

COMPRESIÓN DEL ESTADO SÓLIDO EN ESTUDIANTES DE GRADOS 9° Y 10°. UNA
PROPUESTA DIDÁCTICA APOYADA EN EL USO DE LA ANIMACIÓN

CARLOS AUGUSTO CASTRO MENDOZA. Cód. 1993215013

Proyecto de grado presentado como requisito
para optar al título de Licenciado en Química

Dr. Jaime Casas
Director
Trabajo de Grado

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA

BOGOTÁ D.C

2017

Nota de aceptación:

Lina María Beltrán
Firma del Evaluador

Ximena Umbarila
Firma del Evaluador

Jaime Augusto Casas Mateus
Firma del Director del trabajo

Bogotá, Junio de 2017

ESTE TRABAJO LO DEDICO:

Primeramente a Dios por darme la vida y permitirme alcanzar este anhelado logro; a mi padre que aunque ya no está en la tierra, desde el cielo celebra este logro como uno de los grandes sueños que forjamos juntos; a mi madre por su paciencia y aguante frente a las dificultades; a mi esposa que me ha apoyado incondicionalmente y me ha enseñado con su ejemplo a ser mejor persona; a mis hijos, a quienes amo profundamente y por quienes deseo ser mejor ser humano para cumplir entera y dignamente con la hermosa tarea de ser padre.

Carlos Augusto Castro Mendoza

AGRADECIMIENTOS

A continuación, expreso mis más sinceros agradecimientos a:

JAIME AUGUSTO CASAS: Director del proyecto de grado y amigo, quien con una calidad humana impecable, sabiamente ha sabido orientarme y darme soporte académico y espiritual, quien me ha enseñado el verdadero valor del conocimiento, y me ha dado el mejor ejemplo como maestro.

Lina María Beltrán: Jurado del proyecto de grado. Por sus pertinentes observaciones y orientación para la mejora de la investigación.

Ximena Umbarila: Jurado del proyecto de grado. Por sus recomendaciones y especialmente por su motivación y calidez para seguir adelante con el proyecto.

GRUPO OBJETIVO: Estudiantes de noveno y décimo grado del gimnasio campestre Oxford, por su colaboración, disposición y buena respuesta durante la implementación del proyecto.

MI FAMILIA: compañeros de clase, docentes y amigos que me motivaron a no desistir de la idea de alcanzar este logro.

A mi hermana Nydia Mercy Castro Mendoza, por su apoyo incondicional en los momentos más difíciles.

RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN. RAE

1. Información General	
Tipo de documento	Trabajo de grado
Acceso al documento	Universidad Pedagógica Nacional. Biblioteca Central
Título del documento	COMPRESIÓN DEL ESTADO SÓLIDO EN ESTUDIANTES DE GRADOS 9° Y 10°. UNA PROPUESTA DIDÁCTICA APOYADA EN EL USO DE LA ANIMACIÓN
Autor(es)	Castro Mendoza, Carlos Augusto
Director	Casas Mateus, Jaime Augusto
Publicación	Bogotá, Universidad Pedagógica Nacional, 2017. 54 p
Unidad Patrocinante	Universidad Pedagógica Nacional
Palabras Claves	ESTADO SÓLIDO, STOP MOTION, ANIMACIÓN, DUCTILIDAD, ESTADOS DE AGREGACIÓN, PROPIEDADES MACROSCÓPICAS, PROPIEDADES MICROSCÓPICAS APRENDIZAJE COLABORATIVO Y APRENDIZAJE SIGNIFICATIVO.

2. Descripción
<p>Trabajo de grado cuyo objetivo consistió en el desarrollo de actividades experimentales diversas y el montaje de una animación tipo stop motion para favorecer la comprensión de constructos relacionados con el estado sólido en estudiantes de grado noveno y décimo del colegio Gimnasio Campestre Oxford. Esta propuesta didáctica se apoyó para su consolidación en las teorías del aprendizaje significativo y colaborativo.</p>

3. Fuentes
<ul style="list-style-type: none"> • Atkins, Peter.,(2006) <i>Química Física: un punto de vista cognoscitivo</i>. Argentina, Buenos Aires. • Ausubel, D. , Novak, J., Hanesian, H.,(1983) <i>Psicología Educativa: un punto de vista cognoscitivo</i>. México, Trillas. • Briceño, B., Carlos Omar., (1994) <i>Química</i>. Colombia. Pearson Editorial educativa. • Brown, T., LeMay, H., Bursten B., Burdge J., (2004) <i>Química la ciencia central</i>. México. Pearson Education. • Campanario, J. M., & Moya, A. (1999). ¿Cómo enseñar ciencias?. <i>Enseñanza de las</i>

- Chang, R., College, W., (2002) *Química*. (Trad. Zugazagoltia, R., Ramírez, M.) Colombia. McGrawHill.
- Collazos, C. A., Mendoza, J. (2006). Como aprovechar el “aprendizaje colaborativo” en el aula. vol. 9, núm. 2, 2006, pp. 61-76 Universidad de La Sabana Cundinamarca, Colombia.
- Gómez Crespo, M. Á. (2008). *Aprendizaje e instrucción en química. El cambio de las representaciones de los estudiantes sobre la materia*. Ministerio de Educación.
- Galagovsky L., Rodríguez M., Stamati, N., Morales, L. Representaciones mentales, lenguajes y códigos en la enseñanza de ciencias naturales, un ejemplo para el aprendizaje del concepto de la reacción química a partir del concepto de mezcla. *Enseñanza de las ciencia (21)114-115*.
- Hernandez, J. y Martín, E. (Eds). (2014). *Pedagogía Audiovisual: Monográfico de experiencias docentes multimedia*, Madrid, Servicio de Publicaciones, Universidad Rey Juan Carlos.
- Jimenez, M.P., Caamaño, A., Oñorbe, A., Pedrinaci, E., De Pro, A., (2003) *Enseñar Ciencias*. España, Barcelona.
- Johnson D., Johnson Roger (1994) *El aprendizaje Colaborativo en el Aula*. EE.UU, Virginia, Paidós.
- Mahan, Bruce M, (1990) *Química, Curso Universitario*. Argentina, Addison-Wesley Iberoamericana.
- Ministerio de Educación, (2011) *Animación en el Aula. Aportes para la enseñanza, escuela primaria*. Argentina, Ministerio de Educación.
- Mortimer, Ch., (1983) *Química*. México. Grupo Editorial Iberoamérica.
- Moreira, M. A. (2000). *Aprendizaje significativo: un concepto subyacente*. Madrid: Morata.
- Petrucci, R (2011). *Química General*. Pearson Education. 10 Edition.
- Pozo, J. I. (1991). *Procesos cognitivos en la comprensión de la ciencia: las ideas de los adolescentes sobre la química* (Vol. 65). Ministerio de Educación.
- Purves, B, (2010) *Stop Motion*. AVA Publishing. Canadá.
- Smart, L y Moore, E. (1992) *Química del estado sólido. Una introducción*. Addison Wesley Iberoamericana. Mexico.

4. Contenidos

De acuerdo a la estructura de este trabajo, el cual consistió en desarrollar una propuesta didáctica para favorecer la comprensión de constructos relacionados con el estado sólido por medio de actividades experimentales y el desarrollo de una animación tipo “stop motion”, se desarrollaron los referentes teóricos mencionados a continuación: **Propiedades microscópicas y macroscópicas del estado sólido, la animación en la enseñanza, asimismo se efectuó la implementación de una serie de instrumentos que dieron razón de los resultados obtenidos en esta investigación.**

5. Metodología

Esta investigación de carácter cualitativo, se desarrolló con un grupo de estudiantes de noveno y décimo grado, y constó de tres fases: la primera de ellas fue la determinación del estado inicial, que consistió en la indagación de las ideas previas de los estudiantes respecto a algunas de las propiedades microscópicas y macroscópicas del estado sólido; en la segunda fase se desarrollaron diversas actividades experimentales con las cuales se logró determinar la forma en que el grupo objetivo concibe la naturaleza corpuscular de la materia y como describe el estado sólido a partir de sus propiedades, teniendo en cuenta una perspectiva microscópica; y la tercera y última fase que consistió en el desarrollo de una animación tipo “stop motion” a través de la cual se explicó el concepto “ductilidad”. En esta última prueba se llevó a cabo una prueba de entrada y una de salida, la cual sirvió para contrastar las concepciones de los estudiantes antes y después de la intervención didáctica, y por supuesto para evidenciar la eficacia de la animación como medio facilitador del aprendizaje.

6. Conclusiones

Mediante la secuencia de actividades, se contribuyó a promover el aprendizaje significativo, respecto a temáticas relacionadas con las propiedades y características del estado sólido, asimismo, los instrumentos experimentales y animados fueron pertinentes para evaluar el cambio en las concepciones de los estudiantes respecto al comportamiento de los diversos tipos de materiales referenciados en el presente trabajo. El grupo objetivo fue más asertivo al momento de describir materiales metálicos que no metálicos y presentan en su gran mayoría concepciones alternativas erróneas, que se pueden relacionar con

asociaciones equívocas de los constructos con etimologías similares.

La animación realizada cumplió un papel importante respecto a la comprensión de constructos relacionados con tamaños atómicos, los cuales se encuentra fuera de su alcance visual. Las herramientas didácticas relacionadas con la animación aportan elementos de representación importantes para comprensión de elementos teóricos que tienen que ver con el comportamiento de la materia a nivel atómico.

Elaborado por:	Carlos Augusto Castro Mendoza
Revisado por:	Jaime Augusto Casas Mateus

Fecha de elaboración del Resumen:	12	06	2017
--	----	----	------

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN

1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	3
2. OBJETIVOS.....	5
2.1. Objetivo General.....	5
2.2. Objetivos específicos.....	5
3. ANTECEDENTES.....	6
4. MARCO TEORICO.....	8
4.1. Naturaleza de la Materia.....	8
4.2. El estado Sólido.....	8
4.3. Teoría Cinético Molecular de Sólidos.....	9
4.4. Fuerzas Intermoleculares e Intramoleculares.....	9
4.4.1. Fuerzas de dispersión de London.....	10
4.4.2. Fuerzas Dipolo-Dipolo.....	10
4.4.3. Enlace de Hidrógeno.....	10
4.4.4. Fuerzas Ion-Dipolo.....	10
4.4.5 Tipos de Sólidos Según su Enlace.....	11
4.5. Aprendizaje Significativo.....	12
4.5.1. Requisitos para el aprendizaje Significativo.....	12
4.5.2. Aprendizaje de Representaciones.....	13
4.5.3. Aprendizaje de Conceptos.....	13
4.6. Aprendizaje Colaborativo.....	13
4.7. La Animación en la Enseñanza.....	13
5. METODOLOGÍA.....	15
6. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES.....	16
7. BIBLIOGRAFÍA.....	17

LISTA DE ANEXOS

1. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo fue desarrollado a partir de la indagación respecto a la comprensión del estado sólido, teniendo en cuenta que algunas investigaciones muestran dificultad en el estudio de esta temática; en tal sentido, este trabajo adquiere relevancia en términos de la comprensión de la percepción que los estudiantes tienen del estado sólido desde su naturaleza macroscópica, lo que en buena medida hace necesario el desarrollo de estrategias didácticas que contribuyan a mejorar dicha comprensión.

Por otro lado, conviene afirmar que las propiedades observables del estado sólido, fundamentales para su comprensión, son consecuencia de su estructura interna y por supuesto del comportamiento de las partículas que lo componen, las cuales se encuentran fuera del rango visual de los seres humanos. Por tal razón, y teniendo en cuenta que de esta problemática surge la dificultad en la comprensión del tema, es relevante llevar a cabo un proceso de investigación que consolide, a través de la animación, una forma de representación que permita a los estudiantes acceder, a través de un modelo animado, a la descripción del comportamiento atómico – molecular del estado sólido.

Este proyecto hace parte de la línea de investigación Interdisciplinariedad y química en contexto, liderado por el profesor Jaime Casas, perteneciente al Grupo de Investigación Didáctica y sus Ciencias, de la Universidad Pedagógica Nacional y se constituye en un aporte a la solución de un problema de la línea, consistente en indagar por las maneras de implementar ejercicios de intervención didáctica que permitan contextualizar temáticas de difícil comprensión en ámbitos educativos locales, para promover la transformación de significantes en significados.

2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

La química, teniendo como base de estudio a la materia y sus transformaciones, requiere del uso de estrategias que permitan acercar a los estudiantes a la comprensión de su naturaleza, y en particular de la constitución íntima de los objetos, que tiene lugar más allá de nuestro alcance visual. En tal sentido, los seres humanos, dada nuestra naturaleza, estamos limitados a percibir, en buena medida, desde el sentido de la visión, el comportamiento de las partículas que conforman la materia y del cual se derivan sus propiedades.

Por otro lado, en nuestro planeta, debido a sus particulares condiciones de presión y temperatura, la materia adquiere diferentes formas con las que interactuamos, lo cual genera la necesidad no solo de identificar tales formas, sino también de entender la naturaleza de su constitución en función de la comprensión de sus propiedades.

Desde lo recién argumentado, los estados de agregación de la materia son una consecuencia de las condiciones mencionadas, y para comprender su existencia, requieren ser abordados más allá de nuestros márgenes perceptivos e ir directamente a lo que sucede con las partículas que conforman la materia. En tal dirección, la teoría cinético molecular, desde una perspectiva discontinua de la materia, permite entender sus propiedades, teniendo como punto de partida su naturaleza corpuscular, sin embargo, la debilidad en su manejo se ve manifestada en los alumnos en la falta de comprensión respecto a la proximidad, orden y distribución de las partículas en los diferentes estados de la materia (Pozo, 1991).

En vista de lo anterior, se han llevado a cabo múltiples investigaciones respecto a los estados líquido y gaseoso, pero en esta vía son pocos los trabajos que tienen como objetivo la comprensión que del estado sólido tienen los estudiantes; así mismo, es evidente también que es difícil encontrar trabajos comparativos que ahonden en la diferenciación de los tres estados, lo cual, de acuerdo con Pozo (1991), permite inferir que los alumnos no poseen claridad respecto a la teoría corpuscular.

En este orden de ideas, no existe un apreciable número de trabajos de investigación en pregrado respecto a la comprensión del estado sólido desde una perspectiva corpuscular, por lo tanto, es pertinente y necesario desarrollar investigaciones que optimicen tal comprensión. Así, esta propuesta pretende exponer cómo por medio de una estrategia didáctica basada en la animación, es posible mejorar la forma en que estudiantes de noveno y décimo grado, se aproximan al concepto de estado sólido y a la comprensión de sus propiedades.

En la dirección recién mencionada, e identificado como problemática la dificultad para representar el mundo microscópico, es necesario recurrir a elementos de carácter gráfico que permitan a los

alumnos recrear los escenarios íntimos de la materia. Como lo mencionan Jiménez, Caamaño, Oñorbe, Pedrinaci y De Pro (2003, p. 67): “Las ilustraciones desempeñan un papel crucial en la visualización de entidades no visibles”. De tal forma, el uso de la animación se convierte en una alternativa dinámica y pertinente en lo que se refiere a la comprensión del comportamiento micro de la materia, y en particular del estado sólido.

Para complementar lo recién expuesto, según Galagovsky, “es importante estimular a los alumnos a expresar sus representaciones mentales en diferentes tipos de lenguajes simbólicos para que se expresen también mediante otros tipos de lenguaje, además del visual” (Galagovsky, 2003, p.114-115).

De acuerdo con los argumentos expuestos previamente y teniendo en cuenta la necesidad evidenciada respecto a la comprensión del estado sólido, es necesario promover el uso de estrategias didácticas que faciliten a los estudiantes la representación del comportamiento no visible de la materia con el fin de lograr entender sus propiedades a partir de su naturaleza corpuscular. De allí, surge la siguiente pregunta de investigación: **¿Cómo favorecer la comprensión del estado sólido, visto desde una perspectiva corpuscular en estudiantes de grado noveno y décimo por medio de actividades experimentales y una estrategia didáctica basada en el uso de la animación?**

3. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar la efectividad de una propuesta apoyada en la técnica de animación stop motion para promover la comprensión de constructos relacionados con el estado sólido en un colectivo de estudiantes de noveno y décimo grado.

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 3.2.1. Conocer el nivel de comprensión inicial del grupo objetivo en constructos relacionados con las propiedades macroscópicas de los sólidos.
- 3.2.2. Estructurar y aplicar una estrategia didáctica articulada con la técnica de animación stop motion, para favorecer el grado de comprensión respecto a las temáticas abordadas.
- 3.2.3 Evaluar la efectividad de la propuesta didáctica en el grupo objetivo.

4. ANTECEDENTES.

Titulo	Universidad	Autor	País	Año	Resumen de la investigación
Enseñanza y aprendizaje del concepto naturaleza de la materia mediante el aprendizaje basado en problemas	Universidad Autónoma de Manizales (Postgrado)	Jhon Jairo Henao	Colombia	2013	Esta investigación tuvo como objetivo la caracterización y el aprendizaje del concepto naturaleza de la materia a través del aprendizaje basado en problemas. En ella se profundizó en el carácter discontinuo de la materia y la relación con sus propiedades macroscópicas.
Enseñanza de conceptos relacionados a la conservación de la materia y la energía mediante el aprendizaje significativo en química.	Universidad Pedagógica Nacional Francisco Morazan (Postgrado)	Mercedes Ramos	Honduras	2012	Este trabajo se enfocó en la enseñanza de conceptos relacionados con la conservación de la materia, teniendo como fundamento pedagógico el aprendizaje significativo. En el se concluyó que los estudiantes recurrían más al aprendizaje memorístico, lo que generaba falencias en la falta de comprensión y asimilación de conceptos en química.

Diseño de una unidad didáctica para promover el aprendizaje significativo del concepto materia y sus estados de agregación en estudiantes de grado séptimo de educación básica secundaria.	Universidad Nacional de Colombia (Postgrado)	Libardo Motta	Colombia	2012	Este trabajo consistió en el diseño de una unidad didáctica enfocada a desarrollar aprendizaje significativo respecto al concepto de materia y sus estados de agregación.
Reconstrucción del concepto discontinuidad mediante la resolución de problemas.	Universidad Pedagógica Nacional (Postgrado)	Fernando Rodriguez	Colombia	2011	En este trabajo, se buscaba reestructurar el concepto discontinuidad de la materia por medio del análisis de situaciones reales, tomando como punto de partida los conocimientos previos de los estudiantes, buscando generar un aprendizaje significativo del concepto.
La enseñanza y aprendizaje de las ciencias por investigación de la composición y propiedades de la materia en el estado sólido mediante el diseño y aplicación de un programa guía de actividades.	Universidad Pedagógica Nacional (Pregrado)	Ligia Idalid Oviedo	Colombia	2005	En este trabajo se expone la comprensión de las propiedades del estado sólido a partir de la enseñanza por investigación.

5. MARCO TEÓRICO

5.1. NATURALEZA DE LA MATERIA

Respecto a la naturaleza de la materia, en la antigua Grecia, surgen dos corrientes de pensamiento que la explican, por un lado, el pensamiento Aristotélico (384 – 322 a. C.), que atribuye a la materia una naturaleza continua, formada por cuatro elementos básicos; agua, aire, tierra y fuego y una quinta donde habitan las otras en el ‘éter’. Por otra parte, Demócrito (460 – 370 a.C.) y Leucipo (370 a.C.), la interpretan como divisible, hasta llegar a unas unidades básicas que llamaron átomos, según Mortimer (1983).

Más adelante, Epicuro (341 – 270 a.C.) retoma las ideas atomistas, las cuales prevalecen hasta nuestros días gracias a la obra de Tito Lucrecio (99 – 55 a.C.) “De Rerum Natura”, en la cual se hace referencia a la existencia de unidades materiales estructurales, y un “vacío”, en el que tales unidades toman lugar (Gómez Crespo, 2008).

Posteriormente y por mucho tiempo, las ideas atomistas fueron tomadas con poca relevancia, hasta que pensadores como Copérnico (1473 - 1543), Galileo Galilei (1564 – 1642), Pierre Gassendi (1592 – 1695), Boyle (1627 – 1691) y Newton (1642 – 1727), a través de sus investigaciones, dan fuerza a las concepciones atomistas de la materia apoyados en una teoría corpuscular; posteriormente, Dalton con sus postulados, corrobora la constitución atómica de la materia (Gómez Crespo, 2006).

5.2. EL ESTADO SÓLIDO

Los sólidos se caracterizan por contar con una marcada rigidez y ser resistentes a la deformación, de allí su forma definida; tales propiedades tienen origen en la falta de libertad que tienen sus partículas para moverse como en el estado líquido y el gaseoso; no obstante, mantienen un movimiento vibratorio constante en sus posiciones fijas (Petrucci, 2011).

Por otro lado, para mantener su estructura, los sólidos requieren que a nivel interno, sus partículas posean fuerzas de atracción lo suficientemente fuertes y además de ello se encuentren dispuestos en forma ordenada, así, los que poseen estructuras altamente organizadas son catalogados como cristalinos. Sin embargo, a pesar de la organización mencionada, las partículas que conservan los

sólidos poseen energía interna y presentan movimiento vibratorio a pesar de su estructura rígida macroscópica (Brown, 2004).

Cabe mencionar que gran parte de los productos usados en la elaboración de dispositivos tecnológicos se encuentran en estado sólido, siendo el hecho tal, que las propiedades macroscópicas de los sólidos (y de la materia en general), tienen su origen en el comportamiento que a nivel interno tienen sus átomos y/o partículas (moléculas, iones); en tal sentido es comprensible que ellos se mantengan organizados en estructuras determinadas, lo cual se convierte en un factor relevante para establecer sus propiedades (Atkins, 2006).

5.2.3. Tipos de Sólidos

Básicamente se pueden distinguir dos tipos de sólidos, cada uno de los cuales con sus propiedades, estructuras y enlaces característicos: Primeramente cabe mencionar los sólidos cristalinos, cuyas partículas se encuentran claramente ordenadas en estructuras con ángulos definidos entre sus caras. Este tipo de sólidos posee un punto de fusión definido; por otro lado, están los sólidos en los cuales sus partículas no presentan una disposición ordenada y además no poseen formas definidas (Brown, 2004). (Smart y Moore, 1992)

Cabe mencionar aquí, que cuando un sólido es generado de forma rápida, las partículas que lo componen no cuentan con el tiempo necesario para organizarse en posiciones fijas. A este tipo de sólidos se le conoce como sólidos amorfos, los cuales no poseen una distribución tridimensional ordenada (Chang, 2002).

5.3. TEORÍA CINÉTICO MOLECULAR EN SÓLIDOS

En el estado sólido, las partículas poseen una menor energía cinética que en el estado gaseoso y líquido, siendo así que las moléculas que conforman un sólido cristalino adquieren posiciones fijas únicamente con movimientos vibratorios (Mortimer, 1983).

Al respecto, Chang (2002) hace referencia al movimiento restringido de las moléculas en el estado sólido y cómo estas se organizan en estructuras definidas en tres dimensiones, evidenciándose en ellas un reducido espacio entre las partículas; por otra parte, respecto a la compresibilidad, los sólidos son difícilmente compresibles, dado el reducido espacio entre sus moléculas, y de allí su carácter rígido (Brown, 2004).

5.4. FUERZAS INTERMOLECULARES E INTRAMOLECULARES

Como su nombre lo indica, las fuerzas intermoleculares son fuerzas dadas entre moléculas, mientras que las intramoleculares son las encargadas de mantener a los átomos juntos en una molécula (Chang, 2002).

En los sólidos, la intensidad de las fuerzas intermoleculares determinan su punto de fusión, al ser su intensidad directamente proporcional a esta propiedad (Brown, 2004).

Tabla No. 1

Fuerzas Intermoleculares	Fuerzas Intramoleculares
Ejercen mayor influencia en líquidos y sólidos.	Por lo general son más débiles que las intermoleculares.
Dan razón de las propiedades macroscópicas de la materia.	Dan estabilidad a las moléculas individuales.

Comparación entre fuerzas intermoleculares e intramoleculares.

5.4.1. Fuerzas de dispersión de London

También conocidas como fuerzas de dispersión, las fuerzas de London se presentan entre átomos y moléculas de carácter no polar. En una molécula, los electrones se encuentran en movimiento constante, de tal modo que en cualquier momento puede generarse un desbalance en la distribución de la carga, dando lugar a un dipolo instantáneo. Los electrones de algún átomo cercano serán atraídos por el extremo positivo de la molécula, induciendo en la otra molécula, produciendo así la atracción mutua de las moléculas no polares. El carácter débil de las fuerzas de London se debe a que estas fuerzas se producen y desaparecen de manera continua, lo cual hace que tengan periodos de duración muy cortos (Briceño, 1994).

5.4.2. Fuerzas dipolo-dipolo

Las fuerzas dipolo-dipolo son generadas por la atracción de polos opuestos de moléculas polares. Este tipo de fuerzas se presenta entre moléculas que tienen momentos dipolares (moléculas polares). Son directamente proporcionales al momento dipolar. Para aumentar la atracción en la fase sólida, las moléculas que poseen un momento dipolar tienden a alinearse de forma continua con las polaridades opuestas (Chang, 2002).

5.4.3. Enlace de Hidrógeno

Este tipo de enlace se genera entre un átomo electronegativo de O, N, o F, y un átomo de hidrógeno. Estos enlaces tienen una alta influencia en la estructura de muchos compuestos dado que cuentan con una muy alta energía de enlace (Chang, 2002).

5.4.4. Fuerzas ion-dipolo

Las moléculas polares (dipolos), tienen un extremo positivo y uno negativo. Las fuerzas ion-dipolo son generadas entre un ion y una carga de uno de los extremos de una molécula de naturaleza polar. Dependiendo de su naturaleza positiva o negativa, los iones son atraídos al extremo de la molécula polar que tiene carga opuesta; al aumentar la carga del ion o la intensidad del momento dipolar, la magnitud de la fuerza ion-dipolo aumenta (Brown, 2004). (Smart y Moore, 1992)

5.5. TIPOS DE SÓLIDOS SEGÚN SU ENLACE

Tabla No. 2

Tipos de Sólidos			
Clase de Sólido	Tipo de Partículas	Fuerzas entre Partículas	Características
Red Covalente	Átomos enlazados en una red de enlaces covalentes	Enlaces Covalentes	Alta dureza, alto punto de fusión baja conductividad térmica y eléctrica.
Molecular	Átomos o moléculas	Fuerzas Intermoleculares	Punto de fusión bajo, baja conductividad térmica y eléctrica.
Iónico	Iones positivos y Negativos	Atracciones electrostáticas	Baja conductividad eléctrica y térmica, dúctiles, maleables, duros y quebradizos, alto punto de fusión.
Metálico	Átomos	Enlaces Metálicos	De blandos a muy duros, punto de fusión variable desde bajo hasta alto, buenos conductores térmicos, maleables y dúctiles.

Tipos de sólidos.

5.6. APRENDIZAJE SIGNIFICATIVO

Ausubel plantea que el aprendizaje significativo del estudiante depende de la estructura cognitiva previa que se relaciona con la nueva información; entiéndase por estructura cognitiva al conjunto de conceptos, ideas que un individuo posee en un área específica del conocimiento. Un aprendizaje es significativo cuando los contenidos: Son relacionados de modo no arbitrario con los conocimientos que el alumno ya posee. Por relación sustancial y no arbitraria se debe entender que las ideas se relacionan con algún factor existente particularmente relevante de la estructura cognoscitiva del alumno (Ausubel, 1983).

Por otra parte, de acuerdo con Moreira (2000), *“Una buena enseñanza debe ser constructivista, promover el cambio conceptual y facilitar el aprendizaje significativo”*. Afirma este autor que aunque aún sean detectados algunas prácticas y procedimientos con enfoque conductista, la educación está encaminada a una enseñanza de corte significativo.

La característica más importante del aprendizaje significativo es que, genera una interacción entre los conocimientos más relevantes de la estructura cognitiva y las nuevas informaciones, de tal modo que estas adquieren un significado y son integradas a la estructura cognitiva de manera no arbitraria, favoreciendo la diferenciación, evolución y estabilidad de los conocimientos enlazantes pre existentes. Por el contrario, el aprendizaje mecánico se lleva a cabo cuando no hay conexión entre los saberes previos y la nueva información, de tal forma que el nuevo conocimiento es almacenado arbitrariamente, sin tener en cuenta los conocimientos pre-existentes (Ausubel, 1983).

5.6.1 Requisitos para el aprendizaje significativo

Al respecto Ausubel dice: “El alumno debe manifestar una disposición para relacionar sustancial y no arbitrariamente el nuevo material con su estructura cognoscitiva, como que el material que aprende es potencialmente significativo para él, es decir, este se puede relacionar con su estructura de conocimiento sobre una base no arbitraria” (Ausubel, 1983).

Lo anterior implica:

- Que el material de aprendizaje sea potencialmente significativo
- Interacción entre los conocimientos previos y los nuevos.

- Los nuevos conocimientos, en la interacción con las ideas previas, no deben relacionarse al pie de la letra.
- Disposición para el aprendizaje significativo, es decir que el alumno muestre una disposición para relacionar de manera sustantiva el nuevo conocimiento con su estructura cognitiva.

5.6.2. *Aprendizaje de representaciones*

Es el aprendizaje más elemental del cual dependen los demás tipos de aprendizaje. Consiste en la atribución de significados a determinados símbolos, al respecto Ausubel dice: “Ocurre cuando se igualan en significado símbolos arbitrarios con sus referentes (objetos, eventos, conceptos) y significan para el alumno cualquier significado al que sus referentes aludan” (Ausubel, 1983).

5.6.3. *Aprendizaje de conceptos*

Los conceptos se definen como "objetos, eventos, situaciones o propiedades de que posee atributos de criterios comunes y que se designan mediante algún símbolo o signos" (Ausubel, 1983), partiendo de ello podemos afirmar que en cierta forma también es un aprendizaje de representaciones.

5.7. APRENDIZAJE COLABORATIVO

Johnson y Johnson (1994) definen el aprendizaje colaborativo como: “*el empleo didáctico de grupos reducidos en los que los alumnos trabajan juntos para maximizar su propio trabajo y el de los demás*”. A diferencia del aprendizaje competitivo, en el que cada estudiante es responsable solamente de su aprendizaje, en el aprendizaje colaborativo cada estudiante asume responsabilidad en tanto en su propio proceso de aprendizaje, como en el de sus compañeros.

Como estrategia didáctica, el aprendizaje colaborativo tiene como objetivo promover el aprendizaje a partir del trabajo grupal. Allí, a partir de las destrezas individuales, cada estudiante se hace responsable de su aprendizaje y adquiere compromiso respecto a la colaboración en el aprendizaje de sus compañeros. Históricamente, el trabajo en equipo ha sido ampliamente usado, a pesar que trabajar de tal forma tiene un grado de dificultad relevante. El trabajo colaborativo se caracteriza porque en su desarrollo, los estudiantes son quienes toman el control del diseño de la forma en que interactúan y tienen potestad de decidir sobre factores que influyen en su aprendizaje (Collazos, Mendoza, 2006).

5.8. ANIMACIÓN EN LA ENSEÑANZA

Al llevar a cabo el estudio de nuevas temáticas, cuyos contenidos tienen lugar en contextos fuera de nuestro alcance visual, el proceso de aprendizaje se hace complejo. En cuanto a la educación, la animación es un instrumento de comunicación visual eficaz, dado que posee características particulares como representar fenómenos inalcanzables a la vista humana, y ser un elemento motivante para hacer más atractivo el proceso de enseñanza. Se ha demostrado reemplazando palabras o números por imágenes, se han obtenido resultados favorables en el proceso de aprendizaje cuando se presentan dificultades con la lectura y la escritura (entre otros). (Laureano, 1993). Como lo afirma Hernández, J. y Martín, E. (Eds.). (2014), *“La imagen en movimiento genera pasión porque en ella nos vemos representados tanto a nosotros mismos, como a personas y situaciones que jamás habríamos podido imaginar”*

Para llevar a cabo una animación en el aula, se hace necesario que los estudiantes posean unos conocimientos previos respecto a la construcción de la animación, y por supuesto, respecto al tema específico para el cual esta se va a desarrollar.

El Ministerio de Educación de Argentina (2011) sugiere dos técnicas de animación para trabajar en las aulas:

- **Arte Plano:** Hace referencia a la animación hecha con figuras planas (recortes). Esta técnica puede utilizar materiales diversos unidos ubicados en una secuencia lógica para que sirvan como el escenario donde interactuaran los personajes de la historia; en este caso las partículas que conforman los sólidos. Sobre la mencionada secuencia, los elementos que protagonizan la animación se ubican de acuerdo al guion establecido previamente.
- **Arte Corporeo (Claymation):** Se refiere a la animación realizada con figuras modeladas. En este método, las figuras tienen formas tridimensionales realizadas a través de técnicas diversas según las preferencias del grupo de trabajo. Allí los elementos de la historia deben poseer flexibilidad en sus movimientos con el fin de cambiar sus posiciones de acuerdo al desarrollo de la historia.

6. METODOLOGÍA

Esta investigación tiene un carácter mixto, tanto cualitativo como cuantitativo y estuvo dirigida a estudiantes de educación secundaria, 8 de grado noveno y cuatro de grado décimo del colegio Gimnasio Campestre Oxford. El desarrollo de la investigación se realizó de forma homogénea con todo el grupo objetivo, es decir, todo el proceso experimental se llevó a cabo de igual forma con los estudiantes de ambos grados. La investigación fue desarrollada en tres fases: la primera es la indagación de las ideas previas de los estudiantes respecto a algunas propiedades del estado sólido; la segunda consiste en el desarrollo actividades experimentales, y la última etapa es el diseño, elaboración y posterior de una animación “stop motion” para explicar algunas características del concepto ductilidad. A continuación se explican en detalle las fases mencionadas:

6.1. Primera Fase: DETERMINACIÓN DEL ESTADO INICIAL

Conocimientos Previos

En esta fase, se determinó el estado inicial en términos conceptuales del grupo objetivo, lo que se pudo establecer desde el diseño y la aplicación de instrumentos de indagación de las ideas previas de los estudiantes, así como de instrumentos para evidenciar la efectividad de la propuesta para promover aprendizaje significativo en el grupo objetivo. En esta etapa se aplicó un cuestionario de once preguntas de selección múltiple con única respuesta, con el cual se indagaron las ideas previas que tenían los estudiantes respecto a algunas propiedades que describen el estado sólido. Para el análisis posterior de resultados, conviene indicar que la prueba diagnóstica se evaluó teniendo en cuenta cuatro niveles descritos a continuación:

Tabla No. 3

Nivel 1	No posee claridad respecto a las propiedades microscópicas y macroscópicas del estado sólido.
Nivel 2	Identifica algunos aspectos básicos relacionados con las propiedades microscópicas y macroscópicas estado.
Nivel 3	Relaciona de forma apropiada algunas propiedades del estado sólido con su composición interna.
Nivel 4	Tiene claridad respecto a las propiedades microscópicas y macroscópicas del estado sólido.

Niveles de evaluación de la prueba diagnóstico.

6.2. Segunda Fase: *DESARROLLO DE LA PROPUESTA*

En esta fase se implementaron cuatro sesiones, en las que las tres primeras estuvieron estructuradas con sus respectivas prácticas experimentales relacionadas con el estado sólido.

Las tres primeras sesiones se nombraron de la siguiente manera: a) Naturaleza Corpuscular de la materia, b) Descripción de materiales diversos, c) Formación de cristales.

a) Naturaleza Corpuscular de la materia

En la actividad denominada “Descubriendo la naturaleza corpuscular de la materia”: por medio esferas de diferentes tamaños, se realizaron diferentes tipos de mezclas, las cuales posteriormente fueron descritas y representadas en un diagrama por los estudiantes. Igualmente, a partir de esta actividad se llevó a cabo un cuestionario cuya intencionalidad estaba enfocada en conocer las concepciones que tenían en su momento, respecto al comportamiento corpuscular de las partículas en estado sólido, los estudiantes de grado noveno del Gimnasio Campestre Oxford.

Los resultados fueron calificados con base en los niveles que se describen a continuación:

Tabla No. 4

Nivel 1	No posee claridad respecto a la naturaleza corpuscular de la materia.
Nivel 2	Identifica algunos aspectos básicos relacionados con la teoría cinética molecular.
Nivel 3	Relaciona de forma apropiada el tamaño de las partículas con el volumen que ocupan, teniendo en cuenta el concepto de “vacío”.
Nivel 4	Tiene claridad respecto al comportamiento corpuscular de la materia.

Niveles de evaluación naturaleza corpuscular de la materia.

b) Descripción de materiales diversos: Esta actividad consistió en la observación y descripción interna y externa de los siguientes materiales:

- Espuma
- Vidrio
- Lamina de acero inoxidable
- Bronce
- Alambre de cobre
- Madera
- Plastilina
- Polietileno de alta densidad

La prueba se evaluó teniendo en cuenta cuatro niveles de análisis descritos a continuación:

Tabla No. 5

Nivel 1	Desconoce algunas propiedades mecánicas de los sólidos, así como sus causas a nivel microscópico.
Nivel 2	Identifica algunas propiedades de los sólidos, pero desconoce el comportamiento interno que da origen a las mismas.
Nivel 3	Describe los sólidos de acuerdo a sus propiedades macroscópicas, pero muestra confusión en su descripción a nivel microscópico.
Nivel 4	Describe de forma correcta los sólidos de acuerdo a propiedades macroscópicas y microscópicas.

Niveles de evaluación descripción de materiales diversos.

c) Formación de cristales

Formación de Cristales de sulfato de Cobre y de azúcar: En esta actividad los estudiantes prepararon soluciones sobresaturadas de sulfato de cobre en agua, y de azúcar con agua, las cuales posteriormente se dejaron en reposo por una semana; pasado este tiempo, se formaron los cristales respectivos en cada solución, (sulfato de cobre y azúcar), los cuales fueron posteriormente observados al microscopio y descritos de forma individual por el grupo objetivo.

Los resultados obtenidos se categorizaron con base en la tabla No. 6.

Tabla No. 6

Nivel 1	No posee claridad respecto a la naturaleza del sólido formado.
Nivel 2	Predice de forma asertiva respecto a la forma del sólido formado.
Nivel 3	Identifica la naturaleza del sólido formado de acuerdo a su clasificación.
Nivel 4	Describe el sólido obtenido a partir de su estructura interna.

Niveles de evaluación formación de cristales

En la cuarta sesión se efectuó la implementación de la animación (desde el stop-motion), para finalmente realizar la prueba de conceptos finales (prueba de salida), para dar cuenta del cambio en las construcciones conceptuales relacionadas con las propiedades inherentes al estado sólido, luego de haber realizado la intervención con el video tipo stop motion.

6.3. *Tercera Fase: FASE DE CIERRE*

En esta fase se realizó la evaluación de los resultados de la propuesta en su conjunto, desde un proceso de socialización con el grupo objetivo.

La animación realizada lleva por título “QUIMI – MOTION”, es una propuesta abierta y sujeta a mejoras como como instrumento audiovisual, profundización en contenidos específicos, e inclusión de diversas temáticas de química y metodologías de participación activa de los estudiantes en su proceso de aprendizaje. En este caso se pretende acercar a los estudiantes a la comprensión de temas relacionados con el estado sólido, en particular haciendo referencia a la propiedad mecánica de los sólidos conocida como ductilidad.

La técnica utilizada, conocida como stop motion, requiere para su ejecución la previa elaboración de un story board o guion gráfico, el cual describe con imágenes y de forma resumida, cada una de las escenas o momentos de la animación. (Purves, 2010).

En el apartado de anexos, se detalla cada una de los instrumentos aplicados en cada una de las sesiones experimentales. Guión

7. RESULTADOS

A continuación se muestran los resultados de la aplicación de cada de cada uno de los instrumentos realizados por los estudiantes en las tres fase de la propuesta.

Resultados instrumento No. 1

Primera Fase: DETERMINACIÓN DEL ESTADO INICIAL

Conocimientos Previos

En la Figura 1 se presenta un diagrama de barras que resume los resultados del grupo objetivo (estudiantes de octavo y noveno grado) en la prueba diagnóstica, en la que las preguntas se clasificaron con base en 4 planos, según lo muestra la tabla 7:

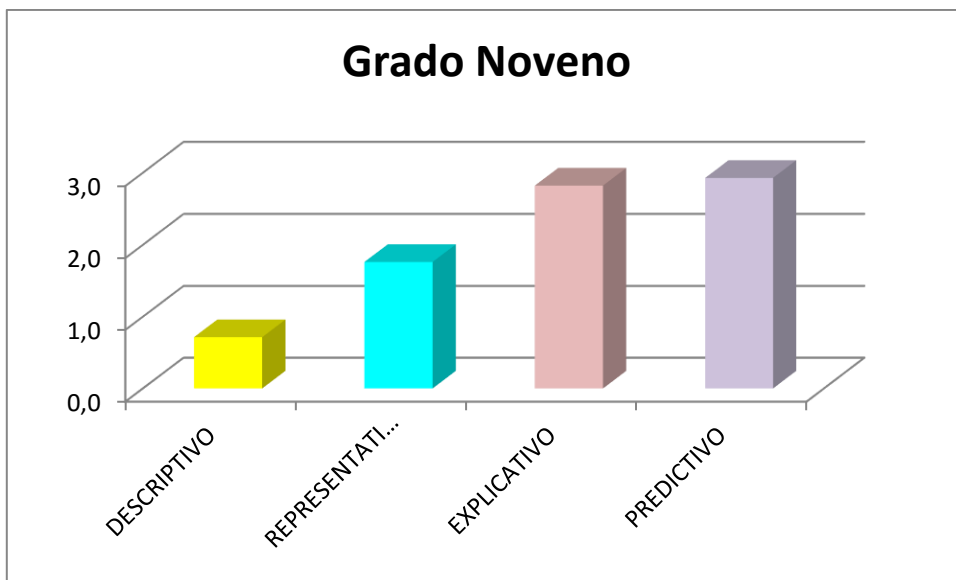
Tabla No.7

PLANO DE ANÁLISIS	PREGUNTAS
DESCRIPTIVO	9
REPRESENTACIONAL	1, 6 Y 7
EXPLICATIVO	2, 5, 8 Y 10
PREDICTIVO	3 Y 4

Planos de análisis instrumento de conocimientos previos.

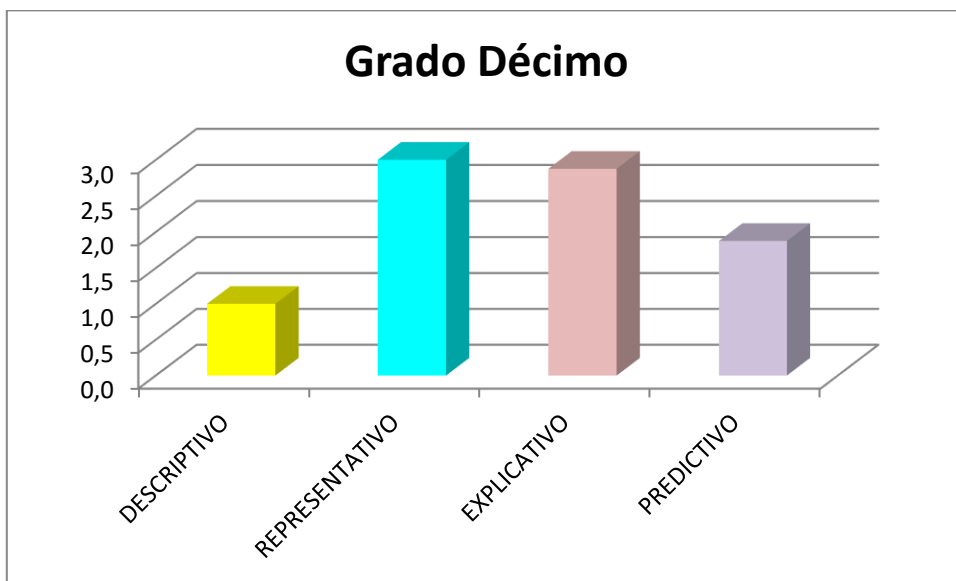
De acuerdo a los planos de análisis descritos en la tabla, a continuación se presentan los resultados de las pruebas realizadas al grupo de trabajo:

Figura 1.



Puntaje promedio obtenido por Los Estudiantes del grado noveno en la prueba diagnostico según planos de análisis.

Figura 2



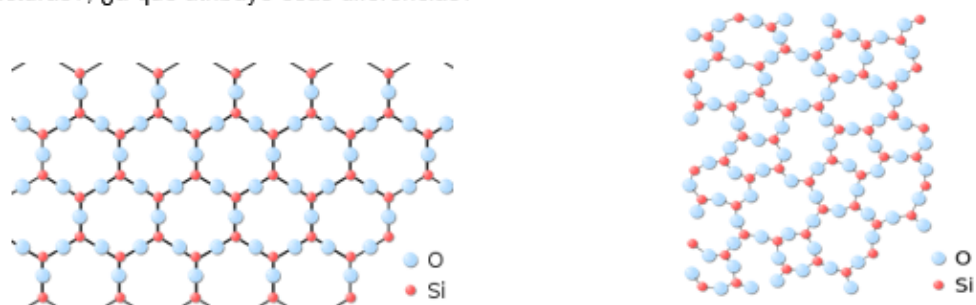
Puntaje promedio obtenido por Los Estudiantes del grado noveno en la prueba diagnostico según planos de análisis.

Con base en las figuras 1 y 2, se puede evidenciar que los estudiantes de los dos grupos muestran muy bajo desempeño en el plano de lo descriptivo, en buena medida porque asocian los sólidos cristalinos con la transparencia de los materiales vítreos a la luz, mientras que otros logran

relacionar estos materiales con la organización de sus partículas, pero se evidencia en la mayoría de los casos la atribución de propiedades de manera errónea.

Por otra parte, en el plano de las representaciones, en la pregunta 6 que se muestra a continuación:

6. Las estructuras mostradas a continuación representan dos sustancias compuestas por los mismos elementos en las mismas proporciones. ¿Qué diferencias encuentra usted en las dos estructuras?, ¿a qué atribuye esas diferencias?



los estudiantes son categorizados de acuerdo a la forma en que se clasificaron sus respuestas; en esta dirección hay un grupo de estudiantes, cuyas respuestas que apuntan a referirse erróneamente a la distancia y separación entre las partículas, otro grupo apunta a responder en términos de propiedades de los mismos materiales o externas al sistema, en forma también equivocada, como lo afirma una estudiante del grado noveno:

“supongo que la imagen a está siendo sometida a una temperatura más baja que la imagen b, haciendo que por esto en la imagen b las partículas estén dispersas y desordenadas”.

Finalmente hay dos grupos muy bien diferenciados: unos que no dan respuesta a la pregunta y otros que argumentan acertadamente sus respuestas en términos de la organización y estructura de las partículas, como se ilustra en la respuesta de misma estudiante’:

“la diferencia que observo es la organización y la densidad”.

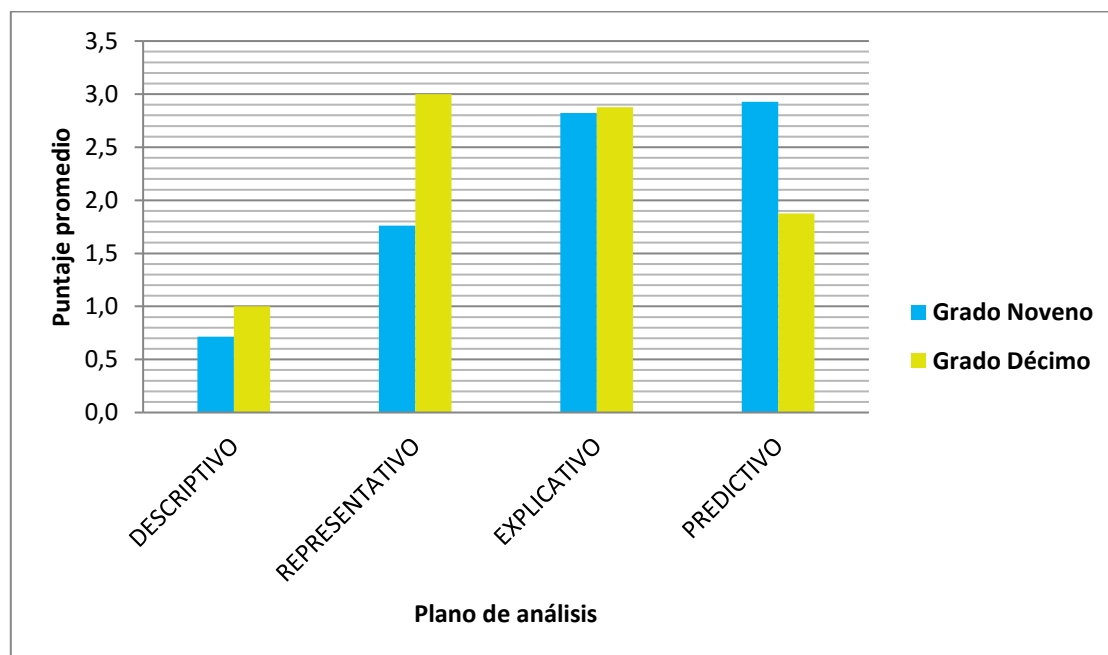
El promedio más alto lo presenta el grado noveno en el plano predictivo como se evidencia en las figuras 1, mientras que el grado décimo obtiene mejor promedio en el plano representativo, como puede verse en la figura 2, lo cual puede explicarse debido a que la mayoría de los estudiantes tiene claridad en cuanto a que la distancia entre partículas y la temperatura son determinantes para que la materia se encuentre en estado sólido, líquido o gaseoso, teniendo los estudiantes de grado décimo

un año más de instrucción, lo cual les da más herramientas para obtener un mejor desempeño en el plano representativo. Adicionalmente, algunos estudiantes de los dos grupos coinciden en atribuir una mayor densidad de partículas al estado sólido, así como la mayoría también agrupa de forma correcta sólidos de la misma naturaleza.

Respecto al plano predictivo, el grupo en general posee el segundo promedio más alto de los cuatro evaluados, dado que en su mayoría, los estudiantes atribuyen la baja temperatura como un factor relevante en la formación de sólidos, de igual forma, reconocen a las fuerzas intermoleculares como responsables de las propiedades macroscópicas del estado sólido.

Como se muestra en la figura 3, el grado noveno mostró un mayor porcentaje de acierto en las respuestas de carácter predictivo, debido a que la mayor parte de los estudiantes tuvo en cuenta la baja temperatura y las fuerzas de atracción como aspectos determinantes para comprender la diferencia entre el punto de fusión de dos sólidos distintos. Por su parte el grado décimo tuvo mejores resultados en el plano representativo y levemente en el explicativo.

Figura 3



Comparativo de puntaje promedio obtenido por los dos grupos evaluados en la prueba diagnóstico según planos de análisis.

Segunda Fase: DESARROLLO DE LA PROPUESTA

Actividad: Naturaleza Corpuscular de la materia

Para esta intervención, se plantearon seis preguntas, las cuales se evaluaron de acuerdo a los planos de análisis descritos en la tabla No. 8:

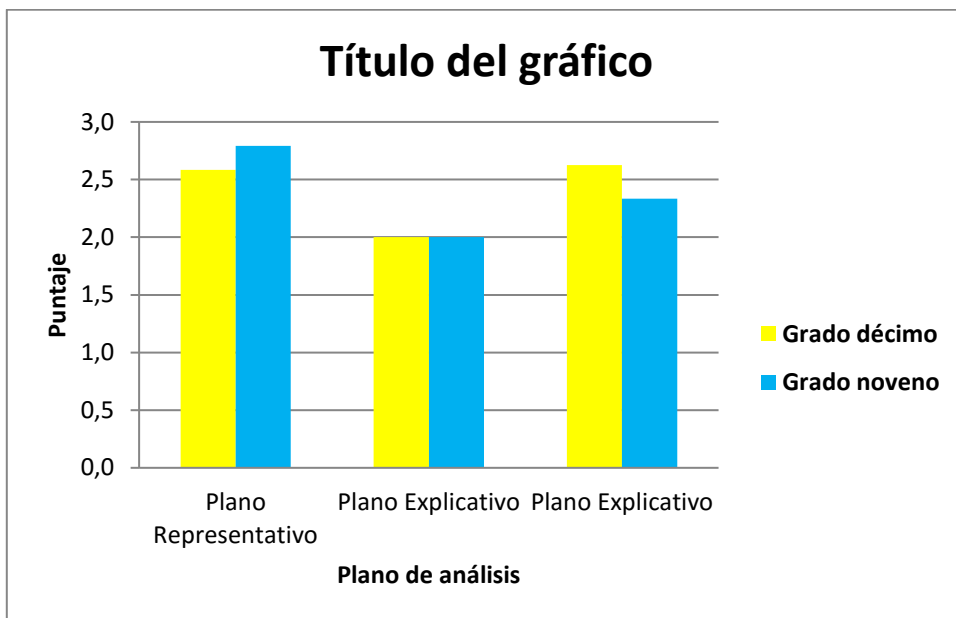
Tabla No.8

PLANO DE ANÁLISIS	NÚMERO DE PREGUNTAS
REPRESENTACIONAL	3
EXPLICATIVO	1
PREDICTIVO	2

Planos de análisis de la prueba “naturaleza corpuscular de la materia.

La figura 4 muestra los resultados obtenidos por los estudiantes de noveno y décimo en los diferentes planos de análisis. Allí se observan resultados muy similares para los dos cursos en los diferentes planos., siendo el plano representativo el que alcanzó un puntaje más alto en los dos grupos, seguido por el plano predictivo; en cuanto al plano explicativo, los dos grupos obtuvieron el mismo puntaje.

Figura 4



Puntaje promedio obtenido en la actividad “naturaleza corpuscular de la materia”

En relación con el plano explicativo, es interesante observar que cuando se indagó por el volumen total de las diferentes esferas por separado y las mezclas, algunos estudiantes no tenían en cuenta el espacio que existente entre un cuerpo y otro, es decir, el volumen estimado por ellos es determinado por el límite superior que alcanzan las esferas en el recipiente, sin importar el espacio libre entre ellas.

Por otra parte, hay quienes consideran que antes de llenar con agua los recipientes que contenían las mezclas, el espacio libre entre partículas no era ocupado por nada, desconociendo así la existencia de cantidades apreciables de aire en estos espacios, lo cual genera inconsistencias en la comprensión que ocupan las partículas como cuerpos individuales.. Otro estudiante afirmó que en el espacio mencionado había “oxígeno”, que luego fue desplazado por agua. Así, este tipo de afirmaciones demuestran que los estudiantes tienen constructos erróneos respecto a la naturaleza corpuscular de la materia.

Por otro lado, el ejercicio permitió que los estudiantes visualizaran que cuando los corpúsculos tienen menos espacio entre ellos, su movimiento disminuye sin llegar a detenerse del todo, situación que a su vez sirve para representar lo que sucede con las partículas de una sustancia cuando se encuentra en estado sólido, lo cual coincide con (Petrucci (2011) cuando afirma que en el estado sólido, las partículas, mantienen un movimiento vibratorio constante en sus posiciones fijas

Actividad: Descripción de materiales diversos

La tabla No. 9 describe los criterios que se tuvieron en cuenta para evaluar los resultados obtenidos por los estudiantes en la primera actividad de la fase de desarrollo.

Tabla No. 9

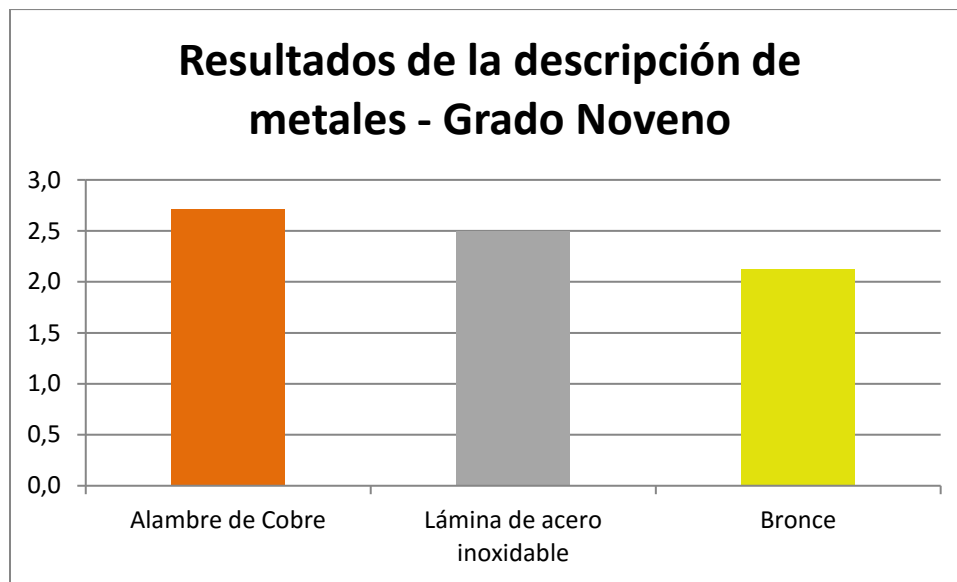
Nivel 1	Desconoce algunas propiedades mecánicas de los sólidos, así como sus causas a nivel microscópico.
Nivel 2	Identifica algunas propiedades de los sólidos, pero desconoce el comportamiento interno que da origen a las mismas.
Nivel 3	Describe los sólidos según sus propiedades macroscópicas, pero muestra confusión en su descripción a nivel microscópico.
Nivel 4	Describe de forma correcta los sólidos de acuerdo a propiedades macroscópicas y microscópicas.

Niveles de evaluación para la descripción de sólidos diversos.

Con respecto a la descripción de los materiales presentados, como se observa en la figura 5, los estudiantes del grado noveno poseen un mejor nivel de descripción para los materiales metálicos que el que muestran para los no metálicos. A pesar de no ser del todo precisos, los estudiantes muestran mayor facilidad para atribuir correctamente algunas propiedades a los metales, así como para relacionarlos con comportamientos y situaciones específicos a nivel particular. Por ejemplo, la mayoría de los estudiantes coincide en describir a los metales como buenos conductores de la electricidad, al igual que los relacionan con fuerzas intermoleculares de carácter fuerte; Una muestra de ello es que, para el caso del cobre, los alumnos reconocen con facilidad que este es un buen conductor de la corriente eléctrica, y de manera intuitiva dado su nivel de formación, lo describen como una estructura de empaquetamiento compacto, sin embargo, algunos estudiantes

que reconocen el Cu como un material conductor de la corriente eléctrica, no lo identifican como conductor de energía térmica, de lo cual se puede deducir que a pesar de acertar en algunas de sus apreciaciones, no poseen los constructos suficientes para comprender y describir la naturaleza del estado sólido; en los casos del bronce y el acero inoxidable sucede algo similar, sin embargo, estos dos últimos metales son descritos con menos propiedad por el grupo.

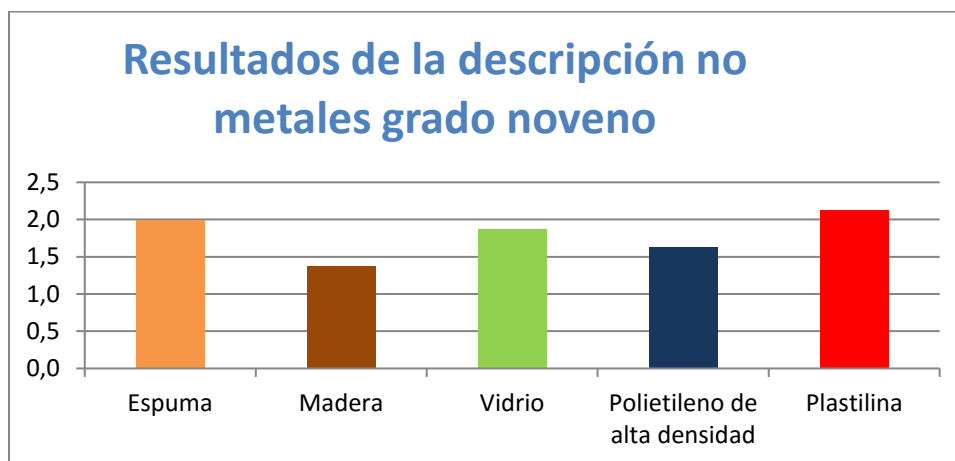
Figura 5



Puntaje obtenido por el grado noveno en la descripción de metales.

Por el contrario, como se muestra en la figura 6, los elementos no metálicos presentan en la mayoría de los casos una descripción equivocada con materiales particulares; por ejemplo, respecto al vidrio algunos estudiantes opinan que las partículas que lo componen presentan empaquetamiento compacto, de igual forma, muestran otros errores conceptuales como señalar que las partículas que componen este material presentan un alto grado de organización así como que existen atracciones intermoleculares fuertes entre ellas.

Figura 6

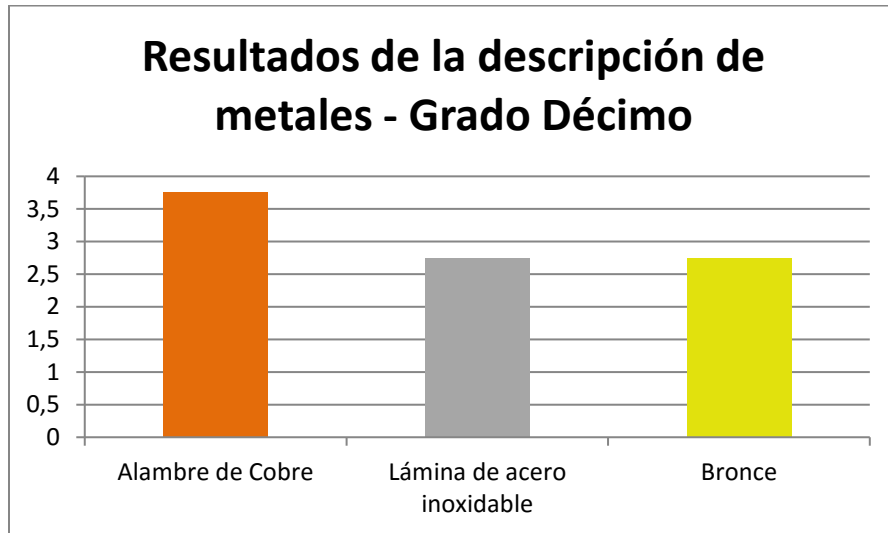


Puntaje obtenido por el grado noveno en la descripción de metales.

Cabe también hacer referencia a otro caso particular, como lo es la descripción que hacen de la madera, ya que varios estudiantes consideran este tipo de sólido como conductor térmico, respuesta que da a suponer una relación del material con múltiples procesos de combustión en los que este interviene. Por otro lado, la plastilina fue el material mejor descrito por el grupo, seguido por la espuma, de lo cual se puede deducir que al ser elementos de más frecuente manipulación que los demás, los estudiantes están más familiarizados con sus características macroscópicas, a pesar de carecer de un fundamento preciso respecto a su composición.

Con respecto al grado décimo, se pudo observar un comportamiento similar, debido a que el grupo también fue más preciso en la descripción de los materiales metálicos, en particular del cobre. La figura 7 muestra los niveles de descripción en los que se encuentra cada sólido metálico; allí se puede apreciar claramente que el cobre es el material mejor descrito por el grupo, seguido por el aluminio y el bronce respectivamente. Vale la pena resaltar que aunque los resultados obtenidos por los dos grupos siguen una tendencia general, el puntaje obtenido en cada descripción es más alto en grado décimo que el de su par respectivo en el grado noveno, lo cual tiene sentido ya que a pesar que las edades son muy similares, existe entre los dos grupos una diferencia de un año más de instrucción en áreas que tratan la conformación de la materia y sus propiedades, como son física y química.

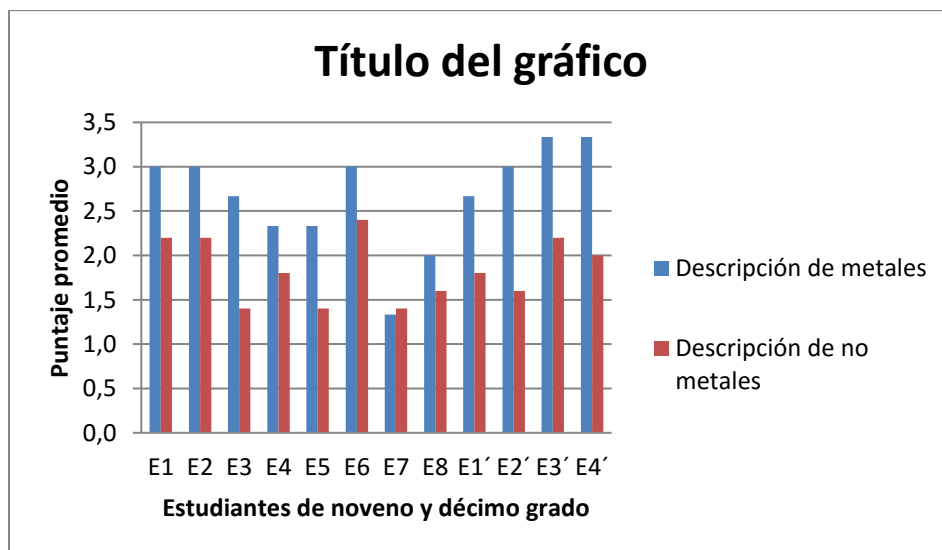
Figura 7



Puntaje obtenido por el grado décimo en la descripción de metales.

La figura 8 muestra un gráfico comparativo de las descripciones realizadas por el total de estudiantes de noveno y décimo grado; en ella fácilmente se confirman las observaciones realizadas previamente; la descripción realizada de los elementos metálicos posee un más elevado grado de acierto que la realizada a los sólidos no metálicos, siendo el cobre el material con un mayor grado de asertividad en su descripción.

Figura 8



Puntaje promedio obtenido por estudiante en la descripción de metales y no metales.

Actividad: Formación de Cristales

Pasada semana y media luego de haber preparado las soluciones de sulfato de cobre y azúcar, se formaron los cristales respectivos de cada solución, cuya descripción se llevó a cabo de acuerdo a los niveles descritos en la siguiente tabla:

Tabla No.10

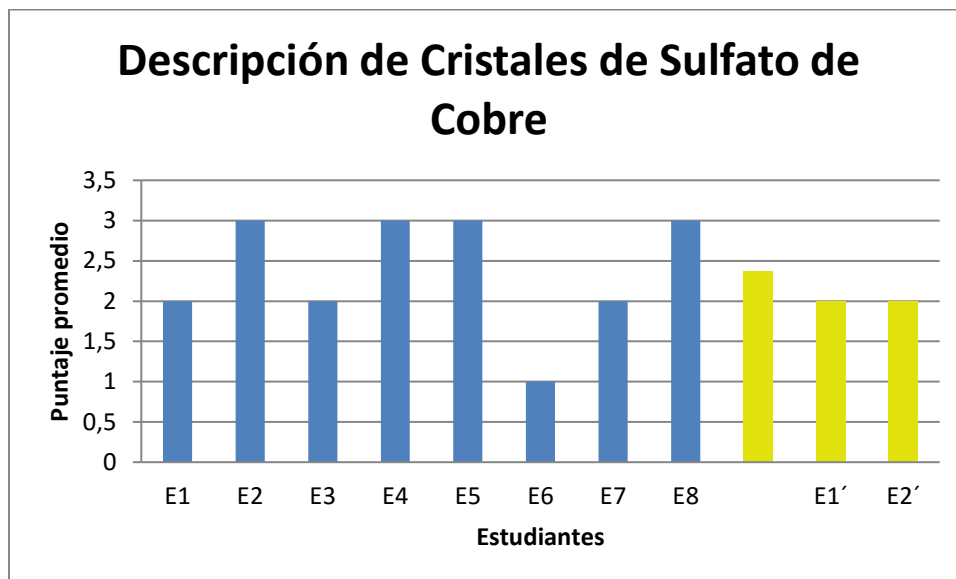
Nivel 1	Falta claridad para describir las soluciones preparadas y los sólidos obtenidos.
Nivel 2	Predice de forma asertiva respecto al tipo de solución y la estructura del sólido formado.
Nivel 3	Identifica la naturaleza de la solución preparada y del sólido formado de acuerdo a su clasificación.
Nivel 4	Describe el tipo de solución preparada, y el sólido obtenido a partir de su estructura interna.

Niveles de descripción de cristales de azúcar y sulfato de cobre.

Por medio del ejercicio inductivo de formación, y descripción de los cristales de sulfato de cobre y azúcar, la figura 9 nos muestra los rangos en los cuales se encuentran las descripciones realizadas por los estudiantes, los cuales en su mayoría, realizan un proceso descriptivo externo en el cual atribuyen un aspecto cristalino a los dos sólidos observados. Sin embargo, de acuerdo a las respuestas obtenidas, el carácter cristalino es atribuido debido a aspecto vítreo del material, mas no por la naturaleza y constitución interna del sólido, por ejemplo, al referirse a los cristales de sulfato de cobre, el estudiante E1 afirma: “se ve vidrioso, transparente, reluciente, cristalino”, lo cual presume una caracterización a partir del aspecto visible del material.

De igual forma, el estudiante E2 realiza una descripción de los mismos cristales caracterizándolos como: “*ligeramente brillante y azul*”, lo cual también muestra una descripción netamente externa; en cuanto a los cristales de azúcar, los cataloga como “*estructura sólida cristalina*”, con lo cual se pensaría que el estudiante tiene claridad respecto a la naturaleza del sólido, sin embargo, no expresa argumentos adicionales que den fundamento a su descripción.

Figura 9

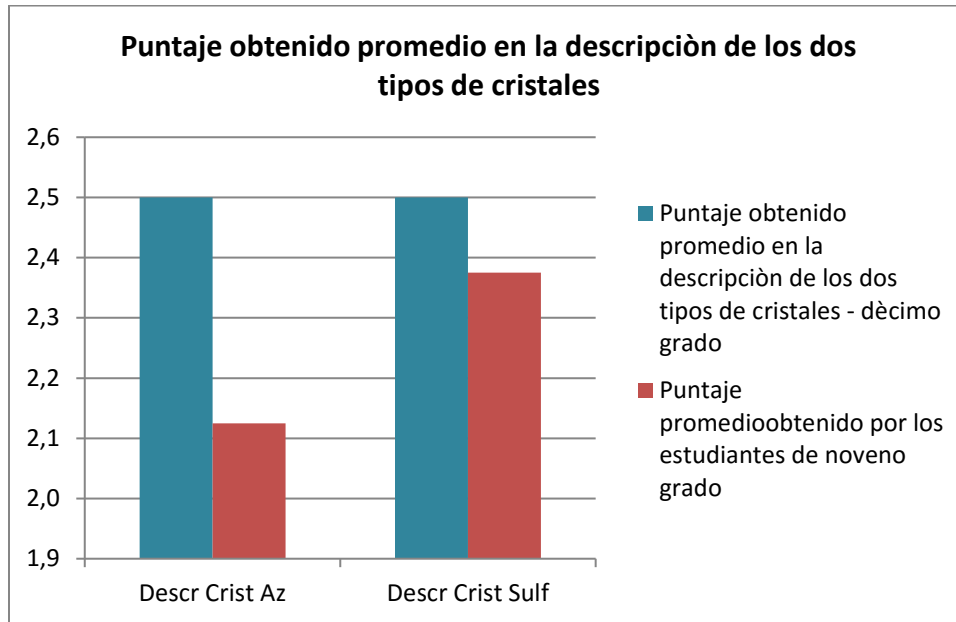


Descripción de cristales de sulfato de cobre

Vale la pena también resaltar como algunos estudiantes encuentran similitud entre los cristales de azúcar y diamante, con lo cual de evidencia que por medio de la observación hecha con el microscopio, se logró que los estudiantes tuvieran un acercamiento más estrecho con la estructura de un sólido cristalino, al punto que sus descripciones se hacen a través de comparaciones con estructuras sólidas de la misma clasificación.

En términos generales, los estudiantes del grado décimo realizaron una descripción más homogénea de los dos tipos de sólidos, aunque con menos asertividad que los estudiantes del grado noveno como se observa en la figura No. 10., teniendo estos últimos mejores resultados en la descripción de los cristales de sulfato de cobre.

Figura 10



Puntaje promedio obtenido en la descripción de los dos tipos de cristales

Implementación de la animación

Previo al desarrollo de la animación, se llevó a cabo un “story board” (ver anexo), el cual consistió en la elaboración de un guion literal – gráfico, que describe, en este caso, las etapas en las cuales se articula el desarrollo de la propuesta animada. Este guion fue desarrollado en parte con los estudiantes, y fue la etapa anterior a la toma de fotografías que posteriormente darían cuerpo a la animación.

Como última sesión, luego las sesiones experimentales se planificó, adecuó e implementó la animación, tipo ‘stop motion’ en una sesión en la que consolidaron los conocimientos en el grupo objetivo, particularmente sobre la propiedad de los sólidos conocida como ductilidad. La elección de esta propiedad se debe a que fue uno de los conceptos que hacían parte del ejercicio descriptivo llevado a cabo en la etapa experimental.

Conviene considerar que en ella, inicialmente, a partir de una serie de materiales didácticos, se desarrollaron modelos físicos que aportaban al desarrollo del concepto, con el objeto de presentar

una perspectiva microscópica y macroscópica a través de representaciones que sirvieran como facilitadores de la apropiación conceptual por parte de los grupos intervenidos.

En ella se empleó una serie de fotogramas consecutivos con los cuales se dio la impresión de movimiento de partículas, para dar razón de una estrecha relación entre el comportamiento corpuscular y la propiedad a explicar.

En síntesis, se logró fomentar en los estudiantes un elevado nivel de motivación y acercamiento a lo que se interpreta como comportamiento de la materia a nivel microscópico, lo cual se pudo evidenciar en la disposición de los estudiantes para el desarrollo de la animación y el tiempo dedicado a socializar los resultados obtenidos en la actividad misma. Además de lo recién expuesto es de resaltar que se incrementó el número de inquietudes, dado que fueron los mismos estudiantes quienes hicieron parte del proceso de desarrollo de la animación.

Para evaluar esta actividad se diseñó y se validó por contenido (juicio de experto) un sencillo instrumento en el cual se planteaban las siguientes preguntas: 1. ¿Qué es ductilidad?; 2. ¿a qué se debe la ductilidad de los sólidos?; y 3. De acuerdo a las respuestas 1 y 2, ¿Qué materiales son dúctiles? que daba cuenta de la apropiación y consolidación del conocimiento adquirido, antes y después del ejercicio de intervención.

En la etapa previa y en la posterior a la implementación de la animación, se indagó por tres elementos: el primero de ellos fue la definición del concepto ductilidad, el segundo tenía que ver con ejemplificar una serie de materiales dúctiles, y el último estuvo enfocado en analizar cuáles eran las posibles causas de que un material manifestara esta propiedad.

Para los resultados de la etapa previa, fue evidente en más del 80 %, un desconocimiento de aproximaciones explicativas y de argumentos para identificar propiedades en unos materiales y no en otros.

La confusión en la etapa previa, que presenta el grupo objetivo, se puede evidenciar cuando respecto a la pregunta ¿qué es ductilidad?, se obtienen respuestas tales como:

“objetos que le dan vía a otras sustancias” y al referirse a ejemplos, el estudiante menciona cables, mangueras y venas, dando entender la impropia asociación del prefijo ‘duc’ en la etimología de la palabra a acción de permitir el flujo de líquidos a través de ductos o tuberías.

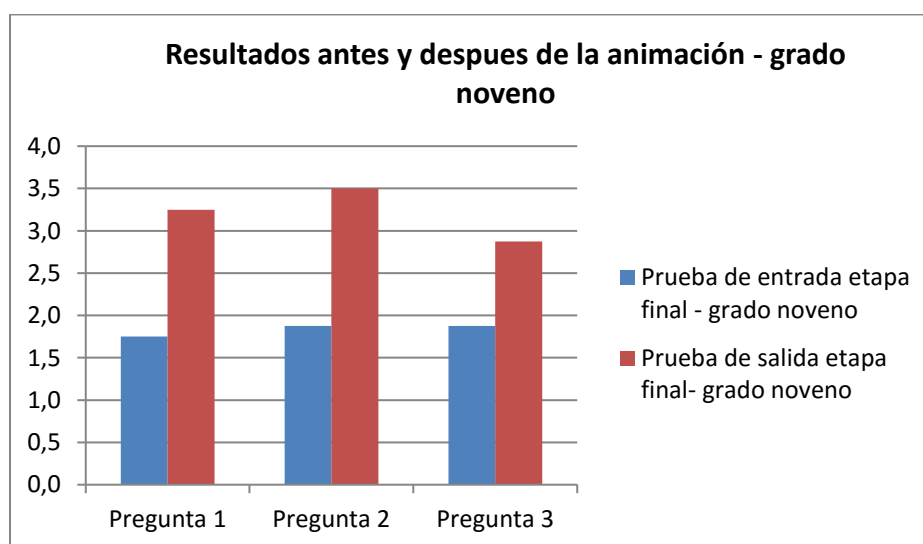
Las respuestas del estudiante E7, posteriores a la aplicación de la animación muestran un avance significativo, dado que, sin ser el mejor, muestra una mayor contextualización del constructo, como se puede ver en su respuesta sobre el mismo tópico:

“la ductilidad es una propiedad de los sólidos”, y los ejemplos en los que se manifiesta la propiedad: “hierro, cobre, bronce, polietileno” que son más acertados y que evidencian un apreciable avance en términos de aprendizaje.

La figura número 11 muestra un comparativo entre los puntajes obtenidos por los estudiantes de grado noveno antes y después de la intervención con la animación stop motion. Es evidente el cambio generado por el instrumento animado, ya que como se puede observar, todas las preguntas mejoraron su puntuación en más del 40%, siendo la pregunta dos (¿mencione tres ejemplos de materiales dúctiles?), la que más incrementó su puntuación, seguida de la pregunta 1 que indagaba por la definición de ductilidad.

Aunque la diferencia no es muy significativa, la pregunta que buscaba saber las causas que los estudiantes atribuían a la ductilidad, fue la que tuvo el menor incremento en la puntuación, lo cual demuestra que para los estudiantes, los constructos relacionados con la composición interna de la materia poseen mayor dificultad para ser asimilados. Sin embargo, es claro que con el uso del instrumento animado las concepciones presentan cambios favorables importantes en sus ideas.

Figura 11



Puntajes promedios obtenidos por el grado noveno antes y después de la animación.

Como afirman Campanario y Moya (1999) *“los enfoque alternativos a la enseñanza tradicional insisten en la necesidad de que los alumnos desempeñen un papel más activo en clase”*, lo cual se tuvo en cuenta durante el desarrollo de la propuesta animada.

CONCLUSIONES

Mediante la secuencia de actividades, tanto con las de corte experimental, como con la actividad de animación, se contribuyó a promover el aprendizaje significativo, respecto a temáticas relacionadas con las propiedades y características del estado sólido, en el grupo objetivo.

Los instrumentos aplicados, como fueron, la prueba diagnóstica, las pruebas sobre: naturaleza corpuscular de la materia, descripción de materiales sólidos y formación de sólidos cristalinos, así como la prueba final sobre el concepto de ductilidad, antes y después de la aplicación de la animación, fueron pertinentes para evaluar el cambio en las concepciones de los estudiantes respecto al comportamiento de los diversos tipos de materiales referenciados en el presente trabajo.

En términos generales, los estudiantes de grupo 9° y 10° fueron más asertivos al momento de describir materiales metálicos que no metálicos y presentan en su gran mayoría dificultades de aprendizaje, que se pueden relacionar con asociaciones equívocas de los constructos con etimologías similares.

Basado en los resultados de la investigación, se propone a la animación como una estrategia alternativa pertinente para la motivación y el afianzamiento de conceptos referentes al estado sólido en los estudiantes de educación media.

La animación realizada junto con los estudiantes cumplió un papel importante respecto a la comprensión de constructos relacionados con tamaños atómicos, ya que por medio de esta los estudiantes lograron ver representado un comportamiento de la materia que se encuentra fuera de su alcance visual.

Con relación a la naturaleza corpuscular de la materia, el grupo intervenido mostró tener ideas erróneas respecto a la discontinuidad de la materia, dado que las afirmaciones de algunos estudiantes no llevan implícito el concepto de vacío.

Las herramientas didácticas relacionadas con la animación aportan elementos de representación importantes para comprensión de elementos teóricos que tienen que ver con el comportamiento de la materia a nivel atómico.

BIBLIOGRAFÍA

- [1]. Atkins, Peter.,(2006) *Química Física: un punto de vista cognoscitivo*. Argentina, Buenos Aires.
- [2]. Ausubel, D. , Novak, J., Hanesian, H.,(1983) *Psicología Educativa: un punto de vista cognoscitivo*. México, Trillas.
- [3]. Briceño, B., Carlos Omar., (1994) *Química*. Colombia. Pearson Editorial educativa.
- [4]. Brown, T., LeMay, H., Bursten B., Burdge J., (2004) *Química la ciencia central*. México. Pearson Education.
- [5]. Campanario, J. M., & Moya, A. (1999). ¿ Cómo enseñar ciencias?. *Enseñanza de las Ciencias*, 17(2), 179-192.
- [6]. Chang, R., College, W., (2002) *Química*. (Trad. Zugazagoltia, R., Ramírez, M.) Colombia. McGrawHill.
- [7]. Collazos, C. A., Mendoza, J. (2006). Como aprovechar el “aprendizaje colaborativo” en el aula. vol. 9, núm. 2, 2006, pp. 61-76 Universidad de La Sabana Cundinamarca, Colombia.
- [8]. Gómez Crespo, M. Á. (2008). *Aprendizaje e instrucción en química. El cambio de las representaciones de los estudiantes sobre la materia*. Ministerio de Educación.
- [9]. Galagovsky L., Rodríguez M., Stamati, N., Morales, L. Representaciones mentales, lenguajes y códigos en la enseñanza de ciencias naturales, un ejemplo para el aprendizaje del concepto de la reacción química a partir del concepto de mezcla. *Enseñanza de las ciencia (21)114-115*.
- [10]. Hernandez, J. y Martín, E. (Eds). (2014). *Pedagogía Audiovisual: Monográfico de experiencias docentes multimedia*, Madrid, Servicio de Publicaciones, Universidad Rey Juan Carlos.
- [11]. Jimenez, M.P., Caamaño, A., Oñorbe, A., Pedrinaci, E., De Pro, A., (2003) *Enseñar Ciencias*. España, Barcelona.
- [12]. Johnson D., Johnson Roger (1994) *El aprendizaje Colaborativo en el Aula*. EE.UU, Virginia, Paidós.

- [13]. Mahan, Bruce M, (1990) Química, Curso Universitario. Argentina, Addison-Wesley Iberoamericana.
- [14]. Ministerio de Educación, (2011) Animación en el Aula. *Aportes para la enseñanza, escuela primaria*. Argentina, Ministerio de Educación.
- [15]. Mortimer, Ch., (1983) *Química*. México. Grupo Editorial Iberoamérica.
- [16]. Moreira, M. A. (2000). Aprendizaje significativo: un concepto subyacente. *Madrid: Morata*.
- [17] Petrucci, R (2011). *Química General*. Pearson Education. 10 Edition.
- [18]. Pozo, J. I. (1991). *Procesos cognitivos en la comprensión de la ciencia: las ideas de los adolescentes sobre la química* (Vol. 65). Ministerio de Educación.
- [19] Purves, B, (2010) Stop Motion. AVA Publishing. Canadá.
- [20] Smart, L y Moore, E. (1992) *Química del estado sólido. Una introducción*. Addison Wesley Iberoamericana. Mexico.

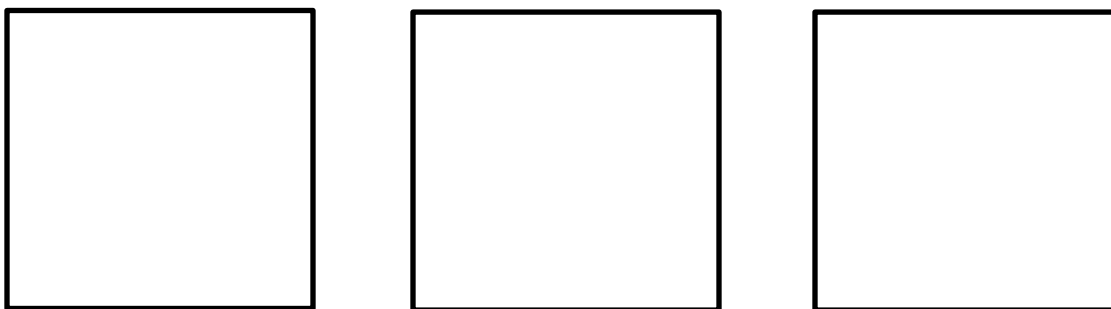
ANEXOS

Anexo 1.

Cuestionario de Ideas Previas

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA
Instrumento No. 1 / Cuestionario para indagación de ideas previas

1. Se tiene una barra de hierro, un vaso con agua y un cilindro de gas propano. Si contara usted con un instrumento que le permitiera verlas partículas que forman cada una de las sustancias mencionadas, ¿Cómo las representaría?

Three empty square boxes are provided for the student to draw their representations of the particles in iron, water, and propane.

2. Respecto al punto anterior, considera usted que las diferencias entre los materiales descritos son debidas a factores tales como:

- el tipo de partículas que conforman a cada material y el recipiente que las contiene.
- el tamaño de las partículas que los componen y su resistencia a formar enlaces.
- la distancia que separa a las partículas de cada material y la temperatura.
- la distancia que separa a los electrones de cada material y la temperatura.

3.Cuál de las siguientes condiciones favorece la existencia de una sustancia en el estado sólido:

- Alta temperatura
- Baja temperatura
- Alta energía cinética
- Poca atracción entre partículas.

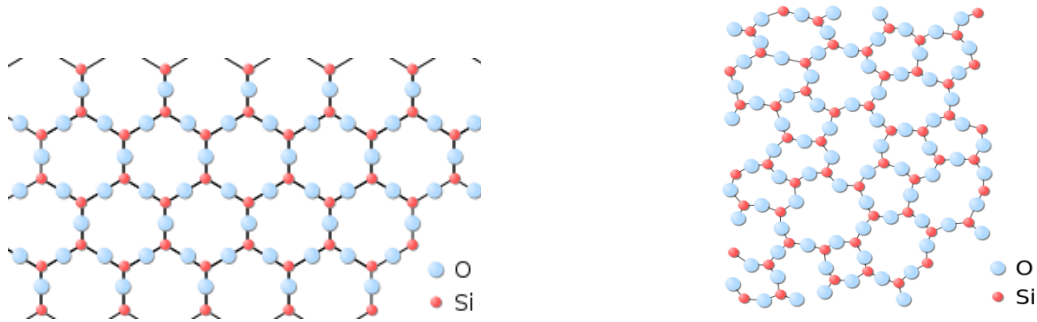
4. Se conoce como punto de fusión a la temperatura a la cual una sustancia pasa del estado sólido al estado líquido. El cobre (Cu), se funde a una temperatura de 1085°C, mientras que el aluminio (Al) se funde a una temperatura de 660,3°C. Siendo metales los dos materiales mencionados, la diferencia en los puntos de fusión se pueden atribuir a:

- El tipo de partículas que los componen.
- El tamaño de las partículas que los componen.
- Las fuerzas existentes entre sus partículas.
- La forma en que están dispuestas sus partículas.

5. Los diferentes tipos de sólidos se caracterizan por tener una estructura interna determinada. De acuerdo a esta afirmación, cuál de los siguientes grupos de sólidos cree usted que posee características similares en su estructura interna. Explique en qué consiste la similitud encontrada.

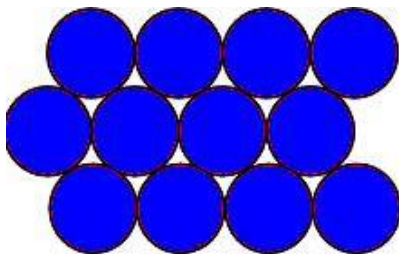
- a. Arena, caucho congelado, cristal de cuarzo.
- b. Polietileno granulado, arena, limadura de hierro.
- c. Vidrio molido, cristal de cuarzo, diamante.
- d. Sal de cocina, limadura de cobre, azúcar.

6. Las estructuras mostradas a continuación representan dos sustancias compuestas por los mismos elementos en las mismas proporciones. ¿Qué diferencias encuentra usted en las dos estructuras?, ¿a qué atribuye esas diferencias?

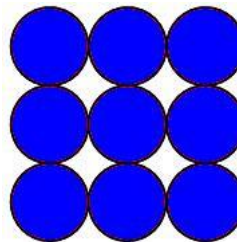


7. Las siguientes imágenes representan la estructura de dos sólidos distintos. ¿Qué diferencias encuentra entre ellas?

SÓLIDO A



SÓLIDO B



8. Respecto a las imágenes del punto anterior, indique cuál de las siguientes afirmaciones ofrece una mayor descripción de los sólidos A y B:

- a. El sólido A y el B son igual de dúctiles, pero el sólido A es más elástico que el B.
- b. El sólido B es más dúctil que el sólido A, pero el sólido B es más denso que el A.
- c. El sólido A es más denso que el sólido B, pero el sólido B puede ser más elástico.
- d. El sólido B es más denso que el sólido A, pero el sólido A es más duro que el B.

9. Mencione tres (3) características que considera usted, describen a cada uno de los sólidos indicados a continuación:

SÓLIDO AMORFO

SÓLIDO CRISTALINO

10. Respecto al estado sólido en general, se puede afirmar que:

- a. las partículas se encuentran organizadas de la misma forma sin importar el tipo de material.
- b. en todo tipo de material, las partículas se mantienen unidas por el mismo tipo de fuerzas.
- c. las partículas se mantienen en posiciones fijas, y no presentan ningún tipo de movimiento.
- d. las partículas se mantienen en posiciones fijas y presentan un movimiento de vibración.

Anexo 2

STORY BOARD

Momento 1

EL STOP MOTION COMO MEDIO DE INTERVENCIÓN DIDÁCTICA PARA LA COMPRENSIÓN DE CONSTRUCTOS SOBRE EL ESTADO SÓLIDO. Una propuesta para estudiantes de grado noveno y décimo.

Momento 2

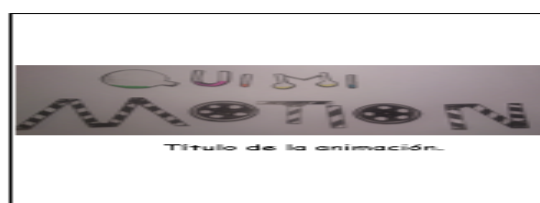
OBJETIVO

Evaluar la efectividad de una propuesta basada en la técnica de animación stop motion para promover la comprensión de constructos relacionados con el estado sólido en un colectivo de estudiantes de noveno y décimo grado.

Momento 3

INTRODUCCIÓN
Esta animación se desarrolló a partir de la consulta teórica de las propiedades del estado sólido, y en particular de

Momento 4



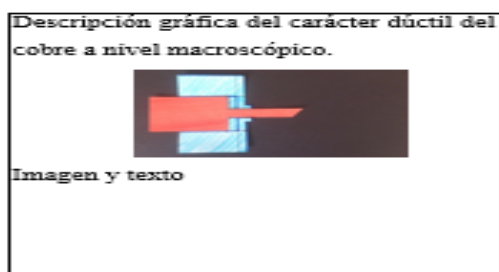
Momento 5

Propiedades del estado sólido
"Ductilidad": Definición.
Texto animado explicativo sobre la ductilidad.

Momento 6

Ejemplo:
El cobre: Descripción general del material y su carácter dúctil.
Texto animado

Escena 7



Escena 8



Anexo 3

Material de Trabajo 1.

Formación de cristales de azúcar y sulfato de cobre

Criterios de Evaluación

Nivel 1	Falta claridad para describir las soluciones preparadas y los sólidos obtenidos.
Nivel 2	Predice de forma asertiva respecto al tipo de solución y la estructura del sólido formado.
Nivel 3	Identifica la naturaleza de la solución preparada y del sólido formado de acuerdo a su clasificación.
Nivel 4	Describe el tipo de solución preparada, y el sólido obtenido a partir de su estructura interna.

Procedimiento:

1. Disuelva aproximadamente 30g de sulfato de cobre en agua fría. Agite vigorosamente hasta homogenizar la mezcla.
2. Deje en reposo la solución preparada .
3. Realice un esquema del procedimiento realizado.
4. Luego de una semana, represente los cambios obtenidos en la solución. Posteriormente observe en el microscopio los sólidos depositados donde inicialmente se encontraba la solución.
5. Caliente aproximadamente 100ml de agua, y adicione 300 g de azúcar. Mantenga la mezcla sometida a calentamiento, y agite constantemente la mezcla hasta obtener una mezcla homogénea.
6. Esquematice el procedimiento realizado.
6. Luego que el soluto (azúcar) se haya disuelto por completo, deje en reposo la mezcla por una semana; posteriormente observe y represente por medio de dibujos los resultados obtenidos. Por último observe en el microscopio los precipitados obtenidos.
7. Describa las observaciones realizadas.

Anexo 4

Material de Trabajo 2.

Descubriendo la naturaleza corpuscular de la materia.

Objetivo

A partir de corpúsculos visibles, los estudiantes deducirán la existencia y organización de partículas invisibles que componen la materia en el estado sólido.

Materiales

- Cuatro vasos de precipitado o frascos de vidrio transparente de boca ancha con un volumen aproximado de 250 – 500 cc.
- Canicas del mismo diámetro, en cantidad suficiente para llenar uno de los recipientes mencionados en el punto anterior.
- Pimpones o bolas de icopor de un diámetro mayor a las canicas, e igualmente en cantidad suficiente para llenar uno de los frascos.
- Bolas de icopor de un diámetro similar al de una arveja (0.5 cm aprox.)
- Arena
- Agua

Procedimiento

1. Comparar los cuatro recipientes llenos con los diferentes materiales (canicas, bolas de icopor y arena), y registrar las observaciones en el formato.
2. Indicar que volumen ocupan las partículas en cada recipiente.
3. Utilizando aproximadamente 100 cc de cada tipo de esferas, realizar las mezclas indicadas a continuación:
 - Canicas con bolas de icopor de mayor diámetro.
 - Canicas con bolas de icopor de menor diámetro.
 - Canicas con arena.

- 100 cc de cada uno de los tipos de esferas con 100 cc de arena.

Para las mezclas indicadas, estimar el volumen final en cada caso, posteriormente medir el volumen del espacio libre que hay entre las partículas de los tres recipientes agregando agua, evitando que varíe el volumen inicial. Responder las siguientes preguntas:

- a. ¿habrá el mismo número de partículas en 100 cc de cada tipo de esferas?
- b. Antes de medir el volumen libre de los tres recipientes, ¿Qué había en el espacio llenado por agua?
- c. Coloque una tapa a cada uno de los frascos y agite. ¿en cuál de los casos las partículas tuvieron más movimiento?

5.2.2. Etapa de observación y descripción:

Los estudiantes realizaran un análisis y la posterior descripción inducida de los siguientes materiales:

- Espuma
- Vidrio
- Lamina de acero inoxidable
- Lamina de bronce
- Alambre de cobre
- Madera
- Bandas elásticas
- Polietileno de alta densidad

La descripción de los materiales mencionados se llevará a cabo por medio de dos formatos pre diseñados en los que los estudiantes deben relacionar cada uno de los materiales observados con algunas características del estado sólido y una serie de afirmaciones relacionadas con su estructura interna. El objetivo de esta práctica es que los estudiantes relacionen los materiales observados con las características y las afirmaciones sugeridas.

Estructuración de la propuesta de intervención didáctica y aplicación de instrumentos para conocer los conocimientos previos e introducción de postulados y teoría referente al estado sólido.

Anexo 5

Actividad de laboratorio

Formación de sólidos

Objetivo:

Establecer las diferencias en los procesos de formación de sólidos amorfos y sólidos cristalinos.

Materiales

Sulfato de Cobre, azúcar, velas, una lata pequeña, mechero, pinzas, un frasco de vidrio, papel de filtro, microscopio.

Procedimiento

- a. Calentar aproximadamente 200 ml de agua, y disolver aproximadamente 600 ml de azúcar; agitar continuamente hasta que el azúcar esté completamente disuelta en el agua.
- b. Atar un trozo de nylon a un lápiz, y humedecerlo con la solución de agua y azúcar, dejarlo secar e introducir el nylon dentro de la solución. Dejar en reposo.
- c. Calentar aproximadamente 100 ml de agua, y disolver aproximadamente la misma cantidad de sulfato de cobre. Dejar en reposo durante dos días y observar.
- d. Colocar un trozo de vela en una lata y calentar hasta que este se derrita; dejar enfriar. Repetir el mismo procedimiento con un trozo de corcho y un trozo de plástico.

Cuestionario

1. Observe la solución de azúcar con agua y la solución de sulfato de potasio con agua y escriba las diferencias y semejanzas entre los resultados obtenidos luego del reposo; realice el mismo análisis en el caso de los trozos de vela, corcho y plástico.
2. ¿Qué diferencias encuentra en los procesos de solidificación realizados?
3. Realice una representación gráfica de lo que usted considera, es la estructura interna de cada uno de los tipos de sólidos obtenidos en todos los casos.