y no entienden la necesidad de explicar los cambios de la materia.

Nivel 2: conformado por un modelo de materia que sigue siendo continua, pero incorpora algunos elementos que se pueden percibir y que se aplica indistintamente para explicar los cambios que se observan.

Nivel 3: primer nivel con concepciones corpusculares, en el que se admite la existencia de partículas - a las que se asignan propiedades macroscópicas - y espacios entre partículas que pueden estar vacíos o llenos de algo, que se evitan o se ignoran en las explicaciones.

Nivel 4: además de la existencia de partículas, se considera el vacío necesario entre ellas. los estudiantes pueden tener incorporado el subesquema de movimiento e interacción, pero no está coordinado con el modelo de partículas.

Nivel 5: coincide con el model académico de la enseñanza de la naturaleza corpuscular. en este último nivel se coordinan los subesquemas de movimiento e interacción con los de partículas y vacío, en un único modelo causal explicativo de los procesos físicos de la materia.

ANEXO B**Actividad IP2. Estructura de la materia****Tabla I.** Registro de las respuestas dadas por los alumnos

PREGUNTAS	No. de Estudiantes	Respuestas
1. ¿Cómo se construyen internamente los objetos inanimados?		Átomo Molécula Partículas subatómicas (quarks) Tornillo, madera, minerales No contesta
2. ¿Cómo se construyen internamente los seres vivos?		Átomo Célula Molécula Carne, semilla, raíz, diente No contesta
3. Diagrama de inclusiones para la gota de agua		Esquema correcto incluyendo o no los quarks Ubica la molécula dentro de la gota de agua Ubica el átomo dentro de la molécula Ubica correctamente núcleo, e , p y n Ubica separados núcleo, e , p y n Ubica separados núcleo y e dentro del átomo Ubica mal los quarks Omite los quarks No contesta
4. Diagrama de inclusiones para el perro ?		Esquema correcto incluyendo o no los quarks Secuencia correcta perro-corazón-célula Ubica la molécula dentro de la célula Ubica al átomo dentro de la molécula Ubica correctamente núcleo, e , p y n Ubica mal los quarks Omite los quarks No contesta
5. Dibujo del átomo		Modelo de Bohr (órbitas en un plano) Modelo de Bohr (órbitas en el espacio) Modelo de Bohr algo incompleto No contesta
6. ¿Qué partes del átomo están quietas y cuáles en movimiento?		<i>Quietas</i> Núcleo

		Neutrones Protones Órbitas No contesta <i>En movimiento</i> Todas Electrones Protones Neutrones Órbitas No contesta
7. ¿Hay diferencias entre el átomo de oxígeno y el de hierro?		Distintos Iguales No sé No contesta
8. ¿Cuántos átomos hay aproximadamente en un grano de arena?		Algunos millones Algunos trillones Docenas Infinitudes, muchísimos No sé No contesta
9. ¿Qué relación existe entre las masas de los elementos del átomo		<i>Sobre la relación entre el protón y el electrón</i> Semilla de naranja + chiquita o despreciable Manzana + naranja Sandía No sé No contesta <i>Sobre la relación entre el protón y el neutrón</i> Manzana + naranja Semilla de naranja Sandía No sé No contesta
10. ¿Por qué se mantienen los electrones girando alrededor del núcleo?		Fuerza de atracción entre cargas eléctricas Fuerza de atracción (explicación incompleta) Relaciona con la energía Repulsión, repulsión y atracción, gravedad No sé

		No contesta
11. ¿Se pueden separar los electrones de un átomo?		Sí No No sé No contesta
12. ¿Se puede partir el núcleo de un átomo en dos núcleos más pequeños?		Sí No No sé No contesta
13. ¿Se pueden unir dos núcleos para formar un núcleo más grande?		Sí No No sé No contesta
14. ¿Cuál es el origen de la información que le permitió responder las preguntas anteriores?		En la escuela Revistas Diarios Televisión Charlas con amigos y familiares No contesta

ANEXO C**Actividad IP3: Analogía vs Modelo****Tabla.** Registro de las respuestas dadas por los alumnos

Alumno:			Grado:
Actividad	Representación Correcta	Correlación entre gráfico y preguntas	Observaciones (Ejemplo)
IP3- a			
IP3 - b			

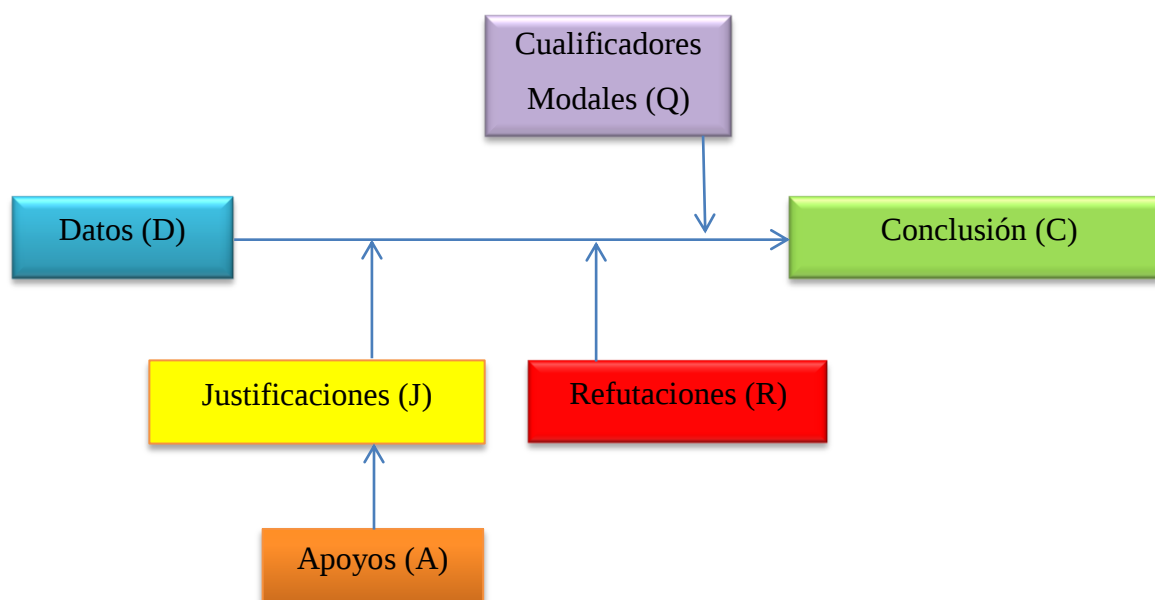
Anexo C Codificaciones

Codificación de Estudiantes Objeto de Análisis

Código	Carpeta Estudiante	Observaciones (sexo, edad, desempeño académico)
E1	Est 2-Sofia	Femenino, 12, Bajo
E2	Est 9-Camila	Femenino, 13, Bajo
E3	Est 14-Valentina	Femenino, 14, Básico
E4	Est 27-Alexander	Masculino, 14, Básico
E5	Est 42-Miguel	Masculino, 14, Básico
E6	Est 49- Mateo	Masculino, 12, Superior
E7	Est 28 - Andrés	Masculino, 12, Superior

Codificación de Elementos de un Argumento (Toulmin)

Código	Elemento	Observaciones (color de resalto en textos)
D	Dato	Azul
C	Conclusión	Verde
J	Justificación	Amarillo
A	Apoyos	Naranja
Q	Cualificadores Modales	Purpura
R	Refutaciones	Rojo

Grafico 1. *El modelo argumentativo de Toulmin*

Codificación de los Niveles Argumentativos (Toulmin)

Código	Nivel	Descripción	Según Toulmin	Características de los estudiantes
N0	0	No científico	---	Los estudiantes solo responden, a una situación problemática con un: si, no, porque si, porque no, o solo seleccionan una respuesta de una serie presentada.
N1	1	Conclusión “Científica”	Conclusión (C)	Los estudiantes piensan que se puede concluir científicamente sin datos
N2	2	Relación entre conclusión y datos	Conclusión + Datos (CD)	Los estudiantes reconocen que es necesario una serie de datos adecuados para formular una conclusión
N3	3	Relación razonada entre conclusión y datos	Conclusión + Datos Justificación + Apoyos (CDJA)	Los estudiantes pueden usar teorías, conocimientos adquiridos para relacionar datos y conclusiones
N4	4	Relación modificada y razonada entre conclusión y datos	Conclusión + Datos Justificación/Apoyos +Cualificador modal (CDJ AQ)	Los estudiantes reconocen la incertidumbre de la conclusión dada la fuerza de las justificaciones.
N5	5	Relación condicionada, modificada y razonada entre conclusión y datos	Conclusión + Datos Justificación/Apoyos +Cualificador modal + Refutación (CDJAQR)	Los estudiantes reconocen que la conclusión no puede ser mantenida, analizando las limitaciones relacionadas con los datos, la teoría/el modelo del fenómeno en cuestión.

Codificación de los Niveles de Calidad de los Argumentos (Construcción del autor)

Código	Nivel de Calidad de los Argumentos	Descriptores del Nivel de Calidad
nC1	Nivel de Calidad 1	- No hay justificaciones o las justificaciones y conclusiones NO están relacionadas; o las justificaciones NO son ciertas, por cual la conclusión NO es cierta. - Las justificaciones NO aportan para que las afirmaciones sean verdaderas o que tengan una alta probabilidad de ser ciertas. - El argumento, como un todo, NO se ajusta y ni se adecua a las circunstancias en las que se pretende dar explicaciones o es aplicable.
nC2	Nivel de Calidad 2	- Las justificaciones y conclusiones están relacionadas de tal manera que si las justificaciones son ciertas, la conclusión tiene un buen grado de certeza. - Las justificaciones aportan para que las afirmaciones sean verdaderas o que tengan alguna probabilidad de ser ciertas, pero NO se refieren a modelo teórico/explicativo o concepto aprendido, es decir hace uso de lenguaje cotidiano o creencias. - El argumento, como un todo, No se ajusta o adecua completamente a las circunstancias en las que se pretende dar explicaciones o es aplicable. Pero se evidencia el intento por dar una explicación.
nC3	Nivel de Calidad 3	- Las justificaciones y conclusiones están relacionadas de tal manera que si las justificaciones son ciertas, la conclusión tiene un alto grado de certeza. - Las justificaciones que hacen que las afirmaciones sean verdaderas o que tengan una alta probabilidad de ser ciertas, se refieren a modelo teórico/explicativo o concepto aprendido, haciendo uso correcto del lenguaje científico escolar. - El argumento, como un todo, se ajusta y adecua a las circunstancias en las que se pretende dar explicaciones o es aplicable

Codificación de las Preguntas Pre-test y Post-test (1)

Código	Actividad (No. y Descripción)	Pregunta No.	Pregunta	Observaciones
a1p1	1 Selección múltiple con Justificación	1	La principal razón de que los científicos repitan las mediciones durante la realización de un experimento, es porque ellos pueden: a. Revisar si los instrumentos están funcionando b. Hacer una tabla con los resultados c. Calcular el error del experimento d. Cambiar las condiciones del experimento La respuesta correcta es _____, porque:	
a1p2	1 Selección múltiple con Justificación	2	Los insecticidas son usados para controlar las poblaciones de insectos, y así ellos no pueden dañar los cultivos. Después de un tiempo los insecticidas son menos efectivos para matar los insectos y nuevos insecticidas se tienen que desarrollar.Cuál es la principal razón más probable para que los insecticidas se vuelvan menos efectivos a través del tiempo: a. Los insectos sobrevivientes han aprendido a usar los insecticidas como fuente de alimento. b. Los insectos sobrevivientes pasan su resistencia a los insecticidas a sus descendientes. c. Los insecticidas se acumulan en el suelo d. Los insecticidas son concentrados en el parte más baja de la cadena alimenticia. La respuesta correcta es _____, porque:	
a1p3	1 Selección múltiple con Justificación	3	Dos frascos sin tapa, se llenan respectivamente con vinagre y aceite de oliva y se dejan en el borde de una ventana, expuestos a la luz solar. Varios días después se observa que las botellas están mermadas. Que puedes concluir de esta observación: a. El vinagre se evapora más rápido que el aceite de oliva. b. El aceite de oliva se evapora más rápido que el vinagre. c. Tanto el vinagre como el aceite de oliva se evaporan. d. La luz solar directa es necesaria para la evaporación. La respuesta correcta es _____, porque:	

Codificación de las Preguntas Pre-test y Post-test (2)

Código	Actividad (No. y Descripción)	Pregunta No.	Pregunta	Observaciones
a2p1	2 Vida en otro planeta	1	¿Puede existir vida similar a la de la Tierra en Proto? Sí _____ No _____ Justifica.	A los estudiantes se les proporciona información, en una tabla, de sobre dos planetas (Tierra y Proto)
a2p2	2 Vida en otro planeta	2	Escriba una razón importante por la que sería difícil para los seres humanos vivir en Proto, si este planeta existiera. Explica tu respuesta.	
a2p3	2 Vida en otro planeta	3	¿Qué tan seguro es usted de su respuesta sobre la vida en Proto? 6. _____ Nada Seguro 7. _____ 8. _____ 9. _____ 10. _____ Muy seguro Explica lo que influyó en su incertidumbre en el tema anterior.	

Codificación de las Preguntas Pre-test y Post-test (3)

Código	Actividad (No. y Descripción)	Pregunta No.	Pregunta	Observaciones
a3p1	3 Combustión	1	¿Un tronco grande de madera se quemará más lentamente que el mismo tronco cortado en trozos pequeños? Sí _____ No _____ Explicar por qué?	A los estudiantes se le proporciona un párrafo sobre combustión.

a3p2	3 Combustión	2	¿Qué tan seguro es usted de su respuesta sobre la vida en Proto? 1. ____ Nada Seguro 2. ____ 3. ____ 4. ____ 5. ____ Muy seguro Explica lo que influyó en su incertidumbre en el tema anterior.	
------	-----------------	---	--	--

Codificación de las preguntas para Ideas Previas o Modelos Explicativos (1)

Código	Pregunta No.	Pregunta	Categorías
M1	1	¿Una piedra o un pan, el agua de un vaso, el aire y cualquier pedazo de materia pueden partirse o dividirse en partes menores? Si ____ ¿Cómo? No ____ ¿Por qué?	
M2	2	Si se repite la partición sucesivas veces, de un pedazo de papel ¿se alcanza un límite, una porción de materia que ya no puede dividirse? Si ____ No ____ Justifica tu respuesta:	
M3	3	¿Cómo se construyen internamente los objetos inanimados?	
M4	4	¿Cómo se construyen internamente los seres vivos?	
M5	5	Diagrama de inclusiones para la gota de agua	
M6	6	Diagrama de inclusiones para el perro	
M7	7	Dibujo del átomo	
M8	8	¿Qué partes del átomo están quietas y cuáles en movimiento?	
M9	9	¿Hay diferencias entre el átomo de oxígeno y el de hierro?	

Codificación de las preguntas para Ideas Previas o Modelos Explicativos (2)

Código	Pregunta No.	Pregunta	Categorías
M10	10	¿Cuántos átomos hay aproximadamente en un grano de arena?	
M11	11	¿Qué relación existe entre las masas de los elementos de átomo?	
M12	12	¿Por qué se mantienen los electrones girando alrededor del núcleo?	
M13	13	¿Se pueden separar los electrones de un átomo? Explica por qué elegiste esa respuesta	
M14	14	¿Se puede partir el núcleo de un átomo en dos núcleos más pequeños? Explica por qué elegiste esa respuesta	
M15	15	¿Se pueden unir dos núcleos para formar un núcleo más grande? Explica por qué elegiste esa respuesta.	
M16	16	¿Cuál es el origen de la información que le permitió responder las preguntas anteriores?	
M17	17	Representación Gráfica del Modelo de Thompson (A partir de un texto)	
M18	18	Según tu gráfico: a. La sandía es equivalente o representa a? b. Las semillas representan? c. La “esfera uniforme” del modelo, en tu gráfico es? d. Como se representa que la materia es eléctricamente neutra	