DISEÑO Y APLICACIÓN DE UNA SECUENCIA DIDÁCTICA EN TORNO A PRÁCTICAS EXPERIMENTALES DESDE FÍSICA Y QUÍMICA PARA EL DESARROLLO DE LA ARGUMENTACIÓN BASADA EN PRUEBAS

DANNIA ELIZA ROJAS JIMÉNEZ

MIGUEL ALFONSO VALDIVIESO COLMENARES

UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS
FACULTAD DE CIENCIAS Y EDUCACIÓN
MAESTRÍA EN EDUCACIÓN
ÉNFASIS EN CIENCIAS DE LA NATURALEZA Y LA TECNOLOGÍA
BOGOTÁ D.C.
2017

DISEÑO Y APLICACIÓN DE UNA SECUENCIA DIDÁCTICA EN TORNO A PRÁCTICAS EXPERIMENTALES DESDE FÍSICA Y QUÍMICA PARA EL DESARROLLO DE LA ARGUMENTACIÓN BASADA EN PRUEBAS

DANNIA ELIZA ROJAS JIMÉNEZ

MIGUEL ALFONSO VALDIVIESO COLMENARES

Directora
Dra. OLGA LUCIA CASTIBLANCO ABRIL

Trabajo de grado presentado para optar por el título en Magíster en Educación con énfasis en Ciencia y Tecnología

UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS
FACULTAD DE CIENCIAS Y EDUCACIÓN
MAESTRÍA EN EDUCACIÓN
ÉNFASIS EN CIENCIAS DE LA NATURALEZA Y LA TECNOLOGÍA
BOGOTÁ D.C.
2017

Dedicatoria:

A Dios que siempre guía mi camino, a mi familia: mi madre que siempre ha estado dándome sabiduría y amor en los momentos más difíciles, a mis hermanos que han impulsado con sus palabras mi andar, a Anderson por su constante apoyo en todos los ámbitos de mi vida, a mi hijo Rafael por ser mi compañía y aliciente en todo este proceso, a mis compañeros y maestros de la Maestría en Educación que día tras día me enseñaron a través del ejemplo, a nuestra directora Olga Castiblanco y al grupo GEAF por todos sus aportes y diálogos académicos que retroalimentaron y construyeron el camino en nuestra investigación.

Dannia

Agradezco a Dios, quien con su mano guía los pasos a dar en esta vida. A mi familia, que son el soporte, apoyo y sustento cuando más se necesitan. A mis compañeros de trabajo, por su incondicional amistad y a la Maestría en Educación por su tan importante formación. A nuestra tutora Olga Castiblanco y al grupo de Enseñanza y aprendizaje de la física por su paciencia y orientación de la investigación.

Miguel

UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

FACULTAD DE CIENCIAS Y EDUCACIÓN

MAESTRÍA EN EDUCACIÓN

RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN

RAE No.

ASPECTOS FORMALES

TIPO DE DOCUMENTO	Trabajo de Grado
TIPO DE IMPRESIÓN	Imprenta
ACCESO AL DOCUMENTO	Universidad Distrital Francisco José de Caldas Centro de Documentación. Sede Posgrados Número Topográfico
TÍTULO	Diseño y aplicación de una secuencia didáctica en torno a prácticas experimentales desde física y química para el desarrollo de la argumentación basada en pruebas
AUTOR	Dannia Eliza Rojas Jiménez Miguel Alfonso Valdivieso Colmenares
DIRECTOR	Dra. Olga Lucía Castiblanco Abril

ASPECTOS DE INVESTIGACIÓN

PALABRAS CLAVES	Argumentación basada en pruebas, prácticas experimentales, esquema argumentativo de Toulmin, tipologías de experimentos didácticos, investigación-acción, química, física.
DESCRIPCIÓN	En el marco de la educación en ciencias se plantean diferentes competencias científicas. En estas competencias, una de las habilidades a desarrollar es la argumentación basada en pruebas, donde se busca la conexión y contrastación entre datos o evidencias y su relación con los enunciados teóricos. Una forma de incidir positivamente en el desarrollo de esta competencia es por medio de formas alternativas de las experiencias prácticas o laboratorios en aula de clase. La presente investigación busca responder a la necesidad de incidir en el

	desarrollo de la argumentación en ciencias básicas basándose en el esquema argumentativo de Stephen Toulmin involucrando diversos tipos de experimentos a partir de la metodología de investigación-acción en dos contextos diferentes y particulares desde las asignaturas de física y química.
DESCRIPTION	Within the framework of science education, different scientific competences are posed. One of the skills to be developed in these competences is the argument based on evidence, where the connection and contrast between data or evidence and its relation to theoretical statements is sought. One way to positively influence the development of this competence is through alternative ways of practical experiences or classroom labs. The present research seeks to respond to the need to influence the development of argumentation based on the argumentative scheme of Toulmin and involving various types of experiments from the methodology of action research in two different contexts and from physics and chemistry.
DESCRIÇÃO	No âmbito da educação científica, são colocadas diferentes competências científicas. Uma das competências a desenvolver nestas competências é o argumento baseado na evidência, onde se procura a ligação eo contraste entre dados ou evidências e a sua relação com as afirmações teóricas. Uma maneira de influenciar positivamente o desenvolvimento desta competência é através de formas alternativas de experiências práticas ou laboratórios de sala de aula. A presente pesquisa procura responder à necessidade de influenciar o desenvolvimento da argumentação baseada no esquema argumentativo de Toulmin e envolvendo vários tipos de experimentos a partir da metodologia de pesquisa-ação em dois contextos diferentes e da física e da química.
FUENTES PRINCIPALES	Bardin, L. (1996). *El análisis de contenido* (2 ed.). Madrid: Akal. Castiblanco, O. L., & Nardi, R. (2015). Analysis of Typologies of Experiments for Teaching Didactics of Physics: a case study. *International Conference on Physics Education ICPE 2015.* Beijing. Erduran, S., Simon, S., & Osborne, J. (2004). TAPping into Argumentation: Developments in the aplication of Toulmin's Argument Pattern for Studing Science Discourse. *Science Education, 8* (6), 915-933. Jimenez-Aleixandre, M. P., & Diaz de Bustamante, J. (2003). Discurso de aula y argumentación en la clase de ciencias: cuestiones teóricas y metodológicas. *Enseñanza de las Ciencias*, 359-370. Jiménez-Alexaindre, M. d., Gallastegui, J. R., Eirexas , F., & Puig, B. (2009). *Actividades para trabajar pruebas y la argumentación en ciencias.* Danuu: Universidad Santiago de Compostela. Latorre, A. (2005). *La investigación-acción. Conocer y cambiar la práctica educativa.* (3a. ed.). Barcelona: Grao. Reigosa Castro, C. (2006). Una experiencia de investigación acción acerca de la redacción de informes de laboratorio por alumnos de física y química de primero de bachillerato. *Enseñanza de las ciencias, 24*(3), 325-336. Rodríguez Bello, L. I. (21 de Enero de 2004). El modelo argumentativo de Toulmin en la escritura de artículos de investigación educativa. *Revista Digital Universitaria, 5*(1), 2-18.

	Sanmartí, N., Márquez, C., & García Rovira, P. (2002). Los trabajos prácticos, punto de partida para. *Aula de Innovación educativa*(113). Strauss, A., & Corbin, J. (2002). *Bases de la Investigación Cualitativa. Técnicas y procedimientos para desarrollar la teoría fundamentada.* Medellín: Editorial Universidad de Antioquía. Toulmin, S. (2003). *Los usos de la argumentación.* Barcelona: Ediciones Península.
CONTENIDOS	Capítulo 1. Referente Teórico En este capítulo presentamos los respectivos elementos que sustentan esta tesis de maestría, divididos en: el rol de la competencia argumentativa en ciencias básicas, las experiencias prácticas que tenemos en ciencias naturales y el por qué se trasciende el laboratorio de tipo "receta de cocina". El capítulo finaliza con las posturas teóricas que permiten definir la argumentación basada en pruebas y el modelo argumentativo de Toulmin, además, se trabaja el enfoque abordado sobre la tipología de los experimentos didácticos y su relación con la argumentación. Capítulo 2. Presentación del Problema Se exponen los antecedentes de la investigación, los cuales tienen diferentes puntos de análisis, entre ellos la interdisciplinariedad relacionada con las prácticas experimentales y la argumentación en ciencias desde la perspectiva del Modelo Argumentativo de Toulmin. Con esto se presenta el problema de investigación y la delimitación del objetivo general y los objetivos específicos. Capítulo 3. Diseño Metodológico e Instrumentos Se indica la población de estudio, el tipo de investigación, la descripción de la secuencia didáctica diseñada de forma interdisciplinar y la descripción de las categorías de análisis a abordar. Capítulo 4. Sistematización y Análisis de la Información En este capítulo mostramos cómo ser realizó la sistematización y análisis de la información obtenida en la aplicación de la secuencia didáctica con los dos grupos de estudiantes seleccionados para estudio. En cada ciclo de trabajo indicamos las observaciones y aprendizajes que se obtuvieron en la investigación. Capítulo 5. Conclusiones Presenta las conclusiones generales de la investigación.
METODOLOGÍA	Enfoque de la investigación: Cualitativo. Metodología de intervención: Investigación- Acción (I-A). Para nuestro caso esta I-A involucra nuestra reflexión alrededor de la forma en la cual los estudiantes al interactuar en la práctica experimental pueden mejorar su proceso de argumentación. Así, los ciclos de la I-A buscan incidir en esta habilidad y, de acuerdo a ella, se modificaron las acciones desarrolladas en torno a la orientación de las actividades del trabajo en aula planteadas. Población: el contexto en el que se enmarca la investigación proviene de dos colegios: el primero es de carácter privado, y el segundo es de carácter oficial,

	ambos localizados en la ciudad de Bogotá. Debido a que la investigación se llevó a cabo en colegios diferentes, la población resultante objeto del estudio fue de 64 estudiantes de grado décimo, divididos a su vez en dos grupos de 33 en la asignatura de química, y de 31 en la asignatura de física, ambos pertenecientes a un curso de cada colegio. Los estudiantes de los grados escogidos se encuentran entre los 14 y 16 años de edad.
CONCLUSIONES	• El experimento casero favorece el proceso argumentativo desde la asignatura de física, lo mismo el experimento mental en la asignatura de química, debido a que, por su naturaleza, el experimento casero aporta manejo sobre la construcción del montaje y las variables involucradas. El experimento mental permite la extrapolación de consecuencias de teorías conocidas. • Con el planteamiento de la estrategia didáctica y el desarrollo de los diferentes tipos de experimentos, los estudiantes adquirieron facilidad para identificar datos, darle uso a los mismos y darle garantía a las diferentes tesis que surgían en la interacción con sus pares. • Es posible diseñar y adaptar prácticas experimentales que potencializan el desarrollo de la competencia argumentativa y que favorecen en gran medida que el estudiante relacione su cotidianidad con el conocimiento científico obteniendo así material de apoyo para la práctica docente en torno al desarrollo de un trabajo de aula colaborativo. • Se culmina un trabajo interdisciplinar entre docentes siempre y cuando los mismos realicen un trabajo abierto, proactivo que incluya el diálogo a partir del conocimiento desde la práctica educativa particular y que beneficia a los estudiantes porque no se fragmenta el saber y se logran integrar teorías sin encasillarlas en una disciplina puntual.

RESUMEN

En el marco de la educación en ciencias, se plantean diferentes competencias científicas de acuerdo con la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos y al Instituto Colombiano para el Fomento de la Educación Superior. Una de las habilidades a desarrollar en estas competencias es la de argumentación basada en pruebas, donde se busca la conexión y contrastación entre datos o evidencias, las conclusiones o tesis que se desarrollan y su relación con los enunciados teóricos. Entre las maneras de incidir positivamente en el desarrollo de esta competencia se encuentra el desarrollo alternativo de las experiencias prácticas o laboratorios en el aula de clase.

Para la presente investigación, dicha incidencia se dio a través de una intervención que involucra la investigación – acción como una reflexión del quehacer docente alrededor de la forma en la cual los estudiantes al interactuar en la práctica experimental pueden mejorar su proceso de argumentación. Para ello se desarrolló, aplicó y analizó una secuencia didáctica teniendo como núcleo actividades experimentales en aula.

Los tipos de experimentos utilizados en las actividades aplicadas son de tipo: casero, mental, ilustrativo, demostrativo y discrepantes alrededor del tema de leyes de gases ideales y los conceptos de presión, difusión, temperatura y volumen que se estudia en común en las asignaturas de física y química.

Se emplea el modelo argumentativo de Toulmin para desarrollar las categorías de análisis: Aserción con Datos, Garantía, Cualificador Modal, Refutación, para revisar los efectos de la secuencia didáctica interdisciplinar en el desarrollo de la habilidad argumentativa basada en pruebas.

Palabras clave: Argumentación basada en pruebas, prácticas experimentales, esquema argumentativo de Toulmin, enseñanza de la física, enseñanza de la química.

ABSTRACT

In the context of science education, different scientific competences are presented in agreement with the Organization for Economic Cooperation and Development and the Colombian Institute for the Promotion of Higher Education. One of the skills to be developed in these competences is evidence-based argumentation, which seeks to connect and contrast evidence or data, the conclusions or theses that are developed and their relation to theoretical statements. Among the ways to positively influence the development of this competence is the alternative development of practical experiences or laboratories in the classroom.

For the present investigation, this incidence was given through an intervention that involves action- research as a reflection of the teacher's work around the way in which when students interact in the experimental practice can improve their process of argumentation. To this end, a didactic sequence was developed, applied and analyzed having as core experimental activities in the classroom.

The types of experiments used in the applied activities are: home, mental, illustrative, demonstrative and discrepant around the common theme in physics and chemistry, ideal gas laws and the concepts of pressure, diffusion, temperature and volume.

The argumentative model of Toulmin is used to develop the categories of analysis: Assertion with Data, Assurance, Modal Qualifier and Refutation, in order to review the effects of the interdisciplinary didactic sequence in the development of argumentative ability based on evidence.

Key words

Evidence based argumentation, practical experiences, Toulmin Argumentative scheme, teaching of physics, teaching of chemistry.

RESUMO

No contexto da educação científica, são apresentadas diferentes competências científicas de acordo com a Organização de Cooperação e Desenvolvimento Econômico e o Instituto Colombiano para a Promoção do Ensino Superior. Uma das competências a desenvolver nestas competências é a argumentação baseada em evidências, que procura ligar e contrastar evidências ou dados, as conclusões ou teses que se desenvolvem ea sua relação com as afirmações teóricas. Entre as formas de influenciar positivamente o desenvolvimento desta competência está o desenvolvimento alternativo de experiências práticas ou laboratórios em sala de aula.

Para a presente investigação, essa incidência foi dada por meio de uma intervenção que envolve a pesquisa-ação como reflexo do trabalho do professor em torno do modo como os alunos ao interagir na prática experimental podem melhorar seu processo de argumentação. Para tanto, desenvolveu-se, aplicou-se e analisou-se uma seqüência didática tendo como núcleo atividades experimentais em sala de aula.

Os tipos de experimentos utilizados nas atividades aplicadas são: caseiro, pensamento, para comprovar a teoria, demonstrativo e discrepante em torno do tema comum em física e química, leis de gás ideal e os conceitos de pressão, difusão, temperatura e volume.

O modelo argumentativo de Toulmin é utilizado para desenvolver as categorias de análise: Asserção com Dados, Garantia, Qualificador Modal, Refutação, para rever os efeitos da seqüência didática interdisciplinar no desenvolvimento da capacidade argumentativa baseada em evidências.

Palavras-chave

argumento baseado em evidencias, experiências práticas, modelo de argumentação do Toulmin, ensino de física, ensino de química

Tabla de contenido

RESUMEN 5

ABSTRACT 6

RESUMO 7

INTRODUCCIÓN 12

1 REFERENTE TEÓRICO 14

1.1 Competencia Argumentativa en la Educación en Ciencias 14

1.2 Experiencias Prácticas en Educación en Ciencias 17

1.3 Argumentación Basada en Pruebas y el Modelo Argumentativo de Toulmin 20

1.4 Experimentación y su Potencialidad en la Argumentación 22

1.4.1 Tipología de Experimentos Didácticos 23

1.5 Interdisciplinariedad 24

2 PRESENTACIÓN DEL PROBLEMA 26

2.1 Antecedentes 26

2.1.1 Argumentación en el Aula de Ciencias 26

2.1.2 Interdisciplinariedad en la Enseñanza de las Ciencias 28

2.2 Delimitación del Problema de Investigación 30

2.3 Objetivo General y Objetivos Específicos 34

2.4 Hipótesis 34

3 DISEÑO METODOLÓGICO E INSTRUMENTOS 35

3.1 Población Objeto De Estudio 35

3.2 Diseño Metodológico 35

3.2.1 Investigación – Acción 35

3.2.2 Secuencias Didácticas 36

3.3 Análisis de Información 37

3.3.1 Secuencia Didáctica 40

3.4 Componentes y Categorías de Análisis 44

4 SISTEMATIZACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS 46

4.1 Resultados Ciclo I 46

4.2 Resultados Ciclo II 48

4.3 Resultados Ciclo III 60

4.4 Resultados Ciclo IV 70

4.5 Análisis Comparativo de Resultados 77

5 CONCLUSIONES 79
BIBLIOGRAFÍA 82
ANEXOS 87
ANEXO 1. PRE- TEST Y POS-TEST 87
ANEXO 2. RESULTADOS PRE- TEST Y POST- TEST EN QUÍMICA Y FÍSICA 91
ANEXO 3. RESULTADOS PRE- TEST Y POST-TEST ACTIVIDAD 4. 95
ANEXO 4. CICLOS Y SECUENCIA DIDÁCTICA 101

Índice de Figuras

Figura 1. Descripción del esquema argumentativo de Toulmin. Basada en (Sardà & Sanmartí, 2000). 22
Figura 2. Descripción de fases de la investigación. 39
Figura 3. Porcentaje de ocurrencia por categorías, experimento casero, con convenciones. 49
Figura 4. Aserción con Datos. G1E2Q. Segundo experimento. 55
Figura 5. Exposición de G3E2F sobre evidencias de envenenamiento. 55
Figura 6. G6E2F. Extracto sobre evidencias de envenenamiento. 55
Figura 7. Aserción con Garantía. G1E2Q. Segundo experimento. 56
Figura 8. G3E2F. Extracto sobre evidencias de envenenamiento. 56
Figura 9. Aserción con Cualificador Modal. G5E2Q. Segundo experimento. 56
Figura 10. Aserción con Datos. G1E2Q. Segundo experimento. 57
Figura 11 Aserción con Refutación. G5E2Q. Segundo experimento. 57
Figura 12. Porcentaje de ocurrencia por categorías, experimento mental. 59
Figura 13. Porcentaje de ocurrencia por categorías. Experimento ilustrativo. 60
Figura 14.Aserción con Datos. G1E3Q. Tercer experimento 62
Figura 15.Aserción con Datos. G4E3Q. Tercer experimento 62
Figura 16. G1E3F. Descripción de aserción con datos 62
Figura 17. G7E3F. Descripción de la observación y explicación del experimento descriptivo por parte del grupo 63
Figura 18. Aserción con Garantía. G6E3Q. Tercer experimento. 63
Figura 19. Porcentaje de ocurrencia por categorías. Experimento demostrativo. 65
Figura 20. Aserción con Datos. G5E4Q. Cuarto experimento. 67
Figura 21. G6E4F. Representación de los datos tomados del experimento 4. 67
Figura 22. Aserción con Garantía. G2E4Q. Cuarto experimento 68
Figura 23. G1E4F. Presentación de un ejemplo de la garantía. 68
Figura 24. Aserción con Cualificador Modal. G7E4Q. Cuarto experimento. 68
Figura 25. G3E4F. Ejemplo de cualificador modal experimento 4. 69
Figura 26. Aserción con Refutación. G1E4Q. Cuarto experimento. 69
Figura 27. G8E4F. Revisión de la refutación al considerar otras opciones. 69
Figura 28. Porcentaje de ocurrencia de experimento discrepante 70
Figura 29. Comparación resultados pre - test y post- test. 77

Índice de Tablas

Tabla 1. Descripción de Actividades Experimentales de la Secuencia Didáctica aplicadas en la investigación..... 43
Tabla 2. Resultados pre-test, prueba de química y física..... 46
Tabla 3. Extracto de la prueba 4, del pre- test. Comparación de enunciados de conocimiento y la identificación de evidencias y justificaciones. 47
Tabla 4. Análisis comparativo experimento casero. 53
Tabla 5. Análisis comparativo experimento mental..... 58
Tabla 6. Análisis experimento ilustrativo. 64
Tabla 7. Análisis de resultados experimento demostrativo..... 69
Tabla 8. Análisis experimento discrepante. 74
Tabla 9. Resultados del pos- test, en química y física. 76
Tabla 10. Fragmento prueba 4, post- test. Pruebas y justificaciones sobre resultados. 76
Tabla 11. Sistematización resultados pre- test química..... 92
Tabla 12. Sistematización resultados pre- test física. 93
Tabla 13. Resultados post- test química. 94
Tabla 14. Resultados post- test física. 94
Tabla 15. Resultados Prueba 4: Pruebas y justificaciones sobre enunciados - pre-test química... 96
Tabla 16. Resultados Prueba 4: Pruebas y justificaciones sobre enunciados - pre-test física. 97
Tabla 17. Resultados actividad 4: Pruebas y justificaciones sobre enunciados. Post-test química. 99
Tabla 18. Resultados actividad 4: Pruebas y justificaciones sobre enunciados. Post-test física. 100

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo incidir en el desarrollo de la argumentación tomando como base el esquema argumentativo de Toulmin, involucrando diversos tipos de experimentos a partir de la metodología de investigación-acción en dos contextos diferentes y particulares desde las clases de física y química.

Esta indagación tiene como fin resolver a la pregunta ¿cómo se puede desarrollar el proceso de argumentación empleando los diferentes tipos de prácticas experimentales en torno a las leyes de los gases vistas desde la perspectiva de química y física como ciencias de la naturaleza?

Las fuentes bibliográficas provienen de una delimitación realizada en torno a la educación en ciencias y el desarrollo de competencias en la misma, con el fin de buscar la contrastación y la conexión con las prácticas experimentales para promover habilidades en los estudiantes, y, en especial, el desarrollo de la habilidad argumentativa.

Este trabajo está organizado en los siguientes capítulos:

Capítulo I: se presenta el planteamiento de la investigación, los respectivos elementos que la sustentan, divididos en el rol de la competencia argumentativa, las experiencias prácticas que se tienen en ciencias naturales y por qué se trasciende más allá del laboratorio tipo “receta de cocina”. Finaliza con las posturas teóricas que se tomaron para definir la argumentación basada en pruebas y el modelo argumentativo de Toulmin (MAT), además del enfoque abordado sobre la tipología de los experimentos didácticos y la relación con la argumentación.

Capítulo II: se exponen los antecedentes de la investigación, los cuales tienen diferentes puntos de análisis, entre ellos la interdisciplinariedad relacionada a las

prácticas experimentales y la argumentación en ciencias desde la perspectiva del MAT. A través de lo mencionado anteriormente se presenta el problema de investigación y la delimitación del objetivo general y los objetivos específicos.

En el Capítulo III se indica la población de estudio, correspondiente a estudiantes de grado décimo de dos colegios diferentes en la ciudad de Bogotá, cuyas edades oscilan entre los 14 a 16 años de edad. El tipo de investigación escogida es Investigación – Acción, la cual involucra la reflexión de los docentes investigadores alrededor de la forma en la cual los estudiantes al interactuar en la práctica experimental pueden mejorar su proceso de argumentación. La descripción de la secuencia didáctica está diseñada de forma interdisciplinar, y, se presenta junto con la descripción de las categorías de análisis a abordar.

El Capítulo IV presenta la discusión e interpretación de resultados, se muestra cómo se elaboró la sistematización y el análisis de la información obtenida en la aplicación de la secuencia didáctica con los dos grupos de estudiantes. En cada ciclo de trabajo se indican las observaciones y aprendizajes que se obtuvieron en la investigación.

En el Capítulo V se presentan las conclusiones y recomendaciones de esta tesis. Al finalizar este estudio se encuentran los anexos que contienen los instrumentos y resultados que sustentan la investigación.

1 REFERENTE TEÓRICO

1.1 Competencia Argumentativa en la Educación en Ciencias

Lederman (1992) fue uno de los primeros en realizar un diseño curricular en el que introduce la argumentación como habilidad a desarrollar en el aula para mejorar la comprensión en los estudiantes sobre la naturaleza de la ciencia. Posteriormente, se fundamentaron, diseñaron y evaluaron otras propuestas curriculares fundamentadas en diversos contenidos científicos, al valorar los procesos de las ciencias (Crumb, 1965), al promover la investigación y el desarrollo de habilidades científicas (Hernández, 2004).

Para el desarrollo de la argumentación basada en pruebas, el primer hito a seguir es el trabajo de Stephen Toulmin (2003) quien, en la primera edición del libro en 1955, propuso el esquema de análisis de argumentos que posteriormente se ha extendido a su uso en las aulas de clase y específicamente en la enseñanza de las ciencias básicas.

Autores como Jiménez y Díaz (2003), definen la argumentación como "la capacidad de relacionar datos y conclusiones, de evaluar enunciados teóricos a la luz de los datos empíricos o procedentes de otras fuentes". Driver y Newton (2000), la delimitan como el proceso por el que se da una razón a favor o en contra de una afirmación o línea de acción a partir del debate de un problema o dilema, acorde con Ramos (2010). Según Cuenca (1995 citado en Campaner, 2005), la argumentación es un modelo de interacción comunicativa particular en la que docentes y estudiantes contrastan sus conocimientos y opiniones sobre un tema determinado.

Articulando esto con lo mencionado por la UNESCO en 1999, se hace evidente la necesidad de una formación integral para un ciudadano en diferentes campos del conocimiento. Entre ellos tenemos el de ciencias naturales, en donde más allá de recordar las teorías, enunciados de las leyes y cálculos matemáticos que

correspondan a algunos fenómenos, se plantea el desarrollo de las competencias científicas.

En la prueba PISA (OCDE, 2007) y (Jiménez-Alexaindre, Gallastegui, Eirexas, & Puig, 2009) se identifican tres competencias científicas:

1. Identificar asuntos o preguntas científicas, que puedan indagarse con una metodología propia de la ciencia.
2. Explicar o predecir fenómenos, al aplicar el conocimiento de la ciencia en situaciones específicas.
3. Usar las pruebas (o evidencia científica) para elaborar y comunicar conclusiones y para dar cuenta de las hipótesis, las pruebas y el razonamiento que las soportan.

Desde nuestra perspectiva docente analizamos que las anteriores características son difíciles de abordar en el aula, ya que se encuentran presentes también otras variables importantes a tener en cuenta como la necesidad de “dictar” y completar el tema, el énfasis en la exposición de conceptos y el desarrollo de ejercicios de aplicación numérica, las restricciones de acceso al conocimiento, el tiempo de duración de las clases y un diseño adecuado de actividades adecuadas para implementar en los laboratorios escolares.

Consideramos que, por medio de las experiencias prácticas, bien sea laboratorios, experiencias caseras, demostrativas, es posible desarrollar y motivar de una forma más efectiva las clases de ciencias. En el trabajo práctico los estudiantes acceden de primera mano a los fenómenos y pueden conectar la descripción teórica de las explicaciones con su realidad cercana (Sanmartí, Márquez, & García Rovira, 2002).

Diferentes trabajos desarrollados (Sardá & Sanmartí 2000; Revel, Couló, Erduran, Furman, Iglesia, y Aduriz-Bravo 2005), muestran los obstáculos que enfrentan los estudiantes a la hora de argumentar, en los momentos en que intentan expresar de forma oral y escrita sus explicaciones referentes a fenómenos, "escriben oraciones largas con dificultades de coordinación y subordinación o, muy cortas,

sin justificar ninguna afirmación y empleando términos sin discriminar entre los de uso científico y aquellos de uso cotidiano" (Ramos, 2010).

Con respecto a esto, Garritz (2009) retoma a Osborne

> Uno de los problemas más grandes que padece la ciencia en la escuela es el de una pedagogía dominada por la metáfora de la enseñanza como «conducto». Ésta es la idea de que la comunicación es un proceso de una sola vía en el cual los profesores se ven a sí mismos como diseminadores didácticos del conocimiento. El conocimiento para los jóvenes de hoy en día se vuelve un objeto a ser adquirido cómo y cuándo es necesitado a través de la interacción social y dialógica más que mediante la recepción pasiva, lo que reside en el corazón de la sociedad contemporánea —el proceso de generación del conocimiento— coloca un énfasis en las habilidades del más alto orden de pensamiento: construir argumentos, hacer preguntas de investigación, hacer comparaciones, resolver problemas complejos no algorítmicos, lidiar con controversias, identificar asunciones ocultas, clasificar, y establecer relaciones causales. Cualquier experiencia educativa que no ofrezca alguna de estas características cognitivas, como el currículum de ciencia escolar, es tal vez, no sorprendentemente, de interés disminuido para muchos jóvenes contemporáneos. (Osborne (2009), citado por Garritz (2009), pag.98)

En este sentido, los docentes han de tener una formación y aproximación idóneas para desarrollar la argumentación (Ramos, 2010).

En términos de Astolfi (1998), se plantea la necesidad de modificar el currículo especialmente en áreas como la ciencia considera que mientras que el currículo monorreferenciado lucha por elaborar y promover un «idealtipo» para la dirección de una secuencia, el currículo multirreferenciado intenta más bien construir decisiones, razonar alternativas, a fin de que, en todo momento, el profesor disponga de un «posible juego». Ello indica la necesidad de cambiar las lógicas para «atacar» la complejidad del sistema de aprendizaje en diversos frentes alternativos. Así, la naturaleza de las interacciones profesor-alumnos resulta además, muy distinta.

1.2 Experiencias Prácticas en Educación en Ciencias

La educación científica ha de partir de problemas y deberá organizarse en unidades amplias alrededor de ellos (Vargas, 1997), aspecto que se evidencia en las prácticas de laboratorio. Dicho trabajo práctico tradicional a pesar de ser considerado acríticamente por el docente como la solución a los problemas de la enseñanza de las ciencias (Martínez, 1993) encierra varias diferencias y promueve actualmente un reducido número de procedimientos científicos limitados al desarrollo de la manipulación, observación y comprobación de la teoría, omitiéndose, en ese proceso, aspectos como la contextualización teórica, la proposición de hipótesis, ensayos, análisis de datos y la obtención de conclusiones (Bastida 1990, (Hodson, 1994)); la visión del método que ellas generan sigue siendo demasiado simplista y conduce a creer que las teorías son simples conjeturas que los estudiantes pueden elaborar después de breves periodos de trabajos de laboratorio y que pueden ser fácilmente contrastadas por medio de observaciones directas, aceptándose o rechazándose con base en experimentos aislados (Salcedo, Villareal y Zapata, 2005).

Alrededor de estas ideas, autores como Reigosa & Jiménez-Aleixandre (2011) ajustan las prácticas experimentales en este proceso como aquellas "estilos de actuar de los estudiantes en el laboratorio para la fundamentación de afirmaciones y propuestas de acción" (Ramos, 2010). Así, resulta necesario realizar una contextualización de las prácticas de laboratorio en la educación.

Zambrano, Marín y Viáfara, (2007) destacan las prácticas como una táctica pedagógica que relaciona la teoría y la práctica de las ciencias naturales. En este punto coinciden con Carrascosa, Gil, y Vilches (2006), para quienes las prácticas experimentales son un medio por el cual se comprueba empíricamente la teoría adquirida en la explicación general, y que Hodson, (1994) define como procedimientos científicos limitados como entorno para extender, a lo largo de la

inclusión de las prácticas de laboratorio, la educación en ciencias. Iribe, (2003) citado por Sánchez, E. (2008) enuncia estas competencias como instrumentos básicos para el desarrollo de habilidades desarrolladas en el proceso de investigación científica. Así, de esta forma, las prácticas se transforman en estrategias que motivan a investigar porque promueven, a través de los experimentos, el desarrollo de habilidades y actitudes para la investigación (Ramos, 2010).

Estos trabajos han mostrado cómo se han podido armar indagaciones alrededor de las experiencias de laboratorio en su estilo investigativo particular, donde además se presentan los resultados conectados con propuestas didácticas para la enseñanza de las ciencias en el contexto de resolución de situaciones problémicas experimentales (Ramos, 2010).

Igualmente se considera que por medio de las experiencias prácticas, bien sea laboratorios, experiencias caseras o demostrativas, es posible desarrollar y motivar de una forma más efectiva las clases de ciencias. En el trabajo práctico los estudiantes acceden de primera mano a los fenómenos y pueden conectar la descripción teórica de las explicaciones con su realidad cercana (Sanmartí, Márquez, & García Rovira, 2002).

El rol de los experimentos y de la experiencia en el laboratorio se ha venido cuestionando en cuanto a seguir lo que se denomina ‘la receta de cocina’: seguir la guía, hacer el montaje, obtener los datos y, finalmente, llegar a algún tipo de conclusión que corrobora la teoría dada en clase. Hofstein (2004) señala que las prácticas de laboratorio son eficaces y eficientes en la enseñanza media para alcanzar algunas de las metas para la enseñanza y aprendizaje de las ciencias, ya que tienen un gran potencial en la promoción de actitudes positivas y en proporcionar a los estudiantes oportunidades para desarrollar habilidades en materia de cooperación y comunicación. En este sentido, el laboratorio de ciencias es un ambiente de aprendizaje único que tiene el potencial de proporcionar a los profesores de ciencias oportunidades para variar su instrucción y para evitar un ambiente de aprendizaje monótono.

Caamaño (1992), coincide con esta postura al afirmar que el interés de las investigaciones prácticas radica en permitir la consecución del objetivo de enseñar una ciencia más relevante y funcional y, en consecuencia, más motivadora para los estudiantes en una etapa de enseñanza obligatoria, y, de esta forma, lograr que sea de un carácter más abierto que las investigaciones teóricas. Además, realiza una categorización de los trabajos prácticos a partir de la identificación de tres puntos básicos:

A. Hechos, conceptos y teorías

B. Procedimientos

C. Actitudes

Desde esta perspectiva, el presente trabajo toma como referencia a las prácticas experimentales como puntos de partida para trazar objetivos y decisiones en nuestro quehacer como docentes, resaltando que en los tres puntos mencionados se proponen aspectos desde el conocimiento vivencial de los estudiantes que están relacionados con una mejor comprensión de los conceptos, las leyes y las teorías por la vía de la contratación de hipótesis; además, las prácticas experimentales ayudan a potenciar el desarrollo de habilidades prácticas (destrezas, técnicas, etc.) y la identificación y manejo de estrategias de investigación (diseño de experimentos, control de variables, tratamiento de datos, etc.) relacionados con el desarrollo de procesos cognitivos generales en un contexto científico (observación, clasificación, inferencia, emisión de hipótesis, evaluación de resultados). Destaca también que se pueden proponer objetivos en torno a las actitudes ya que se busca promover: la objetividad, la perseverancia, el espíritu de colaboración, la atención focalizada, etc.

A partir de esto, Caamaño (1992) realiza una adaptación de las propuestas elaboradas por Woolnough, y Gott (Caamaño, 1992), sobre las clasificaciones de los trabajos prácticos en el aula, a saber:

1. Experiencias. Son actividades prácticas destinadas a obtener una familiarización perceptiva de los fenómenos.

2. Experimentos ilustrativos. Son actividades para ejemplificar principios, comprobar leyes o mejorar la comprensión de determinados conceptos operativos.

3. Ejercicios prácticos. Son actividades diseñadas para desarrollar específicamente habilidades prácticas, estrategias de investigación, habilidades de comunicación y procesos cognitivos en un contexto científico.

4. Experimentos. Propuestos para contrastar hipótesis establecidas por los alumnos o por el profesor para la interpretación de fenómenos.

5. Investigaciones. Actividades diseñadas para dar a los estudiantes la oportunidad de trabajar como los científicos o los tecnólogos en la resolución de problemas.

Una vez identificado el hecho de que el componente experimental es fundamental en la adquisición de conocimientos y preconcepciones para el estudiante, se considera, acorde con Nardi y Castiblanco (2014), que el diseño de este material fortalece y mejora la formación docente, ya que tal diseño involucra un perfeccionamiento que contribuye al mejoramiento de la calidad de la educación y a su adecuado desarrollo dentro de la sociedad. El desarrollo de estas herramientas permite la adquisición de destrezas por parte del estudiante a partir de un papel activo en su formación. En la misma línea Castiblanco y Nardi (2015) proponen una tipología de experimentos en función de las habilidades de pensamiento que estos desarrollan en los estudiantes.

1.3 Argumentación Basada en Pruebas y el Modelo Argumentativo de Toulmin

La propuesta de Jiménez se presenta como una forma efectiva de desarrollar la argumentación en el aula, puesto que plantea que

> Por argumentación se entiende la capacidad de relacionar datos y conclusiones, de evaluar enunciados teóricos a la luz de los datos empíricos o procedentes de otras fuentes. La enseñanza de las ciencias debería dar la oportunidad de

> desarrollar, entre otras, la capacidad de razonar y argumentar, ya que uno de los fines de las ciencias es la generación y justificación de enunciados y acciones encaminados a la comprensión de la naturaleza. Para poder construir modelos, explicaciones del mundo natural y operar con ellos, las y los estudiantes, además de aprender significativamente los conceptos implicados, necesitan ser capaces de escoger entre distintas opciones o explicaciones y [han de ser capaces] de razonar los criterios que permiten evaluar la opción más adecuada. En la comunidad científica estas elecciones tienen lugar en el marco de debates; en clase, el diálogo argumentativo se lleva a cabo presentado posiciones opuestas y las pruebas o fuentes que las apoyan, estableciendo un tipo específico de comunicación. Jiménez et al. (2009, pág. 68) y Jiménez & Díaz (2003, pág. 345).

Una manera de articular la representación de datos y conclusiones está planteada en el Modelo Argumentativo de Toulmin (2003). En este modelo, un argumento tiene los siguientes elementos (Sardà y Sanmartí, 2000), (Jiménez-Alexaindre, Gallastegui, Eirexas, y Puig, 2009, pág. 11), (Jiménez Aleixandre, 2010, pág. 25):

- Aserción o Conclusión (C): es la afirmación que se quiere probar o refutar.
- Pruebas o Datos (D): pueden ser la observación de hechos, eventos o experimentos, señales, muestras o razones a los que se acuden para avalar la conclusión, y así demostrar que esta es cierta o falsa.
- Garantía o Justificación (J): es una afirmación que conecta la explicación o conclusión con las pruebas disponibles.
- Fundamentación (F): respalda la justificación, citando teorías u otros hechos conocidos.
- Cualificadores Modales (M): dan cuenta de tipo de certeza o incertidumbre del argumento. Pueden ser del tipo: “probablemente”, “a la fija”, “depende”, etc.
- Reserva o Refutación(R): acorde con Toulmin, hace referencia al reconocimiento de las excepciones o anomalías de la conclusión.

La interrelación de estos elementos, acorde a Sardà & Sanmartí, (2000) se observa en la Figura 1

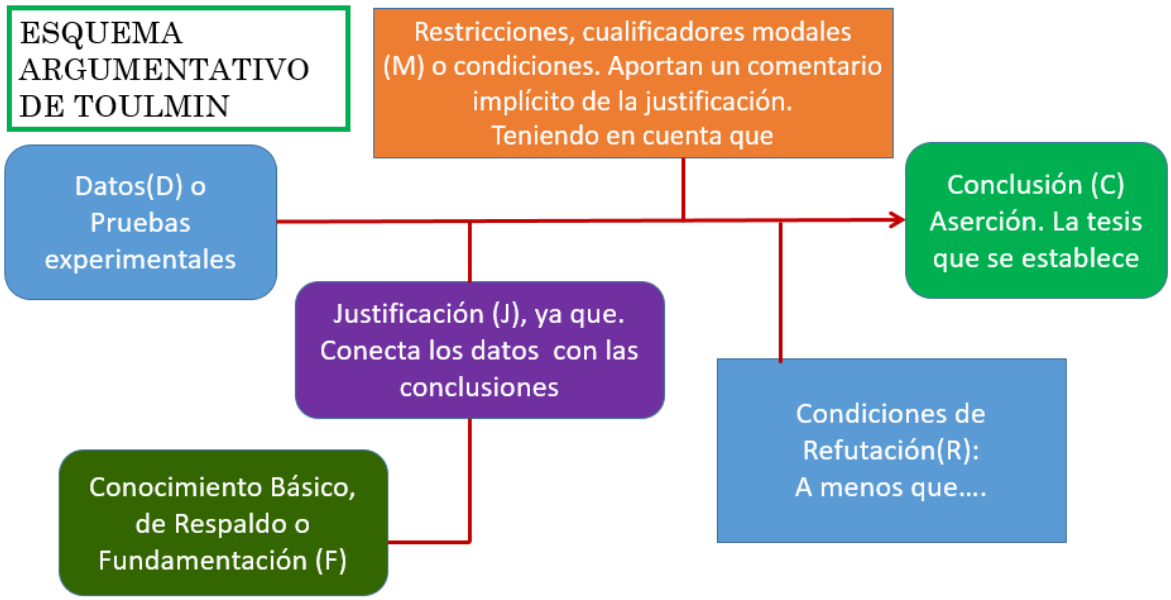


Figura 1. Descripción del esquema argumentativo de Toulmin. Basada en (Sardà & Sanmartí, 2000).

En el trabajo de Jiménez et al. (Jiménez-Alexaindre, Gallastegui, Eirexas , & Puig, 2009) se proponen una serie de actividades para iniciar y abordar los procesos de argumentación. Para el presente trabajo hacemos una adaptación de estos elementos y se muestran con mayor detalle en la sección 0 correspondiente a la prueba diagnóstica.

1.4 Experimentación y su Potencialidad en la Argumentación

Sanmartí et al., (Sanmartí, Márquez, & García Rovira, 2002) proponen que si la finalidad es que los estudiantes lleguen a ser capaces de explicar los fenómenos del mundo que les rodea utilizando modelos y teorías propias de la ciencia actual, es mucho más dudoso que se pueda llegar a construir dichos modelos sin revisar al mismo tiempo las formas de percibir los hechos. Y es ahí, en ese punto, donde las prácticas experimentales toman relevancia, ya que son ellas las que relacionan este objetivo con las habilidades de comunicación (buscar información, comunicar oralmente, gráficamente o por escrito los resultados y las conclusiones

de una investigación, etc.). Evidentemente, la realización de investigaciones supone también el uso de las habilidades prácticas, las estrategias de investigación, los procesos cognitivos y las habilidades de comunicación indicadas como objetivos de aprendizaje específicos en los ejercicios prácticos, pero son utilizadas en el contexto globalizador que supone la labor de investigación o de resolución de un problema teórico o práctico (Caamaño, 1992).

1.4.1 Tipología de Experimentos Didácticos

Tomamos los siguientes tipos de experimentos según su intencionalidad para colocar en diálogo los modelos de argumentación científica escolar y la investigación en aula.

Acorde a Castiblanco y Nardi (2015) seleccionamos y empleamos la catalogación de los mismos, que desde esta postura propician el trabajo en equipo, la identificación de variables, parámetros y constantes para obtener un determinado resultado:

Experimento casero: los estudiantes traen materiales al aula para armar y construir el montaje del experimento. Los materiales son de tipo común, y tienen la ventaja de que se pueden hacer todas las modificaciones que se consideren necesarias en aras de explorar la creatividad. Del mismo modo, como lo considera Caamaño (1992), este tipo de experimento se puede trabajar de forma colaborativa para resolver el problema sin necesidad de preocuparse por el daño del material.

Experimento mental: se arma un escenario de interacciones en donde se explora mentalmente siguiendo los principios científicos pertinentes, la secuencia de “qué pasaría si…”. Son exponentes de este tipo de experimento, el gato de Schrödinger o el elevador mental de Einstein. En esa medida, este experimento fortalece la capacidad de discusión para el debate y la elaboración de argumentos que permiten defender sus posturas frente al resultado del mismo.

Experimento ilustrativo: son actividades utilizadas para ejemplificar principios, mejorar la comprensión de determinados conceptos operativos, pues permiten indagar sobre cuáles son los elementos observables y evidentes de la experiencia. Además, puede generar en los estudiantes la necesidad de responder por qué ocurre el fenómeno que se observa para luego aplicar este conocimiento de forma conjunta y llegar a una respuesta grupal que les permita comprender el fenómeno.

Experimento para demostrar una ley: en este experimento se busca demostrar las predicciones teóricas de alguna ley científica establecida. Por medio de este, los estudiantes toman conciencia de que para demostrar una ley se requiere tanto de la parte práctica como la teórica, por lo que se hace necesario que los estudiantes entiendan el significado y la relación entre variables, parámetros y constantes.

Experimentos discrepantes: Liem (1987) indica que este tipo de experimentos son aquellos que producen un resultado contra intuitivo frente a la experiencia cotidiana y que permite generar un choque entre lo esperado y lo observado.

1.5 Interdisciplinariedad

En cuanto a la interdisciplinariedad, Tamayo (1995) la define como una interacción entre disciplinas que adquiere un sentido propio o señala un matiz de la disciplinariedad. Partiendo de esto, realiza la siguiente tipología:

- Auxiliar: en la que una disciplina recurre a los métodos de otra para su propio desarrollo.
- Instrumental: reúne instrumentos metodológicos aplicables a diversas disciplinas.
- Estructural: estudio de estructuras comunes que permiten estudiar conexiones en hechos distantes.

- Conceptual: a partir de un concepto genérico independiente de una disciplina específica, se hace claridad de los fenómenos presentados en la realidad y que son estudiados por diversas disciplinas.
- Operativa: un fenómeno de estudio es analizado por especialistas distintos a las disciplinas.
- Metodológica: las disciplinas convergen en el método de trabajo. Se unifican criterios a partir de este método.
- Limítrofe: métodos y contenidos de dos o más disciplinas tratan un mismo tipo de fenómenos considerados desde el punto de vista de cada disciplina.
- Teórica: una disciplina considera que los principios, leyes axiomas y teorías han alcanzado niveles más elevados que otros y trata de configurarse según los modelos.
- Compuesta: busca la solución de problemas de alta complejidad en los que deben intervenir diferentes disciplinas.

2 PRESENTACIÓN DEL PROBLEMA

2.1 Antecedentes

La presente investigación surge desde diferentes puntos de análisis, uno de ellos se destaca, pues plantea la interdisciplinariedad aplicada a las prácticas experimentales y la argumentación en ciencias desde la perspectiva del Modelo Argumentativo de Stephen Toulmin.

2.1.1 Argumentación en el Aula de Ciencias

Desde mediados de los años noventa se están desarrollando trabajos de análisis y discusiones generales en torno a cómo los estudiantes pueden desarrollar procesos de argumentación en la clase de ciencias (Driver et al. 2000, Jiménez-Aleixandre 1998), (Sardà, Sanmartí, 2000); así como estudios que abordan la investigación de campo (Jiménez-Aleixandre & Rodríguez 2000, Erduran et al., 2004).

En las diferentes investigaciones sobre argumentación basada en pruebas se busca indagar cómo los estudiantes empiezan a interactuar entre sí para resolver un tópico propuesto (Jiménez-Aleixandre & Díaz de Bustamante, 2003), (Blanco & Díaz de Bustamante, 2014). Estas indagaciones se revisan de acuerdo con el modelo argumentativo de Toulmin frente a cómo los alumnos llegan a una explicación o conclusión sobre el fenómeno y la forma como se evidencian sus procesos de razonamiento, comunicación y habilidades discursivas.

A partir de los trabajos iniciales, en 2007 sale la publicación *Argumentation in science education perspectives from classroom-based research,* libro editado por Erduran y Jiménez-Aleixandre (2007), publicación que marca un punto de referencia para trabajos posteriores en esta área debido a que contiene aproximaciones teóricas, empíricas y prácticas de investigaciones realizadas por pioneros en pedagogía de las ciencias básicas.

Para realizar el estudio correspondiente sobre cómo los estudiantes desarrollan estos procesos en la experiencia práctica de laboratorio de ciencias, se ha tomado como punto de referencia los aportes de los argumentos resultantes del trabajo con los grupos estudiados y que se han analizado desde la perspectiva del trabajo de Stephen Toulmin (2003).

Un claro ejemplo de un trabajo similar al expuesto aquí es el trabajo de Reigosa y Jiménez-Aleixandre, (2011) y de Erduran et al. (2004), en donde se han elaborado grabaciones de audio y video de experiencias similares, así como los de Sasseron y Carvahlo, (2014), sobre los elementos gráficos que se generan en las actividades de aula que proponen.

Desde este marco de argumentación se han desarrollado algunos proyectos sobre cómo mejorar la enseñanza de las ciencias desde los procesos de argumentación. Entre ellos están el proyecto RODA (RazonamientO, Debate, Argumentación) de la Universidad Santiago de Compostela en España (RODA, 2014), y el proyecto Nuffield (Nuffield 2014), de los cuales ya se han generado materiales adaptados para su aplicación directa por parte de maestros de ciencias (Jiménez y Gallastegui, 2009).

Ramos F. (2010) retoma a Jiménez en su trabajo sobre el desarrollo de la habilidad argumentativa en las clases de ciencia escolar que tiene como objetivo de investigación desarrollar una estrategia pedagógica y didáctica basada en la implementación de actividades que favorezcan la argumentación en ciencias de los estudiantes de grado quinto en un contexto particular; planteándose interrogantes tales como ¿cuál es el estado inicial en el que se encuentran los estudiantes respecto de la argumentación? ¿Qué actividades se pueden implementar en el aula para favorecer la argumentación en ciencias? ¿Cómo enseñar a argumentar a los estudiantes en ciencias? El trabajo de Ramos se centra en determinar ¿qué influencia tienen las actividades basadas en el uso de pruebas para el desarrollo de la argumentación en las clases de ciencias? Esta investigación cuasi – experimental arroja como resultado que, para

los estudiantes, es más fácil aportar y utilizar pruebas para construir argumentos cuando se trata de situaciones o problemas socio científicos que en aquellas actividades que se refieren a enunciados teóricos propios de la ciencia escolar, avanzando de esta manera en el fortalecimiento de la habilidad argumentativa a través de la utilización de pruebas para sustentar y apoyar sus conclusiones y explicaciones.

2.1.2 Interdisciplinariedad en la Enseñanza de las Ciencias

El rastreo efectuado en torno a investigaciones que relacionan la interdisciplinariedad con trabajos experimentales y desarrollo de la argumentación arrojó que, de hecho, se encuentran muy pocas que hagan tal vinculación.

Entre ellos tenemos el trabajo de Reigosa (2006), quien muestra una experiencia de investigación - acción acerca de la redacción de informes de laboratorio por alumnos de física y química de primero de bachillerato. En esta experiencia se analiza la redacción de los informes de investigación correspondientes a siete tareas de laboratorio por parte de los alumnos de un grupo de primero de bachillerato y se maneja la química separada de la física. En este documento Reigosa concluye que los estudiantes necesitan constantemente acompañamiento del docente y que es clave que se les proporcione información relevante acerca del género de escritura científica que correspondía usar en los informes de laboratorio. Esa información ha consistido en una explicación por escrito acerca de la estructura de los informes científicos, la cual se complementó verbalmente. El investigador considera que un contexto de investigación en el aula lo más parecido posible a un contexto de investigación científica real puede servir de plataforma para la adquisición de habilidades científicas tales como la escritura usando géneros científicos, puesto que, en esa situación, la adquisición de esas habilidades tiene sentido para los estudiantes.

En cuanto a los docentes como actores en esta interdisciplinariedad otro estudio realizado por Giménez, de Andrade, Caluzi y Nardi (2004), muestra que existe

entre los profesores de ciencias básicas una “laguna” en el concepto de interdisciplinariedad ya que tiende a confundirse con la multidisciplinariedad. Severino (como se cita por Giménez et al., 2004) define que el sentido de interdisciplinariedad debe ser redireccionado hacia la identificación de cómo un saber teórico es construido en tanto se trata de un saber práctico. Una enseñanza práctica interdisciplinar pretende formar alumnos con una mirada global, lo cual no se logra si los docentes, desde su propia disciplina, definen límites que propician la fragmentación del conocimiento. Lo ideal en la conformación del currículo es formar una red que propicie una mayor movilidad en la cual el docente tenga una participación directa en el proceso y que favorezca una reflexión entre las disciplinas. En el trabajo realizado se muestra que existe una necesidad de envolvimiento entre las diferentes disciplinas, para lo cual los docentes en el estudio plantean que esto se logra a partir de: actividades colaborativas, interdisciplinariedad basada en proyectos y puntos y objetivos en común.

En este campo, el trabajo de Restrepo, Guzmán y Romero (2013) aporta la recopilación lograda en la investigación titulada: “*La argumentación en las clases de ciencias y su contribución a la construcción de civilidad*”, desarrollada por la Universidad de Antioquia con apoyo de la Escuela de Ingeniería de Antioquia. En este capítulo se desarrolla cómo opera el proceso de formación de docentes de ciencias naturales:

> […] tuvo como propósito principal resaltar los aportes de una perspectiva de formación de profesores que abordara el problema de la experimentación en estrecha relación con las reflexiones surgidas sobre la naturaleza de las ciencias. A través de ella se propuso incentivar la argumentación en torno a la construcción de explicaciones en relación con la experimentación cualitativa y exploratoria, como formas de construcción de conocimiento que se oponen a prácticas verificacionistas e instrumentalistas y que, por el contrario, favorecen el desarrollo de procesos discursivos para una mejor comprensión de los fenómenos. (Restrepo, Guzmán y Romero, 2013, p. 132).

Finalmente, Osborn (2009) y Simon (2006) advierten que antes de iniciar un proceso de trabajo en argumentación en el aula, los maestros deben tener un

acercamiento y formación adecuados para ello. Entre los aspectos que se tienen en cuenta están: adaptarse al argumento, manejo de discusiones en grupos pequeños, una capacitación en la enseñanza de la argumentación, tener recursos o ejemplos -en la propuesta de ellos con videos-, saber evaluar y modelar los argumentos (Osborn, 2009, p. 162).

2.2 Delimitación del Problema de Investigación

Desde los lineamientos dados en el marco referencial se evidencia como imperativo en la enseñanza de las ciencias la necesidad estratégica de que un país logre suplir las necesidades básicas de su población.

Atendiendo a esta necesidad, se han planteado criterios de revisión y énfasis en las diferentes pruebas de desempeño a nivel internacional y nacional. En la conformación del examen SABER 11, (ICFES, 2013) se hacen presentes tres tipos de competencias para la evaluación del área de ciencias naturales, a saber: uso comprensivo del conocimiento, explicación de fenómenos e indagación. En la sección de "Explicación de fenómenos" (ICFES 2013, p 105), una de las afirmaciones que se quieren evaluar con este ajuste menciona: "modela fenómenos de la naturaleza basándose en el análisis de variables, la relación entre dos o más conceptos del conocimiento científico y de la evidencia derivada de investigaciones científicas". En este mismo documento (ICFES 2013, p 106), en el componente de indagación se plantean, entre otras, afirmaciones del tipo: "observa y relaciona patrones en los datos para evaluar las predicciones", y "deriva conclusiones para algunos fenómenos de la naturaleza basándose en conocimientos científicos y en la evidencia de su propia investigación y de la de otros".

El conocimiento científico seguro depende tanto de la habilidad de refutar y reconocer argumentos científicos pobres como de la habilidad de reproducir la visión científica correcta. El argumento es, pues, una característica medular de la

ciencia y, como corolario, debería ser una característica distintiva de cualquier educación científica (Osborn, 2009, p 161).

Estas características, según nuestra experiencia, usualmente no se logran cumplir, entre otras razones, por la necesidad de completar y "dictar" el tema, el enfatizar en la exposición de conceptos y el desarrollo de ejercicios de aplicación numérica, restricciones de acceso, tiempo y diseño idóneo de actividades para utilizar los laboratorios escolares.

Una posibilidad de mejorar estas situaciones es trabajar actividades en el aula que enfaticen el uso de la argumentación combinadas con las prácticas experimentales.

Esta investigación se enmarca en la necesidad que surge de cuestionar la práctica tradicional sobre el abordaje de la experiencia educativa en el laboratorio de ciencias, en virtud de que su potencial didáctico es muy limitado y conduce a una tergiversación de la naturaleza de la ciencia. Restrepo, Guzmán y Romero plantean que el laboratorio brinda una oportunidad para integrar aspectos conceptuales, procedimentales, actitudinales y epistemológicos dentro de enfoques alternativos que pueden permitir el aprendizaje de los estudiantes con una visión constructivista a través de métodos que implican la resolución de problemas y un cambio en la práctica docente en el laboratorio que debe involucrar esfuerzos orientados a la generación de nuevas experiencias en las que amerita ajustar tiempos, recursos, contenidos didácticos y actitudes para darle al laboratorio el lugar que reclama en el aprendizaje de la ciencia.

Asimismo, autores como Durango (2015) plantean las prácticas de laboratorio como una estrategia didáctica alternativa para desarrollar las competencias básicas en el proceso de enseñanza-aprendizaje y, para lograrlo, plantea la realización de una revisión bibliográfica en la que se resalta cómo las prácticas de laboratorio pueden ser utilizadas como estrategia didáctica para desarrollar dichas competencias, concluyendo que el trabajo experimental contribuye al aprendizaje significativo de los conceptos abordados y permite desarrollar las competencias en ciencias naturales. A lo largo de esta revisión se muestra cuál ha sido el avance

investigativo que este tema ha generado y que lleva a deducir que para la enseñanza de las ciencias naturales se hace necesario realizar trabajo de laboratorio, no solo porque promueve el aprendizaje y la adquisición de conocimientos, sino porque también favorece el desarrollo del pensamiento crítico en los estudiantes.

En la misma línea de trabajo se encuentran Castiblanco y Vizcaíno (2008), quienes afirman

> Las prácticas de laboratorio en la vida científica real constituyen un proceso de varias etapas, de acuerdo con la situación en la que se encuentran los investigadores, exigiendo un trabajo creativo y crítico por parte de quién las realiza, de modo que si uno de los objetivos de usar el laboratorio es propender por el aprendizaje basado en el descubrimiento o en la construcción de su propio conocimiento, entonces los estudiantes no deben reducirse a una directriz con caminos preestablecidos, inmodificables e incuestionables sino que debe precisamente proveerse al estudiante de ese ambiente de investigación[…] (p. 69).

Adicionalmente, desde las prácticas experimentales -clasificadas en experimentos de tipo casero, mental, ilustrativo, virtual, demostraciones, o prácticas de laboratorio formales (Castiblanco y Nardi, 2015) -, es posible desarrollar diferentes objetivos didácticos, los cuales se plantean y desarrollan según la intencionalidad planteada por el maestro.

A partir de allí se conectan ideas base que, desde las prácticas experimentales, fomentan en los estudiantes un interés en las situaciones propuestas, ya que al ser los directos participantes, es posible plantearles la formulación de hipótesis y la discusión sobre los datos obtenidos (Carrascosa, 2006) dentro del trabajo colaborativo e investigativo y la discusión en pequeños grupos (Carvalho, 2006). Es decir

> […] solo en la medida que se transite de las prácticas tipo receta a prácticas más abiertas, de carácter indagatorio, centradas en la búsqueda de la información y en el análisis de los datos, en la discusión y en la argumentación

> más que en la repetición de guiones preestablecidos, es que esos objetivos educativos de orden superior serán alcanzados, no olvidando que en los procesos de enseñanza de las ciencias convergen el conocimiento cotidiano y el científico" (Mazzitelli y Aparicio (2010), citado por Aguiar (2011)).

Sumando los factores ya mencionados y, de acuerdo con Jiménez-Aleixandre (2009, p.67) en su definición de argumentación, se percibe ésta como la capacidad de relacionar datos y conclusiones. De acuerdo con ello, podemos plantear el siguiente problema de investigación:

- ¿Cómo se puede desarrollar el proceso de argumentación empleando los diferentes tipos de prácticas experimentales en torno a las leyes de los gases, vistas desde la perspectiva de química y física como ciencias de la naturaleza?

Objeto de estudio:

Desarrollo del proceso de argumentación basado en pruebas, potencializado desde las prácticas experimentales para la descripción de los gases abordados desde química y física en dos cursos de grado décimo en dos contextos diferentes.

Preguntas problema:

- ¿Qué aspectos de planeación, ejecución y retroalimentación permiten construir procesos argumentativos entorno a leyes de los gases desde una mirada interdisciplinar?
- ¿De qué forma las prácticas experimentales pueden adaptarse para desarrollar un trabajo efectivo en argumentación basada en pruebas?
- ¿Qué tipo de actividades de aula basadas en el análisis de evidencias permiten generar discusiones e interacciones entre los estudiantes?

2.3 Objetivo General y Objetivos Específicos

Objetivo General

Desarrollar una secuencia didáctica que estimule la habilidad para la argumentación basada en pruebas por medio del abordaje desde física y química, de la teoría de gases ideales.

Objetivos Específicos

* Diseñar y adaptar prácticas experimentales que potencialicen el proceso de argumentación basado en pruebas.

* Realizar una intervención por medio de una secuencia didáctica que permita valorar los diferentes componentes de un proceso argumentativo.

*Caracterizar y comparar los procesos de argumentación que se generan en torno al comportamiento de los gases en las asignaturas de química y física.

2.4 Hipótesis

-Es posible diseñar una secuencia didáctica que estimule la habilidad para la argumentación, por medio de una estrategia interdisciplinar, desde física y química en dos colegios diferentes.

-Al implementar actividades de este tipo el estudiante genera discusiones sobre el trabajo práctico desde el conocimiento cotidiano y el científico.

-Al caracterizar y comparar los procesos de argumentación que se generan en los estudiantes para comprender las relaciones de las leyes y comportamiento de los gases desde la química y física, se puede analizar la posibilidad de trabajos interdisciplinares entre asignaturas del área de ciencias naturales.

3 DISEÑO METODOLÓGICO E INSTRUMENTOS

3.1 Población Objeto De Estudio

El contexto en el que se enmarca la investigación proviene de dos colegios: el primero de carácter privado y el segundo de carácter oficial, ambos ubicados en la ciudad de Bogotá.

Debido a que la investigación se llevó a cabo en colegios diferentes, la población objeto del estudio en total está conformada por 64 estudiantes de grado décimo, distribuidos a su vez en total así: 33 en la asignatura de química y 31 en la asignatura de física. Un curso se ubica en cada colegio, y los estudiantes pertenecientes a los grupos se encuentran entre los 14 y 16 años de edad. Los docentes investigadores son licenciados en sus respectivas áreas y estudiantes de Maestría en Educación con énfasis en Ciencia y Tecnología.

3.2 Diseño Metodológico

En cada uno de los colegios se socializó con las directivas la propuesta de investigación e intervención con la respectiva comunidad educativa. De la misma manera, se escogió el curso de trabajo en cada institución y se diseñó el formato de consentimiento dirigido a padres y/o acudientes para la autorización de la participación en la investigación y el uso de los registros escritos y audiovisuales de los estudiantes.

3.2.1 Investigación – Acción

Para la intervención planteamos la estrategia de investigación-acción (I-A). Acorde a Latorre (2005) quien toma la idea de una I-A en donde el profesorado reflexiona sobre la práctica para adaptarse a las situaciones cambiantes en el aula. Dicha

reflexión radica en la Acción por medio de la indagación práctica y de forma colaborativa. Se configura entorno a cuatro momentos o fases:

- Planificación
- Acción
- Observación
- Reflexión

Para nuestro caso, esta I-A involucra la reflexión alrededor de la forma en la cual los estudiantes al interactuar en la práctica experimental pueden mejorar su proceso de argumentación. Así, los ciclos de la I-A buscan incidir en esta habilidad y se modificaron las acciones desarrolladas en torno a la orientación de las actividades de aula.

A partir de la forma de interacción con los grupos escogidos se abordó el mismo diseño inicial de las actividades en ambos colegios (con los correspondientes ajustes y diálogo entre los investigadores de cómo fue evolucionando el desarrollo de las prácticas) y se aplicaron en la misma semana en los dos colegios.

La recolección de información se plantea por medio de grabaciones en audio y vídeo de las sesiones de trabajo de laboratorio, y de los registros escritos que se generaron en el trabajo en el aula. Al trabajar de la mano con los estudiantes en la I-A se plantea un estilo de auto-observación de la comunidad involucrada dentro de las sesiones de laboratorio escolar, los ciclos desarrollados se observan en la figura Figura 2.

3.2.2 Secuencias Didácticas

Para desarrollar la intervención en aula se elaboró una secuencia didáctica. En palabras de Tobón, Pimiento y García (2010) “Las secuencias didácticas son, sencillamente, conjuntos articulados de actividades de aprendizaje y evaluación que, con la mediación de un docente, buscan el logro de determinadas metas educativas, considerando una serie de recursos” (p. 20). Las secuencias

didácticas son adaptables a las necesidades del contexto educativo y propician un desarrollo del trabajo cooperativo en donde se busca el trato cara a cara de estudiantes, la interdependencia positiva, la responsabilidad individual y el procesamiento grupal. (Tobón, et al. 2010). Una secuencia didáctica en su estructura muestra una situación problema teniendo en cuenta las competencias que se van a desarrollar, el desarrollo de las actividades, tanto las orientadas por el docente como las de trabajo autónomo de los estudiantes, el establecer los recursos a utilizar, y el planteamiento de las actividades de evaluación.

En esta medida, al involucrar la secuencia didáctica con el tipo de intervención planteada, el proceso investigativo en términos de Tobón (2010) busca deconstruir y reconstruir en forma colaborativa el conocimiento pedagógico para mejorar el proceso de aprendizaje caracterizando la Investigación - Acción educativa a través de los siguientes elementos:

- Integrar al sujeto y al objeto
- Las metas del proceso investigativo se construyen de manera participativa por todos los integrantes
- Integra saberes académicos con saberes de contexto
- Es un proceso continuo
- El docente asume el papel de: observador, investigador y maestro

Por lo cual los ejes de le I-A, según este modelo, deben dar un direccionamiento con base en las metas pertinentes a cada contexto, y debe existir una autoevaluación docente al realizar el ciclo de planeación, acción, observación y reflexión.

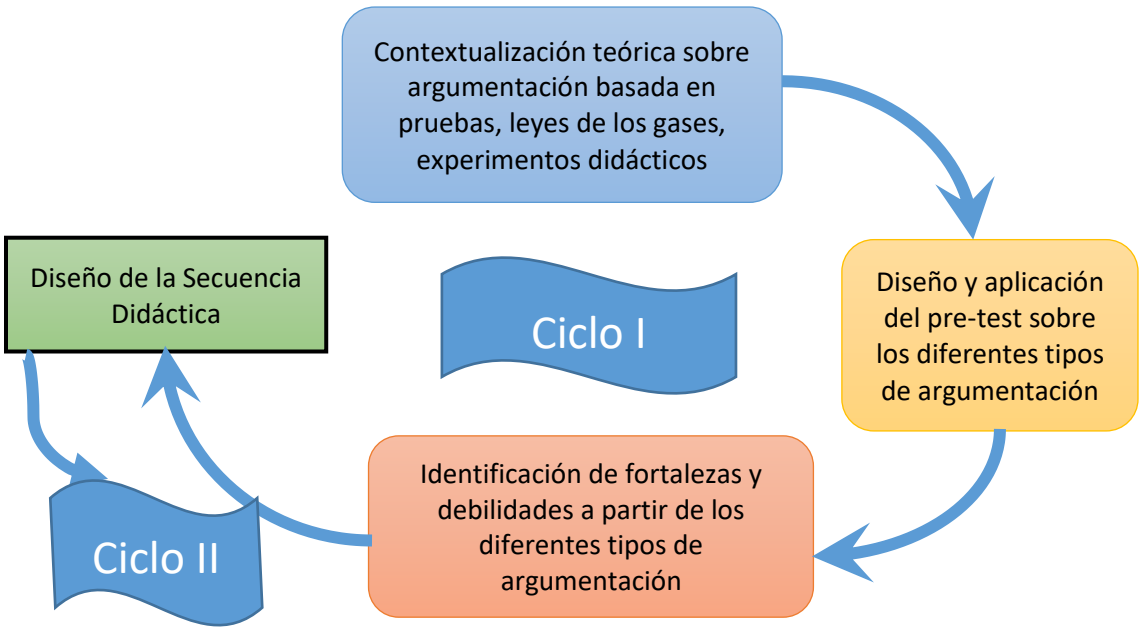
3.3 Análisis de Información

La metodología de análisis de información cubre el análisis cualitativo y el análisis de contenido.

Para el análisis cualitativo, tomamos de referencia la teoría fundada de Strauss y Corbin (2002). De acuerdo con ellos, esta metodología de análisis plantea tres componentes:

1. Datos: se pueden generar de fuentes diferentes, tales como entrevistas, observaciones, documentos, grabaciones de audio y vídeo.
2. Procedimientos: por medio de los cuales se interpretan y organizan los datos. Entre estos podemos enunciar la conceptualización y reducción de los datos, la elaboración de categorías en términos de sus propiedades y dimensiones. Al hecho de conceptualizar, reducir, elaborar y relacionar los datos se le llama codificar.
3. Informes escritos y verbales: pueden presentarse como artículos en revistas científicas, en eventos de difusión (por ejemplo, en congresos), o libros. (Strauss y Corbin, 2002).

Desde el análisis de contenido seguimos a Bardin (1996), el cual retoma un método empírico que depende del tipo de discurso enfocado y del tipo de investigación que se persiga. En el análisis de contenido no existen plantillas previamente elaboradas, simplemente se cuenta con algunos patrones base. Para el caso de la presente investigación estos patrones se rigen por el esquema de argumentación de Toulmin (Bardin, 1996).



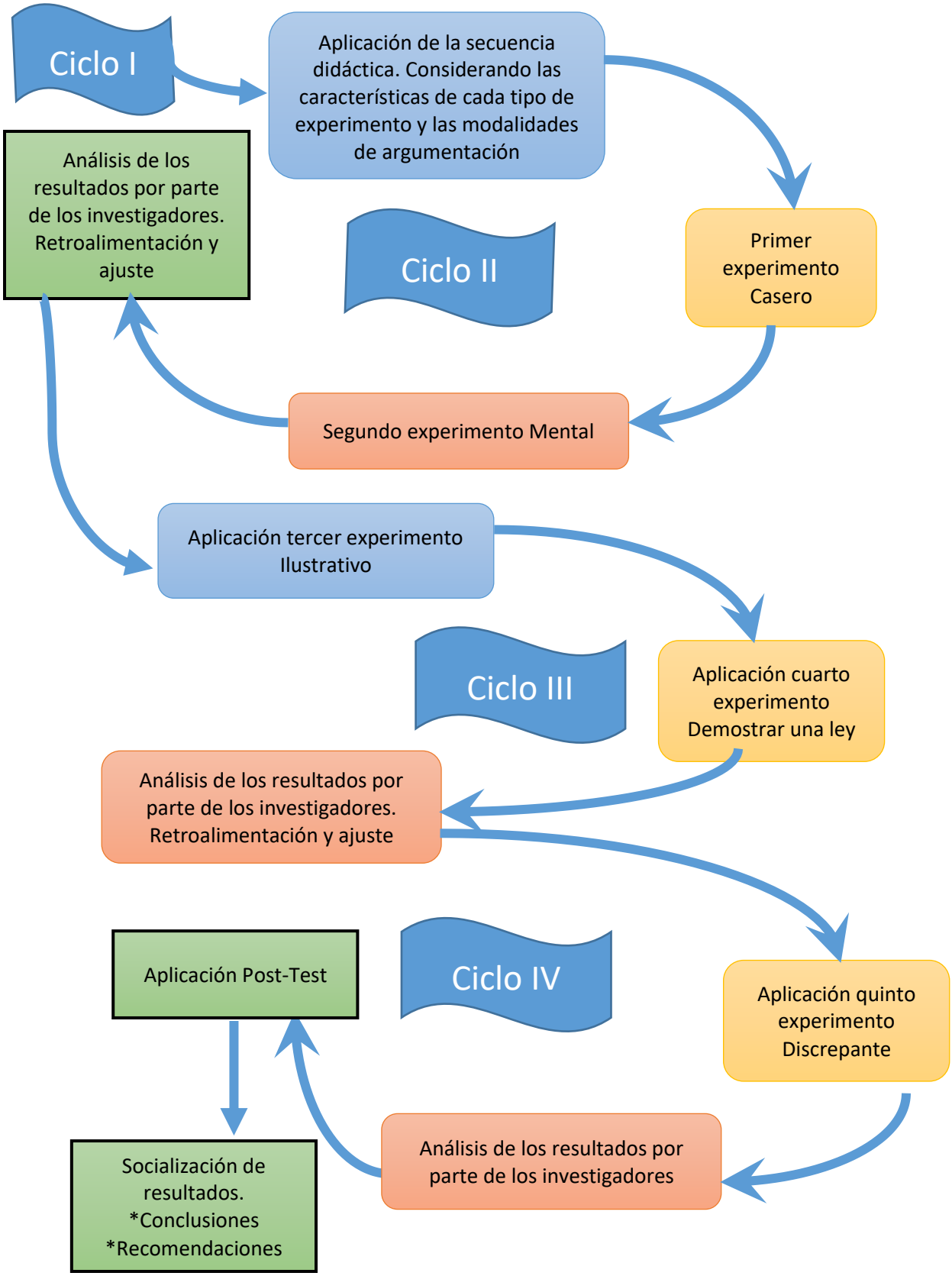


Figura 2. Descripción de fases de la investigación.

Estos ciclos atienden al factor de interdisciplinariedad dentro de la investigación a partir de lo planteado por Tamayo (1995), quien se acerca desde cuatro miradas, a saber:

- Estructural: debido a que se abordan las leyes de los gases desde cada disciplina y en la dinámica de la investigación se transfiere el conocimiento de la una a la otra.
- Conceptual: ya que se toma el concepto de gases y se involucra en diversos fenómenos reales que son estudiados desde la física y la química.
- Metodológica: a razón que los investigadores plantean un mismo método, en este caso las prácticas experimentales y se unifican criterios en torno a ellas.
- Limítrofe: ya que tanto los métodos y contenidos se abordan en ambas disciplinas en torno a comportamientos y variables presentadas por los gases.

3.3.1 Secuencia Didáctica

Para resolver nuestro objeto de estudio desarrollamos una secuencia didáctica de prácticas experimentales en donde se abordaron los tópicos clave en torno a la temática común de descripción del comportamiento de los gases en el programa de física y química de grado décimo. Los conceptos involucrados son: presión, temperatura, volumen de gases, difusión y leyes de los gases ideales. Se tomó la decisión de escoger el tema de gases debido a que es una temática en la cual convergen los planes de estudio de física y química en grado décimo en términos de tiempos académicos. En esta secuencia se busca modificar el rol tradicional del estudiante de ser pasivo a un rol más activo donde los alumnos practiquen las destrezas argumentativas (Jiménez Aleixandre, 2010, pág. 36).

El diseño de la secuencia didáctica surge del diálogo interdisciplinar entre los especialistas de la didáctica en química y física. En este sentido, cuando se trabaja en el diseño de la secuencia, tenemos que colocar sobre la mesa de

trabajo los puntos de vista de cada disciplina, revisar los elementos clave para cada maestro para luego negociar los conceptos y actividades involucradas en los componentes de la secuencia didáctica. Este diálogo es fundamental pues permite comprender la perspectiva del otro maestro, y es útil para el abordaje interdisciplinar de la secuencia didáctica. Uno de los efectos notorios resultantes es el orden en el cual escogimos los conceptos de aplicación de la secuencia didáctica, empezando por presión, siguiendo con difusión y continuando con las leyes: Ley de Boyle, Ley de Charles y Ley de gases ideales. Este orden se escogió como elemento común y se presentan como secuenciales en la orientación dada a cada asignatura.

Las actividades de la secuencia didáctica se aplicaron en los meses de septiembre, octubre y noviembre de 2015 en cada institución, y se desarrollaron de forma paralela y simultánea.

Prueba Diagnóstica

El objetivo del pre– test es determinar en qué nivel de argumentación se encuentran los estudiantes antes de iniciar la secuencia. Se evaluó la argumentación a través de distintos tipos de preguntas y utilizando: análisis de gráficas, análisis de textos, selección de preguntas con única respuesta, selección de preguntas con varias respuestas y justificación de un postulado.

Respecto a la aplicación de la Prueba diagnóstica sobre argumentación, debe decirse que cada apartado del test apunta a analizar un ítem de argumentación en particular, según Jiménez et al (2009).

Ítem 1: hace referencia a la lectura de tablas. En el esquema de Toulmin esto equivale a la forma en que se llevan los datos (en versión tabla) hasta llegar a una conclusión. El esquema es del tipo única respuesta.

Ítem 2: consiste en armar una explicación para un fenómeno (en este caso la información al respecto está representada en una gráfica) y puede escoger entre distintos enunciados sobre el tema para armar una explicación al respecto.

Ítem 3: las justificaciones se construyeron de modo que cada una sea compatible con una predicción. Esto permite evaluar la capacidad de articulación entre predicción y justificación, pues puede haber quienes escojan predicciones inadecuadas desde el punto de vista de las leyes de los gases al relacionarlas con la justificación correspondiente.

Ítem 4: este ítem pretende que los estudiantes escriban en la columna del centro las pruebas o hechos que ellos conozcan y que crean se relacionan con la ley planteada, además, deben justificar por qué esa prueba respalda el enunciado para así evaluar la interferencia de las ideas con las pruebas y si pueden conectarlas adecuadamente con la justificación.

Las pruebas pre- y post test están en el anexo ANEXO 1. PRE- TEST Y POS-TEST página ANEXO 1. PRE- TEST Y POS-TEST87 .

Las actividades experimentales de la secuencia didáctica están indicadas en la tabla 1.

Al finalizar esta secuencia los estudiantes presentaron el post- test para identificar su nivel de argumentación, luego se realiza un análisis comparativo con el pre-test.

La versión detallada de la secuencia didáctica y sus preguntas orientadoras se encuentra en el Anexo ANEXO 4. CICLOS Y SECUENCIA DIDÁCTICA, página 101.

PRÁCTICAS EXPERIMENTALES

Problema del Contexto	Tipo de Práctica Experimental	Conceptos y Procedimientos trabajados	Descripción de la Actividad
1. Cama para transporte de Huevo. Diseñe un sistema de transporte para material frágil (huevos, porcelana, etc.)	Proyecto Abierto-Casero	Presión	A partir de la construcción de un mecanismo para "transportar" uno o varios huevos con el número de jeringas que los estudiantes determinen se analizarán cómo relacionan la comprensión de las jeringas con el concepto de presión que es fundamental en las Leyes de los gases.
2. La muerte de Napoleón. ¿De qué manera murió Napoleón?	Experimento mental	Difusión de gases.	La lectura en torno a la muerte de Napoleón pretende que el estudiante realice deducciones lógicas con base en la comprensión de las leyes de los gases.
3. El globo dentro del frasco. ¿Los globos siempre se inflan?	Experimento ilustrativo	Ley de Boyle	La discusión en torno al experimento realizado busca que los estudiantes analicen la pregunta ¿qué está dentro del frasco además del agua? ¿Qué está haciendo el agua si la hervimos? ¿Qué está haciendo al vapor al aire dentro del frasco? ¿Por qué el globo va hacia a dentro del frasco? De manera que brinden explicaciones a partir del comportamiento de los gases.
4. ¿Se puede cambiar el tamaño de un globo sin romperlo o tocarlo?	Experimento para demostrar una ley	Ley de Charles	Evidenciar por medios experimentales la Ley de Charles, a través de un globo de aire colocado en un baño de agua, en donde la temperatura y el volumen son directamente proporcionales.
5. Balanceando dos globos. ¿Cómo se da el movimiento del aire en globos interconectados?	Experimento discrepante	Ley de gases ideales	Esta vez la discusión será entorno a: ¿hacia dónde se dio la fuga de aire? ¿Funciona de la misma forma si se vuelve vertical el sistema? ¿Qué sucede si se contrae el globo más grande y luego se suelta? A partir de las discusiones generadas en los ciclos hasta este momento se llegará a la explicación de la Ley de los gases ideales y sus características.

Tabla 1. Descripción de Actividades Experimentales de la Secuencia Didáctica aplicadas en la investigación.

3.4 Componentes y Categorías de Análisis

Para el análisis de la información se sigue el trabajo de Erduran en tanto plantea la presencia simultánea de los elementos del esquema de Toulmin. En este sentido, nuestras categorías de análisis son:

Aserción con Datos. Se establece la presencia de una conclusión con los datos o evidencias experimentales.

Aserción con Garantía. La conclusión a la que se llega está soportada por medio de un elemento de conocimiento o una ley científica. Se puede dar el caso en que esté presente con un respaldo que constituye un apoyo adicional a la garantía.

Aserción con cualificador modal. La aserción final está restringida por medio de un cualificador modal que restringe y/o da condiciones de la validez de la aserción.

Aserción con refutación. Se da cuando en las aserciones se enuncian las condiciones de refutación de la conclusión (Erduran et al., 2004, pp. 923-925).

Dentro de los diferentes tipos de conclusiones tomamos a Wood (citado por Rodríguez Bello (2004), 2004) que indica cinco diferentes tipos de aserciones.

Aserciones factuales. Dan cuenta de los hechos, condiciones o relaciones del pasado, actuales y a futuro.

Aserciones valorativas. Ellas dan cuenta del valor o mérito de una idea, objeto o acciones de acuerdo con normas o parámetros indicados por el argumentador. Según Rodríguez Bello (2004) los valores son actitudes positivas o negativas hacia hechos, situaciones o maneras de actuar.

Aserciones políticas (decisiones a tomar). Dan cuenta sobre lo que debería o no realizarse, sobre las decisiones a resolver para solucionar la situación.

Aserciones causales. Expresan las razones por las cuales algo ya ha ocurrido o habrá de pasar, y sus consiguientes efectos.

Aserciones definitorias. Su intención es describir algo. Da cuenta de las cuestiones ¿qué es? ¿Cómo podría organizarse?, y ¿cómo es?

4 SISTEMATIZACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

La sistematización y análisis se organizó teniendo en cuenta el esquema de argumentación planteado por Toulmin (2003) y Erduran (2004) que, para los fines propios de esta investigación, se fragmentaron de acuerdo a cada unidad que conforma un argumento con el fin de obtener una aproximación a la adecuada esquematización del mismo en disciplinas como la química y la física.

Para la presentación de los resultados se abordó por separado cada actividad de la secuencia didáctica entre la aplicación del pre- test y el post- test. Es válido recordar que la estructura de ambos test es la misma, se analizaron los datos arrojados en el pre- test que permitieron conocer las condiciones iniciales, y luego los resultados obtenidos para el mismo tipo de pruebas que se aplicaron después de incentivar la argumentación de los estudiantes en términos del modelo toulmaniano.

4.1 Resultados Ciclo I

A continuación se muestran los resultados de análisis correspondientes al pre- test aplicado en ambas asignaturas para la argumentación basada en pruebas. Se determinan los porcentajes de acuerdo a si el estudiante hizo uso de las pruebas o no.

Actividad 1. Escoger una conclusión a base de datos

Actividad 2. Construir una explicación a partir de datos

Actividad 3. Elegir una predicción y su justificación

	Química	Física
	Pre-test	Pre-test
Actividad 1	84,84 %	93,54 %
Actividad 2	27,27 %	38,7 %
Actividad 3	30,3 %	41,93 %

Tabla 2. Resultados pre-test, prueba de química y física.

Al calcular el porcentaje de respuestas favorables los resultados denotan, en ambas asignaturas, que el uso de tablas y análisis de gráficas se presentó favorablemente, con un valor mayor al 80% de la población escogida.

Al analizar los resultados de la prueba número 4, ver anexo 3, frente a afirmaciones de tipo científico -la conclusión en el esquema de Toulmin- pocos estudiantes argumentan evidencias que sustenten realmente las afirmaciones. Asimismo, la elaboración de justificaciones de estos hechos son ideas sueltas que no logran sustentarse en leyes o principios científicos.

IDEA (ENUNCIADO DE CONOCIMIENTO)	PRUEBAS O EVIDENCIAS (OBSERVACIONES, HECHOS, EXPERIMENTOS	JUSTIFICACIONES
Los gases y líquidos se adoptan a la forma del recipiente que los contiene	"Cubetas de hielo" "Cuando metemos agua en una hielera esta adapta su forma. Al meter un gas en una bomba" "El agua y el gas doméstico" "Cuando se echa agua en un vaso este adapta la forma y así mismo el gas, aunque este no se ve" "Un ejemplo es el de la champaña"	"El líquido se acomoda a estos "Para después ser un sólido" "Porque no está esparcido por cualquier lado especialmente el líquido" "Sí porque cuando agrego un líquido o gas directamente este contiene la forma del recipiente"

Tabla 3. Extracto de la prueba 4, del pre- test. Comparación de enunciados de conocimiento y la identificación de evidencias y justificaciones.

Este cuadro que resume parte del proceso llevado a cabo por los estudiantes. En él se observa que se les facilita dar pruebas o evidencias del enunciado en su contexto, pero al enfrentarse a una justificación no poseen suficientes argumentos para sustentarla. Al realizar el comparativo de evidencias versus la justificación, ésta última es menor, y las evidencias que se presentan son datos u observaciones empíricas.

Todo lo anterior nos llevó, como investigadores, a realizar una retroalimentación con cada grupo de estudiantes para así plantear la secuencia didáctica en torno al desarrollo y fortalecimiento de la habilidad argumentativa que permitiera armar una

explicación para un fenómeno a partir del uso de justificaciones y predicciones de situaciones cotidianas y el desarrollo de la habilidad en la escritura argumentativa para las ciencias que incluyan pruebas y respalden enunciados teóricos.

4.2 Resultados Ciclo II

En cada curso de intervención se organizaron siete grupos de trabajo. Cada grupo está conformado por 3 y 5 integrantes, dependiendo de la organización interna de la asignatura y del contexto del Colegio. Los grupos de trabajo fueron escogidos por los estudiantes, quienes, al ser parte activa de la investigación, son conscientes del trabajo colaborativo entre ellos. Los docentes verificaron que estuvieran distribuidos de manera equilibrada en cuanto al número de integrantes por cada grupo.

Acorde a Bardin (1996) el análisis de resultados, en primera instancia, se hizo a través de presencia o ausencia de elementos, frecuencia, intensidad, dirección y orden y contenidos que al ir clasificando, y se enmarcan en el modelo argumentativo de Toulmin.

Para el desarrollo de análisis y transcripciones seguimos la siguiente convención:

Convención de transcripción.

Grupo n Experimento m F/Q

Así el código G3E4F corresponde al grupo 3, experimento 4, curso de física.

El código G6E2Q corresponde al grupo 6, experimento 2, curso de química.

Los resultados están expresados en las categorías que se mencionaron en el componente metodológico a partir de las categorías:

*Aserción con Datos

*Aserción con Garantía

*Aserción con Cualificador modal

*Aserción con Refutación

Para el ciclo II, al determinar las condiciones en las cuales se presentaron los argumentos en los distintos grupos se detectó que la habilidad para conectar su aserción con datos y garantía es muy pareja, aunque con un ligero aumento en la garantía; sin embargo, muy pocos grupos identificaron una refutación para la tesis planteada inicialmente, lo que se repite en la categoría de cualificadores modales, lo que implica que estas categorías ofrecieron más dificultad.

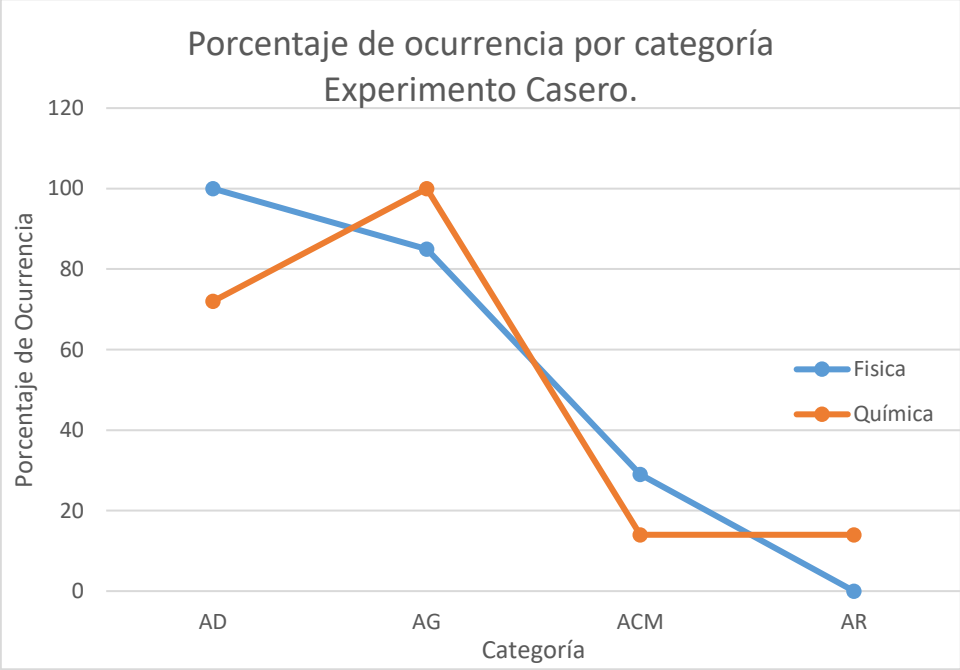


Figura 3. Porcentaje de ocurrencia por categorías, experimento casero, con convenciones.

Comparando la frecuencia en las que hacen presencia cada una de las categorías en los distintos grupos desde las dos asignaturas se evidencia que los datos y la garantía son estructuras fuertes y que los estudiantes manejan al momento de argumentar. Sin embargo, se presenta una baja aparición de cualificadores modales y refutación en las dos asignaturas, lo que implica que los estudiantes discriminan su conocimiento en términos de funcionalidad y no de teorías en las que se les pregunte acerca de la validez del conocimiento que manejan y de las condiciones de validez del mismo.

Categoría	Química	Física
Aserción con Datos	Acorde con el objetivo del experimento casero los estudiantes evidenciaron que podían integrar los datos dados por la docente y los expuestos por cada miembro del grupo. A excepción de un grupo, todos lograron plasmar en sus intervenciones esta categoría. A continuación, se muestra un ejemplo de la misma: G2A1Q: "utilizamos tres jeringas y cuatro huevos, utilizamos tres jeringas que son más prácticas que cinco porque se hubieran roto más huevos porque los cauchos con más jeringas ejercen más presión y hace que se rompan los huevos…". Se evidencia que los estudiantes explican que las jeringas y los cauchos son los materiales que se van a utilizar para crear el método de transporte e incluyen el factor de practicidad en términos de más o menos presión en el mecanismo.	Acorde a la descripción del primer experimento, el objetivo era el montaje de un diseño experimental que permitiera el transporte de un material delicado como un huevo. Asumimos que la presencia del prototipo corresponde a este tipo de conclusión concatenado con los datos. De esta manera cada uno de los grupos presentó a cabalidad la meta del proyecto.
Aserción con garantía	Todos los grupos lograron incluir la garantía y el respaldo dentro de su argumento para explicar por qué resulta apto el mecanismo que diseñaron. G7E1Q: "se puede transportar el huevo en esta parte (el estudiante señala la parte de arriba del mecanismo) que está	Cada uno de los grupos presenta este tipo de argumentación. Se evidencia de la siguiente manera, por ejemplo: G1E1F Líneas 16-18. "También deberían ir las jeringas de los lados, pero es que

	sujeta por los cauchos que ejercen presión un caucho tan pequeño no tiene tanta fuerza al unirlos hacen más fuerza y estirados aún más también se puede transportar desde las jeringas y cuando se espichan [sic] ejercen presión y se transporta. “ El grupo plantea su punto de vista en torno a incluir los cauchos como factor determinante en su mecanismo y en las líneas 39 y 40 del grupo G7E1Q asegura que por medio de la distribución que dieron de las jeringas y los cauchos, se pueden transportar los huevos por medio de la presión ejercida. Ellos evidencian dominio conceptual y logran concretar una conclusión.	iban las jeringas aquí y por estos lados (señala a los bordes del espacio de la maqueta) Incluso cuando frena el coche, entonces si se golpea contra una pared lo que hacía era como resistir el golpe y volver atrás.” Lo anterior está haciendo referencia al hecho de cuando un objeto está en movimiento, va a tener cierto comportamiento en particular, lo cual es una garantía adicionada al argumento. Otro ejemplo de este comportamiento se da con el grupo 3. G3E1F Líneas 107-110. “Es que como teníamos unos resortes que eran un poco más, como decirlo, fuertes, los colocamos en las esquinitas y los que eran más débiles los colocamos en el centro y los colocamos de manera intercalada para que abarcaran mayor espacio y distribuyera mejor la fuerza que se aplicaba.” Acá se da cuenta en que muestran la solución de un diseño experimental con la respectiva explicación de por qué hacen la elección. En el caso combinado de una aserción con garantía y respaldo, sólo se presentó en un grupo: G1E1F Líneas 63-66. “Uno ve la amortiguación de un camión monstruo no es un resortico de un, por ejemplo, una moto, sino que son

		muchísimo más grandes porque necesitan mucha más tensión pues soportan mucho más peso, entonces en cambio esto es para proteger, protección [sic] y no sirve si no es móvil." Hace referencia a hechos de la vida cotidiana (la garantía) y a observaciones de apoyo a estos hechos (el respaldo).
Aserción con cualificador modal	Esta categoría fue la menos presentada en la estructura de argumentación que los estudiantes plantearon para este experimento ya que solo fue evidenciada en un grupo: G6E2Q: "…se puede hacer por el otro extremo de la jeringa porque le entra aire y **entonces** cuando se entra el aire daña por eso una suspensión de un carro…" Los estudiantes utilizaron el cualificador modal "entonces" para dar su explicación.	Dentro de los grupos no es frecuente encontrar esta categoría. Sólo estuvo presente en los grupos 1 y 2. Un extracto lo tenemos en el grupo 1. G1E1F Líneas 52-54. "Pero entonces si es necesario se puede sacar aire y bajarlo. Igual sería bajar el espacio de tolerancia, si algo cae encima lo puede comprimir, al cerrar el espacio, bajando el aire entonces ya no se da para que se salga el objeto que este [sic] adentro." La presencia del "entonces" delimita la posibilidad de ocurrencia de la afirmación, lo cual muestra un cualificador modal.
Aserción con refutación	Al igual que la categoría anterior, esta también posee un bajo porcentaje dentro del grupo de estudiantes de décimo de química, debido a que solo un grupo utilizó la refutación como mecanismo para argumentar la tesis	En los datos analizados, no se encontraron situaciones donde estuviera presente la aserción con refutación.

	planteada al inicio del ejercicio. G6E1Q "… hidráulica si hay aire el sistema no funciona por la presión hidráulica debido a que un fluido está comprimido…" En el anterior ejemplo se evidencia esta categoría ya que los estudiantes exponen la presencia de aire como una limitación para que el sistema funcione e incluyen ejemplos de la vida cotidiana para justificar por qué ellos lo llenaron con agua.	

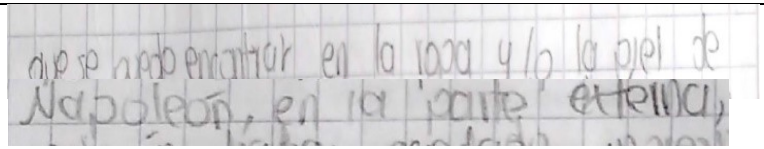
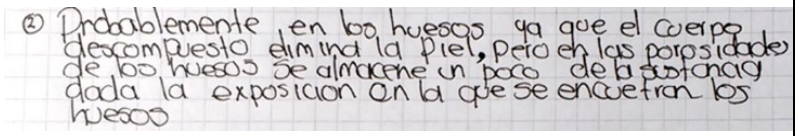
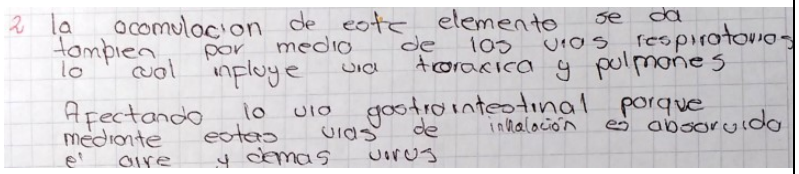
Tabla 4. Análisis comparativo experimento casero.

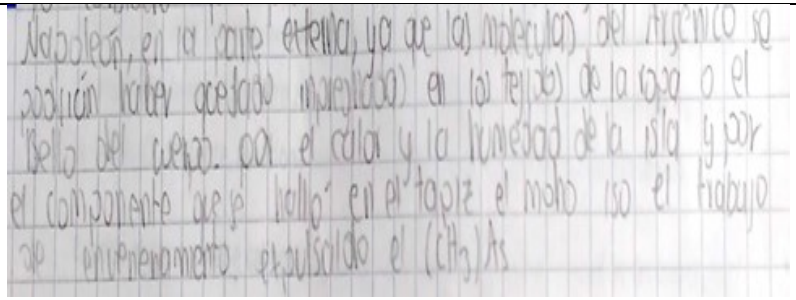
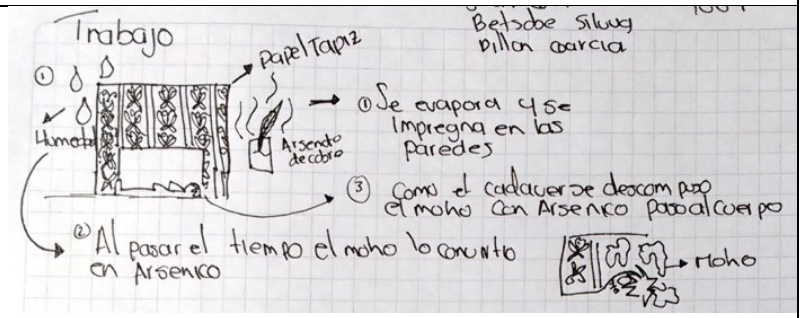
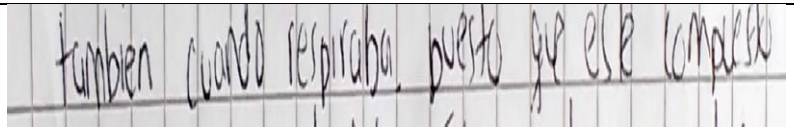
Analizando los datos adquiridos en el experimento casero, la aserción de tipo factual es la que más se presenta y la de menor aparición es la de tipo valorativo, en el caso de química. En física ocurre más la aserción de toma de decisiones, la de menor aparición corresponde nuevamente a la de tipo valorativo, lo que lleva a analizar que este tipo de experimentos en los cuales el estudiante debe realizar un montaje para explicar un concepto que no implica tomar decisiones en términos morales - en el que tengan que escoger si algo es “bueno” o “malo”- , los términos se incluyen de todas maneras al determinar qué es adecuado o no para cumplir el objetivo del montaje realizado.

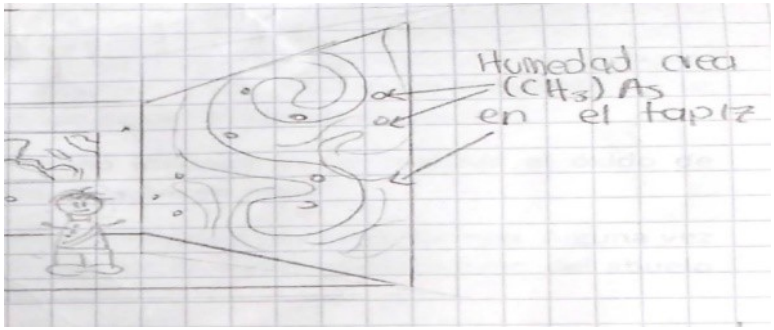
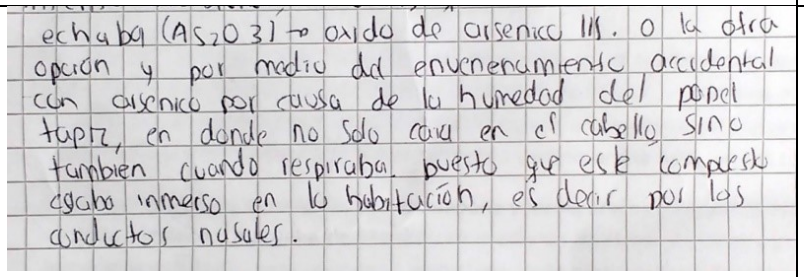
Al concluir este primer experimento y compartiendo la experiencia de nuestro primer acercamiento a una metodología diferente en nuestras clases, notamos que los estudiantes mejoraron su componente actitudinal e, incluso, aquellos estudiantes que preguntan muy poco evidenciaron un interés por manifestar sus inquietudes. Se llegó a la conclusión que cuando el docente interviene en la participación de los estudiantes estos se sienten más seguros para hablar y argumentan más que aquellos grupos en donde el docente no intervino.

Para la siguiente parte del ciclo, los estudiantes manifestaron que es importante que se retroalimenten las dudas de la otra asignatura para así completar las ideas que ellos deseaban plasmar, se ajustó el ciclo para que esta vez comparáramos si también en la parte escrita los estudiantes se ven influenciados por las intervenciones docentes y así mantienen la misma motivación.

Para finalizar este ciclo se aplicó el segundo experimento planteado en la secuencia didáctica. Esta vez, las categorías de aserción con datos y garantía se presentaron en un alto porcentaje, lo que refleja que este tipo de experimento, en el caso de química, favorece la argumentación, ya que los estudiantes defienden una afirmación que ha realizado e incluso algunos grupos lograron presentar una alternativa o una objeción para soportar la tesis planteada inicialmente.

Categoría	Química	Física
Aserción con Datos	 Figura 4. Aserción con Datos. G1E2Q. Segundo experimento. Se evidencia que es clara la tesis a defender debido a que especifican que la presencia de arsénico como factor de la muerte de Napoleón, se puede comprobar si hay rastros en la ropa o en la piel.	Las hay presentes en seis de los siete grupos, en formato gráfico. Por ejemplo, en el punto 2 de la actividad, al pedírsele a los estudiantes la explicación sobre evidencias de envenenamiento:  Figura 5. Exposición de G3E2F sobre evidencias de envenenamiento. En este fragmento se muestra la forma en que el grupo conecta las propiedades de los huesos con el hecho que se pueda almacenar las sustancias que hacen parte del veneno. En otro extracto de estas actividades tenemos:  Figura 6. G6E2F. Extracto sobre evidencias de envenenamiento. Así mismo hay una conexión de la presencia del arsénico con los efectos fisiológicos hallados en Napoleón.

Aserción con garantía	 Figura 7. Aserción con Garantía. G1E2Q. Segundo experimento. Los estudiantes explican que el arsénico pudo haber llegado a la ropa y la piel de Napoleón por medio de las moléculas que pudieron haber quedado impregnadas explicando así porque se puede encontrar en la ropa y en la piel.	 Figura 8. G3E2F. Extracto sobre evidencias de envenenamiento. En este extracto el grupo muestra una secuencia de cómo se desarrolla el proceso del paso del arsénico al papel tapiz. Se desarrolla con garantía al ilustrar con detenimiento las etapas que siguen.
Aserción con cualificador modal	 Figura 9. Aserción con Cualificador Modal. G5E2Q. Segundo experimento. Aunque sigue siendo una categoría de ocurrencia muy baja en un grupo de estudiantes, logró detectarse la utilización del cualificador <u>puesto que</u> para dar más	No se presentaron en los datos recogidos.

	peso a su argumento.  Figura 10. Aserción con Datos. G1E2Q. Segundo experimento. Esta imagen actúa como respaldo ya que ejemplifica las moléculas que contienen arsénico e incluye la humedad en la isla como factor que ayuda a que las moléculas se impregnen en el papel tapiz.	
Aserción con refutación	 Figura 11 Aserción con Refutación. G5E2Q. Segundo experimento. Dentro de su argumento los estudiantes plantean otra	No se presentaron en los datos recogidos.

	tesis en torno a la muerte de Napoleón que incluye otros factores como la contaminación del aire en la habitación por la presencia de un compuesto que tenía arsénico y por lo cual se aseguraría que no fue envenenamiento intencional.	

Tabla 5. Análisis comparativo experimento mental.

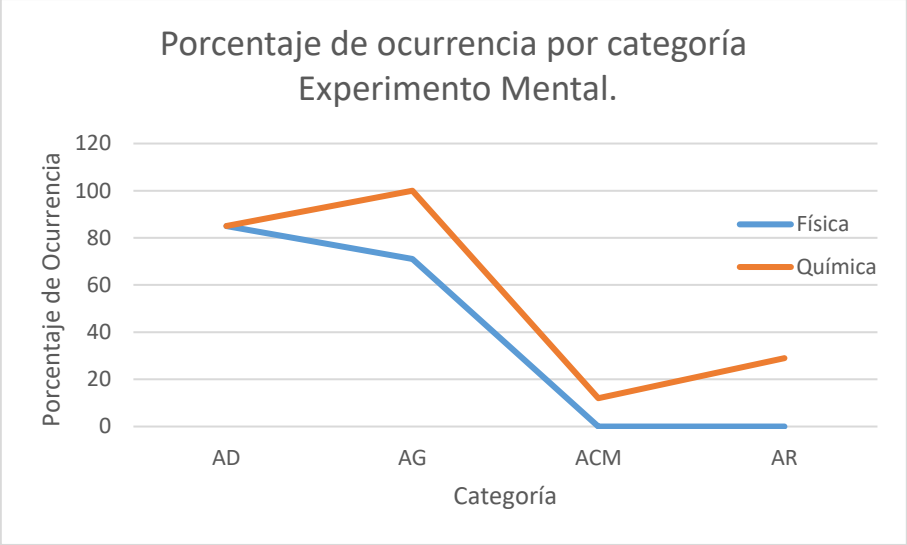


Figura 12. Porcentaje de ocurrencia por categorías, experimento mental.

Los resultados nuevamente arrojan que las categorías que más se repiten son las aserciones con datos y con garantía, al compararlo con el experimento casero se muestra que el experimento mental favorece la aparición de cualificadores y de argumentos de refutación, en el caso de química. Se visualiza igualmente que los estudiantes manejan mejor los datos en física al momento de realizar una justificación oral; y en la parte de química se evidencia que esto es más fuerte cuando se requiere plasmar el comportamiento de una sustancia.

Tanto en química como en física las aserciones factuales y causales fueron las que más se presentaron. En química la de menor frecuencia fue la aserción política y en física fue la valorativa. Este tipo de experimentos en el que el estudiante sigue principios científicos favorece el desarrollo de secuencias causa-efecto a partir de una situación o condiciones iniciales relacionándolos con los fenómenos que interactúan en las mismas sin importar la disciplina en la que se aplique dicho experimento.

Se confirmó que, a pesar de ser un tipo de experimento que no requiere materiales, los estudiantes continuaron con la motivación y se les facilita más dar argumentos de forma escrita que de forma oral, se evidenció que el papel del docente en ambas asignaturas no influyó de forma directa y que las intervenciones se limitaron a contestar preguntas en vez de formularlas como en el experimento

casero. Los experimentos posteriores se ajustaron para incidir la aparición de la aserción con cualificador modal y aserción con refutación ya que se evidenció que sí es posible su aparición pero que ésta no es muy constante en la argumentación que presentan los estudiantes.

En el cierre de este ciclo observamos las componentes aserción-datos y aserción-garantía presentes en alto porcentaje en las participaciones y argumentos de los estudiantes de ambas asignaturas. Ellos mostraron interés en la forma en la cual se abordaron conceptos básicos para la aprehensión y posterior aplicación de las leyes de los gases. Cuando los alumnos están involucrados en la dinámica de la investigación, se logra detectar en sus acciones que se motivan a integrar la física y la química en un solo ámbito, sin temor a generar hipótesis sesgadas por una sola asignatura.

Desde nuestra práctica al cerrar este ciclo reconocimos una nueva dinámica de trabajo en el cual nuestro papel se torna fundamental mas no central, nuestro rol se convierte en uno de orientación de la participación y aprendizaje de los estudiantes que, al ser conscientes de su autoformación, se vinculan más en el desarrollo de las prácticas experimentales.

4.3 Resultados Ciclo III

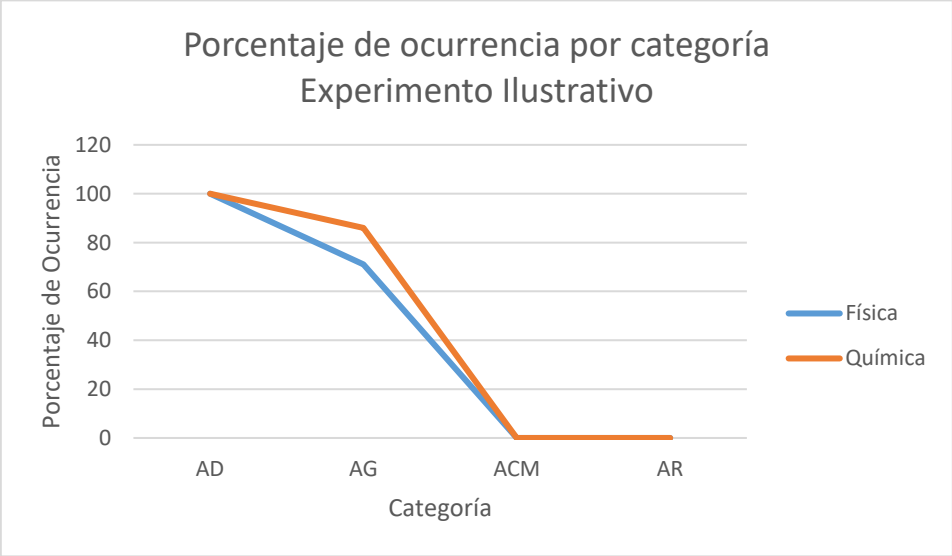
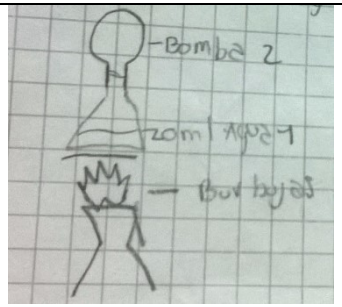
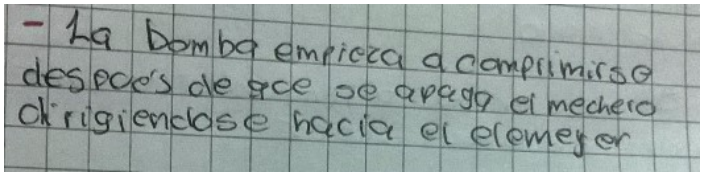
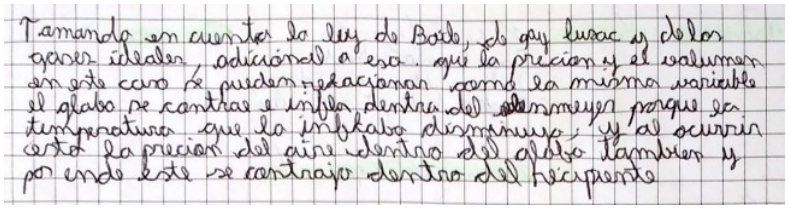


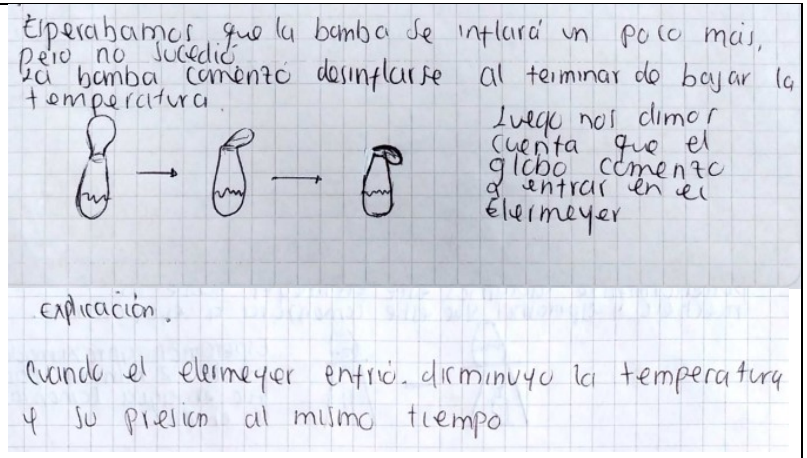
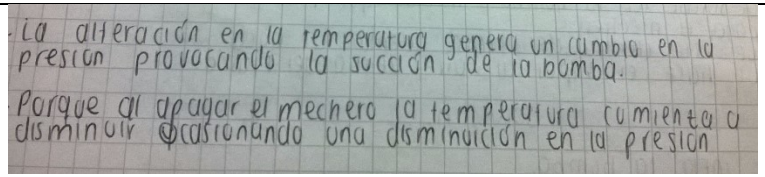
Figura 13. Porcentaje de ocurrencia por categorías. Experimento ilustrativo.

En el tercer experimento se presenta que todos los grupos logran relacionar una aserción con los datos, tanto en física, como en química; se confirma la fortaleza en ésta y en la categoría de aserción con garantía, determinando que la naturaleza del experimento no afecta tanto la aserción con datos como la aserción con garantía como las categorías que más predominan en el esquema de argumentación que presentan los estudiantes de grado décimo estudiados.

Aunque en la gran mayoría los argumentos plasmados por los estudiantes muestra un uso de la combinación de conclusión acompañada de justificación y garantía, haciendo referencia a la ley de Gay-Lussac, en ambas asignaturas encontramos un punto en común para que no hubiera un 100% de argumentación con garantía, y es la necesidad de que el estudiante se involucre activamente en el desarrollo del experimento, ya que al ser de tipo ilustrativo algunos estudiantes aceptan de manera inequívoca la ley o principio y pierden el sentido de la garantía que, en términos de Toulmin (2003), debe ser incidental y explicativa. Las aserciones de tipo causal y factual coinciden, y la que menos coincidió ocurrió en la asignatura de química, y fue la de aserción política. En física, la de menor frecuencia fue la valorativa, lo que ratifica lo anteriormente dicho en los experimentos casero y mental.

Desde nuestra reflexión como docentes, y a partir de lo dialogado con los estudiantes de ambas asignaturas, concluimos que este tipo de experimentos son necesarios en nuestra práctica, ya que para los estudiantes es innovador que una "práctica de laboratorio" no se le dé una orientación de tipo 'paso a paso', sino que los estudiantes se vean en la necesidad de estar pendientes del proceso, para lograr entender qué ley justifica el comportamiento del fenómeno estudiado. Como docentes observamos y deducimos que esto favorece el desarrollo de la habilidad argumentativa porque intercambian ideas con otros grupos, y el docente se convierte en un mediador entre ellos y el conocimiento científico.

Categoría	Química	Física
Aserción con Datos	 Figura 14.Aserción con Datos. G1E3Q. Tercer experimento. Este dato muestra cómo a partir de una imagen se pueden recoger los factores que apoyan la tesis planteada de forma implícita con las leyes de los gases. Nótese que los estudiantes incluyen el volumen como un dato importante y asumen que la aparición de burbujas se debe a la presencia de fuego, es decir, al aumento de la temperatura.  Figura 15.Aserción con Datos. G4E3Q. Tercer experimento. Esta es otra forma de representar los datos, esta vez el estudiante diseña un párrafo con los factores que	Está presente en todos los grupos. Un ejemplo de ello se puede ver en la intervención del grupo 1:  Figura 16. G1E3F. Descripción de aserción con datos. Los estudiantes hacen referencia a las leyes de gases ideales (Gay-Lussac) para explicar el fenómeno ocurrido. Asimismo hay presencia de una aserción de tipo causal, ya que están conectando secuencias de causa efecto. Cuando los estudiantes están observando el experimento, ellos están conectando los hechos observados con las teorías conocidas. Otro ejemplo se da en el grupo 6,

	notó en el laboratorio evidenciando esta vez que, al bajar la temperatura (apagar el mechero), el globo empieza a comprimirse, es decir, a bajar su volumen.	 Figura 17. G7E3F. Descripción de la observación y explicación del experimento descriptivo por parte del grupo. En este caso aparte de la elaboración de la descripción de que ocurre, hace referencia al enunciado de la Ley de Charles.
Aserción con garantía	 Figura 18. Aserción con Garantía. G6E3Q. Tercer experimento. Esta garantía es aplicable al caso particular trabajado en el laboratorio, este grupo apoya su tesis no solo en las variables de temperatura y volumen	Un ejemplo de ello se muestra en el grupo 3, donde usan también la conclusión (la disminución de volumen) con <u>su justificación y garantía.</u> “Este proceso se da gracias a que la temperatura es proporcional al volumen. En consecuencia, de esto, [sic] a menor temperatura, menor volumen. Por esto cuando se apaga el fuego se pierde así mismo la temperatura por eso el globo se desinfla lentamente. Se reduce el espacio entre

	sino que expresa el respaldo para las garantías en forma de enunciados categóricos donde la presión influye en el comportamiento del globo y por ello este es succionado por el Erlenmeyer.	partículas dentro del globo y pasan al recipiente". En este sentido, los estudiantes muestran comprensión de la teoría al usarla como justificación y observar de primera fuente el fenómeno que disminución de volumen con la temperatura.
Aserción con cualificador modal	No está presente en los datos	No está presente en los datos
Aserción con refutación	No está presente en los datos	No está presente en los datos

Tabla 6. Análisis experimento ilustrativo.

Al retroalimentar los resultados del experimento ilustrativo, se aplicó en esta última parte del ciclo el experimento de tipo demostrativo, en el cual se logró un aumento en la categoría de aserción con refutación. Sin embargo, la categoría de aserción con cualificadores modales ocurre con muy poca frecuencia. Al retroalimentar este último ciclo los estudiantes se involucran no sólo en las actividades experimentales los componentes argumentativos, sino también involucran en la discusión el efecto de las acciones desarrolladas en el ciclo, dando un papel más relevante a aquellas ideas que manifiestan una contraposición o un razonamiento crítico en torno a su aprendizaje.

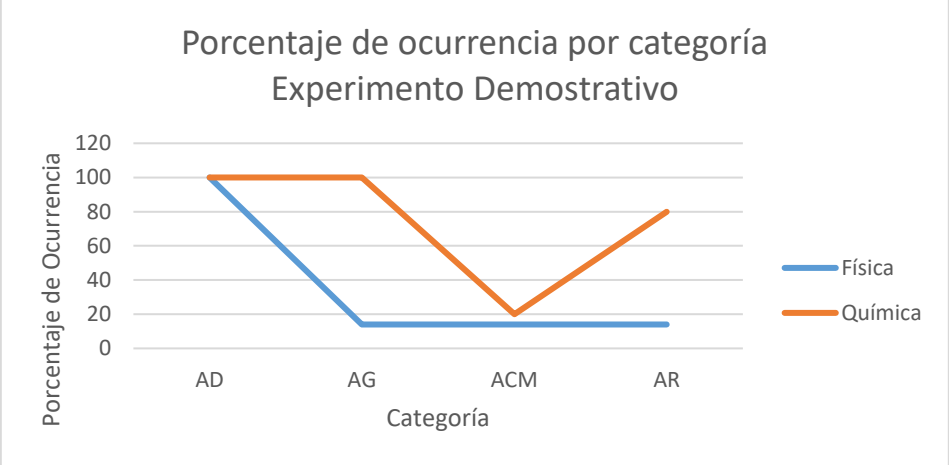


Figura 19. Porcentaje de ocurrencia por categorías. Experimento demostrativo.

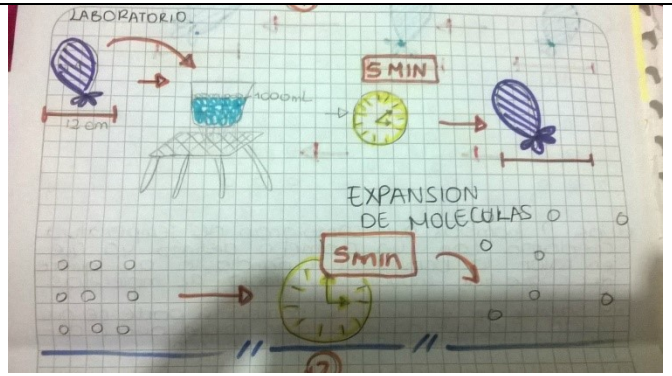
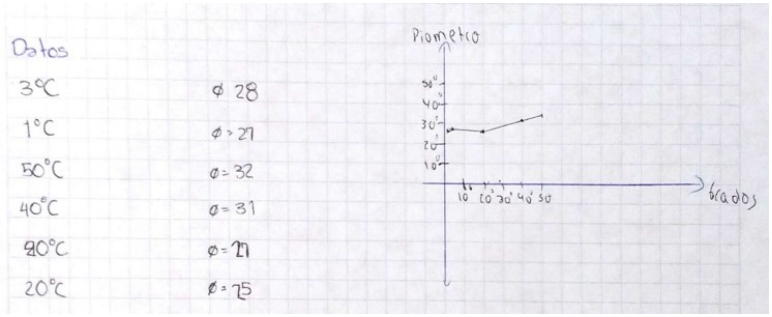
Se planteó este experimento con el objetivo de que la situación inicial, la temperatura ambiente, generara un entorno donde se evidenciara la refutación y los cualificadores modales, ya que eran las categorías más bajas al analizar el esquema.

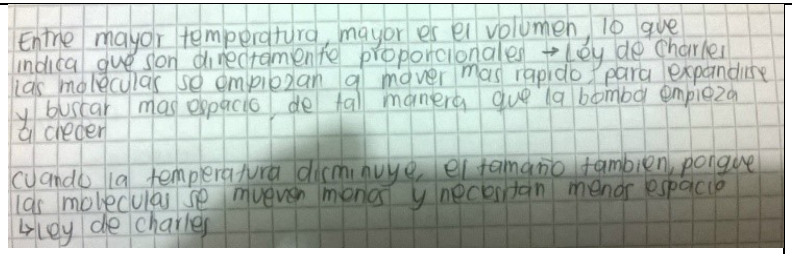
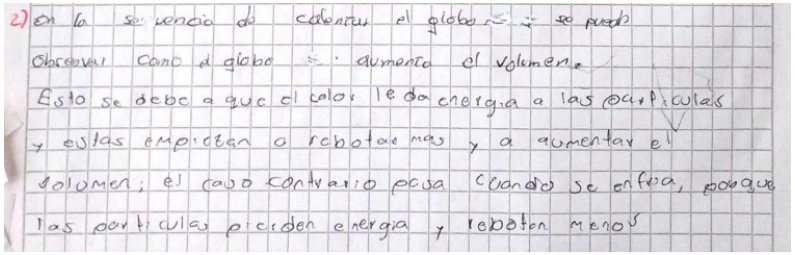
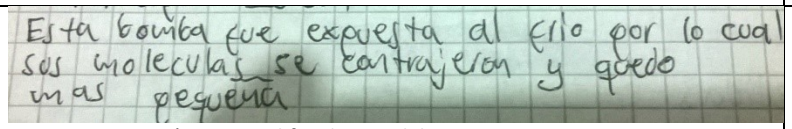
Al realizar el análisis de los resultados en este experimento se refleja que tenemos una mayor discrepancia comparado con los tres anteriores. En cuanto a la categoría de cualificadores modales ésta siguió manteniendo su baja aparición en las dos asignaturas, pero al enfocarnos en la categoría de Aserción-Refutación se puede decir que en química se logró el objetivo de aumentarla, lo que indica que experimentos de ese tipo desarrollan una visión distinta de la química en torno al

comportamiento molecular del átomo. La aserción que más se presentó fue la de tipo definitoria, y la que menos ocurrió fue la de tipo valorativo.

En física, por el contrario, la categoría de Aserción - Refutación solo se dio en un grupo, manteniendo la tendencia de las experiencias anteriores, lo que indica que el experimento demostrativo no motiva a la comprensión de las variables involucradas en los modelos macro a diferencia de los modelos micro que se contemplan en química. La aserción que se presenta con más frecuencia es la de tipo factual, y la de menor frecuencia, es la valorativa.

Desde la práctica docente pudo verse que este fue uno de los ciclos más satisfactorios, debido a que los estudiantes involucraron conceptos de las dos asignaturas y cada docente lo enriqueció a partir de sus saberes propios sin que esto obligara, como se presenta en muchas otras ocasiones, a que el estudiante dejara de lado lo aprendido en otra asignatura y solo se quedara, así fuera momentáneamente, con el concepto y la idea que se le estaba dando en esos momentos. Se ajustó la fase final para favorecer este aspecto de forma que el estudiante incluyera en su contexto educativo la adaptación de conceptos científicos presentes en el entorno cotidiano.

Categoría	Química	Física
Aserción con Datos	 Figura 20. Aserción con Datos. G5E4Q. Cuarto experimento. Este grupo de estudiantes ofrecen los datos o la información en que se basa la tesis presentando un conjunto determinado de imágenes que les servirá para plantear su conclusión. En este experimento los estudiantes al generar una afirmación son capaces de apoyarla y de probarla demostrando que estaba justificada la tesis propuesta; en este ejemplo la situación se da por medio de la representación del comportamiento de las moléculas al trascurrir el tiempo una vez el gas tiene contacto con el aumento y/o la disminución de la temperatura.	En todos los grupos se presenta la aserción con datos para el análisis presente, en donde haya representación gráfica o escrita de la elaboración del experimento propuesto. Un ejemplo de ello lo tenemos en el grupo 6, en donde el grupo presenta en forma de tabla y gráfica la relación del volumen (diámetro de un globo) en relación a la temperatura en la cual está inmerso el globo. Acá se evidencia una adecuada representación de la información, la cual se puede incluir en las conclusiones.  Figura 21. G6E4F. Representación de los datos tomados del experimento 4.

Aserción con garantía	 Figura 22. Aserción con Garantía. G2E4Q. Cuarto experimento. Este ejemplo actúa como aserción con garantía ya que refuerza la base sobre la que han elaborado su argumento con leyes y la comprensión del comportamiento de los gases expuesta en la ley de Charles y la influencia de la temperatura.	Se evidencia en algunos grupos, en la conexión de las observaciones y la cita a otras consecuencias y efectos de lo observado en el experimento.  Figura 23. G1E4F. Presentación de un ejemplo de la garantía.
Aserción con cualificador modal	 Figura 24. Aserción con Cualificador Modal. G7E4Q. Cuarto experimento. La aparición de las palabras "**por lo cual**" en el contexto ejemplificado, y como respuesta a un fenómeno presentado, se da la categoría de aserción con cualificador modal y así adquiere más peso el argumento.	Se observa que los estudiantes tienen que mostrar cuándo está ocurriendo determinada situación, y cuándo no. En este caso, aparece el conector "por ende" como criterio y ejemplo.

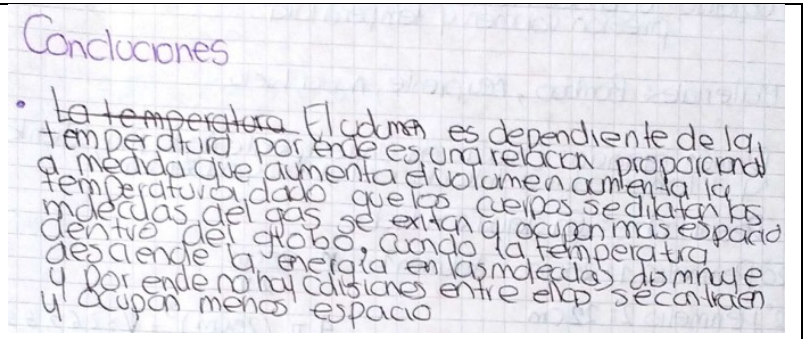
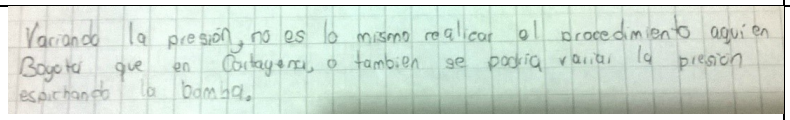
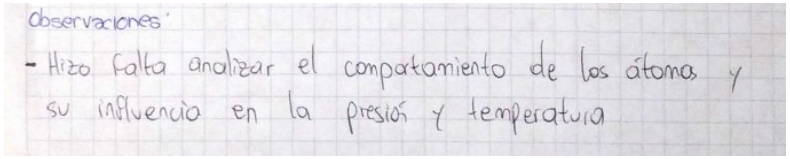
		 Figura 25. G3E4F. Ejemplo de cualificador modal experimento 4.
Aserción con refutación	 Figura 26. Aserción con Refutación. G1E4Q. Cuarto experimento. La inclusión de la presión dentro de un contexto particular como lo son las ciudades mencionadas hace que se dé una contra-afirmación del argumento que se plantearon todos los grupos, en el cual la temperatura siempre es directa al volumen del gas, planteando así una distinción entre datos y garantías que distingue claramente algunas situaciones en donde las leyes enunciadas en la garantía no se aplicarían.	Se ha presentado en el grupo 8, donde se presentan los datos y la refutación, y se vislumbra la opción que puede dar pie a describir otra circunstancia con otro resultado distinto al esperado.  Figura 27. G8E4F. Revisión de la refutación al considerar otras opciones.

Tabla 7. Análisis de resultados experimento demostrativo.

4.4 Resultados Ciclo IV

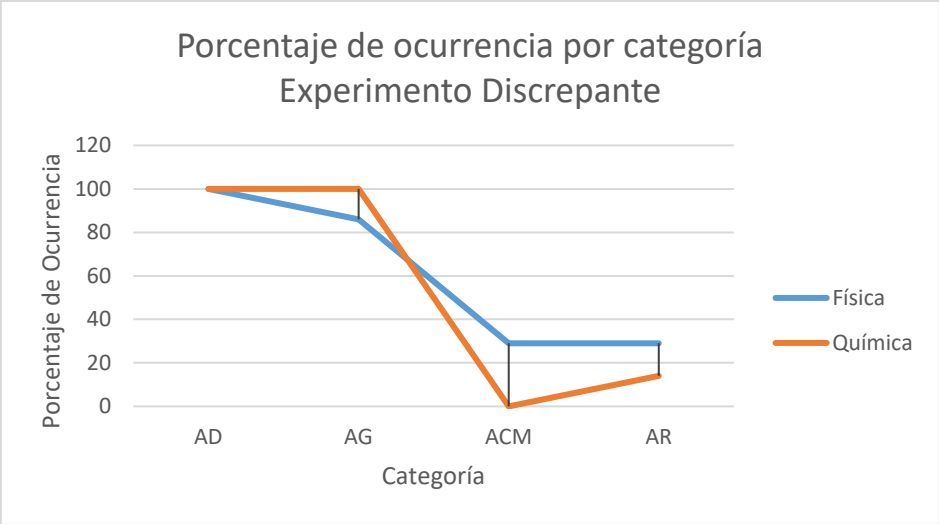


Figura 28. Porcentaje de ocurrencia de experimento discrepante.

Por un lado, en química, la categoría que más ocurrió fue la de aserción factual, y, la que menos, la de aserción valorativa. Por otro lado, en física, la categoría que más se presentó fue la de tipo causal, y, la de menor frecuencia, fue la de toma de decisiones.

Hay una distribución aceptable en el modelo de Toulmin al presentar la aserción tanto con datos como con garantía. Se continúa teniendo la misma tendencia de poca presencia de las categorías de aserción con refutación y aserción con cualificador modal, tanto en el inicio como en el final de la aplicación de la secuencia didáctica.

El experimento discrepante - al mostrar un resultado contra intuitivo - da una respuesta a la poca ocurrencia de la categoría de Aserción - Refutación, ya que es probable que éste no tenga una aceptabilidad general según la teoría de Toulmin. Esta menciona que al poner en duda un enunciado propio, uno no puede elaborar refutaciones al respecto porque las garantías planteadas carecen de fuerza y ponen en duda una serie completa del argumento.

Categoría	Química	Física
Aserción con Datos	“pienso que al soltar los globos el aire del más pequeño se pasa la del grande y sale por ahí...” “..cuando se presiona el globo existe más presión y cuando se expande la presión disminuye” Entre las líneas 10 a 16 se encuentran estos apartes del grupo G1E5Q en donde los estudiantes al inicio manifiestan, con toda seguridad, que el resultado del experimento es que el aire pasa del globo más pequeño al más grande, después, al ver que el resultado fue opuesto, intentan plantear una nueva tesis que soporte los datos arrojados sin importar la tesis plantada al inicio, debido a que intentan sustentar su argumento en la parte experimental.	Todos los grupos desarrollaron la actividad propuesta y por lo tanto el grupo responde a la elaboración en el esquema de Toulmin de obtener los datos iniciales de trabajo.
Aserción con garantía	“al comprimir el aire del globo pequeño la presión del globo grande hace que el aire retorne” G5E5Q. Líneas 51 - 52. Esta idea muestra el hecho que los estudiantes soportan su tesis en variables que expliquen el fenómeno, se refugian en comprobar (modificando la presión del globo pequeño), la tesis que plantearon	En la mayoría de grupos se presenta este tipo de argumentación. Por ejemplo, en G1E5F líneas 31-39: "P. Listo las igualaron ahí? ¿Y entonces? E3. Se está desinflando la morada otra vez. E4. Profe, ¿cómo es posible que, al devolver el aire, se vuelva a contraer el mismo globo azul? El aire sí pasa, ¿pero por qué se devuelve?

	después ya que intuitivamente al inicio del experimento plantearon una tesis errada demostrando que, como Toulmin asegura, las garantías también pueden llegar a ser declaraciones explícitas de un hecho.	P. Uhm. E4. Yo sé que se devuelve, pero porque la acción es como si absorbiera el aire P. Bueno, eso es una muy buena pregunta. E4. Al sacar el aire, el efecto de compresión para que se devolviera no pasa, sino que se queda allá. En cambio, con el azul si no pasa lo reabsorbe." Se desarrolla, por parte de los estudiantes, el uso de las observaciones del experimento y se presenta una discusión orientada por el maestro en donde se recurre a las propiedades asignadas al aire para dar cuenta del fenómeno.
Aserción con cualificador modal	No se presentó.	Tiene poca presencia en los grupos de trabajo -2 de los 7 grupos-. La característica corresponde al uso de conectores en la explicación del fenómeno. Por ejemplo, para el grupo 1, en la transcripción de las líneas 11 a 21. "P. Listo chicos. Comenzando acá, ¿cuál es la predicción de ustedes? E2. Yo creo que el azul se va a explotar. P. Bueno, es posible.

		E4. O sea que es más fácil inflar el azul (el grande). -resultado contra intuitivo, sonrisa de los estudiantes al ver el resultado-. E2. Y ahí que. E5. Y Ahora espiche[sic] la azul-. ¿No puede espichar [sic] el un poquito? E3. No. E1. Si lo espicha se totea [sic]. E2. . No, mire, mire… se está inflando la morada (pequeña). E3. No, no sale. Se muestra una secuencia de razonamiento con la respectiva observación del estudiante E2: "No mire, mire…". Esto estaría indicando la presencia del cualificador modal.
Aserción con refutación	"Si modificamos el experimento y lo ponemos vertical el aire será el mismo dentro del sistema así se genere un cambio de dirección a presión, pasa lo mismo, lo único sería que se suelte el aire en la bomba pequeña a presión." G1E5Q. Líneas 60 - 62.	Tiene poca presencia en los grupos de trabajo -1 de 7-. En este caso se da cuando un estudiante del grupo 1 describe: "eso se daría -hablando de la igualación del tamaño de las bombas- siempre y cuando las dos bombas tengan el

	La refutación en este tipo de experimento se genera para validar la primera tesis planteada y así demostrar que no es del todo errada, en este caso se proponen la presión como un factor que le daría "lógica" y lograría que se inflara el globo más grande y no el pequeño como sucede realmente en la práctica.	mismo material que las comprima."

Tabla 8. Análisis experimento discrepante.

Analizando los resultados globales se observa que, tanto desde física como desde química, en los grupos de trabajo la categoría de análisis que mayor porcentaje de ocurrencia presentó fue la aserción con datos. Dentro de la misma, en química, la que más se repitió fue la de tipo factual, y la que menos se presentó fue la de tipo valorativo. Revisando los resultados en física, la categoría que más estuvo presente fue la de tipo de toma de decisiones y, nuevamente, la que menos se presentó fue la de tipo valorativo. Esta situación refleja que los estudiantes de grado décimo en ciencias no están acostumbrados a tomar una postura de tipo "buena o mala" respecto a las observaciones experimentales, debido a la visión sesgada de la ciencia que se maneja en la escuela y que, de acuerdo con autores como Sanmartí (2002) "lo que dice el libro de texto (y lo que dice el profesorado) es una "verdad" indiscutible, que hay que saber repetir tal cual" (p. 39).

Al finalizar la secuencia didáctica se aplicó el post - test que mantiene la estructura del pre - test y se evidencia en los dos grupos que independiente del maestro que esté orientando, los estudiantes al contestar indagan más cada ítem del cuestionario comparado con la reacción tomada ante la aplicación que se realizó del pre - test.

Al finalizar la secuencia por parte de los docentes se notó un interés por involucrarse en la dinámica de la investigación recordando que al no estar en el mismo colegio se debió recurrir al docente de química y al docente de física que no hacían parte de nuestro trabajo, pero que, al notar el resultado obtenido con los estudiantes a nivel actitudinal, quisieron aportar a las dinámicas que se fueron presentando en las mismas, lo que evidencia que la interdisciplinariedad requiere no solo del interés docentes sino también del trabajo de los estudiantes como eje fundamental para que se mantenga.

Para cerrar este ciclo y así mismo la secuencia didáctica se aplicó el post- test, y arrojó los siguientes resultados:

	Química	Física
	Post- test	Post- test
1	90,9	100
2	60,6	90,32
3	54,54	70,96

Tabla 9. Resultados del pos- test, en química y física.

IDEA (ENUNCIADO DE CONOCIMIENTO)	PRUEBAS O EVIDENCIAS (OBSERVACIONES, HECHOS, EXPERIMENTOS)	JUSTIFICACIONES
Los gases y líquidos se adaptan a la forma del recipiente que los contiene	"Globo o jarra se le introduce un gas o agua y mantiene la forma" "En el caso de los líquidos cuando se echa agua en un recipiente este toma la forma del recipiente" "Una pipeta de oxígeno" "Un vaso contiene aire" "Volumen en un cilindro" "Un globo lleno de aire" "Cuando introducimos un recipiente en agua de mar y se llena de agua"	"Gas: al pasar a un recipiente este se adapta pues se comprime o se expande. Líquido: sus moléculas se forman según su recipiente" "Cómo sus moléculas están separadas pueden llegar a adaptar distintas formas en las que se encuentren [sic]" "Los gases por sus partículas tan dispersas" "Las moléculas de gas son muy dispersas y ocupan todo el espacio" "Porque el gas se expande y se contiene en un recipiente con una forma" "Se puede evidenciar que las moléculas de aire se expanden por el globo"

Tabla 10. Fragmento prueba 4, post- test. Pruebas y justificaciones sobre resultados.

En la prueba 4, las evidencias sobre los enunciados de conocimiento aumentan su cantidad respecto al pre- test aplicado antes de la intervención. Se visualiza que las justificaciones adquieren un sustento más teórico y corresponden a una apropiación de los conceptos y leyes de los gases.

4.5 Análisis Comparativo de Resultados

Pre y post- test de química y física

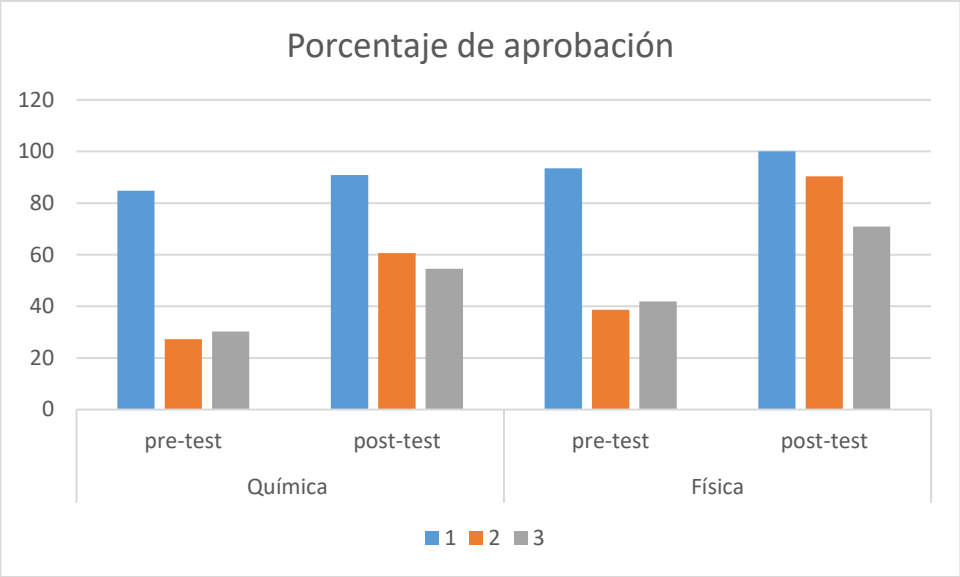


Figura 29. Comparación resultados pre - test y post- test.

La gráfica anterior está dada por los tipos de prueba aplicadas en el pre- test y el post- test, recordando así que la pregunta uno corresponde a la prueba que plantea escoger una conclusión basada en datos; y la segunda, construir una explicación a partir de datos. En cuanto a la tercera, implica elegir una predicción determinada y su justificación. Se evidencia entonces que al inicio de la investigación los estudiantes, en su gran mayoría, logran argumentar a partir de la información presentada en las tablas.

Por tanto, se puede inferir que, de los resultados en la prueba dos del pre- test, que los estudiantes logran hacer conclusiones a partir de datos numéricos, pero posteriormente no logran concluir, se les dificulta expresar tal conclusión, y se evidencia la dificultad al fallar al intentar conectar sus ideas para expresarlas lógicamente. Esto se comprueba con los resultados de la prueba número tres, en donde los estudiantes tienen que dar una justificación y en la que se presenta que, la gran mayoría, tanto en física como en química, no articulan la predicción con la justificación correspondiente.

En cuanto al post- test, se observa un aumento en el porcentaje de todas las respuestas que éste evaluaba, lo cual evidencia que la secuencia didáctica incide positivamente. La secuencia aportó en la conexión entre los datos con sus conclusiones, mostrando que el estudiante puede enlazar el conocimiento con las teorías estudiadas y comprendidas. Lo que se muestra más claramente en la prueba 4, al identificar pruebas y justificarlas, es que el pre- test arroja que en su gran medida no completaron la tabla debido a que el conocimiento básico no lo integran con su contexto. En el post- test se muestra que, a pesar que se dan las mismas evidencias, su justificación ya se soporta en leyes y teorías vistas en clase, que, aunque en algunos casos no son explícitas, se evidencia su manejo.

En lo que concierne a los resultados, al comparar el pre- test y el post- test de ambas asignaturas de la prueba 4, se puede inferir que las pruebas y justificaciones sobre enunciados arrojan que, en el caso del pre- test, los enunciados 3 y 6 evidencian la dificultad que presentan los estudiantes al tener que defender una ley a través de la aportación de pruebas para apoyar los enunciados propuestos. De igual manera, en su gran mayoría las pruebas presentadas dan cuenta de las propiedades de los gases, es decir, aportan observaciones, hechos, experimentos de su vida cotidiana, pero les es difícil justificarlas teóricamente y desde allí dar prueba de ello.

En el post- test se evidenció, sobre todo, un aumento en el aspecto de dar una prueba o evidencia en la última fila, esto debido a que ningún estudiante dejó en blanco las casillas asignadas para este tipo de respuesta. Es importante resaltar que los estudiantes dieron respuestas tanto de tipo experimental y como teóricas, e incluso en el ítem que enunciaba que "*en un gas la presión y el volumen están relacionados inversamente solo si la temperatura permanece constante*", que fue el más bajo en el pre- test, los estudiantes en el post- test aportaron pruebas de las experiencias de la secuencia didáctica y nombraron leyes con aspectos particulares que justificaban el hecho u observación enunciados por ellos.

5 CONCLUSIONES

- El trabajo experimental a nivel grupal permitió que los estudiantes, al discutir sus ideas, encontraran alternativas y realizaran afirmaciones que dieron paso al análisis de sus experiencias acorde al modelo argumentativo de Toulmin.

- Por medio de la diferenciación de los tipos de experimentos y, específicamente, con el desarrollo de las actividades, se enseñó a los estudiantes a identificar datos y al uso de los mismos para apoyar sus decisiones o tesis. En términos generales los estudiantes tienen facilidad para elaborar conexiones entre datos y garantía, y se evidencia que los estudiantes tienen dificultad a la hora de realizarlas con el respaldo de cualificadores modales.

- La alta presencia de la garantía y la aserción con datos en cada uno de los experimentos aplicados son evidencia de que los estudiantes han avanzado en el desarrollo de la habilidad argumentativa, ya que establecen una relación entre datos y conclusiones, y evalúan enunciados teóricos. Esto también se observa al realizar la comparación de los resultados del pre- y post- test, en especial en la actividad 4.

- El experimento casero favorece el proceso argumentativo desde la asignatura de física, lo mismo se podría decir del experimento mental desde la postura en la asignatura de química, debido a que, por la naturaleza de cada asignatura, el experimento casero aporta manejo sobre la construcción del montaje y las variables involucradas y el experimento mental permite la extrapolación de consecuencias de teorías conocidas.

- La aplicación de la propuesta permite incidir en la observación de los cualificadores modales aclarando que la baja aparición no significa que no se esté dando la argumentación, o que no sean necesarios dentro del esquema, sólo que, al trabajar en ellos, estos pueden llegar a proporcionar fuerza a la garantía y el contenido factual del respaldo, por lo cual se recomienda en futuras investigaciones en torno a argumentación desarrollar estrategias que fortalezcan la aparición de esta categoría.

- El planteamiento de la estrategia didáctica y, específicamente, con el desarrollo de los diferentes tipos de experimentos, los estudiantes adquirieron facilidad para identificar datos, darle uso a los mismos y darle garantía a las diferentes tesis que surgían en la interacción con sus pares, para luego apoyar sus decisiones y justificaciones, trabajo que garantiza en gran medida la construcción de textos argumentativos.

- Es posible diseñar y adaptar prácticas experimentales que potencializan el desarrollo de la competencia argumentativa y que favorecen, en gran medida, que el estudiante relacione su experiencia cotidiana con el conocimiento científico, obteniendo así material de apoyo para la práctica docente en torno a un trabajo de aula colaborativo.

- Se puede lograr un trabajo interdisciplinar entre docentes siempre y cuando los mismos realicen un trabajo abierto, proactivo, que incluya el diálogo a partir del conocimiento desde la práctica educativa particular y que beneficia a los estudiantes porque no se fragmenta el saber y se logran integrar teorías sin encasillarlas en una disciplina puntual.

- Al caracterizar y comparar los procesos de argumentación generados durante la aplicación de la secuencia didáctica, encontramos que las falencias y fortalezas son similares cuando se integran disciplinas con un objetivo en común. Al momento de analizar los tipos de aserción se encuentra que la

dominante es la factual y la que menos se presenta es la valorativa en ambos casos, permitiendo así unificar criterios para fortalecer el proceso argumentativo durante los momentos de retroalimentación en los ciclos de I-A.

BIBLIOGRAFÍA

Aguiar, E. (2011). El aprendizaje práctico de la química y el uso de los signos de Tolman y Vygotsky. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias, 8*(3), 282-290.

Andoni, G. (2009). Argumentación en una nueva asignatura: Ciencia y Sociedad. *Educación Química*, 98 - 101.

Archila, P. A. (2012). La investigación en argumentación y sus implicaciones en la formación inicial de profesores de ciencias. *Revista eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias, 9*(3), 361-375.

Bardin, L. (1996). *El análisis de contenido* (2 ed.). Madrid: Akal.

BBC Mundo. (13 de febrero de 2015). *BBC MUndo Ciencia.* Recuperado el 14 de julio de 2015, de Resuelven el misterio de por qué explotan las palomitas de maíz: http://www.bbc.com/mundo/noticias/2015/02/150212_palomitas_maiz_explosion_lp

Blanco, P., & Díaz de Bustamante, J. (2014). Argumentación y uso de pruebas: realización de inferencias sobre una secuencia de icnitas. *Enseñanza de las ciencias*, 35-52.

Caamaño, A. (1992). Los trabajos prácticos en ciencias experimentales: Una reflexión sobre sus objetivos y una propuesta para su diversificación. *Aula de Innovación Educativa 9*.

Castañeda Londoño, H. A. (2012). *Diseño de manual experimental de física, empleando materiales cotidianos.* Bogotá. Obtenido de http://www.bdigital.unal.edu.co/9101/1/8410502.2012.pdf

Castiblanco, O. L. (2013). Uma estruturação para o ensino de didática da física na formação inicial de professores: contribuições da pesquisa na área. *Tesis Doctoral*. Bauru: Universidade Estadual Paulista.

Castiblanco, O. L., & Nardi, R. (2015). Analysis of Typologies of Experiments for Teaching Didactics of Physics: a case study. *International Conference on Physics Education ICPE 2015.* Beijing. Recuperado el 19 de Enero de 2017, de https://www.researchgate.net/publication/281797586_ANALYSIS_OF_TYPOLOGIES_OF_EXPERIMENTS_FOR_TEACHING_DIDACTICS_OF_PHYSICS_A_CASE_STUDY

Castiblanco, O. L., & Vizcaíno, D. F. (2008). La experiencia del laboratorio en la enseñanza de la física. *Revista Educación en Ingeniería*, 68-74.

Crumb, G. H. (1965). Understanding of science in high school physics. *Journal of Research in Science Teaching, 3*(3), 245-250. doi:10.1002/tea.3660030312

Driver, R., Newton, P., & Osborne, J. (2000). Establishing the norms of scientific argumentation in classrooms. *Science Education, 84*(3), 287-312. doi:10.1002/(SICI)1098-237X(200005)84:3<287::AID-SCE1>3.0.CO;2-A

Durango Usuga, P. A. (2015). *Las prácticas de laboratorio como una estrategia didáctica alternativa para desarrollar las competencias básicas en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la química.* Bogotá. Recuperado el 15 de Marzo de 2016, de http://www.bdigital.unal.edu.co/49497/1/43905291.2015.pdf

Erduran, S., Simon, S., & Osborne, J. (2004). TAPping into Argumentation: Developments in the aplication of Toulmin's Argument Pattern for Studing Science Discourse. *Science Education, 8*(6), 915-933. doi: 10.1002/sce.20012

Flores, J., Caballero Sahelices, M. C., & Moreira, M. A. (2009). El laboratorio en la enseñanza de las ciencias: Una visión integral en este complejo ambiente de aprendizaje. *Revista de Investigación, 33*(68), 75-11.

García-Carmona, A. (2009). La investigación-acción en la enseñanza de la Física: un escenario idóneo para la formación y desarrollo profesional del profesorado. *Latin American Journal of Physics Education, 3*(2), 388-394.

Garritz, A. (2009). Argumentación en una nueva asignatura: Ciencia y Sociedad. *Educación Quíica*, 98 - 101.

Giménez da Silva, T., de Andrade Caldeira, A., Caluzi, J., & Nardi, R. (2004). Interdisciplinaridade: concepções de professores da área ciências da natureza em formação en serviço. *Ciência & Educação, 10*(2), 277-289.

Hernández, F. A. (2004). Los Fines de la educación. Educar para la sabiduría : propuesta de Alfred North Whitehead. *Revista Digital Universitaria, 5*(1), 1-10.

Hodson, D. (1994). Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio. *Enseñanza de las Ciencias, 12*(3), 299-313.

Hofstein, A. (2004). The laboratory in chemistry education: thirty years of experience with developments, implementation, and research. *Chemistry education: research and practice, 5*(3), 247-264. Obtenido de http://www.uoi.gr/cerp/2004_October/pdf/06HofsteinInvited.pdf

ICFES. (2013). *Alineación del examen SABER 11°.* Recuperado el 29 de Septiembre de 2014, de Sistema Nacional de Evaluación Estandarizada de la Educación.: http://www.icfes.gov.co/examenes/saber-11o/estudios-que-soportan-la-alineacion-del-examen

Jiménez Aleixandre, M. P. (2010). *10 Ideas Clave. Competencias en Argumentación y uso de Pruebas.* Barcelona: Grao.

Jiménez-Aleixandre, M. (2007). Designing argumentation Learning enviroments. En S. Erduran , & M. Jimenéz-Aleixandre, *Argumentation in Science Education* (págs. 91-115). Londres: Springer.

Jiménez-Aleixandre, M. d., Caamaño, A., Oñorbe, A., Pedrinaci, E., & de Pro, A. (2009). *Enseñar Ciencias.* Barcelona: Grao.

Jiménez-Aleixandre, M. P., & Díaz de Bustamante, J. (2003). Discurso de aula y argumentación en la clase de ciencias: cuestiones teóricas y metodológicas. *Enseñanza de las Ciencias*, 359-370.

Jiménez-Alexaindre, M. d., Gallastegui, J. R., Eirexas , F., & Puig, B. (2009). *Actividades para trabajar pruebas y la argumentación en ciencias.* Danuu: Universidad Santiago de Compostela.

Latorre, A. (2005). *La investigación-acción. Conocer y cambiar la práctica educativa.* (3a. ed.). Barcelona: Grao.

Lederman, N. (1992). Student´s and teacher´s conceptions of the nature of science: A review of the research. *Journal of Research in Science Teaching, 29*(4), 331-339.

Liem, T. L. (1987). *Invitations to Science Inquiry.* Lexington: Ginn Press.

Merino, J. M., & Herrero, F. (2007). Resolución de problemas experimentales de Química: una alternativa a las prácticas tradicionales. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias, 6*(6), 630-648. Recuperado el 25 de febrero de 2016, de http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen6/ART9_Vol6_N3.pdf

Molina, M. E. (2012). Argumentar en clases de ciencias naturales: una revisión bibliográfica.
Actas III Jornadas de Enseñanza e Investigación Educativa en el campo de la s Ciencias Exactas y Naturales.
Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación. Universidad Nacional d e La Plata, (págs. 553-564). Buenos Aires. Recuperado el 25 de Marzo de 2015, de http://jornadasceyn.fahce.unlp.edu.ar/III2012

Nardi, R., & Castiblanco, O. L. (2014). *Dimensões do ensino de Didática de Física.* Bauru: Culturta Academica Editora.

NUFFIELD FOUNDATION. (14 de Noviembre de 2014). *Practical Work*. Recuperado el 20 de Diciembre de 2016, de http://www.nuffieldfoundation.org/practical-work-learning/approach-1-argumentation

OCDE. (2007). *El programa PISA de la OCDE. Qué es y para que sirve.* Recuperado el 22 de octubre de 2014, de http://www.oecd.org/pisa/39730818.pdf

Osborn, J. (2009). Hacia una pedagogía más social en la educación científica: El papel de la Argumentación. *Educación Química., XX*(2), 156-165. Recuperado

el 17 de Noviembre de 2014, de www.educacionquimica.info/include/downloadfile.php?pdf=pdf1104.pdf&download=1

Pinochet, J. (2015). El modelo argumentativo de Toulmin y la educación en ciencias: una revisión argumentada. *Ciencia y Educación (Bauru), 21*(2), 307-327.

Puig, B., Bravo, B., & Jiménez-Aleixandre, M. (2012). *Argumentación en el Aula: dos unidades didácticas.* Danú: Santiago de Compostela.

Ramos Cruz, F. L. (2010). El Desarrollo de la Habilidad Argumentativa en la Clases de Ciencia Escolar. *Tesis de Maestría*. Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional.

Reigosa Castro, C. (2006). Una experiencia de investigación acción acerca de la redacción de informes de laboratorio por alumnos de física y química de primero de bachillerato. *Enseñanza de las ciencias, 24*(3), 325-336.

Restrepo , C., Gúzman, J. F., & Romero, Á. (2013). La experimentación cualitativa y exploratoria como escenario de procesos argumentativos en la enseñanza de las ciencias. En Á. Romero, B. L. Henao, & J. F. Barros, *La argumentación en la clase de ciencias* (págs. 131-163). Medellín: Universidad de Antioquia. Facultad de Educación.

Revel Chion, A., Couló , A., Erduran, S., Furman, M., Iglésia, P., & Adúriz-Bravo, A. (2005). Estudios sobre la enseñanza de la argumentación científica escolar. *Enseñanza de las ciencias, Número Extra*(VII Congreso), 1-5.

Rodríguez Bello, L. I. (21 de Enero de 2004). El modelo argumentativo de Toulmin en la escritura de artículos de investigación educativa. *Revista Digital Universitaria, 5*(1), 2-18. Recuperado el 20 de Abril de 2016, de http://www.revista.unam.mx/vol.5/num1/art2/ene_art2.pdf

Ruiz, F. J., Tamayo, O. E., & Márquez, C. (2013). La enseñanza de la argumentación en ciencias: un proceso que requiere de cambios en las concepciones epistemológicas, conceptuales, didácticas y en la estructura argumentativa de los docentes. *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos, 9*(1), 29-52.

Salcedo, L., Villareal , M., & Zapata , P. N. (2005). Las prácticas de laboratorio en la enseñanza de la química en educación superior. *Enseñanza de las ciencias, Número Extra*. Obtenido de http://ddd.uab.cat/pub/edlc/edlc_a2005nEXTRA/edlc_a2005nEXTRAp209pralab.pdf

Sanmartí, N. (2002). *Didáctica de las ciencias en la educación secundaria obligatoria.* Madrid: Síntesis Educación.

Sanmartí, N., Márquez, C., & García Rovira, P. (2002). Los trabajos prácticos, punto de partida para. *Aula de Innovación educativa*(113). Recuperado el 28 de Agosto de 2015

Sardà, J., & Sanmartí, N. (2000). Enseñar a argumentar científicamente. *Enseñanza de las ciencias, 18*(3), 405-422.

Sasseron, L. H., & Carvalho, A. M. (2011). Construindo argumentação na sala de aula: a presença do ciclo argumentativo, os indicadores de. *Ciência & Educação (Bauru), 17*(1), 97-114.

Serway, R. A., & Vuille, C. (2010). *College Physics.* Boston: Cengage.

Simon, S., Erduran, S., & Osborne , J. (2006). Learning to Teach Argumentation: Research and development in the science classroom. *International Journal of Science Education, 28*(2), 235-260.

Strauss, A., & Corbin, J. (2002). *Bases de la Investigación Cualitativa. Técnicas y procedimientos para desarrollar la teoría fundamentada.* Medellín: Editorial Universidad de Antioquía.

Tamayo , M. (1995). *La Interdisciplinareidad.* Cali: Universidad ICESI. Recuperado el 15 de Abril de 2017, de https://repository.icesi.edu.co/biblioteca_digital/bitstream/10906/5342/1/interdisciplinariedad.pdf

Tenreiro, C., & Marques, R. (2006). Diseño y validación de actividades de laboratorio para promover el pensamiento crítico de los alumnos. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias, 3*(3), 452-466. Recuperado el 25 de febrero de 2016, de http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=92030307

Tobón, S., Pimienta, J., & García, J. A. (2010). *Secuencias didácticas: aprendizaje y evaluación de competencias.* México: Prentice Hall.

Toulmin, S. (2003). *Los usos de la argumentación.* Barcelona: Ediciones Península.

UNESCO. (1999). *Declaración sobre la ciencia y el uso del saber científico.* Recuperado el 15 de Octubre de 2014, de Unesco: http://www.unesco.org/science/wcs/esp/declaracion_s.htm

ANEXOS

ANEXO 1. PRE- TEST Y POS-TEST

DESARROLLO DE LA ARGUMENTACIÓN BASADA EN PRUEBAS A PARTIR DE LAS PRÁCTICAS EXPERIMENTALES EN FÍSICA Y QUÍMICA

DANNIA ELIZA ROJAS JIMÉNEZ. [1], MIGUEL ALFONSO VALDIVIESO COLMENARES.[2]

[1,2] "Universidad Distrital Francisco José de Caldas"

Prueba Diagnóstica Argumentación

Grado Décimo

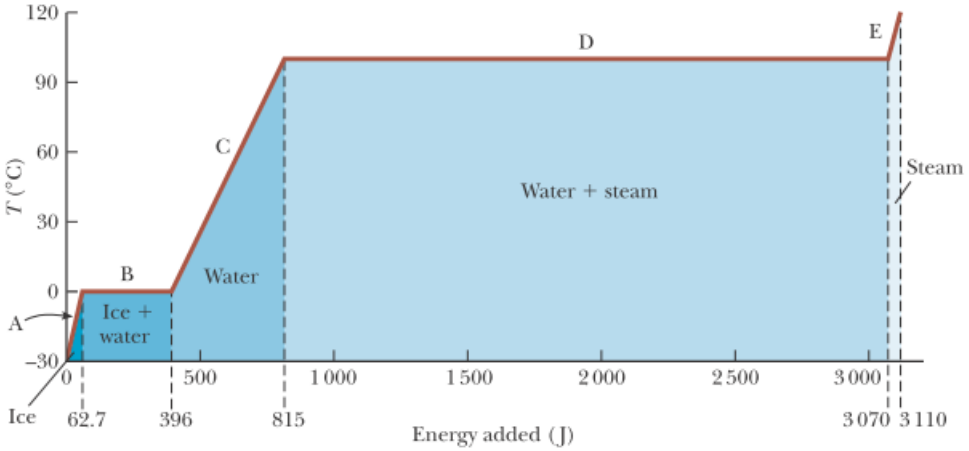
1) En una experiencia donde un cilindro de metal hueco se tapa con un disco y a este se le van colocando una serie de pesos. Se mide el volumen y la presión del sistema a medida que transcurre el experimento.

Volumen(cm^3)	30	33,7	40	50,6	60,8
Presión (mm Hg)	506	450	380	300	250

Escoge la conclusión que te parezca mejor apoyada por los datos que aparecen en la tabla.

a) Al aumentar la presión en el sistema se encuentra un mayor volumen
b) El comportamiento de un gas es independiente de la presión que se le ejerce
c) El cambio de volumen genera un cambio de presión siempre igual
d) Al alterar la presión se produce un cambio en el volumen

2) Se tiene un cubo de hielo de un gramo de masa y originalmente está a -30° C, este cubo se calienta a un ritmo constante y en la gráfica se muestra la temperatura el cubo conforme va pasando el tiempo.



Gráfica tomada de: Serway, R. A., & Vuille, C. (2010). College Physics. Boston: Cengage Learning.

Construye una explicación que te parezca adecuada para esta experiencia utilizando alguna o varias de las siguientes ideas (u otras que te parezcan).

A) Se requiere más energía para pasar de sólido a líquido, porque el movimiento de los átomos es despreciable
B) Se requiere más energía para pasar de líquido a gas porque los líquidos tienen mayor movilidad en sus moléculas
C) La distancia entre los átomos del agua gaseosa es mayor que en el agua líquida
D) La distancia ente los átomos influye en su fuerza de atracción
E) Se requiere más trabajo para evaporar una sustancia que derretirla

3) Construyendo una predicción: palomitas de maíz

Escoge en la tabla una predicción y una justificación del por qué a partir de la siguiente lectura:

Un estudio publicado en la revista Royal Society Interface, cuando la temperatura del maíz pira alcanza los 180ºC, la capa exterior se abre, independientemente del tamaño y la forma del grano, todo el proceso ocurre en centésimas de segundo. Para comprender los detalles de la transformación, los físicos Emmanuel Virot, de la

École Polytechnique, cerca de París, y Alexandre Ponomarenko, de la Universidad de Grenoble, grabaron la cocción del maíz en un microondas con una cámara de alta velocidad, a 2.900 cuadros por segundo. Durante cinco minutos, los investigadores fueron subiendo la temperatura del horno de a 10ºC. Cuando la temperatura superó los 100ºC, la humedad contenida en el grano comenzó a transformarse en vapor, pero cuando llegó a 180ºC, la presión dentro del grano subió hasta cerca de diez veces la presión atmosférica a nivel del mar. Incapaz de resistir el "estrés", la capa externa se abrió y el interior de almidón se expandió, forzando su paso a través de la capa rota. Al llegar a 170ºC, sólo estalló el 34% de los granos de maíz. A 180ºC, explotó el 96%. Tomado con carácter pedagógico de http://www.bbc.com/mundo/noticias/2015/02/150212_palomitas_maiz_explosion_lp

Es probable que si se agitan los granos de maíz mientras se va aumentando la temperatura.

PREDICCIÓN PARA EL FENÓMENO	PORQUE	JUSTIFICACIÓN
a. El proceso se dé más rápido		**x.** Lo importante es la variación de temperatura y presión dentro del grano y no por fuera de él
b. El proceso permanece igual		**y.** Los choques entre los granos de maíz aumentan la presión dentro de los mismos.
c. Se quemen por exceso de energía		**z.** La energía cinética de los granos de maíz incide más que la presión de vapor dentro de ellos

4) Identificar pruebas

IDEA (ENUNCIADO DE CONOCIMIENTO)	PRUEBAS O EVIDENCIAS	JUSTIFICACIONES
La materia está compuesta de átomos		
Los gases están compuestos de átomos y moléculas		
A un gas se le puede medir la presión		
A un gas se le puede medir la temperatura		
Los gases y líquidos se adaptan a la forma del recipiente que los contiene		
En un gas la presión y el volumen están relacionadas inversamente sólo si la temperatura permanece constante		

ANEXO 2. RESULTADOS PRE- TEST Y POST- TEST EN QUÍMICA Y FÍSICA

A continuación se muestran los resultados de análisis correspondientes al pre- test aplicado en ambas asignaturas para la argumentación basada en pruebas.

Convenciones:

1 = Estudiante que utiliza pruebas

0 = Estudiante que no utiliza pruebas

SISTEMATIZACIÓN RESULTADOS PRE- TEST QUÍMICA

Estudiante	Actividad 1 Escoger una conclusión a base de datos	Actividad 2 Construir una explicación a partir de datos	Actividad 3 Elegir una predicción y su justificación
1	1	0	0
2	0	0	0
3	1	1	0
4	1	1	0
5	1	0	0
6	1	1	0
7	1	0	0
8	1	0	1
9	0	0	0
10	1	0	1
11	1	0	0
12	1	1	1
13	0	1	1
14	1	0	0
15	1	0	0
16	1	0	0
17	1	1	0
18	1	0	0
19	1	0	0
20	0	0	0
21	1	1	1
22	1	0	1
23	1	0	0
24	1	0	0
25	1	0	1
26	1	0	1
27	0	0	1
28	1	0	0

29	1	0	0
30	1	1	0
31	1	1	0
32	1	0	0
33	1	0	1
Promedio de utilización de pruebas	**84.84%**	**27.27%**	**30.30%**

Tabla 11. Sistematización resultados pre- test química.

SISTEMATIZACIÓN RESULTADOS PRE- TEST FÍSICA

Estudiante	Actividad 1 Escoger una conclusión a base de datos	Actividad 2 Construir una explicación a partir de datos	Actividad 3 Elegir una predicción y su justificación
1	1	0	0
2	1	0	1
3	1	0	0
4	1	0	1
5	1	0	0
6	1	1	0
7	1	1	1
8	1	0	1
9	1	0	0
10	1	0	1
11	1	1	0
12	1	0	0
13	1	1	1
14	1	0	0
15	1	0	0
16	1	0	0
17	1	0	1
18	1	1	1
19	1	1	1
20	1	1	0
21	1	0	0
22	1	1	1
23	1	1	0
24	1	0	1
25	0	0	0
26	1	0	0
27	1	1	1
28	1	1	1
29	1	0	0

30	1	0	0
31	1	0	0
Promedio de utilización de pruebas	93,54%	38,70%	41,93%.

Tabla 12. Sistematización resultados pre- test física.

RESULTADOS POS- TEST QUÍMICA

Estudiante	Actividad 1 Escoger una conclusión a base de datos	Actividad 2 Construir una explicación a partir de datos	Actividad 3 Elegir una predicción y su justificación
1	1	1	1
2	0	1	1
3	1	1	1
4	0	1	1
5	1	0	0
6	1	0	1
7	1	1	1
8	1	0	0
9	0	1	1
10	1	1	1
11	1	0	1
12	1	1	0
13	1	1	1
14	1	0	0
15	1	0	0
16	1	1	1
17	1	1	0
18	1	1	1
19	1	0	0
20	1	0	0
21	1	1	1
22	1	1	0
23	1	0	0
24	1	1	1
25	1	0	0
26	1	1	0
27	1	0	1
28	1	0	0
29	1	1	1
30	1	1	0
31	1	0	1
32	1	1	1
33	1	1	0

Promedio de utilización de pruebas	**90,90%**	**60.60%**	**54.54%**

Tabla 13. Resultados post- test química.

RESULTADOS POST - TEST FÍSICA

Estudiante	Actividad 1 Escoger una conclusión a base de datos	Actividad 2 Construir una explicación a partir de datos	Actividad 3 Elegir una predicción y su justificación
1	1	0	1
2	1	1	1
3	1	1	0
4	1	1	1
5	1	1	1
6	1	0	1
7	1	1	0
8	1	1	1
9	1	1	1
10	1	1	1
11	1	1	1
12	1	1	1
13	1	1	0
14	1	1	1
15	1	1	0
16	1	1	0
17	1	1	0
18	1	1	0
19	1	1	1
20	1	1	1
21	1	1	1
22	1	1	1
23	1	1	1
24	1	1	1
25	1	1	1
26	1	1	0
27	1	1	1
28	1	1	1
29	1	1	1
30	1	0	1
31	1	1	1
Promedio de utilización de pruebas	100%	90,32%	70,96%.

Tabla 14. Resultados post- test física.

ANEXO 3. RESULTADOS PRE- TEST Y POST-TEST ACTIVIDAD 4.

Resultados Actividad 4. Pruebas y justificaciones sobre enunciados. Pre-test química

IDEA (ENUNCIADO DE CONOCIMIENTO)	PRUEBAS O EVIDENCIAS (OBSERVACIONES HECHOS, EXPERIMENTOS	JUSTIFICACIONES
La materia está compuesta de átomos	"Cualquier sólido, gas o liquido (todo)" "Una maleta está compuesta por materia por lo cual también tienen átomos" "Un pedazo de Aluminio" "Una lata de atún está compuesta de materia" "Un puesto del colegio" "un pupitre" "Un ladrillo y todo lo que nos rodea"	"Los átomos son la unidad más pequeña de la materia y estos forman moléculas" "Los átomos son lo más pequeño y estos conforman la materia" "Ya que no se crea ni se destruye y es todo lo que ocupa un lugar en el espacio" "Debido a que ocupa un lugar en el espacio" "Un ladrillo está compuesto de muchos átomos"
Los gases están compuestos de átomos y moléculas	"El aire está compuesto con átomos y moléculas" "El gas de una evaporación" "Un tanque de oxígeno de nitrógeno" "Gas propano" "El gas"	"Por cambios de temperatura se presentan estos cambios" "Ya que estos contienen unos relojes los cuales indican la presión de este" "Todo está compuesto de átomos" "Sí porque varios átomos forman una molécula quiere decir que estos están compuestos" "Debido a que se mezclan entre sí"
A un gas se le puede medir la presión	"Con el dinamómetro o tensiómetro" "Se le mide con un dinamómetro" "La presión del gas en una champaña" "Un tanque de óxido de nitrógeno" "Sí, se puede medir dentro de un contenedor"	"Es un instrumento de medida de presión" "Es posible medirlo gracias a este elemento" "Se le puede medir con una herramienta especial" "Con un dinamómetro se puede medir la presión" "Por la temperatura y el espacio"
A un gas se le puede medir la	"Termómetro mide la	"Es un instrumento de medida

temperatura	temperatura” “Con el termómetro o con el tacto” “Dependiendo su tamaño o recipiente, el humo de un cigarrillo en una botella” “Temperatura ambiente” “Se puede medir dentro de un contenedor y un termómetro”	de temperatura” “Con un termómetro se puede medir” “Se puede medir ésta ej.: aire” “Por la temperatura que se le aplique”
Los gases y líquidos se adoptan a la forma del recipiente que los contiene	“Cubetas de hielo” “Cuando metemos agua en una hielera esta adapta su forma. Al meter un gas en una bomba” “El agua y el gas doméstico” “Cuando se echa agua en un vaso este adapta la forma y así mismo el gas, aunque este no se ve” “Un ejemplo es el de la champaña” “Cuando agrego líquido a un recipiente ovalado este toma su forma”	“El líquido se acomoda a estos para después ser un sólido” “Estos se adaptan, ya buscan ocupar todo el lugar en donde se encuentren” “Porque no está esparcido por cualquier lado especialmente el líquido” “Sí porque cuando agrego un líquido o gas directamente este contiene la forma del recipiente”
En un gas la presión y el volumen están relacionados inversamente solo si la temperatura permanece constante	“La presión de una olla exprés varía el volumen”	“Sí porque entre menor presión mayor volumen, eso depende”

Tabla 15. Resultados Prueba 4: Pruebas y justificaciones sobre enunciados - pre-test química.

Resultados Actividad 4: Pruebas y justificaciones sobre enunciados - pre-test física

IDEA (ENUNCIADO DE CONOCIMIENTO)	PRUEBAS O EVIDENCIAS (OBSERVACIONES HECHOS, EXPERIMENTOS)	JUSTIFICACIONES
La materia está compuesta de átomos	“Se ha demostrado que los tejidos de mi mano están hechos de células que contienen ADN, que contienen aminoácidos, compuestos de hilera de átomos de carbono, oxígeno e hidrógeno. El oro está hecho de átomos de oro”	“Esta prueba sustenta la idea porque dice que el átomo es la unidad fundamental de la materia, que todo está compuesto de átomos”
Los gases están compuestos de átomos y moléculas	“Los gases también son elementos o compuestos”	“Como todo está compuesto de compuestos, los átomos

		que forman en los compuestos son la unidad base de la materia”
A un gas se le puede medir la presión	“Presión de gas de la atmósfera”	“Cuando un gas está a altas presiones se congela en la atmósfera hay varios gases congelados”
A un gas se le puede medir la temperatura	“La temperatura de un gas se puede medir con un termómetro”	“El termómetro al calentarse muestra un sistema de medida”
Los gases y líquidos se adaptan a la forma del recipiente que los contiene	“Las partículas de los elementos en estos estados no tienen mucha fuerza de atracción”	“Debido a la poca fuerza de atracción, las partículas tienen más movilidad y adaptan la forma”
En un gas la presión y el volumen están relacionados inversamente solo si la temperatura permanece constante.	“Al aumentar la presión aumenta el volumen”	“Por las leyes de gases se conoce que la presión es directamente proporcional al volumen cuando la temperatura es constante”
Cuando el volumen de un gas varia directamente con la presión.	“A mayor presión menor volumen, al liberar presión en un aerosol este pasa de líquido a sólido”	“Las jeringas de inyección aumenta presión y disminuye volumen”

Tabla 16. Resultados Prueba 4: Pruebas y justificaciones sobre enunciados - pre-test física.

Resultados Actividad 4: Pruebas y justificaciones sobre enunciados - post-test química

IDEA (ENUNCIADO DE CONOCIMIENTO)	PRUEBAS O EVIDENCIAS (OBSERVACIONES, HECHOS, EXPERIMENTOS)	JUSTIFICACIONES
La materia está compuesta de átomos	“Todo lo existente contiene átomos” “Los átomos de agua” “Un cubo de hielo” “La tela” “El cabello” “La existencia de los distintos estados” “Todo objeto visible o no visible está compuesto de átomos”	“Porque el átomo es la mínima unidad en el universo” “La materia es todo lo que tiene un lugar en el espacio” “Porque todo está compuesto por átomos desde lo más mínimo hasta lo más grande” “Porque al interactuar con el entorno la electrostática se da por la interacción con átomos” “Porque al cambiar de estado sus átomos o moléculas se separan o se

		unen más”
Los gases están compuestos de átomos y moléculas	“El aire está compuesto por átomos y moléculas así no se vean” “El flujo de un gas mediante el aire” “El vapor” “La respiración” “Los gases son materia” “Cuando veo humo salir de una fábrica” “Cuando hay una fuga de gas”	“Las moléculas del gas se unen a las del aire” “Porque el vapor es una muestra de que hay átomos y moléculas en un compuesto” “Porque es un proceso químico en el que átomos de CO_2 se convierten en O_2” “Todo se compone de átomos” “En una fuga de gas se puede observar borroso”
A un gas se le puede medir la presión	“Un balón que tiene gas por dentro le puedo medir la presión” “Un gas a 506 mm/hg” “El barómetro” “A un balón” “Un tanque de oxígeno” “Un manómetro”	“La presión es proporcional a la temperatura” “Los mm/hg es una medida de presión” “Con un dinamómetro se le puede medir la presión dentro del balón” “La válvula indica la presión” “Porque es un instrumento que mide la presión exacta” “Con la ley de Boyle”
A un gas se le puede medir la temperatura	“Con el punto de ebullición puedo medir la temperatura” “Un gas a 1000C” “Cuando hace calor en un ambiente” “Al aire”	“Con un termómetro podemos medir la temperatura” “Una de las variables de un gas es la temperatura” "Las moléculas de gas se calientan” “Con un termómetro se mide la temperatura del aire”
Los gases y líquidos se adaptan a la forma del recipiente que los contiene	“Globo o jarra se le introduce un gas o agua y mantiene la forma” “En el caso de los líquidos cuando se echa agua en un recipiente este toma la forma del recipiente” “Una pipeta de oxígeno” “Un vaso contiene aire” “Volumen en un cilindro” “Un globo lleno de aire” “Cuando introducimos un recipiente en agua de mar y se llena de agua”	“Gas: al pasar a un recipiente este se adapta pues se comprime o se expande. Líquido: sus moléculas se forman según su recipiente” “Cómo sus moléculas están separadas pueden llegar a adaptar distintas formas en las que se encuentren” “Los gases por sus partículas tan dispersas” “Las moléculas de gas son muy dispersas y ocupan todo el espacio" “Porque el gas se expande y

		se contiene en un recipiente con una forma” “Se puede evidenciar que las moléculas de aire se expanden por el globo”
En un gas la presión y el volumen están relacionados inversamente solo si la temperatura permanece constante	“Una jeringa” “Como en las jeringas que cuando crea presión sube el agua” “Cuando en la jeringa se ponen dos globos y a uno se la hace presión , uno se infla y el otro no” “Experimento de transportar los huevos con jeringas” “Cuando se aplica fuerza en un embolo de una jeringa cerrada”	“A menor presión mayor volumen” “Leyes de los gases” “Porque la presión hace que un globo disminuya y el gas se pase al otro” “En la ley de Boyle se establece esta relación con unas constantes y variables” “Se evidencia que en cada jeringa según la presión que se necesite se ejerce en cada punto de distinta manera y varía el volumen según la presión”

Tabla 17. Resultados actividad 4: Pruebas y justificaciones sobre enunciados. Post-test química.

Resultados Actividad 4: Pruebas y justificaciones sobre enunciados - post-test física

IDEA (ENUNCIADO DE CONOCIMIENTO)	PRUEBAS O EVIDENCIAS (OBSERVACIONES, HECHOS, EXPERIMENTOS)	JUSTIFICACIONES
La materia está compuesta de átomos	“El experimento de la lámina de oro, emisiones rayos catódicos, espectros luminosos”	“A lo largo de la historia con todos estos científicos como Dalton, Thompson, Rutherford, Bohr, hemos llegado y concluido esta premisa”
Los gases están compuestos de átomos y moléculas		
A un gas se le puede medir la presión	“Una olla pitadora”	“A mayor presión interna se levanta el pie”
A un gas se le puede medir la temperatura	“La temperatura ambiente de un gas” “Podemos dejar un termómetro al aire y marcará una temperatura específica”	“Los gases como cualquier sustancia tienen una temperatura específica” “Como cualquier sustancia tiene cierta temperatura o calor específico”
Los gases y líquidos se adaptan a la forma del recipiente que los contiene	“Cuando inflamos un globo” “Cuando servimos jugo”	“Esto tienen esta capacidad ya que su rigidez entre moléculas no es tan fuerte como en estado sólido”

		“Sus moléculas están más separadas”
En un gas la presión y el volumen están relacionados inversamente solo si la temperatura permanece constante	“Cuando empujamos una jeringa” “Cuando levantamos la tapa la tapa de la olla del agua hervida”	“Ya que si sometemos a un gas a una presión su volumen disminuirá” “Al aumentar la cantidad de aire, volumen la presión sobre el material aumenta porque se dilata”

Tabla 18. Resultados actividad 4: Pruebas y justificaciones sobre enunciados. Post-test física.

ANEXO 4. CICLOS Y SECUENCIA DIDÁCTICA

CICLO UNO:

Contextualización, aplicación del pre- test, identificación de fortalezas y debilidades para el diseño de la secuencia didáctica.

CICLO DOS:

- **Experimento Casero:** concepto de presión

Cama para Transporte de Huevo

Problema: diseñe un sistema de transporte para material frágil (huevos, porcelana, etc.).

El estudiante deberá construir un mecanismo para “transportar” un libro con el número de jeringas que el mismo determine y teniendo en cuenta que la comprensión de las jeringas tiene un valor límite.

- **Experimento Mental:** propiedad de difusión en gases y su relación con la masa

La muerte de Napoleón

Se le entrega al estudiante una lectura en torno a la muerte de Napoleón, con la cual deberá realizar deducciones lógicas con base en la comprensión de las leyes de los gases y determinar si Napoleón fue asesinado, o, por el contrario su muerte fue por “el fantasma del arsénico”.

CICLO TRES

- **Experimento Ilustrativo:** (Ley de Boyle). Esta experiencia se tomó de Liem (1987), y corresponde al experimento 1.13.

El globo dentro del frasco

Se calientan 20 ml. de agua en un Erlenmeyer hasta que hierva, se deja hervir por al menos un minuto.

Se baja del fuego y se toma la bomba tapando la boca del Erlenmeyer.

Se deja enfriar lentamente a temperatura ambiente (el globo poco a poco será succionado dentro del frasco)

Preguntas que buscamos se generen en la discusión con los estudiantes:

¿Qué está dentro del frasco además del agua?

¿Qué está haciendo el agua si la hervimos?

¿Qué está haciendo al vapor al aire dentro del frasco?

¿Por qué el globo va hacia a dentro del frasco?

¿Por qué el globo continúa expandiéndose dentro del frasco?

- **Experimento para demostrar una ley:** Ley de Charles

¿Se puede cambiar el tamaño de un globo sin romperlo?

En un Erlenmeyer los estudiantes agregan hielo y miden el diámetro de un globo antes de meterlo al hielo, se deja de 5 a 10 min y se vuele a medir el diámetro, después se cambia el hielo por agua caliente y se mide nuevamente el diámetro.

Los estudiantes realizan un escrito de la interpretación del fenómeno que ellos consideran se está aplicando.

CICLO CUATRO

- **Experimento discrepante:** Ley de Boyle. Adaptado de *Brain-Powered Science: Teaching and Learning with Discrepant Events*.(2010) O'Brien.

Balanceando dos globos

Inflar los dos globos con diferentes tamaños, girar y sujetar los extremos con un clip y colocar cada globo a uno de los extremos del conector (parte central de una jeringa). Se preguntará a los estudiantes: ¿es más difícil inflar un globo pequeño o uno más grande? Los estudiantes predicen por grupos qué sucederá al observar este fenómeno. Retire los clips de los globos y observe.

Se discutirá en torno a:

¿Hacia dónde se dio la fuga de aire?

¿Funciona de la misma forma si se vuelve vertical el sistema?

¿Qué sucede si se contrae el globo más grande y luego lo suelta?

A partir de las discusiones generadas en los ciclos se llegará a la explicación de la ley de los gases ideales y sus características.