



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

Diseño de un Proyecto de Aula, en el Marco de la Enseñanza para la Comprensión, que facilite el entendimiento de la relación estructura atómica - propiedades de la materia.

Mary Luz Sepúlveda Ocampo.

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Ciencias

Medellín, Colombia

2019

Diseño de un Proyecto de Aula, en el Marco de la Enseñanza para la Comprensión, que facilite el entendimiento de la relación estructura atómica - propiedades de la materia.

Mary Luz Sepúlveda Ocampo

Trabajo final de maestría presentado como requisito parcial para optar al título de:
Magister en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales

Director:

Daniel Barragán, Doctor en Ciencias
Escuela de Química

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Ciencias
Medellín, Colombia
2019

Dedicatoria

A mi esposo y mi familia, por su amor y
paciencia.

A los chicos, ellos son mi inspiración.

A las personas que producen conocimiento,
ellos tienen toda mi admiración.

A todas las personas que, con su trabajo y
amor a la enseñanza, hacen posible el
acceso libre al conocimiento.

Gracias

- IV Diseño de un Proyecto de Aula, en el Marco de la Enseñanza para la Comprensión, que facilite el entendimiento de la relación estructura atómica - propiedades de la materia.

Resumen

Los docentes suelen recurrir intuitivamente al método expositivo durante el ejercicio docente, sin embargo, es necesario vincular al estudiante como sujeto activo de su proceso educativo por medio de la formulación de estrategias que le permitan comprender los saberes enlazando conocimientos previos y facilitando la articulación de saberes nuevos. Este proyecto de aula se basa en una propuesta estructurada bajo los principios del marco de la Enseñanza para la Comprensión –EpC-. Incluye la elaboración de una red de contenidos en un libro digital interactivo en formatos variados (texto, hipertexto, video, imágenes y plantillas interactivas). El libro orienta al estudiante en el estudio de los contenidos necesarios para lograr la comprensión de una meta general planteada bajo el hilo conductor, *¿cómo las propiedades del átomo determinan el estado de agregación de las sustancias a determinados valores de temperatura y presión?*. El proyecto de aula se aplica a los estudiantes del grado décimo de la *Institución Educativa Madre Laura* de la ciudad de Medellín. Los resultados obtenidos indican una mejora y resultados positivos en el nivel de comprensión, por parte de los estudiantes, de la química básica atómica, molecular y de las sustancias.

Palabras clave: libro digital interactivo, comprensión, estructura atómica, propiedades de las sustancias, TIC.

Abstract

It is usually that teachers intuitively resort to the expository method during the teaching exercise, however, it is necessary to link the student as an active subject of their educational process through the formulation of strategies that allow them to understand the knowledge by linking prior knowledge and facilitating the articulation of new knowledge. This classroom project is a proposal structured under the principles of the *teaching for understanding framework*. It includes the making of a net of contents supported on an interactive digital book using a wide range of formats (text, hypertext, video, images and interactive templates). The book guides the student through the contents needed to acquire the understanding of an overall goal posed under the guiding thread, *¿how the features of the atom determine the state of aggregation of the substances under certain temperature and pressure conditions?*. The classroom project is applied to the tenth grade of the *Madre Laura High School* in Medellin. It can be concluded that the current classroom project, as a strategy of a didactic type that contributes to the teaching for understanding of the relationship between atom structure and the substance properties, in a general sense, reports positive outcomes about the understanding level of the student about the worked phenomenon.

Keywords: interactive digital book, understanding, atom structure, substance properties, ICT.

Contenido

Resumen.....	IV
Contenido.....	V
Lista de figuras	VII
Lista de tablas	VIII
Introducción.....	9
1. CAPÍTULO I. DISEÑO TEÓRICO	
1.1. Planteamiento del problema	10
1.1.1. Descripción del problema	10
1.1.2. Formulación de la pregunta	12
1.2. Justificación	12
1.3. Objetivos	14
1.3.1. Objetivo General	14
1.3.2. Objetivos específicos	14
1.4. Marco Referencial	15
1.4.1. Referente Teórico	15
1.4.2. Referente de Antecedentes	21
1.4.3. Referente Conceptual	23
1.4.4. Referente Legal	54
1.4.5. Referente Espacial	55

VI Diseño de un Proyecto de Aula, en el Marco de la Enseñanza para la Comprensión,
que facilite el entendimiento de la relación estructura atómica - propiedades de la materia.

2. CAPÍTULO II. DISEÑO METODOLÓGICO

2.1. Enfoque	56
2.2. Método	57
2.3. Instrumento de recolección de información y análisis de información	58
2.4. Población y Muestra	59
2.5. Impacto esperado	60
2.6. Cronograma	61

3. CAPÍTULO III. SISTEMATIZACIÓN DE LA INTERVENCIÓN

3.1. Diseño de un proyecto de aula	63
3.2. Diagnóstico	64
3.3. Resultados y análisis de la intervención	75
3.3.1. Resultados	75
3.3.2. Análisis de la intervención	87
3.4. Conclusiones y Recomendaciones	89
3.4.1. Conclusiones	89
3.4.2. Recomendaciones	91

Lista de figuras

Gráfico 1. <i>Resultados comparativos sobre sistemas artificiales (Prueba 1 y Prueba 2)</i>	66
Gráfico 2. <i>Resultados comparativos sobre sistemas naturales (Prueba 1 y Prueba 2)</i>	67
Gráfico 3. <i>Resultados comparativos sobre descripción de un sistema (Prueba 1 y Prueba 2)</i>	69
Gráfico 4. <i>Resultados comparativos sobre descripción de un sistema - sustancia (Prueba 1 y Prueba 2)</i>	70
Gráfico 5. <i>Resultados comparativos sobre descripción de un sistema - gases (Prueba 1 y Prueba 2)</i>	71
Gráfico 6. <i>Resultados comparativos sobre la relación propiedades de una sustancia - propiedades de los elementos que la constituyen (Prueba 1 y Prueba 2)</i>	73
Gráfico 7.1. <i>Resultados de valoración del capítulo introductorio ¿De qué hablamos cuando hablamos de materia?</i>	77
Gráfico 7.2. <i>Resultados de valoración del capítulo introductorio ¿De qué hablamos cuando hablamos de materia?</i>	78
Gráfico 8.1. <i>Resultados de valoración de la primera meta de comprensión ¿Cómo está conformado el átomo?</i>	80
Gráfico 8.2. <i>Resultados de valoración de la primera meta de comprensión ¿Cómo está conformado el átomo?</i>	80
Gráfico 9. <i>Resultados de valoración de la segunda meta de comprensión ¿Cómo determinan las partículas subatómicas las propiedades características del átomo?</i>	82
Gráfico 10. <i>Resultados de valoración de la tercera meta de comprensión ¿Cómo se relaciona la estructura del átomo con la ubicación del elemento en la tabla periódica para que sea posible predecir sus propiedades?</i>	84
Gráfico 11. <i>Resultados de valoración de la cuarta meta de comprensión ¿Cómo se relacionan las propiedades de la molécula con las propiedades de los átomos que la constituyen?</i>	85
Gráfico 12. <i>Resultados de valoración de la quinta meta de comprensión ¿Cómo las propiedades características de la molécula influyen en las propiedades emergentes que determinan los estados de agregación de las sustancias?</i>	86

VIII Diseño de un Proyecto de Aula, en el Marco de la Enseñanza para la Comprensión,
que facilite el entendimiento de la relación estructura atómica - propiedades de la materia.

Lista de tablas

Tabla 1. Resultados comparativos sobre sistemas artificiales (Prueba 1 y Prueba 2)	65
Tabla 2. Resultados comparativos sobre sistemas naturales (Prueba 1 y Prueba 2)	67
Tabla 3. Resultados comparativos sobre descripción de un sistema (Prueba 1 y Prueba 2)	68
Tabla 4. Resultados comparativos sobre descripción de un sistema - sustancia (Prueba 1 y Prueba 2)	70
Tabla 5. Resultados comparativos sobre descripción de un sistema - gases (Prueba 1 y Prueba 2)	71
Tabla 6. Resultados comparativos sobre la relación propiedades de una sustancia - propiedades de los elementos que la constituyen (Prueba 1 y Prueba 2)	73
Tabla 7. Resultados de valoración del capítulo introductorio ¿De qué hablamos cuando hablamos de materia?	77
Tabla 8. Resultados de valoración de la primera meta de comprensión ¿Cómo está conformado el átomo?	79
Tabla 9. Resultados de valoración de la segunda meta de comprensión ¿Cómo determinan las partículas subatómicas las propiedades características del átomo?	82
Tabla 10. Resultados de valoración de la tercera meta de comprensión ¿Cómo se relaciona la estructura del átomo con la ubicación del elemento en la tabla periódica para que sea posible predecir sus propiedades?	83
Tabla 11. Resultados de valoración de la cuarta meta de comprensión ¿Cómo se relacionan las propiedades de la molécula con las propiedades de los átomos que la constituyen?	85
Tabla 12. Resultados de valoración de la quinta meta de comprensión ¿Cómo las propiedades características de la molécula influyen en las propiedades emergentes que determinan los estados de agregación de las sustancias?	86

Introducción

En la actualidad los jóvenes se enfrentan a un mundo globalizado que les ofrece una amplia diversidad de contenidos en que invertir el tiempo, y tal vez planear el futuro. El reto para los sistemas educativos está en canalizar la motivación de los jóvenes por la escuela, de modo que en ella puedan adquirir la formación que les permita adquirir cierta autonomía. Hoy en día reconocemos que se han constituido en nuestra sociedad núcleos sociales bien definidos entorno a la información, el consumo y el conocimiento. Así hablamos desde hace más de una década de sociedades de la información, sociedades del conocimiento y sociedades del consumo. Entre ellas la diferencia la marca la comprensión sustentada en la formación académica. Informarse, consumir información, no es educarse. El consumismo de información, “saber mucho de todo”, no hace al individuo autónomo, independiente, crítico, todo lo contrario, lo hace dependiente. En este contexto, este trabajo presenta el diseño de un proyecto de aula estructurado bajo los principios del marco de la Enseñanza para la Comprensión –EpC-. La contribución principal del trabajo es la elaboración de una red de contenidos articulados en un “libro digital interactivo”, LDI, que incluye formatos variados de texto, hipertexto, video, imágenes y plantillas interactivas. El LDI se constituye en una valiosa herramienta para el estudiante, ya que lo orienta en el estudio de los contenidos al presentarlos en secuencia lógica de desarrollo conceptual, además le ofrece oportunidad de ampliar los conceptos, de contextualizarlos y de auto-evaluarse. Todo el contenido del LDI se articula, a modo de hilo conductor, alrededor de la siguiente pregunta problematizadora, *¿Cómo las propiedades del átomo determinan el estado de agregación de las sustancias a determinados valores de temperatura y presión?*. El Proyecto de aula se desarrolló para ser implementado en grupos de estudiantes del grado décimo de la *Institución Educativa Madre Laura* de la ciudad de Medellín.

Este documento se ha organizado con la siguiente estructura. En primer lugar, se presenta un marco teórico que incluye el planteamiento del problema, la justificación del proyecto y sus objetivos; un marco referencial que aborda una revisión sobre proyectos relacionados, así como la referencia a temas como la investigación acción (IA), el marco de la Enseñanza para la Comprensión (EpC) y el uso de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) en el proceso de enseñanza, y un referente conceptual que está basado en el análisis de cuatro textos para la delimitación de conceptos: Química General de H. Petrucci (2011),

- 14 Diseño de un Proyecto de Aula, en el Marco de la Enseñanza para la Comprensión, que facilite el entendimiento de la relación estructura atómica - propiedades de la materia.

Química de R. Chang (2002), la página web Wikipedia.com (07-2018) e Hipertexto 1 de Mondragón (2010), texto de referencia de la editorial Santillana. En segundo lugar, se estructuran los aspectos relacionados con el diseño metodológico, es decir, enfoque, método, instrumentos de recolección y análisis de la información, así como el impacto esperado. Y, en tercer lugar, se trabaja toda la información acerca de la sistematización del trabajo: el diagnóstico de los estudiantes, el diseño de un proyecto de aula que incluye la elaboración de los contenidos alojados en una plantilla de libro digital interactivo diseñado por Juan Guillermo Rivera del proyecto Descartes JS, así como el análisis de resultados y las conclusiones.

1.CAPÍTULO 1. DISEÑO TEÓRICO

1.1. Planteamiento del problema

1.1.1. Descripción del problema.

El proceso docente educativo es un proceso complejo que presenta grandes retos *per se*, aun cuando quien ejerza como docente sea un individuo formado para dicha labor. En consecuencia, es innegable que un profesional no licenciado, como es el presente caso del autor de este trabajo, enfrenta desafíos adicionales relacionados con el manejo disciplinar, la pedagogía, y la didáctica.

Soy docente de química en los grados décimo y undécimo de la *Institución Educativa Madre Laura* ubicada en la comuna 09 de Buenos Aires en la ciudad de Medellín. De formación profesional en el área de la salud; sin embargo, con una base teórica disciplinar específica en al área de química aún en construcción, así mismo, el saber en pedagogía y, por ende, en didáctica.

En concordancia, la praxis docente se ve afectada negativamente dada la diversidad y complejidad de asuntos que un docente debe enfrentar, en general, relacionados con la didáctica y sus categorías. No obstante, se enfocará el presente trabajo en la categoría correspondiente al método, es decir, en el cómo un docente trata de dar cumplimiento a los objetivos de la educación, en este caso, planteados desde el Ministerio de Educación Nacional (M.E.N). Las consideraciones sobre el método se revisarán a partir del grado de participación de los sujetos, (AGUDELO & ZAYAS, 1998). En éste sentido, el método intuitivo al que acude un docente durante su práctica, máxime cuando carece de formación en pedagogía, es el expositivo; método de enseñanza por transmisión del conocimiento. Sin embargo, el modelo del aprendizaje por transmisión es combatido por especialistas e investigadores en enseñanza de las ciencias. En este sentido, los enfoques alternativos

10 Diseño de un Proyecto de Aula, en el Marco de la Enseñanza para la Comprensión, que facilite el entendimiento de la relación estructura atómica - propiedades de la materia.

de enseñanza incluyen la necesidad de que el estudiante forme parte activa de su proceso de enseñanza-aprendizaje; participación que puede incluir diversas actividades relacionadas con la experiencia, la resolución de problemas o la aplicación de conocimientos; actividades que se constituyen en alternativas a la simple memorización de información, (CAMPANARIO & MOYA, 1999). En consecuencia, es necesario vincular al estudiante en el proceso educativo por medio de la formulación de estrategias que le permitan comprender los saberes enlazando conocimientos previos y facilitando la articulación de saberes nuevos.

Dado que las estrategias tradicionales de enseñanza de las ciencias son poco eficaces para promover aprendizajes significativos debido a la estructura de los contenidos conceptuales, el nivel de exigencia formal, la influencia de conocimientos previos y las preconcepciones del alumno, en los últimos años se desplaza el centro de interés de la investigación en pedagogía prestándose mayor atención, entre otros factores, a sus estrategias de razonamiento. No obstante, los diferentes enfoques alternativos que existen a la enseñanza tradicional exhortan en la necesidad de un papel activo del estudiante; papel que puede consistir en tareas diversas que impliquen una alternativa a la memorización del saber, (CAMPANARIO & MOYA, 1999). Sin embargo, no es suficiente con la participación activa del estudiante, es necesaria la existencia de material de aprendizaje que sea lógicamente relacionable lo que permite la adquisición de nuevos significados, es decir, el aprendizaje significativo, (AUSUBEL, NOVAK, & HANESIAN, 2009).

En la búsqueda de contribuir a dar solución al problema, y en concordancia con lo expresado, se pretende diseñar un proyecto de aula estructurado en los principios del Marco de la Enseñanza para la Comprensión desarrollado por un grupo de investigadores del Proyecto Zero de Harvard. Proyecto cuyo método propende por la formación de un estudiante autónomo, (AGUDELO & ZAYAS, 1998), de tal forma que sea participe activo de la construcción del conocimiento por medio de acciones que le permitan aclarar, afianzar

y estructurar los saberes adquiridos y por ende, con la capacidad de actuar flexiblemente para dar respuesta a situaciones concretas con los saberes que posee, (PERKINS & BLYTHE, Ante todo la Comprensión, 2006). Finalidad que se persigue toda vez que el conocimiento construido con la participación activa del estudiante, es un saber que se cimienta en su complejo sistema de pensamiento, (PERKINS & BLYTHE, Ante todo la Comprensión, 2006).

1.1.2. Formulación de la pregunta.

El conocimiento se construye, de manera simplificada, mediante la articulación de la razón con las percepciones sensibles. La química nos enfrenta al reto de conectar de manera razonada el mundo nanoscópico, imperceptible a nosotros como sujetos que buscamos el conocimiento, con el mundo macroscópico, que es el mundo de la experiencia a través de lo sensorial. Esta barrera cognoscitiva ha sido documentada ampliamente como una de las causales de la abstracción de la química. Por tanto proponemos desarrollar un proyecto de aula en el marco de la Enseñanza para la Comprensión, articulada bajo el hilo conductor, ¿cómo las propiedades de los átomos determinan el estado de agregación de las sustancias a ciertos valores de temperatura y presión?, en la búsqueda de responder la siguiente pregunta: ¿cuál estrategia de tipo didáctico me puede contribuir a la enseñanza para la comprensión de la relación entre la estructura del átomo y las propiedades de la materia que conforman?.

Justificación

El presente trabajo nace a partir de la necesidad de lograr eficacia y dinamismo durante los encuentros académicos, encuentros que en lo usual cuentan con pocos recursos, no muy variados, y en los cuales el papel del estudiante suele ser pasivo frente a la construcción de conocimiento. Lo anterior promueve la generación de brechas entre lo

18 Diseño de un Proyecto de Aula, en el Marco de la Enseñanza para la Comprensión, que facilite el entendimiento de la relación estructura atómica - propiedades de la materia.

que, como docente, se pretende hacer y lo que realmente se logra; situación además enmarcada en un contexto social y cultural poco favorable al objetivo de la educación.

En cuanto a los contenidos en la asignatura de química, la temática relacionada con estructura atómica, características del átomo, tabla periódica y propiedades de la materia, son parte de los objetivos planteados en las ciencias naturales desde los primeros grados de la educación básica secundaria como se observa en los Estándares Básicos de Competencias en Ciencias Naturales: “Explico y utilizo la tabla periódica como herramienta para predecir procesos químicos” (MINISTERIO DE EDUCACIÓN NACIONAL, 2004). No obstante, lo que se observa es que, si bien al llegar al grado décimo han visto en algún momento saberes relacionados con la temática objeto de estudio, los estudiantes sólo pueden dar respuestas parciales al qué, y se les dificulta dar respuesta a preguntas relacionadas con el por qué, cómo, cuándo y para qué, y mucho menos saben que existe una relación entre la estructura del átomo y la tabla periódica, y entre la tabla periódica y la posibilidad de predecir el comportamiento de las sustancias.

Como en cualquier área, es importante que exista total claridad en las bases de ésta. En química, el átomo como constituyente básico de la materia y su estructura, y como responsable de las propiedades de la misma. Estructura y, en consecuencia, propiedades, se ven magistralmente reflejadas en la distribución de los elementos en la tabla periódica que heredamos de Dimitri I. Mendeléiev. Al respecto, si bien existen algunos medios didácticos para facilitar la comprensión de la información relacionada con la estructura del átomo, la tabla periódica y las propiedades de la materia, éstos son secuencias aisladas, por lo tanto se deben generar estrategias variadas articuladas lógicamente que motiven a los estudiantes en el conocimiento y la comprensión de la temática de tal forma que les permita crear conexiones y avanzar en complejidad con el fin de visualizar como un todo la estructura del átomo como razón de ser de las propiedades de la materia que conforman.

En consecuencia, se hace necesario diseñar estrategias de tipo didáctico que permitan la comprensión de la relación estructura del átomo – propiedades de la materia; relación que a su vez puede ser orientada por la ubicación del elemento en la tabla periódica que, como herramienta, permite la predictibilidad del comportamiento del átomo como parte de una sustancia elemental o compuesta.

Una vez logrado el objetivo del presente trabajo, el estudiante tendrá bases sólidas que le permitan avanzar en el estudio de la materia y su relación con sí mismo y el mundo que lo rodea.

- 14 Diseño de un Proyecto de Aula, en el Marco de la Enseñanza para la Comprensión, que facilite el entendimiento de la relación estructura atómica - propiedades de la materia.

1.2. Objetivos

1.2.1. General

Diseñar un Proyecto de Aula, estructurado en los principios del marco de la Enseñanza para la Comprensión, que facilite, a los estudiantes del grado décimo de la Institución Educativa Madre Laura de la Ciudad de Medellín, el entendimiento de la relación estructura atómica - propiedades de las sustancias.

1.2.2. Específicos

- Diagnosticar el nivel de conocimientos previos sobre la relación estructura atómica – propiedades de las sustancias.
- Diseñar un proyecto de aula que incluya estrategias que permitan el entendimiento de la relación estructura atómica - propiedades de la materia dentro del marco de la Enseñanza para la Comprensión.
- Intervenir la enseñanza de los contenidos conexos con la estructura atómica y su relación con la materia.
- Analizar la eficacia del proyecto de aula diseñado.

1.3. Marco Referencial

1.3.1. Referente Teórico

A la comprensión de los fenómenos cotidianos se puede acceder por medio del estudio de la química; fenómenos generalmente relacionados con la estructura de la materia; es decir, existe una integración constante entre lo macroscópico y lo submicroscópico (nanoscópico), lo que, además de convertir la química en una de las ramas más importantes de la ciencia, la convierte en un área de difícil acceso para las personas que se inician en su conocimiento, (Ünal, Çalık, Ayas, & Coll, 2006).

La comprensión de la relación estructura atómica - propiedades de las sustancias como objetivo del presente trabajo, incluye una serie de conceptos básicos relacionados, que, al avanzar en el estudio de los fenómenos, se articulan aumentando el grado de complejidad de los mismos, (Ünal et al., 2006). En consecuencia, debe existir en el estudiante comprensión de los conceptos básicos claves con el fin de evitar interferencias en su correcta interpretación y en el desarrollo de nuevos saberes articulados de mayor complejidad. No obstante, la comprensión de éstos se dificulta dado que los modelos atómicos, como representaciones de la estructura de la materia, son abstractos y, como lo demuestran estudios previos, el estudiante está fuertemente influenciado por la percepción del entorno, (Benarroch Benarroch, 2001).

Esta dificultad deriva en percepciones, que, como parte de las estructuras mentales del estudiante, y junto con las experiencias, capacidades y creencias previas influyen en los significados conceptuales construidos por éste, (Ünal et al., 2006). Significados que corresponden a concepciones con significados aceptados o no por la comunidad científica; caso último en el que se hace referencia a concepciones alternativas, (Moreira & Greca, 2003). Concepciones alternativas que tienen naturaleza persistente y de coherencia en el sistema de creencias del individuo, (VAZQUEZ ALONSO, 1990), lo que impide borrarlas o sustituirlas; no obstante, en la medida que hay un aprendizaje significativo la concepción alternativa puede evolucionar y el estudiante adquiere la capacidad de discriminarla, (Moreira & Greca, 2003).

16 Diseño de un Proyecto de Aula, en el Marco de la Enseñanza para la Comprensión, que facilite el entendimiento de la relación estructura atómica - propiedades de la materia.

Ejemplos de la existencia de tales concepciones en el tema del presente trabajo se observan en los saberes relacionados con la naturaleza discontinua de la materia o teoría atómica. Tema, que aunque es esencial en la educación en ciencias, es de difícil comprensión por ser un fenómeno no observable a simple vista, y, por lo tanto, susceptible de interpretación por medio de modelos alternativos del modelo atómico, como se observa en el trabajo de Park & Ligth, que muestra una fuerte influencia del modelo atómico de Bohr en la estructura del átomo, (Park & Light, 2009). Así mismo, se evidencia confusión en el uso de los términos partícula, átomo o molécula; conceptos que adquieren un significado según el modelo atómico de referencia; y, al no existir claridad en esta particularidad, se genera un inadecuado discernimiento entre los conceptos mezclas y compuestos; confusión causada por el uso de un lenguaje que no es claro en las reglas de correspondencia para cada modelo atómico o por el uso incorrecto de analogías en los procesos de enseñanza-aprendizaje, (Benarroch, 2000). Trabajos como estos muestran una inquietante confusión por parte de los estudiantes en saberes claves básicos para la comprensión de los fenómenos químicos.

El proceso docente educativo, en este sentido, involucra un marco de trabajo con los contenidos que se puede abordar desde diferentes enfoques, (González Agudelo & Álvarez de Zayas, 2002); para efectos del presente trabajo se abordará a partir del grado de participación de los sujetos; entendiendo que el objetivo es lograr un estudiante autónomo en su proceso de aprendizaje; la razón: el conocimiento construido con la participación activa del educando es un saber que se cimienta en su complejo sistema de pensamiento, facilitando la creación de conexiones entre saberes previos y nuevos lo que deriva en el aumento de su desempeño, (Perkins & Blythe, 1994).

En este sentido, el presente trabajo pretende enseñar para comprender la relación estructura atómica – propiedades de las sustancias; contenidos que se trabajan en un Proyecto de Aula que gira en torno a la pregunta problematizadora ¿Cómo las características del átomo determinan el estado de agregación de las sustancias bajo ciertas condiciones de temperatura y presión?; proyecto circunscrito en el marco de la Enseñanza para la Comprensión -EpC- de Perkins y Colaboradores.

El Marco EpC, es una guía diseñada por miembros del Proyecto Zero de la Universidad de Harvard, desarrollando un enfoque en la enseñanza que consiste en un marco de cuatro partes como guía que permita priorizar la comprensión, aunque reconoce la importancia de desarrollar habilidades de rutina, (Perkins & Blythe, 1994). La comprensión, como construcción de interpretaciones sobre un tema, exige no solo que los estudiantes pasen la mayor parte de su tiempo con actividades que les permita generalizar, ejemplificar y aplicar de manera reflexiva; sino también que éste cuente con retroalimentación adecuada que le permita mejorar su desempeño. Lo anterior a través de la inclusión del estudiante en el aprendizaje de la materia por medio del establecimiento de conexiones entre lo cotidiano y los temas tratados, los principios y la práctica, y, entre el pasado y el presente, (Perkins & Blythe, 1994).

Es así que el Marco EpC proporciona al docente una estrategia para orientar el trabajo en el aula de tal forma que logre una mayor comprensión de los estudiantes. Dicha estrategia se trabaja a partir de un hilo conductor; hilo que plantea intencionalmente una meta de llegada permitiendo integrar los temas estudiados en un marco que le da sentido, (Pogré, 2001). Éste se plantea, generalmente, a modo de pregunta; interrogante a través del cual se teje el marco conceptual generando coherencia, y de ésta forma, permite a docentes y estudiantes centrarse en cualquier momento durante el desarrollo de los contenidos. El hilo conductor que orienta el trabajo en el aula, y que recoge la conexión entre lo que se sabe y lo que debe ser aprendido es ¿Cómo las propiedades características de los átomos determinan el estado de agregación de las sustancias bajo ciertas condiciones de temperatura y presión? A partir de este interrogante se diseñan los componentes del marco que son: los tópicos generativos, las metas de comprensión, los desempeños de comprensión y la valoración continua, (Perkins & Blythe, 1994).

Continuando con la línea de pensamiento de PERKINS y colaboradores, los tópicos generativos son temas que ofrecen inagotables conexiones hacia el mundo externo y hacia los intereses de los estudiantes. Estos asuntos permiten elaborar una malla de ideas generando la comprensión de conceptos cada vez más complejos dentro de la disciplina, (Perkins & Blythe, 1994). Responder a cuestiones como: ¿Qué son las descargas eléctricas que se forman durante una tormenta?, o ¿Qué hace que el aceite y el agua no se mezclen?, y en este caso particular, ¿Cómo las características del átomo determinan el estado de

18 Diseño de un Proyecto de Aula, en el Marco de la Enseñanza para la Comprensión, que facilite el entendimiento de la relación estructura atómica - propiedades de la materia.

agregación de las sustancias bajo ciertas condiciones de temperatura y presión? son preguntas que se plantean los estudiantes y que se pueden entender a partir de la comprensión de la estructura del átomo. Así, la estructura atómica como tópico generativo se constituye en la médula espinal del programa por ser el asunto a partir del cual se construye una red de conceptos y teorías que nos permiten entender la composición, propiedades y transformaciones de la materia.

El átomo como tópico generativo debe cumplir con tres características propuestas por el Marco EpC: centralidad, asequibilidad y conectividad, (Perkins & Blythe, 1994). La centralidad está dada al ser la estructura del átomo un eje importante dentro de la educación secundaria que permite comprender las propiedades macroscópicas de la materia a partir de la teoría atómica, (Gómez, Pozo, & Gutierrez, 2004); la asequibilidad se da gracias a los modelos que los científicos han diseñado en aras de explicar aquello que no nos es posible ver a simple vista, (Gerais, 2003); y, conectividad por la cantidad de tópicos que se pueden acceder a partir de su comprensión; tópicos como: estructura atómica y su relación con los estados de agregación de la materia, o estructura atómica y su relación con la electricidad, estructura atómica y propiedades de la materia, entre otros.

Por otro lado, las metas de comprensión, como aspectos que deben ser entendidos, (Perkins & Blythe, 1994), son los objetivos que el docente plantea que se deben alcanzar con el proceso enseñanza-aprendizaje, por lo tanto, tienen un papel orientador en dicho proceso, en consecuencia, deben ser metas públicas. Éstas se pueden plantear en forma de interrogantes; preguntas cuya respuesta abarcará el estudio de una unidad. En contraste con el hilo conductor, el cual es una meta de llegada que abarca el desarrollo de varias unidades.

El presente trabajo plantea metas orientadas al entendimiento por parte del discente así: primero, ¿cómo está conformado el átomo?; segundo, ¿Cómo determinan las partículas subatómicas las propiedades características del átomo?; tercero, ¿Cómo se relaciona la estructura del átomo con la ubicación del elemento en la Tabla Periódica, para que sea posible predecir sus propiedades?; cuarto, ¿Cómo se relacionan las propiedades de la molécula con las propiedades de los átomos que la constituyen?, y quinto ¿Cómo las propiedades características de la molécula influyen en las propiedades emergentes que determinan los estados de agregación de las sustancias? Metas que, siguiendo el hilo

conductor, permitirán al estudiante alcanzar la comprensión de la relación existente entre las características del átomo y sus propiedades, así como la relación entre las propiedades del átomo y las propiedades de la sustancia que conforman; propiedades del átomo que, en todo caso, se pueden predecir a partir de la ubicación de los elementos que constituyen una molécula en la Tabla Periódica de los Elementos, y que explican el porqué del estado de agregación diferente de la diversidad de sustancias que se encuentran bajo iguales condiciones de temperatura y presión.

Estos contenidos se alojarán en un libro digital interactivo que servirá como elemento mediador entre el conocimiento que debe construirse y las actividades que va a realizar el estudiante. El libro es una plantilla diseñada por Juan Guillermo Rivera¹ del Proyecto Descartes. Libro que se convierte en la guía que encamina al estudiante en el estudio de los contenidos necesarios para llegar a las metas de comprensión. Contenidos en formatos variados como texto, imagen, video, audio y objetos virtuales interactivos de aprendizaje (OVA) que pueden ser demostrativos y/o de valoración del conocimiento adquirido por el estudiante. Material diseñado bajo la premisa de que los modelos virtuales pueden ofrecer los mismos beneficios en la enseñanza que los modelos concretos, aunque cuenta con beneficios adicionales como la accesibilidad y flexibilidad, además de la integración con recursos e-learning (Stull, Barrett, & Hegarty, 2013).

Adicional a las metas de comprensión, se encuentran los desempeños de comprensión. Éstos son el corazón del desarrollo de la comprensión, en consecuencia, se deben respaldar los objetivos de comprensión en desempeños sucesivos que representen para los estudiantes desafíos progresivos pero accesibles para finalmente desarrollar una interpretación “culminante” de la comprensión en lo que podría ser un ensayo o exposición, (Perkins & Blythe, 1994). Estos desempeños son actividades que permiten al estudiante aplicar el conocimiento adquirido en nuevas formas y situaciones; “En estas actividades los alumnos reconfiguran, expanden y aplican lo que han aprendido al mismo

¹ Juan Guillermo Rivera Berrio. Doctor en Estudios de Ciencia y Tecnología de la Universidad del País Vasco. Integrante del Gnomon del Instituto Tecnológico de Medellín y del Proyecto Descartes de España.

20 Diseño de un Proyecto de Aula, en el Marco de la Enseñanza para la Comprensión, que facilite el entendimiento de la relación estructura atómica - propiedades de la materia.

tiempo que exploran y construyen nuevos aprendizajes a partir de los previos.” (Perkins & Blythe, 1994). Para ello se diseñarán actividades variadas que le permitan a éste involucrarse con el conocimiento para aplicarlo en nuevas y retadoras formas. Como afirma Pogré “Más allá de las diferencias teóricas y modos de construir estos conceptos, uno de los descubrimientos más sorprendentes en los que todas estas líneas acuerdan es que no todos aprendemos todo del mismo modo, ni que una misma persona aprende todas las cosas con los mismos procesos”, (Pogré, 2001).

En consecuencia, actividades que requieran que el estudiante analice la información suministrada, decida la forma más adecuada para resolver la actividad planteada y finalmente ejecute la solución en términos de relación, diferenciación, secuenciación, organización, comparación, representación u otra, son actividades que permiten observar el desempeño flexible del estudiante tal como lo afirma Pogré haciendo alusión a los desempeños de comprensión planteados por Perkins et al., (Pogré, 2001). El resultado, desempeños de comprensión tanto digitales como no digitales que permitan a los estudiantes aplicar el conocimiento adquirido. Para ilustrarlo, algunos ejemplos. Para la alcanzar la meta ¿cómo está conformado el átomo? explicación por medio de analogía o diseño y elaboración manual de la estructura de un átomo con base en los modelos actuales de representación de la estructura atómica; actividad que requiere que el estudiante tenga claridad en el concepto de modelo atómico y estructura del átomo con énfasis en el modelo actual de representación o modelo mecanicocuántico; tema esencial en el entendimiento de la conformación de la materia. Posteriormente para la meta ¿Cómo determinan las partículas subatómicas las propiedades características del átomo? el diseño de una tabla en la que se deberá incluir las propiedades periódicas para dos átomos de elementos diferentes; elementos que deberán ser dilucidados a partir de su representación. Adicionalmente, y a partir de la información anterior, investigar las propiedades de las sustancias y responder a la pregunta ¿Ambos elementos reaccionan de igual forma con el agua?, respuesta que se deberá argumentar a partir de las propiedades periódicas de los elementos.

Continuando con los desempeños de comprensión en ¿Cómo se relaciona la estructura del átomo con la ubicación del elemento en la Tabla Periódica para que sea posible predecir sus propiedades? el estudiante deberá diseñar un mapa mental cuyo núcleo sea

el número atómico y en el cual explique cómo éste influye en cada una de las propiedades características del átomo; actividad para la cual el estudiante deberá tener claridad en conceptos como número atómico, niveles de energía, radio, apantallamiento, entre otros. Así, cada meta planteada estará acompañada de desempeños en los que el estudiante se vea motivado a utilizar los conceptos adquiridos para dar respuesta a fenómenos y preguntas problematizadoras hasta cubrir cada una de las metas.

Para finalizar, la valoración continua es una forma de retroalimentación constante al estudiante bajo criterios públicos y predefinidos, con el fin de que aprenda a comprender en un proceso de reflexión regular; ésta genera oportunidades de mejora a lo largo de la secuencia de instrucción con el fin de aumentar el desempeño (Perkins & Blythe, 1994). La valoración del trabajo se realiza desde el desempeño en situaciones en los que el estudiante deba poner en práctica el conocimiento adquirido (Perkins & Blythe, 1994). En este sentido, durante el desarrollo de cada unidad el estudiante, por medio de discusiones grupales, aclara conceptos; además, éste desarrolla las actividades interactivas y demás actividades propuestas en el libro durante la clase, o en casa, lo que le permite verificar su grado de comprensión, y, que su vez permite que éste avance y profundice de acuerdo a sus necesidades y expectativas.

1.3.2. Referente de antecedentes.

Los docentes tienen en su haber ideas preconcebidas acerca de la ciencia, su enseñanza y aprendizaje. Existen en el medio numerosos trabajos que muestran estas ideas, y, que además, evidencian que los docentes practican rutinas estables difíciles de cambiar para enseñar los temas relacionados con las ciencias, (CAPUANO V. , y otros, 2007). No obstante, existen, además, numerosos trabajos que estudian la eficacia de las prácticas de aula y nuevas didácticas que permitan mejorar el proceso de enseñanza aprendizaje. lo anterior se ve reflejado en los resultados asociados a la búsqueda en las bases de datos de estudios relacionados con la enseñanza de un tema en específico; en éste caso, la enseñanza del átomo y la tabla periódica de los elementos.

22 Diseño de un Proyecto de Aula, en el Marco de la Enseñanza para la Comprensión, que facilite el entendimiento de la relación estructura atómica - propiedades de la materia.

Al revisar los trabajos relativos a la enseñanza de la estructura atómica y la tabla periódica, se puede observar que, de ordinario, el átomo y su estructura es el tema central que preocupa en la enseñanza de la química en los primeros cursos relacionados con la asignatura en la educación básica secundaria; no obstante, en algunos casos no se relaciona con temas subyacentes o se hace no necesariamente con el tema objeto de este trabajo que es su relación con las propiedades de la materia. Adicionalmente, se puede observar que los trabajos publicados están orientados no sólo al mejoramiento de las prácticas de aula, sino también al estudio de las prácticas *per se* llevadas a la praxis por los maestros.

Trabajos enfocados al mejoramiento de las prácticas de aula existen en gran variedad en las bases de datos. A continuación, algunos ejemplos.

La construcción de ambientes que permitan al estudiante interactuar con materiales específicos para construir abstracción de conceptos. En este trabajo, se seleccionó una estrategia basada en ejemplos que generan interés en el grupo, y que, bajo la guía del docente, fueron conducentes a la elaboración de un modelo atómico contextualizado en el estudio de la evolución histórica de los modelos que han influido en nuestra percepción del átomo. Esta investigación concluye que, aprender un concepto depende no sólo de las características de la estructura cognitiva y del concepto en sí mismo, sino también de la manera en como es abordado, (CAPUANO V. , y otros, 2007).

Además, trabajos con objetivos similares, pero en diferentes Instituciones Educativas. “El diseño e implementación de una estrategia didáctica para la enseñanza-aprendizaje de la Tabla Periódica y sus propiedades (...) utilizando las nuevas tecnologías TICs”. Trabajos que se enfocan en el diseño e implementación de una estrategia basada en TIC para la enseñanza de la Tabla Periódica y sus propiedades utilizando el Moodle como herramienta. Entre los resultados obtenidos se encuentra mayor motivación por parte de los estudiantes que experimentan con estos ambientes de aprendizaje, además de una mejora notable en sus resultados respecto al grupo control, (DIAZ MARÍN, 2012) (CAUSADO MORENO, 2012).

Adicionalmente, se encuentran trabajos enfocados al mejoramiento de las prácticas de aula con un enfoque diferente; el diseño de unidades didácticas para trabajar tabla periódica a partir de la resolución de problemas; ésta es otra de las metodologías utilizadas, no obstante, en este trabajo en particular no se muestra un análisis de resultados, (CÁRDENAS CANO, 2011). Otra metodología es la abordada por el estudio de Arévalo; éste se orienta al diseño de estrategias lúdicas para la enseñanza de la tabla periódica con la adaptación de juegos, música e historietas; actividades que concluye son de utilidad ya que favorecen el proceso de enseñanza-aprendizaje en la educación básica y media, (ARÉVALO TORRES, 2016).

Lo que se observa, en general, es que las estrategias, digitales o no digitales, son una herramienta que permite la motivación de los estudiantes a participar de la construcción de los conocimientos relacionados con las nociones básicas de la química, y, por ende, se observa una mejora en el desarrollo de las competencias asociadas a esta área del conocimiento.

En contraste, trabajos enfocados al estudio de las prácticas *per se* de los maestros, como es el trabajo sobre tabla periódica orientado a la función que cumple ésta en la enseñanza de la química en educación secundaria. Éste se enfoca en la investigación del tipo de libros de texto y artículos científicos relacionados con la enseñanza de la química, además de encuestas a los docentes indagando la percepción que tienen sobre la función de la tabla periódica. De los resultados obtenidos en el trabajo se concluyó que, a la tabla periódica se le asigna una función clasificadora, así mismo se perpetua la idea del átomo como objeto de estudio de la química, y no su papel en las reacciones químicas y por ende en las posibles intervenciones que puede realizar el hombre en este sentido, (AGUDELO CARVAJAL, 2015).

1.3.3. Referente Conceptual

Si el hierro y el mercurio son metales, ¿por qué bajo las mismas condiciones de temperatura y presión el hierro es sólido y el mercurio es líquido?, ¿Por qué el aluminio

24 Diseño de un Proyecto de Aula, en el Marco de la Enseñanza para la Comprensión, que facilite el entendimiento de la relación estructura atómica - propiedades de la materia.

se oxida y el oro no?, ¿Por qué el hierro es sólido aquí y en el polo norte pero el agua no?; si someto a temperatura de congelación una botella con agua ¿Por qué la botella se rompe?; ¿Por qué el aire ocupa espacio si no lo puedo ver? En las prácticas de aula, éstas y muchas otras cuestiones de la vida cotidiana hacen parte de los interrogantes que los estudiantes desean entender y que pueden comprenderse a partir del conocimiento del cómo la estructura atómica influye en las propiedades de las sustancias que conforman; conocimiento que es esencial en todas las ramas importantes de la ciencia y de la industria, como, por ejemplo, aquel relacionado con la energía atómica, la producción de nuevos materiales, la tecnología sostenible, la medicina, la cosmética, entre muchos otros.

Con este proyecto de aula, bajo el hilo conductor ¿Cómo las propiedades características de los átomos determinan el estado de agregación de las sustancias bajo ciertas condiciones de temperatura y presión?, se pretende que el estudiante comprenda algo observable macroscópicamente, es decir, los estados de agregación de la materia, a partir de las propiedades de las moléculas que conforman dicha sustancia que, finalmente, son consecuencia directa de la estructura de los átomos que la conforman. En consecuencia, se parte del hecho del átomo como sistema básico con una estructura específica de acuerdo al elemento al que corresponde, estructura responsable de sus características, y, por lo tanto, de sus propiedades y de las propiedades de la materia que conforma.

A continuación, se describe cómo a partir de cada meta de comprensión, y por medio de la revisión de diferentes fuentes bibliográficas, se hila el conocimiento que debe tener el estudiante para llegar a entender las razones del estado de agregación del agua bajo condiciones estándar de temperatura y presión. Para delimitar los conceptos a trabajar se revisarán cinco fuentes bibliográficas que corresponden a: IUPAC (2014), Petrucci et al. (2011), Chang et al (2011), Santillana (2010) y Wikipedia (2018).

Metas de comprensión:

Al analizar el hilo conductor ¿Cómo las propiedades características de los átomos determinan el estado de agregación de las sustancias bajo ciertas condiciones de temperatura y presión?, se hace necesario aludir al concepto de materia y su clasificación para hacer énfasis en el concepto de sustancia. Los significados para materia varían ampliamente dependiendo de la fuente de consulta. IUPAC (2014) no registra una definición; Petrucci et al. (2011) “todo lo que ocupa un espacio, tiene una propiedad llamada masa y posee inercia”; Chang et al (2011) “todo lo que ocupa un espacio y tiene masa”; Santillana (2010) “todo lo que nos rodea, es todo aquello que tiene masa y ocupa un lugar en el espacio” y, Wikipedia que la define desde un enfoque físico “es todo aquello que se extiende en cierta región del espacio-tiempo, posee una cierta cantidad de energía y por ende está sujeto a cambios en el tiempo y a interacciones con aparatos de medida. Se considera que es lo que forma la parte sensible de los objetos perceptibles o detectables por medios físicos”. Al examinar las definiciones registradas se observa en común los conceptos de masa y volumen, no obstante, Petrucci et al (2011) incorpora la inercia como característica de la materia que se refiere a la incapacidad que tiene un cuerpo de modificar su estado de reposo o movimiento por sí mismos tal y como lo afirma la primera Ley de Newton. Característica importante a la hora de explicar los fenómenos ocurridos en el cambio de estado de la materia a partir del flujo de energía del entorno al sistema o viceversa

El presente trabajo se centra en un tipo particular de materia: las sustancias. Ésta es definida en las diferentes fuentes consultadas así: IUPAC (2014) “Materia de composición constante mejor caracterizada por las entidades (moléculas, unidades fórmula, átomos) de la que está compuesta. Propiedades físicas tales como densidad, índice de refracción, conductividad eléctrica, punto de fusión, etc. caracterizan a la sustancia química”; Petrucci et al. (2011) “hace referencia únicamente a elementos y compuestos.”; Chang et al. (2011) “es una forma de materia que tiene composición definida (constante), y propiedades distintivas.”; Santillana. (2010) “No registra definición” y, para Wikipedia. “es una clase particular de materia homogénea cuya composición es fija y químicamente definida”. Las fuentes que registran una definición tienen en común, de una u otra manera, un tipo de materia con composición definida; no obstante, IUPAC (2014), Chang et al. (2011) y Wikipedia hacen referencia directa a sus propiedades distintivas. Adicionalmente, IUPAC (2014) refiere la caracterización de éstas por las partículas que

28 Diseño de un Proyecto de Aula, en el Marco de la Enseñanza para la Comprensión, que facilite el entendimiento de la relación estructura atómica - propiedades de la materia.

la componen; puntualización que cobra especial relevancia en la comprensión de la relación estructura de las partículas – propiedades de la materia, (Benarroch, 2000).

En este contexto, el término partícula puede cobrar diferente significado, ya sea átomo, ya sea molécula, última compuesta por otras partículas, es decir, átomos. Incluso, las partículas “átomos” están compuestas por otras partículas: partículas subatómicas; relación que debe quedar clara para evitar errores de interpretación en los estudiantes (Benarroch, 2000). En este sentido se parte del trabajo del átomo como sistema; dado que átomos y moléculas son demasiado pequeños para verlos de manera directa se recurre al uso de los modelos que los estudiantes reconocen previamente. Para el sistema átomo el modelo atómico actual o mecanicocuántico y para molécula el modelo molecular de esferas y barras y el modelo espacial, (Chang et al. 2011).

A partir de estos conocimientos previos se inicia con la descripción del modelo atómico como unidad básica de conformación de las sustancias.

Primera meta de comprensión: ¿Cómo está conformado el átomo?

La primera meta de comprensión permite que el estudiante conozca las partículas subatómicas y su ubicación bajo el modelo atómico actual. Una introducción a la evolución del modelo atómico como herramienta de la cual se ha valido el hombre para interpretar aquello que no le es posible ver a simple vista, permitirá, no sólo conocer y valorar la evolución del conocimiento de acuerdo al avance en la disponibilidad de la tecnología, sino, tener los conocimientos mínimos requeridos sobre las partículas subatómicas trabajadas en la educación media.

Entonces, a partir del concepto “modelo atómico” se introduce el concepto de átomo. El concepto de átomo se encuentra definido en las fuentes bibliográficas de referencia así: IUPAC (2014) “La partícula más pequeña que sigue caracterizando un elemento químico. Consiste en un núcleo de carga positiva (z corresponde al número de protones y e a la carga elemental) que constituye casi toda su masa (más del 99.9%) y Z electrones que determinan su tamaño.”; Petrucci et al. (2011) “Es el bloque básico en la construcción de la materia (...). Un elemento químico está formado por un sólo tipo de átomos y un

compuesto químico por dos o más tipos de átomos.”; Chang et al. (2011). No registra una definición; Santillana. (2010). “Partícula más pequeña que puede participar en una reacción química. Unidad estructural de la materia.” Y Wikipedia “Un átomo es la unidad constituyente más pequeña de la materia que tiene las propiedades de un elemento químico.” Nótese que IUPAC (2014), Petrucci et al. (2011), Santillana (2010) y Wikipedia hacen referencia al átomo como unidad estructural de la materia; sin embargo, IUPAC (2014) es la única que incluye en su definición la magnitud de la carga y la estructura del átomo; sin embargo, puede ser una definición que cause confusión en el estudiante ya que no habla específicamente de los neutrones como parte de esa masa nuclear; por otro lado, Petrucci et al. (2011) incluye la diferenciación entre elementos y compuestos; y, sólo Santillana (2010) hace referencia al átomo como parte de las reacciones químicas. En consecuencia, se realiza transposición didáctica del concepto con base en las definiciones de IUPAC (2014), Petrucci et al. (2011) y Santillana (2010). **ÁTOMO:** La partícula más pequeña que caracteriza un elemento químico, consiste en un núcleo formado por protones y neutrones que constituye casi toda su masa (más del 99.9%) y electrones en la periferia que determinan su tamaño. Un elemento químico está formado por un sólo tipo de átomo y un compuesto químico por dos o más tipos de átomos que reaccionan formando compuestos. El átomo es la partícula más pequeña que participa en una reacción química.

Dado que el comportamiento del átomo depende de su estructura, se inicia el estudio y comprensión de las partículas que lo conforman; y posteriormente, con base en éstas, estudiar cómo determinan las propiedades características del átomo. Si bien, sólo los electrones son partículas fundamentales, en este contexto se tomarán como partículas subatómicas básicas los protones, neutrones y electrones.

Las definiciones encontradas en la bibliografía consultada sobre el concepto de protón son las siguientes: IUPAC (2014) “Partícula nuclear de número de carga +1, número cuántico spin $\frac{1}{2}$ y masa en reposo de 1, 007 276 470(12) u”; Petrucci et al. (2011) “Partículas fundamentales con carga eléctrica positiva unidad que se encuentra en todos los núcleos de los átomos”; Chang et al. (2011) “Partículas del núcleo que tienen cargas positivas”; Santillana (2010) no registra definición; y Wikipedia. “es una partícula subatómica con una carga eléctrica elemental positiva 1 ($1,6 \times 10^{-19}$ C), igual en valor absoluto y de signo contrario a la del electrón, y una masa 1836 veces superior a la de un electrón.” Las fuentes consultadas hacen referencia a la ubicación de la partícula dentro del átomo y a su

28 Diseño de un Proyecto de Aula, en el Marco de la Enseñanza para la Comprensión, que facilite el entendimiento de la relación estructura atómica - propiedades de la materia.

carga, no obstante, IUPAC (2014) es la única que hace referencia al spin de la partícula lo cual permite mostrar al estudiante que las partículas subatómicas, al igual que el átomo, no son inmóviles.

Por otro lado, las definiciones encontradas en la bibliografía consultada sobre el concepto de neutrón son las siguientes: IUPAC (2014) “Partícula nuclear de carga cero, número cuántico spin $\frac{1}{2}$ y masa de 1.009 u.”; Petrucci et al. (2011) “Partículas fundamentales de la materia, sin carga eléctrica, que se encuentran en todos los núcleos atómicos excepto en el átomo de hidrógeno sencillo, el protio, ^1H .”; Chang et al. (2011) “Partículas eléctricamente neutras con una masa ligeramente mayor a la masa de los protones”; Santillana (2010) “Partícula subatómica fundamental sin carga, con una masa muy cercana a la del protón.”; y, Wikipedia “Es una partícula subatómica, un nucleón, sin carga neta, presente en el núcleo atómico de prácticamente todos los átomos, excepto el protio.” Las fuentes consultadas hacen referencia a la ubicación de la partícula dentro del átomo y a su carga, no obstante, sólo Petrucci y Wikipedia hacen referencia a la no presencia de neutrones en el protio, mientras que IUPAC (2014) es la única que hace referencia al spin de la partícula. Por consiguiente, se realiza transposición didáctica del significado del concepto neutrón como partícula nuclear de carga cero y masa de 1.009 u., presente en el núcleo atómico de todos los átomos, excepto el protio.

Así mismo, las definiciones encontradas en la bibliografía consultada sobre el electrón son las siguientes IUPAC (2014) “Partícula elemental no afectada por la fuerza fuerte que tiene número cuántico spin $\frac{1}{2}$, una carga elemental negativa y una masa en reposo de 0.000 548 579 903(13) u.”; Petrucci et al. (2011) “Son partículas que llevan la unidad fundamental de carga eléctrica negativa y se encuentran fuera de los núcleos de todos los átomos”; Chang et al. (2011) “Partículas con carga negativa”; Santillana (2010). “Partícula subatómica fundamental con carga unitaria negativa.” y Wikipedia. “Es una partícula subatómica con una carga eléctrica elemental negativa. Si bien todas las fuentes definen al electrón como partícula con carga negativa; sólo Petrucci et al. (2011) indica su ubicación dentro del átomo, mientras que IUPAC (2014) refiere la masa, el spin y e introduce el concepto de fuerza fuerte. Entonces, se realiza transposición didáctica del concepto con base en las definiciones de IUPAC (2014), Petrucci et al. (2011) y Wikipedia del electrón como partícula ubicada en la corteza del átomo que posee una carga eléctrica elemental negativa y una masa en reposo de 0.000 5 u. Electrones que, como se dijo, se encuentran en la corteza

del átomo, y cuya distribución en ésta es la responsable de las propiedades químicas de los elementos. Distribución que se puede predecir a partir de los siguientes principios: primero, el principio de ordenamiento que muestra que los elementos están dispuestos en la tabla periódica de manera creciente respecto del número atómico, y, por lo tanto, al número de electrones siempre que se haga referencia a átomos neutros. Segundo, el principio de Aufbau que establece que ese electrón de más, que distingue al elemento del elemento anterior, se ubica en el orbital de menor energía. Tercero, principio de exclusión de Pauli que indica que en un orbital no es posible encontrar más de dos electrones, y que ambos poseen espines con valores opuestos representados como $\uparrow\downarrow$. Cuarto, Principio de máxima multiplicidad de carga o principio de Hund, que establece que los electrones de un mismo nivel se ubican de tal forma que estén desapareados el mayor número posible de electrones. (Julia et al., 2010); y es que el electrón es una partícula subatómica fundamental en la formación de la materia.

En química se estudia la materia con base en la concepción moderna del átomo, en el que éste se considera un sistema de partículas (protones, neutrones y electrones) que interactúan estableciendo el equilibrio del átomo como sistema. No obstante, dado que ningún átomo está completamente aislado (sin presencia de otros átomos), éstos interactúan entre sí para alcanzar la configuración electrónica estable de los gases nobles; en consecuencia, la formación de sustancias (elementos y compuestos) es el mecanismo de los diferentes átomos para alcanzar la configuración electrónica estable de los gases nobles.

Este conocimiento es la base que te permitirá iniciar con la segunda meta de comprensión ¿Cómo determinan las partículas subatómicas las propiedades características del átomo?

Segunda meta de comprensión, ¿cómo determinan las partículas subatómicas las propiedades características del átomo?

32 Diseño de un Proyecto de Aula, en el Marco de la Enseñanza para la Comprensión, que facilite el entendimiento de la relación estructura atómica - propiedades de la materia.

Los átomos neutros de un elemento son diferentes de los átomos neutros de otro elemento; esta diferencia radica en su composición (partículas subatómicas). El número de partículas subatómicas es responsable de su estructura: el número de protones define el número de electrones que, a su vez, limita el número de niveles de energía; y éste a su vez determina el radio atómico junto con el número de electrones de valencia presentes.

Consecuencia de la diferencia estructural entre los átomos de los diferentes elementos, es el hecho de que los átomos de un elemento tienen atributos o propiedades que lo hacen diferente a los átomos de otro elemento. Propiedades como el efecto de pantalla, la carga nuclear efectiva, la energía de ionización y la electronegatividad; propiedades características que determinarán cómo interactúa un átomo en presencia de otro átomo del mismo elemento o de un elemento diferente; es decir, permite predecir su comportamiento. En consecuencia, saber la relación entre conceptos como número de protones, número de electrones, niveles de energía, radio, apantallamiento, energía de ionización, carga nuclear efectiva y electronegatividad permitirá comprender las propiedades del átomo en función de su estructura.

Para continuar se dará inicio a la introducción de dos características estructurales: los niveles de energía y el radio.

Los niveles de energía son definidos por los diferentes autores así: IUPAC (2014), Petrucci et al. (2011) y Chang et al. (2011) No registran definición; Santillana (2010) lo define como "una de las energías que puede tener un átomo o una molécula de acuerdo con la teoría cuántica."; y, Wikipedia "En química y teoría atómica se parte del hecho de que los electrones que forman parte del átomo están distribuidos en "capas" o niveles energéticos. En función de la capa que ocupe un electrón tiene una u otra energía de ahí que se diga que ocupa una capa de cierto nivel energético. La existencia de capas se debe a dos hechos: el principio de exclusión de Pauli que limita el número de electrones por capa, y el hecho de que sólo ciertos valores de la energía están permitidos (técnicamente estos valores coinciden con los autovalores del operador Hamiltoniano cuántico que describe la dinámica de los electrones que interaccionan electromagnéticamente con el núcleo atómico)." Se realiza transposición didáctica de la definición de Wikipedia que, además de contener la definición de Santillana (2010), ilustra la distribución electrónica a partir de

capas lo que puede facilitar a los estudiantes su comprensión. Entonces, los niveles de energía se pueden definir en función del hecho de que los electrones de un átomo se encuentran ubicados en la periferia de éste; zona que se encuentra dividida en capas o niveles de energía. La cantidad de energía que posee un electrón está definida por la ubicación del electrón en determinada capa, siendo más energéticos aquellos que se encuentran más alejados del núcleo.

El suceso que determina que un átomo tenga más o menos niveles de energía está determinado por el principio de exclusión de Pauli y por el número de protones, que, a su vez, define el número de electrones para un átomo neutro. A mayor número de protones, mayor número de electrones, y, por lo tanto, mayor número de niveles de energía que permitan ubicar estos últimos. En este sentido el radio atómico es directamente proporcional al número de niveles de energía. Los diferentes textos definen el radio atómico así: IUPAC (2014) no registra definición; Petrucci et al. (2011) "La probabilidad de encontrar un electrón disminuye al aumentar la distancia al núcleo, pero no llega nunca a hacerse cero. No hay unos límites precisos para el átomo. Se podría definir un radio atómico efectivo, como, por ejemplo, la distancia al núcleo que comprende el 95% de la densidad de carga electrónica. Pero de hecho lo único que se puede medir es la distancia entre núcleos adyacentes (distancia internuclear). El radio atómico se define en función de la distancia internuclear"; Chang et al. (2011) "Es la mitad de la longitud entre los núcleos de dos átomos metálicos adyacentes o de una molécula diatómica."; Santillana (2010). "Si suponemos que el átomo tiene forma esférica, el radio atómico corresponde a la mitad de la distancia que existe entre los núcleos de dos átomos contiguos, tanto si se trata de un sólido metálico como de una molécula covalente."; y, Wikipedia, " la distancia que existe entre el núcleo y el orbital más externo de un átomo". De las definiciones revisadas Petrucci et al. (2011) se toma como referencia dado que es la única fuente que hace referencia a la probabilidad lo cual permite fortalecer el concepto de modelo atómico a partir de las observaciones de Schrödinger sobre la densidad de carga.

El número de niveles de energía, además de ser proporcional al radio atómico, es un factor determinante en el apantallamiento que sufren los electrones a partir del segundo nivel de energía. Es este conocimiento básico para iniciar con la comprensión de algunas de las propiedades características de los átomos de un elemento. El apantallamiento es tratado en las diferentes fuentes así: IUPAC (2014), Chang et al. (2011) y Santillana (2010) no

32 Diseño de un Proyecto de Aula, en el Marco de la Enseñanza para la Comprensión, que facilite el entendimiento de la relación estructura atómica - propiedades de la materia.

registran definición; Petrucci et al. (2011) "El apantallamiento refleja cómo bloquean los electrones internos la carga nuclear que experimenta un electrón externo"; y, Wikipedia. "(...) el efecto pantalla sobre los electrones más externos de un átomo se describe como la atenuación de la fuerza atractiva neta sobre el electrón, debido a la presencia de otros electrones en capas inferiores y del mismo nivel energético. El efecto pantalla es una barrera de electrones de un mismo nivel, los cuales ejercen fuerzas de repulsión sobre electrones de mayor nivel, disminuyendo así la probabilidad de encontrar estos electrones en niveles inferiores. Cada nivel produce efecto de cola pantalla; a mayor número de electrones mayor es el efecto de pantalla. (...) Entonces el efecto pantalla va a ser menor en los orbitales *s*, que están menos cubiertos y más cerca del núcleo, y aumenta progresivamente hacia los orbitales *p*, *d*, y *f*". Como se observa Wikipedia, a diferencia de Petrucci et al. (2011), da al lector una explicación del por qué se observa el fenómeno con base en la interacción entre cargas iguales lo cual facilita su comprensión y asimilación; no obstante, se debe indicar al estudiante que cuando la definición hace referencia a "la atenuación de la carga atractiva neta sobre el electrón" está haciendo referencia a la fuerza nuclear efectiva.

La carga nuclear efectiva (Z_{ef}) es trabajada en los textos consultados así: IUPAC (2014) y Santillana (2010) no registran definición; Petrucci et al. (2011) "La carga nuclear que un electrón experimenta si no intervinieran los electrones es Z , el número atómico. La carga nuclear que un electrón experimenta realmente se reduce hasta un valor de Z_{ef} al intervenir los electrones, denominada carga nuclear efectiva. Cuanto menor es la carga nuclear con que un electrón exterior <<ve>> (es decir, más pequeño es el valor de Z_{ef}), más pequeña es la atracción del electrón por el núcleo, por tanto, más alta es la energía del orbital en la que se encuentra el electrón"; Chang et al. (2011) "Es la carga nuclear detectada por un electrón cuando se toman en cuenta tanto la carga nuclear real (Z) como los efectos repulsivos (pantalla) de los demás electrones"; y, Wikipedia. "es la carga positiva neta experimentada por un electrón en un átomo polielectrónico. El término "efectiva" se usa porque el efecto pantalla de los electrones más cercanos al núcleo evita que los electrones en orbitales superiores experimenten la carga nuclear completa."

Aunque todas las fuentes que registran definición hacen referencia a los mismos conceptos, Wikipedia lo expresa de una forma concisa aclarando que se hace referencia a átomos polieletrónicos lo que puede facilitar la comprensión del concepto por su conexión con el fenómeno de apantallamiento.

Otro fenómeno relacionado con el apantallamiento es la Energía de ionización (E_i). Ésta es definida por los diferentes autores así: IUPAC (2014) "Energía mínima requerida para expulsar un electrón de un átomo o molécula neutro en su estado fundamental. (...)"; Petrucci et al. (2011) "La energía de ionización, I , es cantidad de energía que debe absorber un átomo en estado gaseoso para poder arrancarle un electrón. El electrón que se pierde es el que está más débilmente unido al núcleo"; Chang et al. (2011) "Es la energía mínima (en kJ/mol) necesaria para remover un electrón de un átomo en estado gaseoso, en su estado fundamental"; Santillana (2010). "Es la mínima energía necesaria para liberar el electrón más externo de un átomo gaseoso en su estado neutro"; y, Wikipedia. "Es la energía mínima requerida para separar un electrón de un átomo o molécula específica a una distancia tal que no exista interacción electrostática entre el ion y el electrón". Si bien todas las definiciones hacen referencia a la cantidad de energía requerida para liberar un electrón de un átomo, sólo las definiciones IUPAC (2014) y Wikipedia hacen mención a la energía de ionización de una molécula y, sólo Wikipedia introduce el término ion. Concepto último necesario para trabajar el enlace iónico, por lo tanto, es la definición que se aborda en la presente meta de comprensión. No obstante, se hace necesario indicar al estudiante, como lo hace Petrucci et al. (2011) que " El electrón que se pierde es el que está más débilmente unido al núcleo." lo cual tiene conexión directa con el fenómeno de apantallamiento y con la afinidad electrónica (AE).

Los componentes estructurales niveles de energía y radio atómico son los responsables de las propiedades características de los átomos de una sustancia; propiedades relacionadas de tal forma que confluyen en la propiedad característica electronegatividad; propiedad bajo la cual se puede predecir los diferentes tipos de enlace presentes en las unidades básicas de conformación de una sustancia; y, como se mencionó previamente, el tipo de enlace es responsable de muchas de sus propiedades.

36 Diseño de un Proyecto de Aula, en el Marco de la Enseñanza para la Comprensión, que facilite el entendimiento de la relación estructura atómica - propiedades de la materia.

Sobre la electronegatividad se encuentra en la literatura: IUPAC (2014) "Concepto introducido por L. Pauling como el poder de un átomo para atraer electrones a sí mismo. (...); Petrucci et al. (2011) "Describe la capacidad de un átomo para competir por los electrones con otros átomos a los que está unido. La electronegatividad está relacionada con la Energía de ionización y la Afinidad electrónica (AE)"; Chang et al. (2011) "La capacidad de un átomo para atraer hacia sí los electrones de un enlace químico. Los elementos con electronegatividad alta tienen más tendencia para atraer electrones que los elementos con electronegatividad baja"; Santillana (2010). "Medida de la fuerza con la que un núcleo atómico atrae los electrones"; y, Wikipedia " es la capacidad de un átomo para atraer a los electrones cuando forma un enlace químico en una molécula. También debemos considerar la distribución de densidad electrónica alrededor de un átomo determinado frente a otros distintos, tanto en una especie molecular como en sistemas o especies no moleculares". Obsérvese que IUPAC (2014) y Santillana (2010) no aclaran el hecho de la electronegatividad como medida de la atracción de electrones en presencia de otros átomos. En este sentido, Wikipedia a este hecho, además de ser la única fuente que hace referencia a la densidad electrónica, concepto necesario para el trabajo con enlaces covalentes polares y apolares; conceptos que se trabajarán en la próxima meta de comprensión.

Comprender la relación entre conceptos como número de protones, número de electrones, niveles de energía, radio, apantallamiento, energía de ionización, carga nuclear efectiva y electronegatividad permitirá comprender las propiedades del átomo en función de su estructura. En este sentido, una herramienta de gran importancia en la actualidad para quien se sumerge en el estudio de las ciencias naturales, es la tabla periódica de los elementos; su adecuada interpretación es el fin de la tercera meta de comprensión.

Tercera meta de comprensión, ¿cómo se relaciona la estructura del átomo con la ubicación del elemento en la Tabla Periódica, para que sea posible predecir sus propiedades?

Las definiciones encontradas en la bibliografía consultada sobre el concepto de tabla periódica son las siguientes: IUPAC (2014) y Santillana (2010) no registran definición, sin embargo, ésta última llega al concepto a través de la historia de su desarrollo. Petrucci et

al. (2011) “Es un ordenamiento de los elementos por su número atómico, en el que los elementos con propiedades físicas y químicas semejantes aparecen agrupados en columnas verticales.”; Chang et al. (2011) “Una tabla en la que se encuentran agrupados los elementos que tienen propiedades físicas y químicas semejantes”; y Wikipedia “Es una disposición de los elementos químicos en forma de tabla, ordenados por su número atómico (número de protones), por su configuración de electrones y sus propiedades químicas. Este ordenamiento muestra tendencias periódicas, como elementos con comportamiento similar en la misma columna”. Como se observa, las tres fuentes hacen referencia al ordenamiento y agrupación según propiedades, no obstante, la única que relaciona la tabla con el ordenamiento según los electrones es Wikipedia. Dada la relación de los electrones de valencia de un átomo con sus propiedades, y con la posición del elemento en la tabla periódica se trabaja el concepto de tabla periódica con la definición de Wikipedia.

En este sentido, el conocimiento previo de la estructura atómica facilitará la comprensión de cómo se sistematiza la ubicación de los elementos en dicha herramienta por grupos y periodos. Partiendo del número atómico y articulando éste a conceptos como: niveles de energía, radio atómico, apantallamiento, fuerza nuclear efectiva, energía de ionización y electronegatividad; y el cómo varía esta relación al desplazarse sobre un grupo o un periodo. La comprensión de la interrelación existente entre estos conceptos es el cimiento para que el estudiante entienda la periodicidad o regularidad que se observa en la tabla periódica respecto de las propiedades de los átomos y de esta forma comprender cómo la ubicación del átomo de un elemento en la tabla periódica permite predecir sus propiedades, es decir, los atributos o características del elemento que permiten diferenciarlo de otro elemento.

A continuación, se describe la relación entre las características y propiedades de los átomos de un elemento y su ubicación en la tabla periódica.

Si bien durante la revisión de los textos escolares se observa que tanto las características de estructura como las propiedades características de los átomos de los elementos se trabajan en conjunto con la zonificación de éstas en la tabla periódica; como se observa en el presente trabajo se estudiaron previamente los conceptos para, una vez tener claridad sobre los mismos y su interrelación, proceder con su lectura e interpretación en la tabla

36 Diseño de un Proyecto de Aula, en el Marco de la Enseñanza para la Comprensión, que facilite el entendimiento de la relación estructura atómica - propiedades de la materia.

periódica. Se inicia con la explicación de las características estructurales: niveles de energía y radio atómico.

Los niveles de energía dependen de la cantidad de electrones que posee un átomo, a su vez, éstos dependen del número de protones o número atómico. Esto se ve reflejado en los periodos de la tabla periódica. La ubicación del elemento en determinado periodo depende del número de niveles de energía, así: los átomos de elementos ubicados en el periodo 1 poseen un nivel de energía, átomos de elementos ubicados en el periodo 2 poseen dos niveles de energía, y así sucesivamente. No obstante, es importante que el estudiante comprenda que, aunque los átomos de elementos que se ubican en un mismo periodo tienen igual número de niveles de energía, entre más hacia la derecha esté ubicado el átomo, mayor será el número de protones, por lo tanto, tendrá más cargas positivas que ejercen atracción sobre dichos niveles de energía disminuyendo así el radio del átomo.

Una vez clara la relación estructura de la tabla periódica – niveles de energía y radio atómico, se procede con la relación propiedades periódicas – tabla periódica así.

El aumento de la carga nuclear efectiva que es la carga positiva real que ejerce un núcleo sobre sus electrones, es directamente proporcional a la energía de ionización y la electronegatividad. La energía de ionización, es decir, la energía necesaria para liberar un electrón de un átomo, es mayor en cuanto el núcleo ejerza mayor fuerza de atracción sobre sus electrones; así mismo, si el núcleo ejerce una atracción fuerte por sus electrones, implica que puede atraer electrones de átomos adyacentes, fenómeno que hace referencia a la electronegatividad.

Estas tres propiedades son más acentuadas en los átomos con menor número de niveles de energía. Esto se debe a que, en átomos con mayor número de niveles de energía existen niveles intermedios con electrones que tienen un efecto de apantallamiento sobre la atracción que el núcleo positivo ejerce sobre los electrones más externos.

A partir de la diferencia en la electronegatividad en átomos de los distintos elementos se explican los tipos de enlace que se pueden formar en una molécula; y, es el tipo de enlace el que explica muchas de las propiedades de las sustancias. Además, a partir de la comprensión del significado de la electronegatividad en un átomo se explica la clasificación de los elementos en metálicos y no metálicos; carácter que define el comportamiento de un átomo de determinado elemento frente a un átomo del mismo u otro elemento, es decir, predice el tipo de enlace más probable que predomina en la formación de la molécula; y, es el tipo de enlace que predomina en la formación de las sustancias lo que marca las propiedades presentes en éstas.

Con estos conocimientos se puede introducir el carácter metálico o no metálico de un elemento. Es este carácter el que define el comportamiento de un átomo de determinado elemento frente a un átomo del mismo u otro elemento, es decir, predice el tipo de enlace más probable que predomina en la formación de la molécula. Y, como se mencionó anteriormente, es el tipo de enlace que predomina en la formación de las sustancias lo que marca las propiedades presentes en éstas.

En primer lugar, la revisión del concepto metal arroja los siguientes resultados: IUPAC (2014), Chang et al. (2011) y Santillana (2010) no registran definición. Petrucci et al. (2011) "Es un elemento cuyos átomos tienen pocos electrones en la capa electrónica más externa. Se pueden arrancar uno o más electrones de un átomo metálico sin demasiada dificultad, obteniéndose un ion positivo (catión). Los metales son generalmente maleables y dúctiles, de aspecto lustroso, y son capaces de conducir el calor y la electricidad"; y, Wikipedia "Se denominan metales a los elementos químicos caracterizados por ser buenos conductores del calor y la electricidad. Poseen alta densidad y son sólidos a temperatura ambiente (excepto el mercurio); sus sales forman iones electropositivos (cationes) en disolución". La definición planteada por Petrucci et al. (2011) tiene información adicional referida a la estructura de la capa de valencia; información necesaria para comprender las propiedades de los elementos, además de ayudar a articular los conceptos alrededor de la configuración electrónica de los átomos.

En contraste, un no metal se encuentra definido como: IUPAC (2014), Chang et al. (2011) y Santillana (2010) no registran definición. Petrucci et al. (2011) "Se refiere a un elemento

38 Diseño de un Proyecto de Aula, en el Marco de la Enseñanza para la Comprensión, que facilite el entendimiento de la relación estructura atómica - propiedades de la materia.

cuyos átomos tienden a adquirir unos pocos electrones formando iones negativos (aniones) con configuración electrónica de gas noble. Los átomos no metálicos también pueden modificar sus configuraciones electrónicas compartiendo electrones. Los no metales son en su mayor parte gases, líquidos (bromo) o sólidos de bajos puntos de fusión y son malos conductores del calor y la electricidad"; y, Wikipedia "Los Elementos no metales son elementos químicos que no son buenos conductores de la corriente eléctrica y el calor, son muy débiles por lo que no se pueden estirar ni convertir en una lámina". Se puede observar que la definición planteada por Petrucci et al. (2011) tiene información adicional referida a la estructura de la capa de valencia; información necesaria para comprender las propiedades de los elementos, además de ayudar a articular los conceptos alrededor de la configuración electrónica de los átomos que finalmente es la responsable de las propiedades químicas de los elementos.

En este punto, el estudiante tiene los conceptos claves para iniciar con la reflexión que lo lleve al entendimiento de la relación propiedades del átomo-propiedades de la molécula que constituye.

En la siguiente meta de comprensión se explica cómo las propiedades de los átomos de un elemento determinan el tipo de interacción que tienen con átomos del mismo elemento o de un elemento diferente. Estas interacciones permiten la formación de moléculas u otras unidades básicas que conforman las sustancias y que son las responsables de sus propiedades características.

Cuarta meta de comprensión, ¿cómo se relacionan las propiedades de la molécula con las propiedades de los átomos que la constituyen?

El elevado número de sustancias con propiedades diversas existentes hace que sea difícil su clasificación; propiedades que son causadas por las características de los átomos de los elementos presentes; y es que son tales características las que determinan el tipo de enlace que predomina en la formación de moléculas; enlace, que su vez, determina las propiedades de la sustancia formada.

Empero, se pueden observar tres tipos de sustancias según el tipo de enlace que predomine en la formación de moléculas: sustancias iónicas si predomina el enlace iónico, sustancias covalentes si predomina el enlace covalente y sustancias metálicas si predomina el enlace metálico. Es otras palabras, el estudiante debe advertir la relación entre las propiedades del átomo, el tipo de enlace que puede formar con otro átomo y, cómo dicho enlace influye en las propiedades de la molécula formada, y, en consecuencia, en las propiedades de la sustancia.

Lo anterior hace esencial la introducción del concepto de enlace. Las definiciones encontradas en la bibliografía consultada sobre el concepto de enlace son las siguientes: Petrucci et al. (2011) y Chang et al. (2011) no registran definición. IUPAC (2014) "Existe un enlace químico entre dos átomos o grupos de átomos en el caso de que las fuerzas que actúan entre ellos sean tales que lleven a la formación de un agregado con estabilidad suficiente para que sea conveniente para el químico considerarlo como especie molecular independiente"; Santillana (2010) "Conjunto de fuerzas que mantienen unidos a los átomos, iones y moléculas cuando forman distintas agrupaciones estables"; Wikipedia "Es el proceso químico responsable de las interacciones atractivas entre átomos y moléculas, y que confiere estabilidad a los compuestos químicos diatómicos y poliatómicos. La explicación de tales interacciones atractivas es un área compleja que está descrita por las leyes de la química cuántica" Como se puede observar, las definiciones están dadas en términos de fuerzas y de la formación de nuevas agrupaciones estables. Por otro lado, Wikipedia hace referencia a las leyes de la química cuántica que no son objeto del presente trabajo, sumado a la referencia de enlace sólo en relación a la formación de compuestos y dejando de lado la interacción entre átomos del mismo elemento. Se trabaja el concepto de Santillana (2010) dado que incluye explícitamente en su definición los iones, hecho que cobra especial importancia en el enlace iónico; no obstante, se cambia el término fuerza por interacción ya que se busca que los estudiantes comprendan las interacciones intramoleculares e intermoleculares en términos de interacciones de atracción y/o repulsión.

El conjunto de interacciones mencionadas varía de acuerdo a las características del elemento, por lo tanto, varía el tipo de enlace que predomina en la formación de la molécula, tal y como se expresó con anterioridad. En este sentido existen tres tipos de

48 Diseño de un Proyecto de Aula, en el Marco de la Enseñanza para la Comprensión, que facilite el entendimiento de la relación estructura atómica - propiedades de la materia.

enlace que pueden estar presentes en la formación molecular. En primer lugar, el enlace iónico, referido en la literatura revisada como: IUPAC (2014) "El vínculo entre los átomos con electronegatividades marcadamente diferentes. En términos estrictos, un enlace iónico se refiere a la atracción electrostática experimentada entre las cargas eléctricas de un catión y un anión, en contraste con un enlace puramente covalente. En la práctica, es preferible considerar la cantidad de carácter iónico de un enlace en lugar de referirse a enlaces puramente iónicos o puramente covalentes"; Petrucci et al. (2011) "Se produce por la transferencia de electrones entre átomos de un metal y un no metal. Se forman iones positivos y negativos que se mantienen juntos por atracción electrostática"; Chang et al. (2011) "La fuerza electrostática que une a los iones en un compuesto iónico"; Santillana (2010). "La máxima estabilidad para un átomo se consigue cuando este adquiere la configuración del gas noble más próximo. Por ello, cuando les es posible, los átomos captan o ceden electrones a fin de conseguir su estabilidad. Como consecuencia resultan unas partículas que reciben el nombre de iones. Un ion es la partícula que se obtiene cuando un átomo o un grupo de átomos captan o cede electrones con objeto de adquirir la configuración de un gas noble. Si un átomo gana electrones queda cargado negativamente, y si los cede queda cargado positivamente. Por consiguiente, existen dos tipos de iones: Anión o ion cargado negativamente y Cation o ion cargado positivamente"; y, Wikipedia "Es el resultado de la presencia de atracción electrostática entre los iones de distinto signo, es decir, uno fuertemente electropositivo (baja energía de ionización) y otro fuertemente electronegativo (alta afinidad electrónica). Eso se da cuando en el enlace, uno de los átomos capta electrones del otro. La atracción electrostática entre los iones de carga opuesta causa que se unan y formen un compuesto químico simple, aquí no se fusionan; sino que uno da y otro recibe. Para que un enlace iónico se genere es necesario que la diferencia (Δ) de electronegatividades sea mayor que 1,7 o igual. (Escala de Pauling). Cabe resaltar que ningún enlace es totalmente iónico, siempre habrá una contribución en el enlace que se le pueda atribuir a la compartición de los electrones en el mismo enlace (covalencia)". En la revisión de las definiciones se puede ver que tanto IUPAC (2014) como Santillana (2010) y Wikipedia utilizan definiciones muy completas, no obstante, sólo IUPAC (2014) y Wikipedia hacen referencia a la no existencia de enlaces totalmente iónicos, sino, a una mezcla de tipos de enlaces con predominancia de una de las clases. Sin embargo, la definición de Santillana (2010) es más clara en el sentido en que indica cuál es el objetivo del enlace "alcanzar la configuración electrónica de un gas noble". Por lo anterior, se opta por trabajar con la definición de Santillana (2010) con adición del fragmento Wikipedia

"Para que un enlace iónico se genere es necesario que la diferencia (Δ) de electronegatividades sea mayor que 1,7 o igual. (Escala de Pauling). Cabe resaltar que ningún enlace es totalmente iónico, siempre habrá una contribución en el enlace que se le pueda atribuir a la compartición de los electrones en el mismo enlace (covalencia)".

En segundo lugar, el concepto de enlace covalente definido como: IUPAC (2014) "Una región de densidad de electrones relativamente alta entre los núcleos que surge, al menos en parte, del intercambio de electrones y da lugar a una fuerza de atracción y una distancia internuclear característica", Petrucci et al. (2011) "Se forma cuando se comparten electrones entre un par de átomos. En la teoría del enlace de valencia, el enlace covalente se describe como la compartición de un par de electrones en la región en la que se solapan los orbitales atómicos"; Chang et al. (2011) "Un enlace en el que dos electrones son compartidos por dos átomos"; Santillana (2010). "El enlace entre átomos iguales o entre átomos que difieren poco en el carácter electronegativo no quedan explicados mediante el enlace iónico. Para explicar la formación de sustancias tales como Cl_2 , H_2 , NH_3 , (...) los átomos pueden alcanzar la estructura estable de gas noble compartiendo pares de electrones"; y, Wikipedia "Se produce cuando estos átomos se unen, para alcanzar el octeto estable, compartiendo electrones del último nivel (excepto el hidrógeno que alcanza la estabilidad cuando tiene 2 electrones). La diferencia de electronegatividad entre los átomos no es lo suficientemente grande como para que se produzca una unión de tipo iónica. Para que un enlace covalente se genere es necesario que la diferencia de electronegatividad entre átomos sea menor a 1,7. De esta forma, los dos átomos comparten uno o más pares electrónicos en un nuevo tipo de orbital, denominado orbital molecular. Los enlaces covalentes se producen entre átomos de un mismo elemento no metal, entre distintos no metales y entre un no metal y el hidrógeno". Nótese que Wikipedia tiene una definición muy completa dado que incluye conceptos como el objetivo del enlace "alcanzar el octeto estable".

En tercer y último lugar, aparece el enlace metálico que no es registrado en todas las fuentes revisadas. IUPAC (2014) y Chang et al. (2011) no registran definición. Petrucci et al. (2011) "(...) una red de iones positivos inmersa en un "mar de electrones. (...).

46 Diseño de un Proyecto de Aula, en el Marco de la Enseñanza para la Comprensión, que facilite el entendimiento de la relación estructura atómica - propiedades de la materia.

En este mar los electrones están libres, no están unidos a ningún ion particular, y son móviles"; Santillana (2010). "(...) un enrejado de iones positivos colocados en los nudos de la red cristalina y sumergidos en un mar de electrones móviles."; y, Wikipedia "Un enlace metálico es un enlace químico que mantiene unidos los átomos (unión entre núcleos atómicos y los electrones de valencia, que se juntan alrededor de éstos como una nube) de los metales entre sí". La definición de Wikipedia podría prestarse a confusión dado que menciona la "unión entre núcleos"; por otro lado, tanto Santillana (2010) como Petrucci et al. (2011) hacen referencia a la formación de redes y a la movilidad de los electrones de valencia; no obstante, Petrucci et al. (2011) hace especial énfasis en que dichos electrones no están unidos a un ion particular, lo que facilita la comprensión del término generalizado en la literatura de "mar de electrones".

Los enlaces descritos previamente se denominan interacciones intramoleculares y son los encargados de conservar juntos y estables los átomos constituyentes de una molécula u otra unidad básica constitutiva de una sustancia; en contraste, las interacciones intermoleculares son las principales responsables de las propiedades macroscópicas de la materia, propiedades que incluyen los estados de agregación de ésta. Estos conceptos son los que se introducen en la siguiente meta de comprensión.

Quinta meta de comprensión, ¿cómo las propiedades características de la molécula influyen en las propiedades emergentes que determinan los estados de agregación de las sustancias?

Como se observa, la materia está constituida por átomos individuales, agrupación de átomos, iones o moléculas; dichas partículas pueden no tener carga como es el caso de los gases nobles o moléculas covalentes no polares; en contraposición a los iones, moléculas iónicas o moléculas covalentes polares. Aunque en general, todas las partículas presentan interacciones intermoleculares, con independencia de la presencia o no de cargas permanentes. Es decir, dichas partículas están sujetas a interacciones de atracción (cohesión) y repulsión consecuencia de su estructura. El resultado, partículas con energía cinética que las mantiene en constante movimiento; magnitud que determina el estado de agregación de la materia. Es así, que los estados de agregación de la materia se pueden

explicar en el marco de las diferentes interacciones que actúan sobre sus partículas constituyentes.

Las interacciones intermoleculares son definidas desde los diferentes textos así: IUPAC (2014) y Petrucci et al. (2011) no registra definición; Chang et al. (2011) "Son las fuerzas de atracción que operan entre las moléculas. Estas fuerzas son las responsables del comportamiento no ideal de los gases. Ejercen aún más influencia en las fases condensadas de la materia, es decir, en los líquidos y los sólidos. A medida que desciende la temperatura de un gas disminuye la energía cinética promedio de sus moléculas. Así, a una temperatura suficientemente baja las moléculas ya no tienen la energía necesaria para liberarse de la atracción de las moléculas vecinas"; Santillana (2010) "Existen también fuerzas de atracción entre las moléculas; estas fuerzas, conocidas como fuerzas intermoleculares, son muy débiles y son las responsables de las propiedades físicas de las sustancias moleculares. Las principales fuerzas intermoleculares son: las fuerzas dipolo-dipolo, los puentes de hidrógeno y las fuerzas de London"; y Wikipedia "Se refiere a las interacciones que existen entre las moléculas conforme a su naturaleza. Generalmente, la clasificación es hecha de acuerdo a la polaridad de las moléculas que están interaccionando, o sobre la base de la naturaleza de las moléculas, de los elementos que la conforman. (...). Las interacciones débiles no covalentes se les llama "débiles" porque representan la energía que mantienen unidas a las especies moleculares y que son considerablemente más débiles que los enlaces covalentes". Las diferentes definiciones hacen referencia a las interacciones atractivas entre moléculas; sin embargo, cada una tiene diferentes fortalezas; por ejemplo, Chang *et al.* (2011) indica que éste tipo de interacciones tienen más influencia en la materia cuanto más condensada se encuentre ésta como consecuencia de la disminución de la temperatura o el aumento de la presión, y, por ende, tal como se expresó previamente, de la energía cinética. Por otro lado, Santillana (2010) hace referencia a éste tipo de interacciones como la causa de las propiedades físicas de la materia, tópico que se quiere conectar con la naturaleza de las moléculas que es el fin del presente Marco de la EpC; mientras que Wikipedia indica la naturaleza de la molécula como la base de la clasificación de dichas fuerzas. Por lo tanto, se realiza transposición didáctica del significado de "interacciones intermoleculares": Interacciones atractivas débiles entre moléculas unidades básicas, cuya influencia es mayor en cuanto mayor es el grado de condensación de la materia como consecuencia de la disminución de la energía cinética de las partículas que la conforman. Estas

46 Diseño de un Proyecto de Aula, en el Marco de la Enseñanza para la Comprensión, que facilite el entendimiento de la relación estructura atómica - propiedades de la materia.

interacciones son causa de las propiedades físicas de la materia. Las interacciones intermoleculares se clasifican según el tipo de interacción en: -interacciones de interacción dipolo-dipolo (entre partículas polares); -Enlaces de hidrógeno (un tipo especial de interacción dipolo-dipolo). - interacción ion-dipolo; e -interacción de London (entre partículas apolares que sufren dipolos momentáneos).

A continuación, se procede a desarrollar el análisis de cada una de las interacciones intermoleculares.

En primer lugar, la interacción dipolo-dipolo (entre partículas polares). Las definiciones registradas son las siguientes: IUPAC (2014) "Interacción intermolecular o intramolecular entre moléculas o grupos que tienen un momento dipolar eléctrico permanente. La fuerza de la interacción depende de la distancia y la orientación relativa de los dipolos. El término también se aplica a las interacciones intramoleculares entre enlaces que tienen momentos dipolares permanentes"; Petrucci et al. (2011) "En una sustancia polar, las moléculas tienen momentos dipolares permanentes. El resultado es que las moléculas empiezan a alinearse con el extremo positivo de un dipolo dirigido hacia los extremos negativos de los dipolos vecinos. Esta ordenación parcial puede hacer que la sustancia se mantenga como sólido o líquido a temperatura más alta de la esperada"; Chang et al. (2011). "Son las fuerzas de atracción entre moléculas polares, es decir, entre moléculas que poseen momentos dipolares. Su origen es electrostático y se pueden entender en función de la Ley de Coulomb. En los líquidos, las moléculas polares no están unidas de manera tan rígida como en un sólido, pero tienden a alinearse de tal manera que, en promedio, las interacciones de atracción son máximas"; Santillana (2010). "Cuando las moléculas polares se aproximan, tienden a orientarse de tal manera que el polo positivo de una se dirige hacia el polo negativo de la otra, generando así, una atracción electrostática entre los dipolos. Esta atracción es mucho más débil que la que ocurre entre iones de carga opuesta porque los dipolos son sólo cargas parciales. Las moléculas están en continuo movimiento lo que impide que los dipolos se alineen perfectamente y que se presenten fuerzas repulsivas cuando se acercan dipolos de igual carga. Estas interacciones dipolares tienen apenas el 1% de la fuerza que se genera a través de un enlace iónico o covalente. El grado de interacción de los dipolos explica los puntos de fusión y ebullición, así como la presión de vapor de las sustancias polares; propiedades que tienden a tener valores más altos a medida que el tamaño de la molécula aumenta"; y, Wikipedia "Una atracción dipolo-

dipolo es una interacción no covalente entre dos moléculas polares o dos grupos polares de la misma molécula si esta es grande. Las moléculas que son dipolos se atraen entre sí cuando la región positiva de una está cerca de la región negativa de la otra. Su origen es electrostático y se pueden entender en función de la Ley de Coulomb. A mayor momento dipolar mayor será la fuerza. (...) Estas funcionan de forma similar a las interacciones iónicas, pero son más débiles debido a que poseen solamente cargas parciales". Como se observa, las diversas definiciones hacen referencia a interacciones de atracción de origen electrostático entre moléculas, aunque sólo Santillana (2010) y Wikipedia ilustran la magnitud de la medida en comparación con enlaces intramoleculares; factor último relevante en la comprensión de las consecuencias en la variación de la relación interacciones intramoleculares e intermoleculares para los cambios de estado de la materia; concepto en el cual Santillana (2010) hace referencia directa, por lo que éste es el concepto que se adecua a las necesidades de la meta de comprensión.

En segundo lugar, -Enlaces de hidrógeno como un tipo especial de interacción dipolo-dipolo. La revisión arrojó los siguientes resultados: IUPAC (2014) "Un tipo particular de multicéntrico (tres centros - cuatro electrones) X-H...Y en el que el átomo central de hidrógeno unido covalentemente a un átomo electronegativo X (C, N, O, S) forma un enlace débil adicional con el átomo Y (N, O, S) en la dirección de su único orbital de par de electrones. La energía de los enlaces de hidrógeno, que generalmente está en el rango de 3-15 cal/mol (12-65 kJ/mol), resulta de la interacción electrostática y también de la interacción orbital del antienlazante σ^* (XH) MO de la molécula que actúa como el donador de hidrógeno y el par de electrones solitarios no enlazados MOnY de la molécula aceptora de hidrógeno"; Petrucci et al. (2011). "Un átomo de H se une covalentemente a un átomo muy electronegativo que atrae la densidad electrónica del núcleo de H. Esto permite a su vez que el núcleo de H, un protón, sea atraído simultáneamente por un par solitario de electrones de un átomo muy electronegativo de una molécula vecina. (...) Sólo los átomos de F, O y N cumplen los requerimientos necesarios para la formación de los enlaces de hidrógeno"; Chang et al. (2011) "Es un tipo especial de interacción dipolo-dipolo entre el átomo de hidrógeno de un enlace polar como N-H, O-H o F-H, y un átomo electronegativo de O, N o F"; Santillana (2010). "Cuando el hidrógeno se une en forma covalente a átomos muy electronegativos y muy pequeños como el flúor, el oxígeno y el nitrógeno se genera una fuerza de atracción muy fuerte. La elevada electronegatividad del flúor (4,0), del oxígeno (3,5), del nitrógeno (3,0) y el pequeño tamaño del hidrógeno hacen que el

46 Diseño de un Proyecto de Aula, en el Marco de la Enseñanza para la Comprensión, que facilite el entendimiento de la relación estructura atómica - propiedades de la materia.

desbalance de la carga sea grande, originándose así, un dipolo permanente. De esta forma, resulta una molécula muy polar en la cual el hidrógeno se carga positivamente. Este extremo positivo del dipolo se puede aproximar bastante al extremo negativo de un dipolo vecino produciéndose una unión fuerte entre ellos conocida como puente de hidrógeno o enlace hidrógeno. Los puentes de hidrógeno son los responsables de que el agua sea un líquido a temperatura ambiente, en vez de un gas, como también de la orientación de las moléculas de agua en el hielo, para dar una estructura cristalina muy abierta. Esta estructura abierta es la causa de que el hielo sea menos denso que el agua líquida. Así mismo, las moléculas que están unidas por puentes de hidrógeno presentan puntos de fusión y ebullición más altos de lo esperado. Los puentes de hidrógeno también permiten explicar la elevada solubilidad de algunos líquidos como el agua y el alcohol etílico o el agua y el amoníaco (NH_3 "); y, Wikipedia "El enlace de hidrógeno ocurre cuando un átomo de hidrógeno es enlazado a un átomo fuertemente electronegativo como el nitrógeno, el oxígeno o el flúor. El átomo de hidrógeno posee una carga positiva parcial y puede interactuar con otros átomos electronegativos en otra molécula (nuevamente, con N, O o F). Así mismo, se produce un cierto solapamiento entre el H y el átomo con que se enlaza (N, O o F) dado el pequeño tamaño de estas especies. Por otra parte, cuanto mayor sea la diferencia de electronegatividad entre el H y el átomo interactuante, más fuerte será el enlace. Fruto de estos presupuestos obtenemos un orden creciente de intensidad del enlace de hidrógeno: el formado con el F será de mayor intensidad que el formado con el O, y éste a su vez será más intenso que el formado con el N. Estos fenómenos resultan en una interacción estabilizante que mantiene ambas moléculas unidas". Luego del análisis de las definiciones planteadas en los textos de referencia, se observa que Santillana (2010), además de explicar la formación de los enlaces de hidrógeno, ejemplifica cómo éstos afectan las propiedades físicas de las sustancias lo cual va en línea con el objetivo de la meta de comprensión.

En tercer lugar, las interacciones ion-dipolo que son definidas como: IUPAC (2014) y Petrucci et al. (2011) no registra definición; Chang et al. (2011) "La Ley de Coulomb también explica las fuerzas ion-dipolo, las cuales atraen entre sí a un ion (ya sea un catión o un anión) y a una molécula polar. La intensidad de esta interacción depende de la carga y el tamaño del ion, así como de la magnitud del momento dipolar y del tamaño de la molécula. Las cargas en los cationes están más concentradas porque estos iones suelen ser más pequeños que los aniones. En consecuencia, con una carga de igual magnitud, un catión experimenta una interacción más fuerte con los dipolos que un anión"; Santillana (2010). "Los iones de una sustancia pueden interactuar con los polos de las moléculas covalentes polares. Así, el polo negativo de una molécula atrae al ion positivo y el polo positivo interactúa con el ion negativo; las partes de cada molécula se unen por fuerzas de atracción de carga opuesta. Por ejemplo, en el proceso de disolución del cloruro de sodio (NaCl) en agua, cada ion Na^{+1} se rodea de varias moléculas de agua por el polo negativo (polo) y cada ion Cl^{-1} se rodea de varias moléculas de agua por el polo positivo (polo). Se dice entonces que estos iones están solvatados o hidratados siempre y cuando el solvente usado sea el agua. Generalmente las sales iónicas con cationes de carga (+1) son fácilmente solubles en agua, pero las que tienen iones polivalentes (carga superior a +1) son insolubles o poco solubles, pues la interacción ion-dipolo no puede romper la red cristalina"; y, Wikipedia "Estas son interacciones que ocurren entre especies con carga. Las cargas similares se repelen, mientras que las opuestas se atraen. Es la fuerza que existe entre un ion y una molécula polar neutra que posee un momento dipolar permanente. Las moléculas polares son dipolos (tienen un extremo positivo y un extremo negativo). Los iones positivos son atraídos al extremo negativo de un dipolo, en tanto que los iones negativos son atraídos al extremo positivo, estas tienen enlaces entre sí. Las cargas de los cationes (carga eléctrica positiva) están más concentradas porque estos iones suelen ser más pequeños que los aniones (carga eléctrica negativa). En consecuencia, con una carga de igual magnitud, un catión experimenta una interacción más fuerte con los dipolos que un anión". Se ve como las tres definiciones trabajan el concepto a partir del cómo se realiza la atracción electrostática por diferencia de cargas; además, tanto Santillana (2010) como Wikipedia hacen referencia a la magnitud de la atracción en comparativo entre aniones y cationes argumentando el radio atómico; no obstante, Santillana (2010) ilustra con el ejemplo de hidratación o solvatación del cloruro de sodio o sal de mesa, lo cual

58 Diseño de un Proyecto de Aula, en el Marco de la Enseñanza para la Comprensión, que facilite el entendimiento de la relación estructura atómica - propiedades de la materia.

muestra claramente cómo la ciencia es el lenguaje objetivo por medio del cual se da explicación a los fenómenos cotidianos.

Y, en cuarto y último lugar, las interacciones de London. Éstas son explicadas así: IUPAC (2014) "Fuerzas atractivas entre moléculas apolares, debido a su polarizabilidad mutua. También son componentes de las fuerzas entre las moléculas polares. También llamado 'fuerzas de dispersión'; Petrucci et al. (2011). "al describir las estructuras electrónicas nos referimos a la densidad de carga electrónica o a la probabilidad de encontrar un electrón en una determinada región en un momento dado. Es probable que, en un instante particular, únicamente por azar, los electrones se encuentren concentrados en una región de un átomo o molécula. Este desplazamiento de electrones hace que una especie normalmente no polar se convierta momentáneamente en polar. Se ha formado un dipolo instantáneo. Es decir, la molécula tiene un momento dipolar instantáneo. Después de esto, los electrones de un átomo o molécula pueden desplazarse para producir también un dipolo. Esto es un proceso de inducción, y el nuevo dipolo formado se denomina dipolo inducido". Estos procesos, considerados de forma conjunta, conducen a una fuerza intermolecular de atracción. Se puede llamar a esta fuerza dipolo-dipolo inducido pero los nombres más comúnmente utilizados son fuerza de dispersión y fuerza de London"; Chang et al. (2011) "Fuerzas de atracción que se generan a partir de los dipolos temporales inducidos en los átomos o moléculas. A temperaturas muy bajas y a velocidades atómicas reducidas, las fuerzas de dispersión son lo bastante fuertes para mantener unidos a los átomos de He y hacer que el gas se condense. Esto también explica la atracción entre moléculas no polares"; Santillana (2010). "Las sustancias conformadas por moléculas no polares y los átomos que constituyen los gases nobles experimentan atracciones muy débiles llamadas fuerzas de London, cuyo origen se puede explicar recordando que los electrones de una molécula se mantienen en movimiento continuo, por lo tanto, en cualquier momento puede presentarse un desequilibrio en la distribución de la carga de la molécula. Esto quiere decir que la molécula se autopolariza momentáneamente debido a la distribución desigual de su carga eléctrica. El extremo positivo del dipolo atraerá entonces a los electrones de un átomo vecino generando un momento dipolar momentáneo en la otra molécula. Estos pequeños dipolos inducidos de esta manera son los responsables de que las moléculas no polares se atraigan mutuamente. Debido a su corta duración son interacciones muy débiles, pero lo suficientemente reales para explicar algunas propiedades físicas de estas sustancias"; Wikipedia " corresponden a las

interacciones entre moléculas con enlaces covalentes apolares debido a fenómenos de polarización temporal. Estas fuerzas se explican de la siguiente forma: como las moléculas no tienen carga eléctrica neta, en ciertos momentos, se puede producir una distribución en la que hay mayor densidad de electrones en una región que en otra, por lo que aparece un dipolo momentáneo. Cuando dos de estas moléculas polarizadas y orientadas convenientemente se acercan lo suficiente entre ambas, puede ocurrir que las fuerzas eléctricas atractivas sean lo bastante intensas como para crear uniones intermoleculares. Estas fuerzas son muy débiles y se incrementan con el tamaño de las moléculas". Como se observa, tanto Petrucci et al. (2011) como Santillana (2010) ofrecen una explicación desde el desplazamiento de las cargas negativas que componen los átomos que hacen parte de las moléculas apolares; explicación que refuerza el fenómeno de probabilidad estudiado en el modelo actual de la estructura del átomo; además, Santillana (2010) indica que el fenómeno también puede afectar los gases nobles lo cual explica su capacidad de condensarse bajo ciertas condiciones de temperatura y presión, es decir, hace referencia a las propiedades físicas de la materia.

Consecuencia de las interacciones de atracción intermoleculares descritas, se encuentran los estados de agregación de la materia. Tal y como lo describe Chang et al. (2011), a mayor condensación de la materia, mayor influencia de las fuerzas intermoleculares; siendo la materia sólida más condensada que la materia líquida, la cual, a su vez, es más condensada que la materia en estado gaseoso. Estos tres estados, además del estado plasmático, son los que, de ordinario, se observan en la naturaleza; no obstante, de forma artificial se puede llegar a obtener otros estados como el condensado de Bose-Einstein, además de otros que se cree son posibles (Chang, 2002.). En el presente trabajo se abordarán, específicamente, los estados de agregación de la materia correspondientes a sólido, líquido y gaseoso.

A continuación, se relacionarán los conceptos trabajados en los diferentes textos sobre los estados de agregación desde el estado más condensado, por lo tanto, con mayor influencia de las fuerzas de interacción intermoleculares, el llamado estado sólido, hasta el estado menos condensado, es decir, el menos influenciado por las fuerzas de interacción intermoleculares, el estado gaseoso.

58 Diseño de un Proyecto de Aula, en el Marco de la Enseñanza para la Comprensión, que facilite el entendimiento de la relación estructura atómica - propiedades de la materia.

El estado sólido es trabajado desde los diferentes textos así: IUPAC (2014) y Chang et al. (2011) no registran definición; Petrucci et al. (2011) "Es una forma o estado de la materia caracterizada por un contacto muy próximo de los átomos y moléculas y, frecuentemente por una disposición espacial muy ordenada. Un sólido tiene una forma definida y ocupa un volumen definido"; Santillana (2010). "En los materiales sólidos las fuerzas de atracción intermoleculares son mucho más potentes que entre las partículas de líquidos y entre las partículas de gases. Esta situación se presenta en sustancias iónicas metálicas y en enrejados. Una sustancia existe en estado sólido porque las fuerzas de atracción entre sus moléculas son superiores a las fuerzas de dispersión debidas a la agitación térmica. En un sólido, las partículas se mantienen juntas y ordenadas en una estructura rígida donde sólo poseen movimiento vibracional. La velocidad de vibración depende de la temperatura, así, al aumentar ésta, la vibración se hace más fuerte"; y, Wikipedia "Un cuerpo sólido (del latín *solídus*) es uno de los cuatro estados de agregación de la materia más conocidos y observables siendo los otros: gas, líquido, plasma. Se caracteriza porque opone resistencia a cambios de forma y de volumen. Sus partículas se encuentran juntas y correctamente ordenadas. Las moléculas de un sólido tienen una gran cohesión y adoptan formas bien definidas". Siguiendo la explicación de los estados de agregación de la materia a partir de las interacciones intermoleculares, Santillana (2010) expresa la existencia de una relación entre las fuerzas *intra* e *inter*moleculares de las sustancias; relación definida por el aumento de las interacciones intermoleculares debido a la disminución de la energía cinética de las partículas que conforman la materia como consecuencia del descenso de la temperatura, lo cual, trae como consecuencia la condensación de la materia en una estructura molecular rígida con movimiento vibracional, no de traslación o rotación, lo que explica las características físicas de la materia en su estado sólido.

Por otra parte, el estado líquido lo definen los diferentes textos como: IUPAC (2014) y Chang et al. (2011) no registran definición; Petrucci et al. (2011) "Es una forma o estado de la materia en la que los átomos o moléculas están próximos entre sí (aunque generalmente menos próximos que en el sólido). Un líquido ocupa un volumen definido, pero tiene la capacidad de fluir y adoptar la forma del recipiente que lo contiene"; Santillana (2010). "Comparados con los gases, los líquidos son mucho más densos. Esto quiere decir que las moléculas están más próximas entre sí. Dado que las partículas de un líquido también se hallan en continuo movimiento, según la teoría cinético-molecular, al estar más próximas entre sí, los choques de unas moléculas con otras son más frecuentes, al tiempo

que la movilidad molecular es más restringida. Esta teoría también establece que cuando un par de moléculas se encuentran demasiado cerca, se repelen, debido a que ambas poseen las mismas cargas externas. El equilibrio entre las fuerzas de repulsión y atracción contribuye a mantener las moléculas en continuo movimiento. Las partículas en un líquido se hallan sujetas por fuerzas suficientemente altas como para mantenerlas juntas y cerca, pero no tan fuertes como para impedir que dichas partículas puedan deslizarse unas sobre otras, haciendo de las sustancias líquidas, fluidos"; y, Wikipedia "El líquido es un estado de agregación de la materia en forma de fluido altamente incompresible, lo que significa que su volumen es casi constante en un rango grande de presión. Es el único estado con un volumen definido, pero no con forma fija. Un líquido está formado por pequeñas partículas vibrantes de la materia, como los átomos y las moléculas, unidas por enlaces intermoleculares". Continuando con la línea de la explicación de los estados de agregación con base en las interacciones intermoleculares, se toma como referencia el concepto trabajado por Santillana (2010). Éste traza una relación entre el estado de agregación líquido y la densidad de la sustancia, relación clave que se puede explicar a partir de las fuerzas de interacción intermoleculares, y del cómo influye la temperatura y la presión en estas interacciones por medio de la alteración de la energía cinética de las partículas que componen la materia. Adicionalmente, en el mismo texto, se explica el mecanismo que causa la fluidez de las sustancias líquidas con base en el fenómeno descrito previamente.

En contraste, el estado de agregación gaseoso que es abordado por los diferentes textos así: IUPAC (2014) y Chang et al. (2011) no registran definición; Petrucci et al. (2011) "Es un estado de la materia en el que los átomos o las moléculas generalmente están mucho más separados que en los líquidos y sólidos. Un gas adopta la forma del recipiente que lo contiene y se expande hasta llenarlo, de modo que no tiene ni forma ni volumen definido"; Santillana (2010). "Según la teoría cinético-molecular, los gases presentan las siguientes características: - Tienden a ocupar todo el espacio disponible en el recipiente que los contiene, ya que sus moléculas poseen gran energía cinética, superando las fuerzas de atracción intermoleculares. Esta propiedad se denomina expansibilidad. - Como consecuencia de la expansibilidad, los gases no tienen forma ni volumen definido. El volumen ocupado por un gas depende de la presión ejercida sobre éste, de forma que poseen una alta compresibilidad. - Debido a que las fuerzas entre las partículas de un gas son débiles, éstas se hallan dispersas en el espacio. Como resultado de esto, el volumen que ocupa un gas es muy superior al volumen de las partículas constitutivas del mismo,

58 Diseño de un Proyecto de Aula, en el Marco de la Enseñanza para la Comprensión, que facilite el entendimiento de la relación estructura atómica - propiedades de la materia.

pues estas presentan una baja densidad. - Cuando dos o más gases se hallan ocupando el mismo espacio, sus partículas se entremezclan completa y uniformemente, por lo que se dice que los gases poseen una alta miscibilidad"; y, Wikipedia " estado de agregación de la materia en el cual, bajo ciertas condiciones de temperatura y presión, sus moléculas interaccionan débilmente entre sí, sin formar enlaces moleculares, adoptando la forma y el volumen del recipiente que las contiene y tendiendo a separarse, esto es, expandirse, todo lo posible por su alta concentración de energía cinética. Los gases son fluidos altamente compresibles, que experimentan grandes cambios de densidad con la presión y la temperatura. Las moléculas que constituyen un gas casi no son atraídas unas por otras, por lo que se mueven en el vacío a gran velocidad y muy separadas unas de otras, explicando así las propiedades". En este caso, tanto Santillana (2010) como Wikipedia hacen referencia a explícita a la relación energía cinética - interacciones intermoleculares; relación que explica los diferentes estados de agregación y que ha sido tomada como lineamiento en la explicación de la presente meta de comprensión. Sin embargo, se toma como referencia la definición dada por Wikipedia dado que indica explícitamente, primero, que el gas es un fluido; y segundo, que éstos sufren cambios de densidad como consecuencia a las variaciones de temperatura y presión.

Como se puede observar, los estados de agregación están relacionados con la magnitud de la energía cinética de las partículas constituyentes de la materia; energía que varía al modificar factores como la temperatura y/o la presión a la que se encuentra expuesta ésta. Para ilustrar el siguiente ejemplo: si se aumenta la temperatura de una sustancia en estado líquido, conservando la presión, el calor suministrado aumenta la energía cinética de las partículas que conforman el líquido; en consecuencia, se rompe la relación inicial energía cinética – interacciones intermoleculares resultando en que el aumento en la energía cinética causa una oposición cada vez mayor a las fuerzas de cohesión resultado de las fuerzas de interacción intermoleculares, y, como resultado, la materia en estado líquido cambia de estado de agregación al estado gaseoso. Estas premisas suponen el modelo que explica la razón de los diferentes estados de la materia o teoría cinético-molecular.

Esta meta lleva a entender cómo las interacciones intermoleculares presentes en moléculas muy polares, como es el caso del agua, permite la formación de puentes de hidrógeno que son los responsables de las propiedades fisicoquímicas de ésta, entre ellas, del estado de agregación líquido en condiciones estándar de temperatura y presión.

Propiedades que, en todo caso, se pueden predecir a partir de la ubicación de los elementos que constituyen una molécula en la Tabla Periódica de los Elementos. En contraste, el estado gaseoso del helio bajo iguales condiciones de temperatura y presión debido a la estructura eléctricamente estable de sus unidades básicas que deriva en la no interacción atractiva, pero que, al modificar las condiciones de temperatura y/o presión, presentan interacciones que dependiendo de su magnitud pueden derivar en el cambio del estado de agregación.

- 54 Diseño de un Proyecto de Aula, en el Marco de la Enseñanza para la Comprensión, que facilite el entendimiento de la relación estructura atómica - propiedades de la materia.

1.3.4. Referente Legal

Norma	Texto	Aplicación
Constitución Política de Colombia de 1991.	Artículo 67. Que habla sobre el derecho a la educación para acceder al conocimiento, a la ciencia, a la técnica, y a los demás bienes y valores de la cultura, así como la protección del ambiente.	El desarrollo de competencias básicas en los procesos químicos de las ciencias naturales permite entender cómo funciona el mundo y cómo podemos interactuar de forma sostenible con él.
Ley 115 de 1994.	Por la cual se expide la Ley General de Educación que señala en su artículo 30 entre los objetivos la profundización en conocimientos avanzados de las ciencias naturales	La educación media se constituye como la consolidación y avance de los niveles previos; y, que tiene como fin la comprensión de las ideas y los valores universales y la preparación para el ingreso del educando a la educación superior y al trabajo.
Plan Nacional de Desarrollo Educativo. 2018 - 2022.	Se proponen acciones orientadas al incremento del acceso y al favorecimiento de la calidad. , de tal forma que este nivel sea más atractivo y pertinente para, los jóvenes colombianos.	Desarrollar las competencias mediante objetivos, contenidos, actividades y evaluaciones diseñadas específicamente para la población objetivo aumenta las posibilidades del mejoramiento en la calidad educativa.
Lineamientos curriculares. Ministerio de Educación Nacional. 1998.	Señala el horizonte deseable. Al finalizar la educación media existe una formación, más que de lenguaje duro de las ciencias, de una mente científica, capaz de desarrollarse en cualquier ciencia en forma autónoma.	Orienta el contenido general sobre cómo trabajar la enseñanza de las ciencias naturales. La posibilidad de que el estudiante se responsabilice de su aprendizaje por medio de una herramienta que le accede autonomía en cuanto a ritmo de aprendizaje, así como desempeños que le permitirán adquirir, entre otras, habilidades de análisis, síntesis, interpretación y argumentación.
Estándares Básicos de Competencias en Ciencias Naturales y Sociales. Ministerio de Educación Nacional. 2004.	Son criterios que permiten conocer lo que deben saber y saber hacer los estudiantes en cada una de las áreas y niveles con el fin de desarrollar habilidades científicas y actitudes requeridas para explorar fenómenos y para resolver problemas.	Para los grados 10 y 11 en lo relacionado a los procesos químicos del entorno físico, indica las competencias que debe alcanzar el estudiante, lo que requiere, entre otros, conocimientos en estructura atómica, cambio químico, propiedades fisicoquímicas, enlace, y tabla periódica.
Plan de desarrollo "Antioquia Piensa en Grande". 2016-2019.	El Plan propende por educadores que conozcan y apliquen los últimos desarrollos de la pedagogía, la investigación y la tecnología.	Los avances que se puedan generar en la praxis pueden transformar el proceso docente-educativo, no sólo desde lo conceptual, sino también desde los procesos que faciliten el desarrollo de competencias transversales en el educando.

1.3.5. Referente Espacial.

La *Institución Educativa Madre Laura* se encuentra ubicada en la comuna 9, Barrio Buenos Aires de la zona centro oriental de la Ciudad de Medellín; es una institución que, aunque de carácter público, es dirigida por Misioneras Lauristas bajo la filosofía católica de “acompañar, orientar y formar integralmente a los estudiantes para lograr bachilleres técnicos, fundamentados en valores ético-religiosos”. La Institución ofrece sus servicios en dos jornadas académicas en los niveles Preescolar, Básica Primaria, Básica Secundaria y Media Técnica (INSTITUCIÓN EDUCATIVA MADRE LAURA, 2017).

En cuanto a la pedagogía, la Institución tiene un Proyecto Educativo Institucional (P.E.I) orientado a la formación de estudiantes con un pensamiento crítico social (INSTITUCIÓN EDUCATIVA MADRE LAURA, 2017); estudiantes que, además de hacer reflexiones críticas respecto de las estructuras sociales, deben desarrollar habilidades de pensamiento crítico reflexivo, así como la capacidad de afrontar nuevos retos y apropiarse de las tecnologías de la información y la comunicación.

La Institución Educativa acoge estudiantes con edades entre los 5 y 19 años, donde el 44% son mujeres; además, en general, son una comunidad educativa de estrato socioeconómico 3, lo que permite inferir que la mayor parte de la población tiene suplidas sus necesidades básicas.

En consonancia con el P.E.I, el presente trabajo está orientado a la formación de estudiantes con capacidad de analizar y comprender fenómenos contextualizados tanto a su cotidianidad como a las necesidades de la comunidad en la que se encuentra inmerso. En éste sentido se espera que el estudiante realice una extrapolación de las habilidades adquiridas en la escuela con el fin de aplicarlas en el análisis, valoración y solución de problemas en su vida cotidiana y con miras a la construcción de una sociedad democrática y cooperativa.

2. CAPÍTULO II. DISEÑO METODOLÓGICO

2.1. Enfoque.

El enfoque de este trabajo se sitúa sobre los lineamientos de la investigación acción (IA), método cualitativo que orienta la propuesta de enseñanza basada en el diseño y aplicación de un proyecto de aula en el marco de la enseñanza para la comprensión de Perkins y Col, que facilite el aprendizaje de la relación estructura atómica - propiedades de las sustancias, con la tabla periódica como mediadora de la predictibilidad de los parámetros de estructura y propiedades de los elementos.

El término investigación acción fue acuñado por Kurt Lewin quien lo utilizó por primera vez en 1944 y que implica la exploración reflexiva que el docente hace de su práctica; exploración que se desarrolla siguiendo un modelo cíclico de evaluación cualitativa que incluye las fases descritas por Kemmis McTaggart, 1988: Se inicia con el diagnóstico y reconocimiento de una situación inicial, para, a partir de éste, desarrollar un plan de acción en aras de modificar una situación susceptible de mejorar, luego de lo cual se lleva a la práctica el plan diseñado para observar sus efectos contextualizados a la población objeto de la praxis; y, finalmente, se reflexiona en torno a los efectos como base para una nueva planificación, (BAUSELA HERRERAS).

La estructura de la IA hace que ésta sea una forma de entender la enseñanza, toda vez que implica entenderla como un proceso de búsqueda continua en el que se integra la reflexión y el trabajo intelectual en el análisis de la praxis como elemento esencial de lo que constituye la propia actividad educativa. Lo anterior, conlleva a que la reflexión crítica

sobre los problemas y sus posibles soluciones sean la guía que orienta la práctica educativa; y, en consecuencia, el proceso de enseñanza aprendizaje debe mejorar progresivamente lo que deriva en la optimización del proceso (BAUSELA HERRERAS).

2.2. Método

Diagnóstico.

Plantear la situación problema y determinar la causa raíz. A partir de un árbol de problemas que permite visualizar las interacciones causas-efectos.

Plantear propuesta de solución. Dirigida a eliminar la causa del problema.

Seleccionar y delimitar el tema. Se elige un tema considerado angular en el entendimiento del área y de temáticas posteriores.

Enunciar el objetivo general y los objetivos específicos. Su determinación direcciona el trabajo que se va a realizar.

Justificar la propuesta. Permite evidenciar la necesidad de buscar una solución.

Revisar bibliografía. El estado del arte permite ver los avances generados en la solución al problema, así como elegir un referente que oriente la solución.

Diseño y elaboración: Incluye las unidades temáticas con base en una secuencia coherente que se insertan en un libro digital el cual lleva el hilo conductor de los contenidos temáticos y, que, además contiene los desempeños; éstos últimos digitales y no digitales como actividades retadoras en las que el estudiante deba interpretar, argumentar y proponer con el fin de evaluar su grado de comprensión.

Intervención en el aula: Intervenir los grupos 1 y 2 del grado 10 de la I.E. por medio de la implementación del proyecto de aula diseñado. Los contenidos, dada su extensión y complejidad, se trabajarán parcialmente con el libro en el aula, y parcialmente por medio de una metodología basada en explicaciones participativas en las que, con base en preguntas a los estudiantes, se inducirá al análisis de los fenómenos y conceptos a partir

58 Diseño de un Proyecto de Aula, en el Marco de la Enseñanza para la Comprensión, que facilite el entendimiento de la relación estructura atómica - propiedades de la materia.

de situaciones cotidianas. El libro se entregará a cada estudiante como material de apoyo para su estudio en casa de acuerdo a las necesidades individuales.

Evaluación y análisis de resultados: Diseñar una evaluación que permita valorar la eficiencia y eficacia de las estrategias didácticas utilizadas en la intervención en el aula; información que se convierte en la entrada para elaborar las recomendaciones.

Recomendaciones: Con base en las conclusiones elaboradas, construir recomendaciones orientadas al mejoramiento de la praxis en el aula en el proceso de enseñanza aprendizaje.

2.3. Instrumentos de recolección de la información

A partir de las siguientes consideraciones: primera, la evaluación es parte fundamental del proceso de enseñanza aprendizaje; segunda, que los desempeños deben estar guiados por criterios de evaluación claros, públicos y relacionados con las metas de comprensión (POGRÉ, 2002); tercera, que los desempeños de comprensión no estarán limitados a las actividades evaluativas aquí descritas, sino que, la recolección y análisis de la información se facilita a partir del uso de ciertas herramientas; y cuarta, que según el Sistema de Evaluación Institucional -SIE- de la IE Madre Laura se deberá incluir al finalizar cada periodo académico una prueba con un diseño basado en las pautas de organismos que realizan valuaciones estandarizadas.

Entonces se determina tomar como referencia para la recolección de información dos momentos. El primer momento estaría definido por la evaluación diagnóstica continua que brinda al estudiante retroalimentación sobre su desempeño con el objetivo de que tenga conocimiento de sus fortalezas y aspectos por mejorar; y, el segundo momento, estará definido por la evaluación tipo ICFES que se debe realizar finalizando el periodo académico. Entre los instrumentos de recolección de información se encuentran:

Talleres escritos: Un instrumento en el que el estudiante debe utilizar, clasificar, interpretar, conectar y argumentar conocimientos adquiridos en el contexto de la solución de situaciones retadoras a partir de la solución de talleres escritos.

Informe de laboratorio: Una herramienta que permite al estudiante clasificar, ordenar, formular hipótesis explicar y concluir sobre procesos cotidianos explicados a partir de las unidades de conocimiento; información que se obtiene a partir de los informes de laboratorio escritos.

Objetos virtuales de aprendizaje: Instrumentos diseñados de tal forma que permiten al estudiante evaluar su grado de comprensión determinando si interpreta y argumenta con base en los conocimientos adquiridos; resultados que se obtendrán de la solución de actividades digitales como parte de la retroalimentación continua que servirá como base a éste para reconocer sus fortalezas y/o falencias y retomar los conceptos y/o fenómenos por mejorar.

2.4. Población y muestra

La población objeto de estudio es el grado décimo de la Institución Educativa Madre Laura; grado que está conformado por dos grupos, 10°1 con 39 estudiantes y 10°2 con 37 estudiantes. Se realiza la intervención de ambos grupos. Dado el tamaño de la población, N=76, la valoración de los resultados se realiza en el 100% de la población, n=76.

60 Diseño de un Proyecto de Aula, en el Marco de la Enseñanza para la Comprensión, que facilite el entendimiento de la relación estructura atómica - propiedades de la materia.

2.5. Impacto esperado

Se espera que las estrategias de tipo didáctico utilizadas para la enseñanza de la relación estructura del átomo – propiedades de la materia muestren que la mayor parte de la muestra alcanza la comprensión del tema objeto de estudio, y, por lo tanto, un mejor desempeño en las actividades valorativas tanto de los temas de la unidad, como de los temas de unidades posteriores.

2.6. Cronograma

FASE	OBJETIVOS	ACTIVIDADES
1. Diagnóstico.	Diseñar un Proyecto de Aula, estructurado bajo los principios del marco de la Enseñanza para la Comprensión, que permita a los estudiantes del grado décimo de la Institución Educativa Madre Laura de la Ciudad de Medellín, el aprendizaje de los temas relacionados con la estructura atómica y su relación con las propiedades de las sustancias.	1.1. Plantear la situación problema. 1.2. Determinar la causa raíz. 1.3. Plantear una propuesta de solución. 1.4. Seleccionar y delimitar el tema. 1.5. Enunciar el objetivo general y los objetivos específicos. 1.6. Justificar la propuesta. 1.7. Revisar bibliografía relacionada con propuestas de enseñanza de la estructura atómica y la tabla periódica. 1.8. Revisar bibliografía relacionada con referentes pedagógicos.
2. Diseño.	Construir un proyecto de aula que incluya desempeños de comprensión relacionados con el objeto de la propuesta.	2.1. Diseño y construcción de unidades temáticas. 2.2. Diseño y construcción de libro digital. 2.3. Diseño y construcción de desempeños de comprensión digital y no digital, así como actividades evaluativas.
3. Intervención en el aula.	Aplicar el proyecto de aula empleando el método IA en el grado 10 de la I.E. Madre Laura.	3.1. Intervenir la enseñanza de la estructura del átomo y su relación con las propiedades de las sustancias en el grado 10 de la IE por medio de la implementación del proyecto de aula diseñado.
4. Evaluación y análisis de resultados.	Evaluar la eficacia del proyecto de aula.	4.1. Concluir, con base en los resultados observados, si la intervención realizada es efectiva.
5. Recomendaciones.	Realizar recomendaciones.	5.1. Con base en las conclusiones elaboradas, construir recomendaciones orientadas al mejoramiento de la praxis en el aula en el proceso de enseñanza aprendizaje.

62 Diseño de un Proyecto de Aula, en el Marco de la Enseñanza para la Comprensión, que facilite el entendimiento de la relación estructura atómica - propiedades de la materia.

En la siguiente tabla se presentan los tiempos en los que se tiene programado desarrollar el Proyecto de Aula estructurado bajo los principios del marco de la Enseñanza para la Comprensión, que permita a los estudiantes del grado décimo de la Institución Educativa Madre Laura de la Ciudad de Medellín el aprendizaje de los temas relacionados con la estructura atómica y su relación con las propiedades de las sustancias. El cronograma se diseña planteando el cumplimiento de las actividades por semanas según el semestre que se esté trabajando en la Maestría en la Enseñanza de las Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de Colombia.

	SEMESTRE 1				SEMESTRE 2				SEMESTRE 3				SEMESTRE 4			
	Mes.				Mes.				Mes.				Mes.			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Actividad 1.1.	x															
Actividad 1.2.	x															
Actividad 1.3.	x	x														
Actividad 1.4.		x	x													
Actividad 1.5.		x	x													
Actividad 1.6.			x	x												
Actividad 1.7.			x	x												
Actividad 1.8.			x	x												
Actividad 2.1.					x	x	x	X								
Actividad 2.2.					x	x	x	X	x							
Actividad 2.3.							x	X	x							
Actividad 3.1.										x	x	x				
Actividad 4.1.													x	x		
Actividad 5.1.														x	x	

3. CAPÍTULO II. SISTEMATIZACIÓN DE LA INTERVENCIÓN

3.1. Diseño de un proyecto de aula

El proyecto de aula incluye el diseño y elaboración de los contenidos de un libro digital interactivo; libro que se convierte en la guía que encamina al estudiante en el estudio de los contenidos necesarios para lograr la comprensión de una meta general planteada bajo el hilo conductor ¿Cómo las características del átomo determinan el estado de agregación de las sustancias bajo ciertas condiciones de temperatura y presión?; meta que se aborda gradual y secuencialmente con la estructura atómica como tópico generativo que ofrece inagotables conexiones hacia el mundo externo y hacia los intereses de los estudiantes; asuntos que permiten elaborar una malla de ideas generando la comprensión de conceptos cada vez más complejos dentro de la disciplina y que son abordados como metas de comprensión por medio de la siguiente secuencia: primero ¿Cómo está conformado el átomo?, segundo, ¿Cómo determinan las partículas subatómicas las propiedades características del átomo?, tercero, ¿Cómo se relaciona la estructura del átomo con la ubicación del elemento en la Tabla Periódica, para que sea posible predecir sus propiedades?, cuarto, ¿Cómo se relacionan las propiedades de la molécula con las propiedades de los átomos que la constituyen?, y quinto ¿Cómo las propiedades características de la molécula influyen en las propiedades emergentes que determinan los estados de agregación de las sustancias?. Metas que son abordadas en el libro con contenidos en formatos variados como texto, imagen, video, y objetos virtuales interactivos de aprendizaje (OVA) que pueden ser demostrativos y/o de valoración del conocimiento adquirido por el estudiante.

Adicional a las metas de comprensión, se encuentran los desempeños de comprensión virtuales y no virtuales que representan para los estudiantes desafíos progresivos pero accesibles que le permitan reconfigurar, expandir y aplicar lo que han aprendido, así como valorar su grado de comprensión; y, al finalizar se enfrentan a una actividad que les permite

64 Diseño de un Proyecto de Aula, en el Marco de la Enseñanza para la Comprensión, que facilite el entendimiento de la relación estructura atómica - propiedades de la materia.

integrar esos aprendizajes previos para darle forma al desarrollar una actividad que les rete a construir nuevos aprendizajes. Libro disponible para consulta. (Ver Anexo A)

3.2. Diagnóstico.

El diagnóstico se lleva a cabo en el aula por medio de la solución de un taller que incluye preguntas orientadas a determinar si el estudiante relaciona la estructura de las sustancias con sus propiedades características. Se parte del hecho de evaluar si el educando comprende la definición de sistema y la importancia de cada parte de éste en pro del cumplimiento de una función más compleja, tanto en sistemas naturales como artificiales. Análisis con función introductoria para que, posteriormente, el estudiante proceda a determinar en ciertas sustancias si las propiedades de una sustancia específica son iguales a las propiedades de sus elementos constitutivos. Ver Anexo B (Prueba 1)

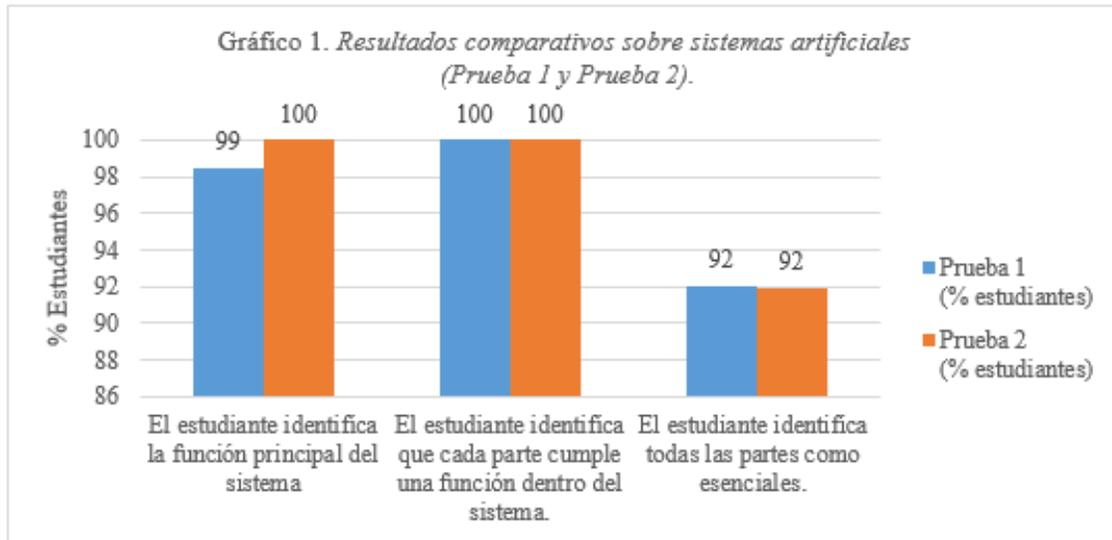
Durante la aplicación del taller se suscitan discusiones que permiten observar los diferentes niveles de comprensión respecto de las temáticas planteadas. Una vez se realiza la revisión y análisis de los resultados, se procede a intervenir ambos grupos con el objetivo de asegurar que los educandos entienden el concepto de sistema y la importancia de sus partes en el cumplimiento de una función eficaz y eficiente; así mismo, se trabaja las sustancias como sistemas cuyas partes interaccionan generando propiedades diferentes a las propiedades de sus elementos constitutivos (propiedades emergentes). Para determinar si se cumple el objetivo se procede a realizar una segunda prueba. Ver Anexo C (Prueba 2)

A continuación, se reportan los resultados comparativos de ambas pruebas con su respectivo análisis.

El primer conjunto de preguntas está relacionado con la identificación de sistemas artificiales. La prueba 1 analiza la comprensión e interpretación de sistemas artificiales a partir de una bicicleta, mientras que en la prueba 2 se hace a partir de un reloj análogo. En la prueba 1 el 99% de los estudiantes identificaron la función principal del sistema artificial, porcentaje que aumenta al 100% posterior a la intervención. Adicionalmente, el 100% de los estudiantes identifica que cada parte de un sistema cumple una función específica tanto antes como después de la intervención. En el tercer ítem valorado, relacionado con la identificación de todas las partes como esenciales dentro de un sistema, el 92% de los alumnos identifican la esencialidad de todas las partes de un sistema artificial para que éste cumpla su función eficaz y eficientemente; porcentaje que se conserva luego de la intervención y cuya argumentación se basa en la consideración de que los sistemas pueden prescindir de algunas de sus partes sin afectarse su función principal; porcentaje que se mantiene aún después de las discusiones generadas en la intervención; éstos argumentan que partes como el sillín en una bicicleta o el segundero en un reloj no son necesarias para que la máquina cumpla con su función principal. Ver Tabla 1; Ver gráfico 1

Tabla 1 <i>Resultados comparativos sobre sistemas artificiales (Prueba 1 y Prueba 2).</i>	Prueba 1 (% estudiantes)	Prueba 2 (% estudiantes)
El estudiante identifica la función principal del sistema	99	100
El estudiante identifica que cada parte cumple una función dentro del sistema.	100	100
El estudiante identifica todas las partes como esenciales.	92	92

66 Diseño de un Proyecto de Aula, en el Marco de la Enseñanza para la Comprensión, que facilite el entendimiento de la relación estructura atómica - propiedades de la materia.



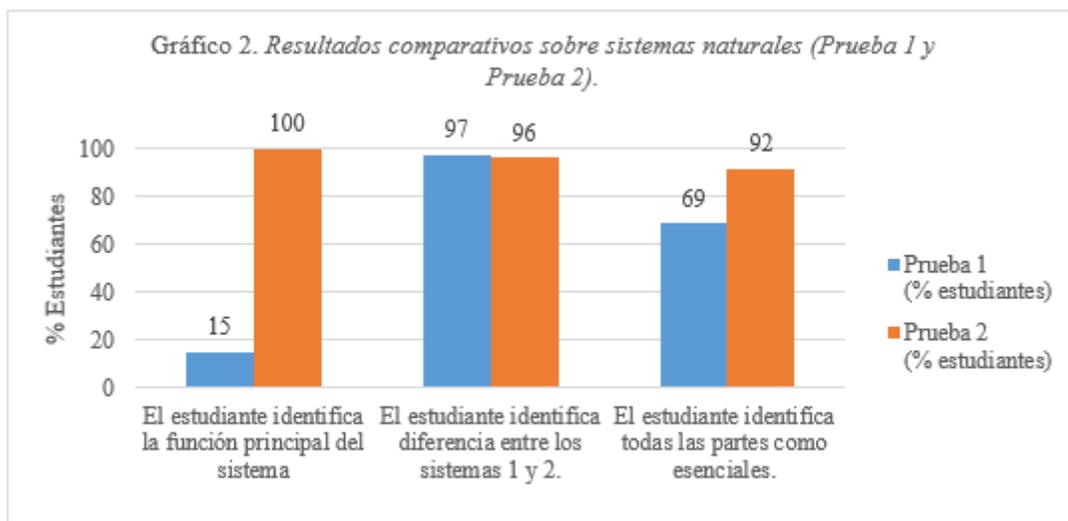
El segundo conjunto de preguntas está relacionado con la identificación de sistemas naturales. La prueba 1 analiza la comprensión e interpretación de sistemas naturales a partir de un árbol, mientras que en la prueba 2 se hace a partir de una célula vegetal. Tanto los grupos 1 y 2 en la prueba 1 mostraron dificultad para la individualización del sistema, en consecuencia, ocurre lo mismo con la definición de su función, ya que sólo el 15% de estudiantes lograron describirla. Como se puede observar, a diferencia del primer sistema cuya correcta identificación fue del 99%, menos de 1/5 parte de los estudiantes reconoce el sistema natural a pesar de indicarse expresamente en la pregunta que se debía realizar un análisis del conjunto de partes de manera similar a como se realizó para el primer sistema, lo que indica dificultad para transversalizar el conocimiento. En el análisis de las respuestas dadas por los estudiantes se observa confusión, principalmente, en el concepto "sistema"; lo anterior sumado a la poca claridad en el manejo de conceptos como ecología, reproducción, fotosíntesis, ecosistema. No obstante, luego de la intervención el 100% de los estudiantes lograron identificar el sistema natural.

Por otro lado, cuando se pregunta por la existencia o no de una diferencia entre el primer y segundo sistema (sistemas artificial y natural respectivamente), el 97% de estudiantes indica la existencia de diferencia; de éstos, el 78% hace referencia al origen natural del segundo sistema contrastando con la bicicleta como objeto artificial creado por el hombre; así mismo, el 9% de los estudiantes expresan que, a diferencia del sistema artificial, no es

suficiente ensamblar las partes para que el sistema funcione. Posterior a la intervención se observa una disminución de 1% en los estudiantes que identifican claramente una diferencia entre ambos sistemas.

En cuanto a la esencialidad de cada una de las partes en el sistema natural, se observa dificultad de los estudiantes para usar el conocimiento en nuevas situaciones; en este caso 69% del total de estudiantes identifica la esencialidad de cada una de las partes en un sistema natural en contraste con el 92% en sistemas artificiales. Sin embargo, posterior a la intervención se observa un aumento significativo de estudiantes que comprenden la importancia del papel de cada parte dentro de un sistema natural; lo anterior se ve reflejado en el aumento del número de estudiantes del 23% (92%). Ver Tabla 2; Ver gráfico 2

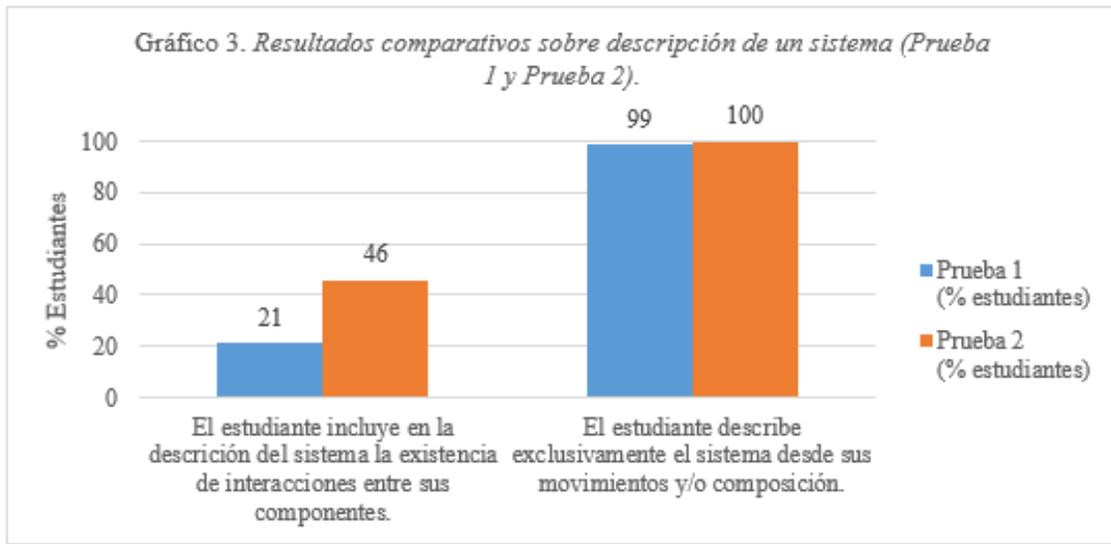
Tabla 2 <i>Resultados comparativos sobre sistemas naturales (Prueba 1 y Prueba 2).</i>	Prueba 1 <i>(% estudiantes)</i>	Prueba 2 <i>(% estudiantes)</i>
El estudiante identifica la función principal del sistema	15	100
El estudiante identifica diferencia entre los sistemas 1 y 2.	97	96
El estudiante identifica todas las partes como esenciales.	69	92



68 Diseño de un Proyecto de Aula, en el Marco de la Enseñanza para la Comprensión, que facilite el entendimiento de la relación estructura atómica - propiedades de la materia.

El tercer conjunto de preguntas está relacionado con la descripción de sistemas. La prueba 1 analiza la descripción de sistemas a partir del sistema solar, mientras que en la prueba 2 se hace a partir de una atracción mecánica de sillas voladoras. En ésta se pretende evaluar si los estudiantes al definir un sistema lo hacen incluyendo las interacciones presentes entre sus partes. Los resultados de la prueba 1 incluyen referencia a interacciones entre las partes en un 21% de los estudiantes, no obstante, se observa dificultad en su definición y descripción; en contraste, en la prueba 2 el resultado corresponde a un 46% de estudiantes que incluyen dichas interacciones; en contraste, el 99% y el 100% de los estudiantes (en las pruebas 1 y 2 respectivamente) describen el sistema desde sus partes y/o movimientos. Es de anotar que, aunque existe un aumento en el porcentaje de estudiantes que incluye en la descripción de los sistemas las interacciones entre sus partes (25%), es posible que una de los factores que influyen en que el porcentaje no sea más alto se deba al hecho de que los estudiantes manifestaron reiteradamente no conocer tal atracción a pesar de que se describió su funcionamiento en el encabezado de la pregunta; mientras que en la primera prueba se realiza el análisis a partir de un sistema natural con el que han trabajado todo su educación básica, lo cual puede incrementar el grado de dificultad en la observación y análisis por parte de los estudiantes a pesar de incluirse en la intervención ambos tipos de sistemas. Ver Tabla 3: Ver gráfico 3

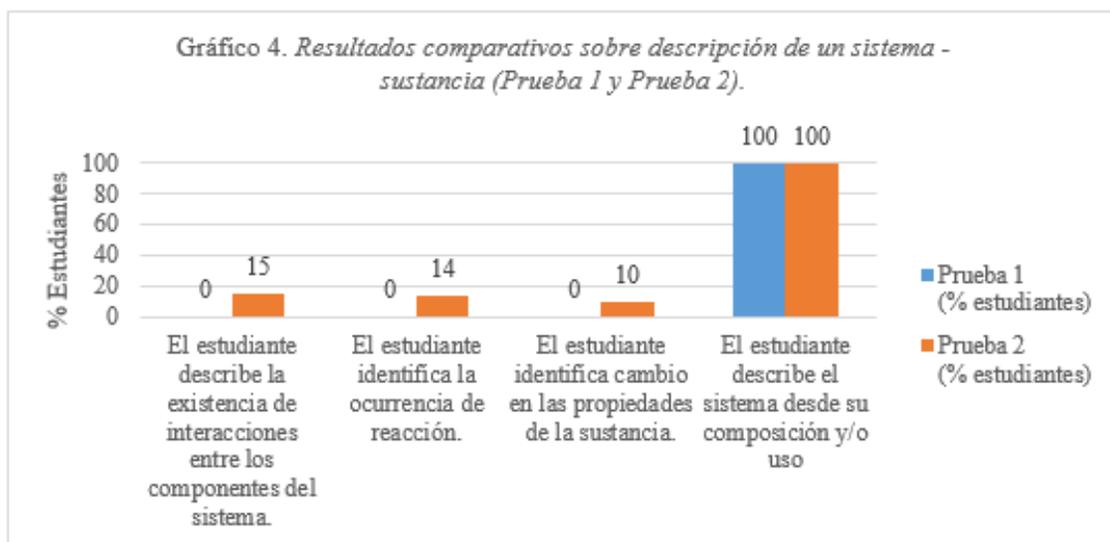
Tabla 3 <i>Resultados comparativos sobre descripción de un sistema (Prueba 1 y Prueba 2).</i>	Prueba 1 (% estudiantes)	Prueba 2 (% estudiantes)
El estudiante incluye en la descripción del sistema la existencia de interacciones entre sus componentes.	21	46
El estudiante describe exclusivamente el sistema desde sus movimientos y/o composición.	99	100



El cuarto conjunto de preguntas está relacionado con la descripción de una sustancia como sistema. La prueba 1 analiza la descripción de sistemas a partir del cloruro de sodio (NaCl) o sal de mesa, mientras que en la prueba 2 se hace a partir del ácido clorhídrico (HCl). En ésta se evalúa si el estudiante comprende que las sustancias de referencia están constituidas por partes que interactúan (sistemas). Tanto en las pruebas 1 y 2 el 100% de los estudiantes describen los sistemas desde su composición y/o uso, aunque en algunos se observa confusión en lo relacionado con el manejo de los conceptos "componentes" y "compuestos". Una vez realizada la intervención, se observa que los estudiantes incluyen otros aspectos en la descripción de las sustancias; el 15% incluye la existencia de interacciones entre los componentes del sistema; el 14% identifica la ocurrencia de reacción y el 10% identifica un cambio en las propiedades de la sustancia formada. Ver Tabla 4; Ver gráfico 4

70 Diseño de un Proyecto de Aula, en el Marco de la Enseñanza para la Comprensión, que facilite el entendimiento de la relación estructura atómica - propiedades de la materia.

Tabla 4 <i>Resultados comparativos sobre descripción de un sistema - sustancia. (Prueba 1 y Prueba 2).</i>	Prueba 1 (% estudiantes)	Prueba 2 (% estudiantes)
El estudiante describe la existencia de interacciones entre los componentes del sistema.	0	15
El estudiante identifica la ocurrencia de reacción.	0	14
El estudiante identifica cambio en las propiedades de la sustancia.	0	10
El estudiante describe el sistema desde su composición y/o uso	100	100

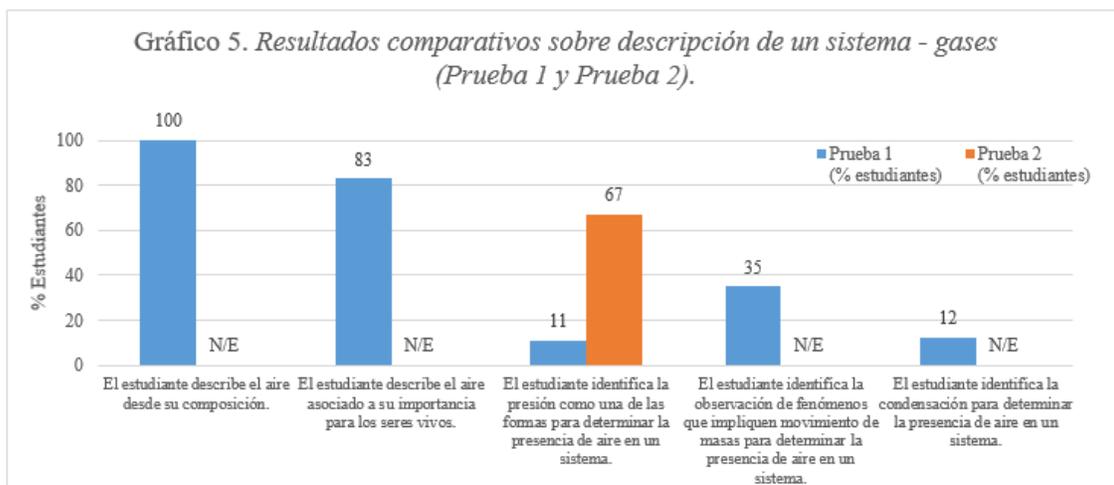


El quinto conjunto de preguntas está relacionado con la concepción del aire. La prueba 1 parte de su descripción como mezcla de gases y su importancia para los seres vivos; mientras que en la prueba 2 se analiza a partir de lo que el estudiante argumenta sobre el cómo influye en un manómetro. Como se mencionó previamente, la prueba 1 lo describe desde su composición, con base en el análisis de esta información, así como en conocimientos previos, el estudiante describe qué es el aire. El 100% de los estudiantes lo describen desde su composición, aunque se observa que la mayoría menciona exclusivamente la presencia de oxígeno a pesar de haberse descrito como una mezcla de gases; el 83% incluye la importancia de éste para los seres vivos, haciendo especial énfasis

en el ser humano; además se observa que ningún estudiante hace referencia al estado de agregación. Por otro lado, cuando se pide idear un experimento que demuestre la existencia del aire, en orden descendente se hace referencia a la observación de fenómenos relacionados con el movimiento de masas (35%), fenómenos relacionados con la condensación (12%), y fenómenos relacionados con la presión (11%). Es de anotar que el 42% de estudiantes no logran relacionar un experimento que demuestre la existencia del aire. Es importante resaltar, que durante la primera prueba estudiantes de ambos grupos hacen referencias a que el aire no es materia, discusión que se trabajó en la intervención. Si bien en la prueba 2 el 67% de los estudiantes identifican cómo ejerce presión la mezcla de materia en estado gaseoso (aire) sobre el manómetro para modificar su medida. Los demás ítems relacionados en la prueba 1 no fueron evaluados en la prueba 2. Ver Tabla 5; Ver gráfico 5

Tabla 5 <i>Resultados comparativos sobre descripción de un sistema - gases. (Prueba 1 y Prueba 2).</i>	Prueba 1 (% estudiantes)	Prueba 2 (% estudiantes)
El estudiante describe el aire desde su composición.	100	No evaluado
El estudiante describe el aire asociado a su importancia para los seres vivos.	83	No evaluado
El estudiante identifica la presión como una de las formas para determinar la presencia de aire en un sistema.	11	67
El estudiante identifica la observación de fenómenos que impliquen movimiento de masas para determinar la presencia de aire en un sistema.	35	No evaluado
El estudiante identifica la condensación para determinar la presencia de aire en un sistema.	12	No evaluado

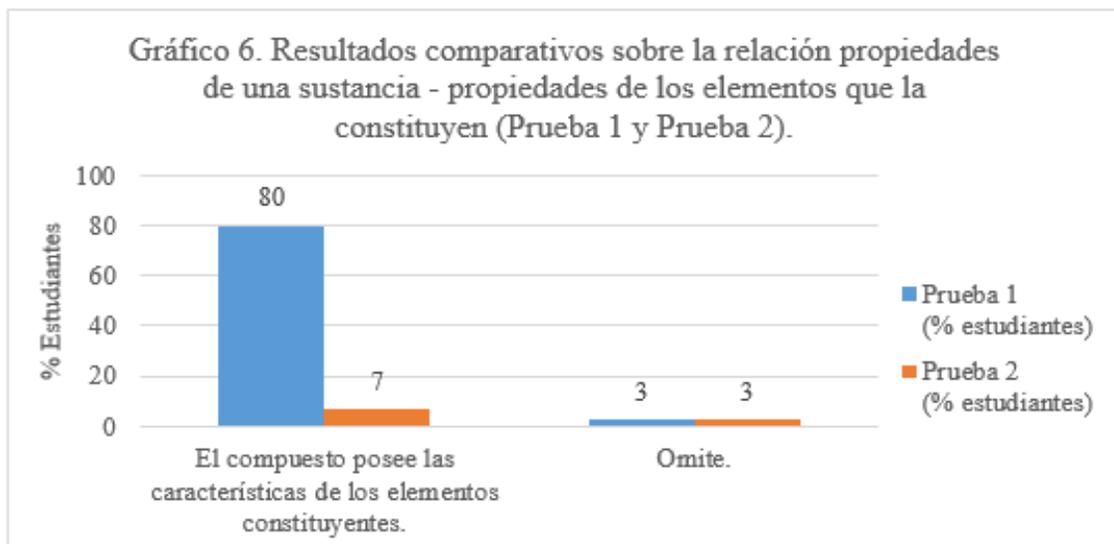
72 Diseño de un Proyecto de Aula, en el Marco de la Enseñanza para la Comprensión, que facilite el entendimiento de la relación estructura atómica - propiedades de la materia.



El sexto y último conjunto de preguntas está relacionado con la diferenciación de las propiedades de una sustancia respecto de las propiedades de sus elementos constitutivos. La prueba 1 invita al análisis a partir de la sacarosa ($C_{12}H_{22}O_{11}$), mientras que la prueba 2 lo hace a partir del óxido de hierro (FeO).

En la primera prueba el 80% de los estudiantes indica que las propiedades de una sustancia son iguales a las propiedades de sus elementos constitutivos; mientras que el 3% omite respuesta alguna, por lo tanto, el 17% de los estudiantes comprenden que las propiedades de las sustancias son diferentes a las propiedades de sus elementos constitutivos. En la prueba 2, el 7% de los estudiantes indica que las propiedades de una sustancia son iguales a las propiedades de sus elementos constitutivos; mientras que el 3% omite respuesta alguna, por lo tanto, el 90% de los estudiantes comprenden que las propiedades de las sustancias son diferentes a las propiedades de sus elementos constitutivos, lo cual implica una mejora considerable en el análisis de las sustancias como sistema. Ver Tabla 6; Ver gráfico 6

Tabla 6 <i>Resultados comparativos sobre relación propiedades de una sustancia - propiedades de los elementos que la constituyen. (Prueba 1 y Prueba 2).</i>	Prueba 1 (% estudiantes)	Prueba 2 (% estudiantes)
El compuesto posee las características de los elementos constituyentes.	80	7
Omite.	3	3



Las diferentes discusiones generadas durante la intervención, cuyo objeto es la nivelación de los estudiantes, dejan vislumbrar procesos de enseñanza tradicional en los que el estudiante no es un partícipe activo en su proceso de enseñanza – aprendizaje.

Así mismo, se observa dificultad en la exploración, análisis y explicación de fenómenos integrando los diferentes aspectos que influyen en éste. Dificultad dada, en primer lugar, por la visión fragmentada del conocimiento que dificulta el análisis integrado de los fenómenos estudiados y su explicación a partir de argumentos coherentes. Y, en segundo lugar, por el desconocimiento de lo que implica el concepto sistema; palabra usada comúnmente en las diferentes explicaciones en ciencias y otras áreas, pero poco comprendida, lo que dificulta la exploración y explicación de fenómenos integrando los diferentes aspectos que influyen en éste.

- 74 Diseño de un Proyecto de Aula, en el Marco de la Enseñanza para la Comprensión, que facilite el entendimiento de la relación estructura atómica - propiedades de la materia.

Adicionalmente, se observa, como en la enseñanza de otras áreas del conocimiento, que los ritmos de aprendizaje, gustos, motivaciones y personalidades individuales influyen en el grado de atención y participación del estudiante en las diversas discusiones generadas en el ambiente académico.

3.3. Resultados y análisis de la intervención

3.3.1. Resultados

En el aula se interviene la enseñanza de la relación características del átomo – propiedades de la materia, bajo el hilo conductor ¿Cómo las propiedades características de los átomos determinan el estado de agregación de las sustancias bajo ciertas condiciones de temperatura y presión?; para ello, se implementa como parte del proceso de enseñanza-aprendizaje el uso de un libro digital interactivo con los contenidos necesarios para su comprensión.

La intervención se plantea inicialmente con apoyo 100% del libro digital interactivo en las sesiones de clase presenciales de la asignatura; no obstante, la disponibilidad de la sala de informática, así como el tiempo limitado para llegar a la comprensión de las metas relacionadas con el hilo conductor, inducen variaciones en la estrategia. En consecuencia, la intervención se realiza incluyendo tres tipos de sesiones:

- Primero, sesiones mediadas por el libro digital interactivo en la sala de informática, en la cual, por parejas y previa orientación por parte del docente, se realiza lectura comprensiva de la temática planteada y se desarrollan desempeños digitales y no digitales que permitan facilitar la comprensión y autoevaluación del grado de ésta. Sesiones que permiten avanzar al ritmo del estudiante, así como la discusión crítica reflexiva de los contenidos tanto con el compañero de trabajo como con el docente y, en ocasiones, discusiones grupales.
Los desempeños digitales se ejecutan las veces que sea requerido por éstos, solicitando explicaciones relacionados con el objeto de mejorar la comprensión.
- Explicaciones participativas en aula con apoyo de televisor. En éstas el docente, por medio de la pregunta, y con apoyo visual del libro en el televisor, expone los contenidos, y por medio de preguntas orientadoras incentiva la participación del estudiante generando discusiones reflexivas. Explicación de contenidos que se ve apoyada por medio de la visualización en el televisor de las figuras, ilustraciones, videos u otros materiales contenidos en el libro. Igualmente se realizan los

76 Diseño de un Proyecto de Aula, en el Marco de la Enseñanza para la Comprensión, que facilite el entendimiento de la relación estructura atómica - propiedades de la materia.

desempeños digitales y no digitales; los primeros son ejecutados por el docente en consenso grupal, mientras que los segundos, son desarrollados en clase individual o colectivamente.

- Sesiones flexibles de estudio autónomo con apoyo del libro en las que el estudiante en su casa, en el evento de requerir repasar, ampliar e incluso adelantar las temáticas, puede acceder de forma libre a éste, y exponer las dudas en el aula o fuera de ésta.

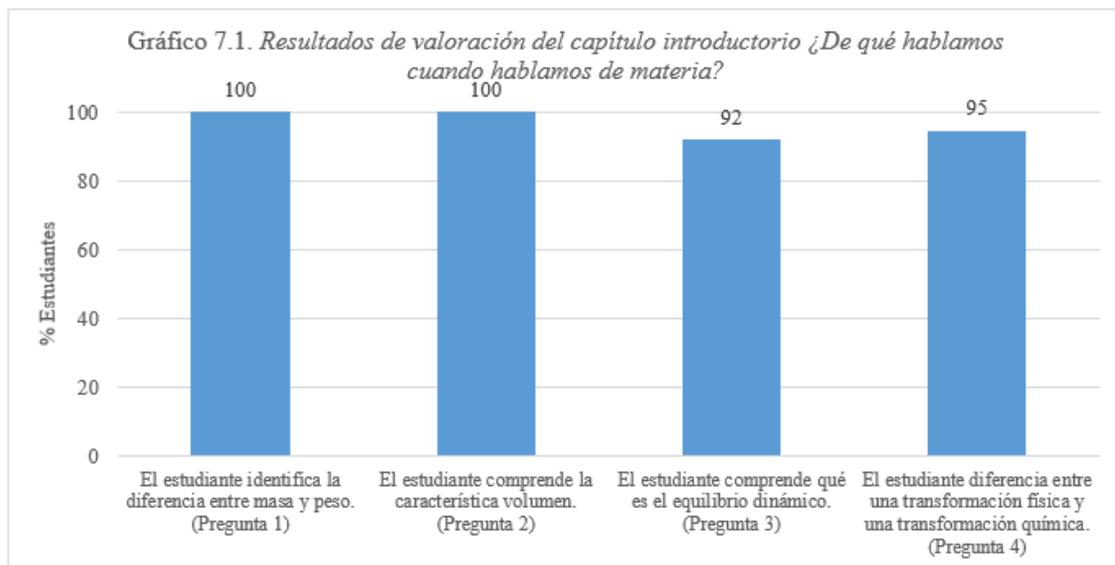
En todo caso, la retroalimentación constante con el fin de mejorar el desempeño.

Antes de la actividad final, y a partir de los desempeños digitales se diseña taller en el que los estudiantes dan cuenta del grado asimilación de los conocimientos relacionados con cada una de las metas de comprensión. El taller es desarrollado en parejas como estrategia que permita el análisis y discusión de las preguntas para solucionar las dudas que se puedan generar y llegar a la concertación de las respuestas (Ver Anexo D).

Capítulo introductorio *¿De qué hablamos cuando hablamos de materia?*

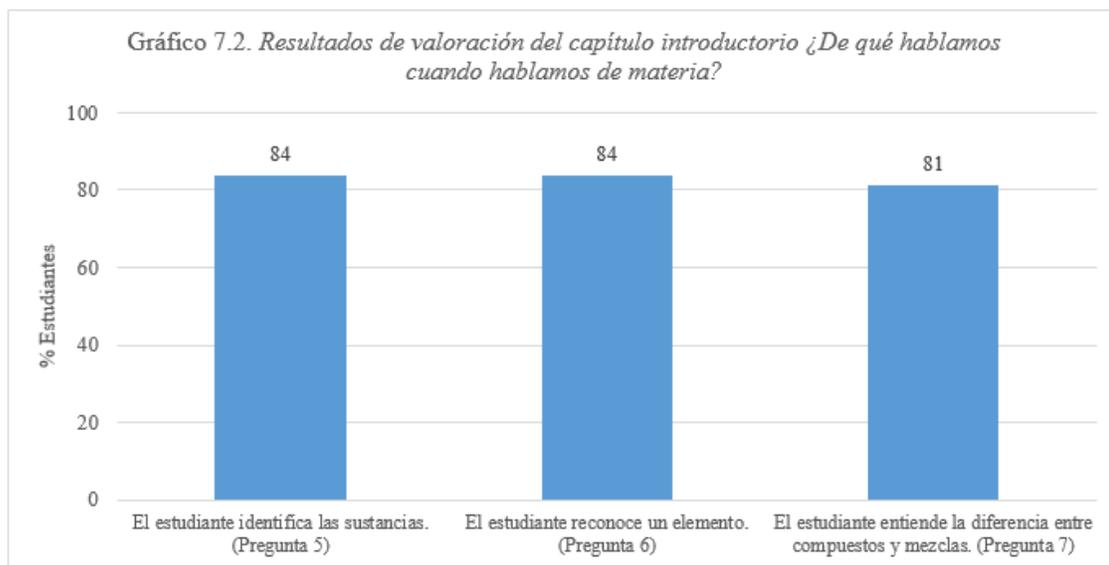
Este conjunto de preguntas está orientado a evaluar si el estudiante comprende los conceptos básicos necesarios para iniciar con el estudio de las metas de comprensión. Los resultados muestran que el 100% de estudiantes comprenden tres de las características de la materia trabajadas en el desarrollo de los conceptos introductorios (masa, peso y volumen). En cuanto al concepto *equilibrio dinámico*, concepto necesario en la comprensión de fenómenos naturales como lo son las reacciones y el cambio de estado, el 92% de los estudiantes demuestran comprender dicho concepto. Además, el 95% de los alumnos diferencia entre los cambios físicos y químicos; donde el 100% de los estudiantes que logran comprender la diferencia entre ambos tipos cambios desarrollan sus argumentos incluyendo los conceptos relacionados con reacción y cambio en la estructura de la materia lo que lleva a un cambio en sus propiedades. Ver Tabla 7; Ver gráfico 7.1

Resultados de valoración del capítulo introductorio <i>¿De qué hablamos cuando hablamos de materia?</i>	Estudiantes (%)
El estudiante identifica la diferencia entre masa y peso. (Pregunta 1)	100
El estudiante comprende la característica <i>volumen</i> . (Pregunta 2)	100
El estudiante comprende qué es el equilibrio dinámico. (Pregunta 3)	92
El estudiante diferencia entre una transformación física y una transformación química. (Pregunta 4)	95
El estudiante identifica las sustancias. (Pregunta 5)	84
El estudiante reconoce un elemento. (Pregunta 6)	84
El estudiante entiende la diferencia entre compuestos y mezclas. (Pregunta 7)	81



Al evaluar si el estudiante, a partir de imágenes, clasifica la materia en sustancias y mezclas se obtienen los siguientes resultados. El 84% de los estudiantes identifica claramente las sustancias y dentro de estas las que corresponden a elementos o compuestos; no obstante, 3% menos de estudiantes (81%) argumenta adecuadamente la diferencia entre mezcla y compuesto. Ver Tabla 7; Ver gráfico 7.2

78 Diseño de un Proyecto de Aula, en el Marco de la Enseñanza para la Comprensión, que facilite el entendimiento de la relación estructura atómica - propiedades de la materia.



Si bien los temas evaluados deben estar claros al llegar al grado décimo, se parte del hecho de que la mayoría de los estudiantes no tienen claros los conceptos básicos, afirmación respaldada por los diferentes diagnósticos cualitativos de inicio de grado realizados durante los 3 años en que he impartido la asignatura; en éstos, la mayoría de los estudiantes manifiestan que en algún momento trabajaron la temática, no obstante, aunque repiten la definición de materia, no logran argumentar sobre dicha definición lo que indica memorización de la información por repetición. Además, no se observa comprensión del conocimiento sobre la clasificación de la materia, salvo casos excepcionales de estudiantes que demuestran gusto por la ciencia.

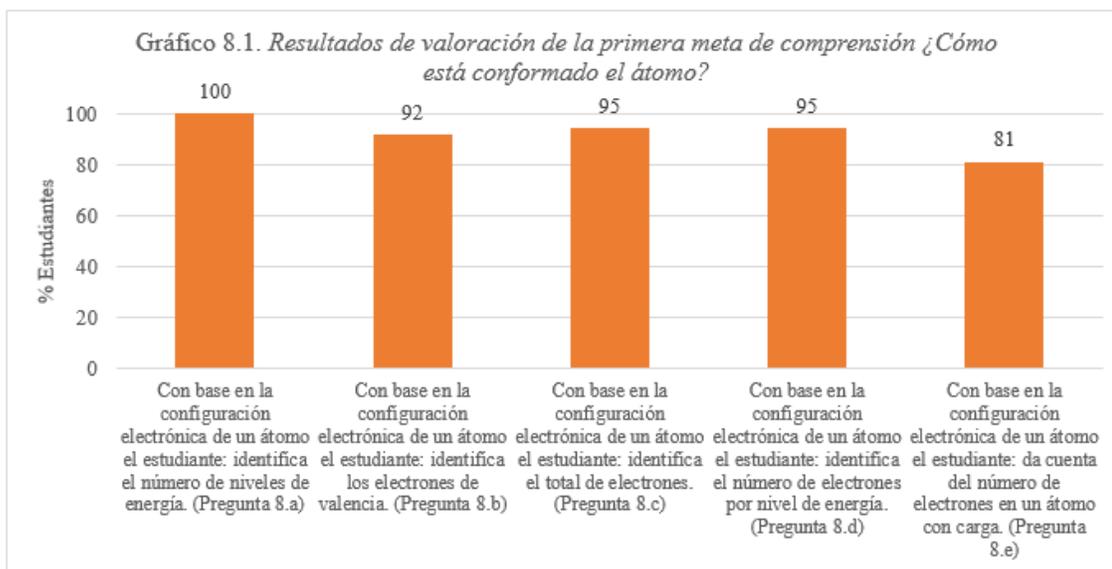
En general, si se compara el nivel de conocimientos previos con los resultados obtenidos, se considera que, a nivel grupal, hay una proporción adecuada de estudiantes con los conocimientos básicos requeridos para dar inicio al estudio de cada una de las metas de comprensión; máxime teniendo en cuenta los diferentes intereses, motivaciones, capacidades, y ritmos de aprendizaje presentes en los integrantes de un grupo.

Primera meta de comprensión *¿Cómo está conformado el átomo?*

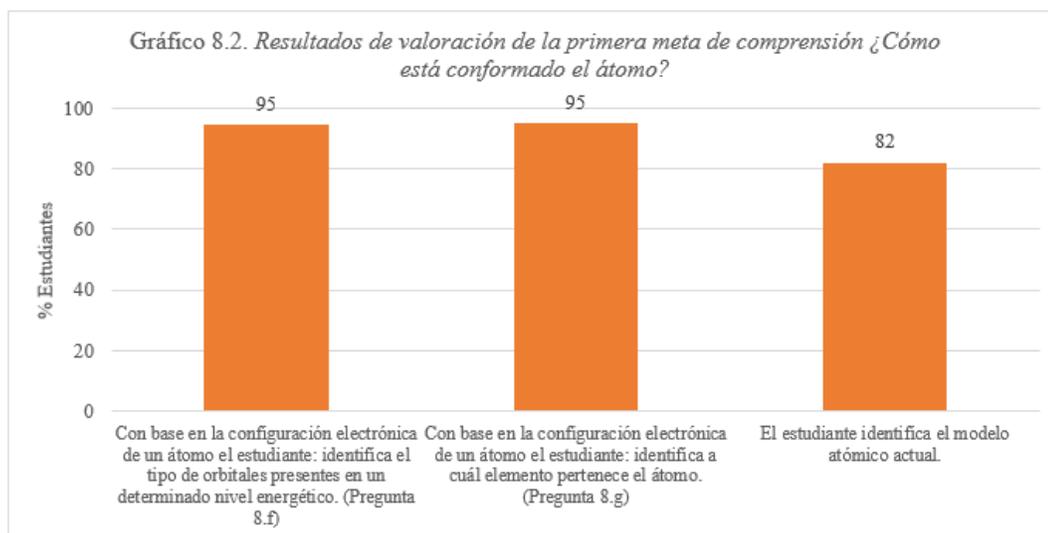
El segundo conjunto de preguntas está orientado a evaluar si el estudiante logra comprender los conceptos relacionados con la estructura del átomo y su representación. El análisis se realiza a partir de la interpretación del estudiante de una configuración electrónica dada. Los resultados obtenidos son: el 100% de los alumnos identifican el número de niveles de energía; no obstante, sólo el 95% identifica el total de electrones en el átomo, mismo porcentaje que identifica el número de electrones por nivel de energía, y, 3% menos de estudiantes (92%), identifica los electrones de valencia. En cuanto a la determinación por parte del estudiante del número de electrones de un átomo con carga, sólo el 81% respondió correctamente. Ver Tabla 8; Ver gráfico 8.1

Tabla 8. Resultados de valoración de la primera meta de comprensión <i>¿Cómo está conformado el átomo?</i>	Estudiantes (%)
Con base en la configuración electrónica de un átomo el estudiante: identifica el número de niveles de energía. (Pregunta 8.a)	100
Con base en la configuración electrónica de un átomo el estudiante: identifica los electrones de valencia. (Pregunta 8.b)	92
Con base en la configuración electrónica de un átomo el estudiante: identifica el total de electrones. (Pregunta 8.c)	95
Con base en la configuración electrónica de un átomo el estudiante: identifica el número de electrones por nivel de energía. (Pregunta 8.d)	95
Con base en la configuración electrónica de un átomo el estudiante: da cuenta del número de electrones en un átomo con carga. (Pregunta 8.e)	81
Con base en la configuración electrónica de un átomo el estudiante: identifica el tipo de orbitales presentes en un determinado nivel energético. (Pregunta 8.f)	95
Con base en la configuración electrónica de un átomo el estudiante: identifica a cuál elemento pertenece el átomo. (Pregunta 8.g)	95
El estudiante identifica el modelo atómico actual.	82

80 Diseño de un Proyecto de Aula, en el Marco de la Enseñanza para la Comprensión, que facilite el entendimiento de la relación estructura atómica - propiedades de la materia.



Así mismo, se evalúa si el estudiante identifica el tipo de orbitales presentes en un determinado nivel, a lo cual el 95% de éstos responde correctamente; en este punto algunos estudiantes indicaron el número de subniveles presentes, más no especificaron a qué tipo de subniveles corresponden. El mismo porcentaje, (95%) logra identificar correctamente el elemento al cual corresponde el átomo a partir de la configuración electrónica dada; en contraste, sólo el 82% logra representar el modelo atómico actual, mientras el 18% restante representa el modelo por medio del modelo atómico de Bohr. Ver Tabla 8; Ver gráfico 8.2



Los temas relacionados con la primera meta de comprensión, al igual que los conceptos relacionados con las generalidades de la materia, deben estar claros al iniciar el ciclo; no obstante, en las evaluaciones cualitativas de inicio del grado la mayoría de los estudiantes manifiestan no tener recordación de trabajar previamente la temática relacionada con la primera meta a excepción de unos pocos (menos del 5%); porcentaje que incluye tres tipos de estudiantes: primero, estudiantes que llegan de otras instituciones para iniciar su ciclo de educación media; segundo, estudiantes de la institución que manifiestan haber visto la configuración electrónica pero no recuerdan qué es o cómo se desarrolla; y, tercero, al igual que en la evaluación de los temas introductorios, estudiantes con gusto por el conocimiento científico. Lo anterior, sugiere que los temas, aunque son trabajados en la institución en los ciclos previos, son abordados con metodologías que no incentivan la comprensión del átomo como sistema básico fundamental en la conformación de la materia.

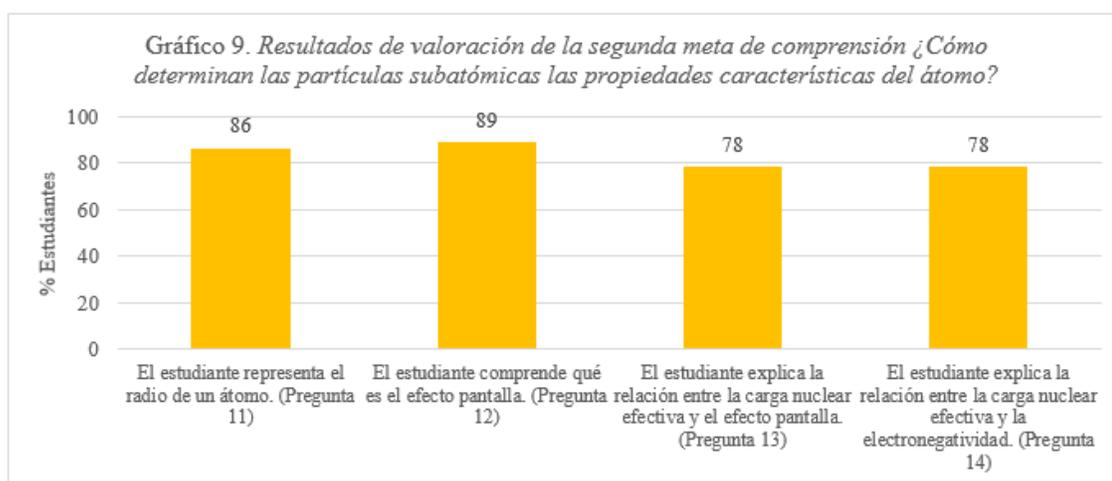
En general, se observa un porcentaje significativo de estudiantes que comprenden el átomo como sistema básico fundamental de composición de la materia.

Segunda meta de comprensión ¿Cómo determinan las partículas subatómicas las propiedades características del átomo?

El segundo conjunto de preguntas está orientado a evaluar si el estudiante comprende los conceptos relacionados con las propiedades características del átomo y su relación con la estructura de éste. Los resultados obtenidos son: 86% de los estudiantes representan el radio atómico; en contraste, el 14% restante representa el radio del átomo como la distancia internuclear entre dos átomos del mismo elemento enlazados, lo que indica una interpretación inadecuada de radio aun cuando este concepto ha sido trabajado previamente en asignaturas como matemática, biología y física. Por otro lado, el 89% de los alumnos representa adecuadamente el efecto de pantalla indicando las interacciones de atracción entre el núcleo y los electrones, así como las interacciones de repulsión entre los electrones de los diferentes niveles energéticos. No obstante, 11% menos de estudiantes (78%) tiene dificultades para relacionar la carga nuclear efectiva con el efecto de pantalla y con la electronegatividad. Ver Tabla 9; Ver gráfico 9

82 Diseño de un Proyecto de Aula, en el Marco de la Enseñanza para la Comprensión, que facilite el entendimiento de la relación estructura atómica - propiedades de la materia.

Resultados de valoración de la segunda meta de comprensión <i>¿Cómo determinan las partículas subatómicas las propiedades características del átomo?</i>	Estudiantes (%)
El estudiante representa el radio de un átomo. (Pregunta 11)	86
El estudiante comprende qué es el efecto pantalla. (Pregunta 12)	89
El estudiante explica la relación entre la carga nuclear efectiva y el efecto pantalla. (Pregunta 13)	78
El estudiante explica la relación entre la carga nuclear efectiva y la electronegatividad. (Pregunta 14)	78



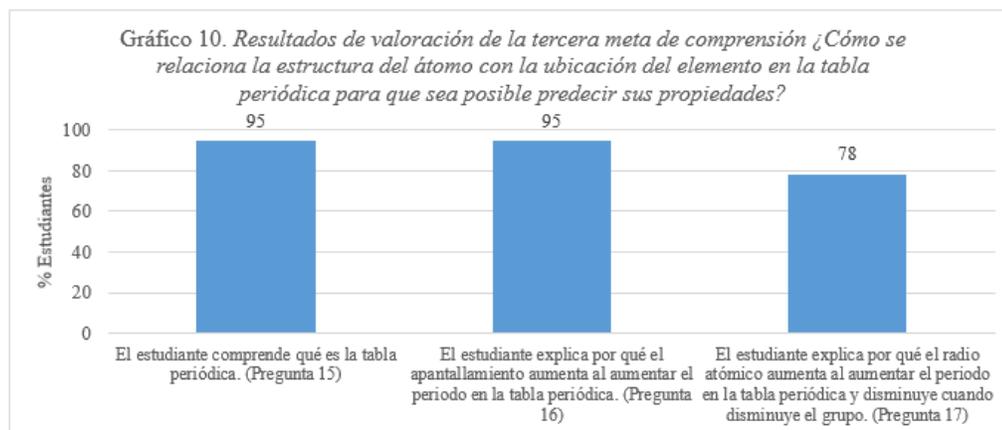
Los resultados indican que, aunque los estudiantes identifican y representan fenómenos como se observa en los resultados de las preguntas 11 y 12, se les dificulta relacionarlos, situación coherente con el aumento en el grado de complejidad de la acción a ejecutar y que implica “relacionar”. No obstante, en comparación cualitativa con resultados de años anteriores, se observa una mejora significativa en el grado de comprensión y relación de las consecuencias de las interacciones entre cargas que existen al interior del átomo.

Tercera meta de comprensión *¿Cómo se relaciona la estructura del átomo con la ubicación del elemento en la tabla periódica, para que sea posible predecir sus propiedades?*

El tercer conjunto de preguntas está orientado a evaluar si el estudiante comprende los conceptos concernientes a la relación estructura del átomo de un elemento – ubicación del elemento en la tabla periódica. Los resultados obtenidos son: el 95% de estudiantes indica qué es la tabla periódica y comprende cuál es su importancia, hecho que se ve reflejado en la argumentación que incluye la predictibilidad de las propiedades de los átomos de un elemento por la ubicación del elemento en la tabla periódica; en contraste, el 5% restante define la tabla periódica sin incluir argumentos respecto de su importancia. El mismo porcentaje de estudiantes (95%) explica por qué el apantallamiento aumenta al aumentar el periodo. No obstante, al evaluar si el estudiante comprende cómo se interpreta el radio atómico de los átomos de un elemento según su ubicación en la tabla periódica, sólo el 78% relaciona el número de niveles y el grupo, en contraste, el 22% restante sólo relaciona el número de periodo. Ver Tabla 10; Ver gráfico 10

Tabla 10. Resultados de valoración de la tercera meta de comprensión <i>¿Cómo se relaciona la estructura del átomo con la ubicación del elemento en la tabla periódica para que sea posible predecir sus propiedades?</i>	Estudiantes (%)
El estudiante comprende qué es la tabla periódica. (Pregunta 15)	95
El estudiante explica por qué el apantallamiento aumenta al aumentar el periodo en la tabla periódica. (Pregunta 16)	95
El estudiante explica por qué el radio atómico aumenta al aumentar el periodo en la tabla periódica y disminuye cuando disminuye el grupo. (Pregunta 17)	78

- 84 Diseño de un Proyecto de Aula, en el Marco de la Enseñanza para la Comprensión, que facilite el entendimiento de la relación estructura atómica - propiedades de la materia.



Una vez más, los resultados sugieren que a los estudiantes se les dificulta relacionar más de una variable para dar explicación a un fenómeno como se observa en los resultados de las preguntas 16 y 17. Sin embargo, en comparación cualitativa con resultados de grupos en años previos, se observa una mejora significativa en el grado de comprensión de los conceptos concernientes a la relación estructura del átomo de un elemento – ubicación del elemento en la tabla periódica.

Cuarta meta de comprensión *¿Cómo se relacionan las propiedades de la molécula con las propiedades de los átomos que la constituyen?*

El cuarto conjunto de preguntas permite determinar si el estudiante comprende la relación propiedades de la molécula – propiedades de los átomos que la constituyen. Los resultados obtenidos son: el 92% de los estudiantes identifica el tipo de enlace más probable en una sustancia iónica (pregunta 18), no obstante, este porcentaje disminuye en las sustancias covalentes y metálicas con un 81% y un 78% respectivamente (preguntas 19 y 20). Sin embargo, es importante aclarar que en el grupo 10°2 el desarrollo de la prueba parece presentar un mayor grado de dificultad que para el grupo 10°1 y, el tiempo no permite que se dé respuesta a las preguntas 19 y 20 por la totalidad de los estudiantes; del total de talleres desarrollados sólo dos pruebas tienen una respuesta que no es acertada y que no registra argumentación. Es de anotar que en todas las respuestas acertadas se registra argumentación de tipo de enlace más probable entre dos átomos a partir de la diferencia de electronegatividad. Ver Tabla 11; Ver gráfico 11

Tabla 11. Resultados de valoración de la cuarta meta de comprensión <i>¿Cómo se relacionan las propiedades de la molécula con las propiedades de los átomos que la constituyen?</i>	Estudiantes (%)
El estudiante argumenta sobre el tipo de interacción intramolecular más probable entre dos átomos. (Preguntas 18)	92
El estudiante argumenta sobre el tipo de interacción intramolecular más probable entre dos átomos. (Preguntas 19)	81
El estudiante argumenta sobre el tipo de interacción intramolecular más probable entre dos átomos. (Preguntas 20)	78



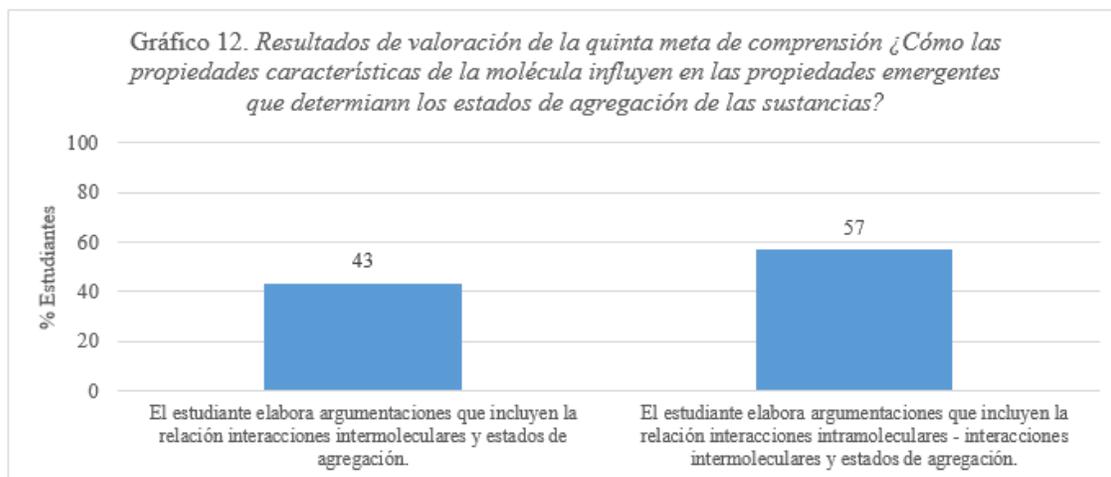
Quinta meta de comprensión *¿Cómo las propiedades características de la molécula influyen en las propiedades emergentes que determinan los estados de agregación de las sustancias?*

Responder a la pregunta *¿Cómo las características del átomo determinan el estado de agregación de las sustancias bajo ciertas condiciones de temperatura y presión?* es evaluada con una actividad final de carácter individual en la cual el estudiante diseña una infografía en la que él explica por qué la sal de mesa se encuentra en estado de agregación sólido a temperatura y presión normales; en ésta el alumno debe incluir información que considere relevante sobre la estructura de la sustancia, y cómo influye ésta en sus propiedades, con lo cual se incluye la valoración, no sólo de la quinta meta de comprensión, sino de los conceptos trabajados bajo el hilo conductor (Ver anexo E).

86 Diseño de un Proyecto de Aula, en el Marco de la Enseñanza para la Comprensión, que facilite el entendimiento de la relación estructura atómica - propiedades de la materia.

Los resultados obtenidos son: el 43% de los estudiantes incluyen la relación interacciones intermoleculares – estados de agregación; no obstante, el 57% de los estudiantes realiza un análisis más completo que incluye las interacciones intramoleculares y la estructura del átomo como causa de éstas. Ver Tabla 12; Ver gráfico 12

Tabla 12. Resultados de valoración de la quinta meta de comprensión <i>¿Cómo las propiedades características de la molécula influyen en las propiedades emergentes que determinan los estados de agregación de las sustancias?</i>	Estudiantes (%)
El estudiante elabora argumentaciones que incluyen la relación interacciones intermoleculares y estados de agregación.	43
El estudiante elabora argumentaciones que incluyen la relación interacciones intramoleculares - interacciones intermoleculares y estados de agregación.	57



En general, las infografías elaboradas son bien trabajadas por los estudiantes, tanto en diseño como en contenido a pesar del tiempo reducido que se destinó a su elaboración. Es de resaltar que en la valoración de esta actividad se observa que existen trabajos muy completos con conceptos y relaciones bien desarrollados, no obstante, no es la regla general y coincide con aquellos estudiantes que se destacan por su rendimiento académico e interés por el conocimiento científico.

3.3.2. Análisis de la intervención

Un análisis comparativo de orden cualitativo entre los desempeños de los estudiantes del grado décimo de la Institución en el presente año y los estudiantes del grado décimo de años anteriores sugiere la existencia de una mejora significativa en los desempeños de los estudiantes del grado en el año en curso. Mejoría debida a múltiples causas, entre las cuales se incluyen:

- El diseño de un Proyecto de Aula que incluya estrategias que permitan el entendimiento de la relación estructura atómica - propiedades de las sustancias dentro del marco de la Enseñanza para la Comprensión, si bien es un trabajo de preparación, diseño y elaboración que requiere gran inversión en tiempo y esfuerzo, representa importantes ventajas.
 - El marco de la EpC es una estrategia que permite que docentes y estudiantes tengan una visión clara de la meta de llegada que puede ser planteada en forma de pregunta con base en un fenómeno que motive a los estudiantes a la comprensión; en este sentido, la red de conocimientos necesarios para llegar a la meta general o hilo conductor son estudiados de tal forma que se cumplen metas parciales (metas de comprensión) que aumentan en grado de complejidad hasta alcanzar la meta general.
 - El trabajo por metas de comprensión admite que el estudiante realice desempeños que permiten generalizar, representar, organizar, reestructurar, ejemplificar y aplicar el conocimiento de manera reflexiva con retroalimentación constante lo que lleva al establecimiento de conexiones entre lo cotidiano (lo práctico) y los temas tratados (lo conceptual).

88 Diseño de un Proyecto de Aula, en el Marco de la Enseñanza para la Comprensión, que facilite el entendimiento de la relación estructura atómica - propiedades de la materia.

- El uso del libro digital interactivo es una herramienta que permite ser trabajada en el aula de clase como apoyo al tejido de conceptos requeridos para lograr el desempeño. Al tener contenidos en formatos variados permite que estudiantes con formas de aprendizaje diferentes tengan mayor posibilidad de comprender las metas planteadas. Además, los desempeños digitales permiten al alumno valorar su grado de comprensión conjuntamente con el desarrollo de habilidades en el uso de las tecnologías de la comunicación. Como complemento, el desarrollo de desempeños no digitales permite fortalecer habilidades como la tabulación de la información, la representación gráfica de fenómenos y conceptos, la formulación de hipótesis, la argumentación, entre otras. Además, una de las mayores habilidades desarrolladas en el estudiante con este tipo de trabajos es la lectura comprensiva y crítica de la información
- El diseño y elaboración de contenidos permiten al docente, además de la elaboración de una herramienta que complemente una estrategia didáctica, la construcción y reconstrucción del conocimiento por parte de éste, generando mayor dominio de los temas abordados. Esto se ve reflejado no sólo en los contenidos sino en su capacidad de motivar y de resolver las cuestiones propias del aula de clase llevando al estudiante un paso más allá en el análisis, construcción y expansión del conocimiento.

3.4. Conclusiones y Recomendaciones

3.4.1. Conclusiones

- Los estudiantes de la Institución Educativa Madre Laura, al ingresar al ciclo de la educación media secundaria tienen conceptos marcadamente influenciados o determinados por el contexto de la cotidianidad. En consecuencia, es necesario, una vez realizado el diagnóstico inicial, realizar una nivelación que incluya cuatro aspectos básicos:
 - Primero, los sistemas, su composición, interacciones y propiedades emergentes; temas que no son trabajados específicamente en el currículo y que son necesarios para generar en el estudiante una visión sistémica de los fenómenos y el mundo que lo rodea evitando interpretaciones parciales que interfieran en la comprensión de los fenómenos y su argumentación.
 - Segundo, la materia, su estructura, características y clasificación; temas que, si bien son trabajados previamente, no generan en el estudiante promedio recordación, y mucho menos comprensión. Conocimientos sin los cuales el estudiante no posee una visión macro adecuada en la que encajar los conocimientos que se trabajaran para comprender la relación entre la estructura de la materia y sus propiedades emergentes.
 - Tercero, el átomo, su estructura y modelos de representación; temas que, al igual que las generalidades sobre la materia, son trabajados en la básica primaria y secundaria, pero que, al no generar comprensión en el estudiante o conexiones con lo cotidiano, éste le deja relegado lo que impide que genere conexiones entre los conocimientos previos y los nuevos e interfiriendo con diferentes procesos mentales que debe hacer el estudiante con éste para avanzar en complejidad.

- 90 Diseño de un Proyecto de Aula, en el Marco de la Enseñanza para la Comprensión, que facilite el entendimiento de la relación estructura atómica - propiedades de la materia.
- Por último, el estudio del significado del equilibrio dinámico; tema esencial en la comprensión de que muchos de los fenómenos se pueden interpretar como sistemas en equilibrio, ejemplo de ello es el cambio de estado de agregación, la saturación de una disolución, la saturación del aire, entre otros; comprensión que facilita al estudiante la visión sistémica de los fenómenos, por ende, su adecuada interpretación.
 - El diseño de un proyecto de aula bajo el marco de la EpC que incluya estrategias que permitan la comprensión de fenómenos representa importantes ventajas como: tener una visión clara de la meta de llegada para docentes y estudiantes, así como el establecimiento de conexiones entre lo cotidiano (lo práctico) y los temas tratados (lo conceptual).
 - Intervenir la enseñanza de los contenidos con el uso de libros digitales interactivos, ante las limitaciones de tiempo y de recursos, se convierten en una herramienta que permite flexibilizar los tiempos y espacios, además de admitir que estudiantes que quieran ampliar y/o profundizar un tema específico se puedan apoyar de este tipo de materiales; siendo de especial relevancia el hecho de que facilita el aprendizaje de los conceptos respetando los diferentes ritmos de aprendizaje en integrantes de un mismo grupo.
 - El presente proyecto de aula, como estrategia de tipo didáctico que contribuye a la enseñanza para la comprensión de la relación entre la estructura del átomo y las propiedades de las sustancias, en general, reportó resultados positivos en el nivel de comprensión del estudiante sobre el fenómeno trabajado.

3.4.2. Recomendaciones

No obstante, los aspectos positivos mencionados, el libro es una herramienta que, aunque innovadora, debe ser trabajada en el aula de clase con orientación constante del docente, tanto para la solución de dudas y aclaración de conceptos y fenómenos. Así mismo, este tipo de herramientas no se constituyen en un estímulo per se para aquellos alumnos que no manifiestan motivación por el conocimiento en general, o por el área en particular.

4. Referencias

- AGUDELO CARVAJAL, C. G. (diciembre de 2015). La Función de la Tabla Periódica en la Enseñanza de la Química. Clasificar o aprender. *Tesis octoral*. Balletarra, España: Universidad de Barcelona.
- AGUDELO, E. G., & ZAYAS, C. Á. (1998). *Lecciones de Didáctica General*. Bogotá: Edinalco.
- ARÉVALO TORRES, Y. (2016). Estrategias Lúdicas y Experimentales para la Enseñanza-Aprendizaje de la Tabla Periódica con los Estudiantes de Grado 10° de la Institución Educativa Técnico UPAR. Valledupar, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
- AUSUBEL, P., NOVAK, J., & HANESIAN, H. (2009). *Psicología Educativa. Un punto de vista cognoscitivo*. México: Trillas.
- BAUSELA HERRERAS, E. (s.f.). La Docencia a través de la Investigación-Acción. *Revista Iberoamericana de Educación*, 1-9.
- CAMPANARIO, J. M., & MOYA, A. (1999). ¿Cómo Enseñar Ciencias? Principales Tendencias y Propuestas. *Enseñanza de las Ciencias*, 179-192.
- CAPUANO, V., DIMA, G., BOTTA, I. L., FOLLARI, B., GUITIERREZ, E., DE LA FUENTE, A., & PERROTTA, M. T. (2007). Una Experiencia de Aula para la Enseñanza del Concepto de Modelo Atómico en 8°. *Revista Iberoamericana de Educación*, 1-12.
- CAPUANO, V., DIMA, G., BOTTA, I., FOLLARI, B., DE LA FUENTE, A., GUTIÉRREZ, E., & PERROTTA, M. T. (2007). Una Experiencia de Aula para la Enseñanza del Concepto de Modelo Atómico en 8.º EGB. *Revista Iberoamericana de Educación*, 2-10.
- CÁRDENAS CANO, C. A. (2011). Unidad Didáctica: Sistema Periódico. Medellín, Antioquia, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
- CAUSADO MORENO, A. (2012). Diseño e Implementación de una Estrategia Didáctica para la Enseñanza-aprendizaje de la Tabla Periódica y sus Propiedades en el Grado Octavo Utilizando las Nuevas Tecnologías TICs: Estudio de Caso en la Institución Educativa Educativa Alfonso López Pumare. Medellín, Antioquia, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
- CHANG, R., & COLLEGE, W. (2002). *Química*. México D.F: McGraw Hill.
- CONGRESO DE LA REPÚBLICA. (8 de febrero de 1994). Ley 115. Por la cual se Expide la Ley General de Educación. Bogotá, Colombia.

- DIAZ MARÍN, S. (2012). Diseño e Implementación de una Estrategia Didáctica para la Enseñanza-aprendizaje de la Tabla Periódica y sus Propiedades en el Grado Octavo Utilizando las Nuevas Tecnologías TICs: Estudio de Caso en la Institución Asia Ignaciana grupo 8-5. Medellín, Antioquia, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
- FERC, V., VRTACNICK, M., BLEJEC, A., & GEIL, A. (2003). Students' understanding of molecular structure representations. *International Journal of Science Education*, 1227-1245.
- GÓMEZ CRESPO, M. Á., POZO, J. I., & GUTIÉRREZ, M. S. (2004). Enseñando a Comprender la Naturaleza de la Materia: el Diálogo entre la Química y Nuestros Sentidos. *Educación Química*, 198-209.
- ICFES. (10 de 03 de 2017). *ICFES Interactivo*. Obtenido de <http://www.icfesinteractivo.gov.co/resultados-saber2016-web/pages/publicacionResultados/agregados/saber11/consultaAgregadosEstablecimiento.jsf#No-back-button>
- INSTITUCIÓN EDUCATIVA MADRE LAURA. (26 de 03 de 2017). *INSTITUCIÓN EDUCATIVA MADRE LAURA*. Obtenido de <http://www.iemadrelaura.edu.co/index.php>
- INTERNATIONAL UNION PURE AND APPLIED CHEMISTRY. (1997). *Gold Book*. Zúrich (Suiza).
- JUSTI, R., & GILBERT, J. (2003). Models and modelling in chemical education. En J. GILBERT, O. JONG, R. JUSTI, D. TREGUST, & J. VAN DRIEL, *Chemical Education: Towards Research-Based Practice* (págs. 47-68). NEW YORK, BOSTON, DORDRECHT, LONDON, MOSCOW: KLUWER ACADEMIC PUBLISHERS.
- MINISTERIO DE EDUCACIÓN NACIONAL. (julio de 2004). Estándares Básicos de Competencias en Ciencias Naturales y Ciencias Sociales. Bogotá, Colombia.
- MINISTERIO DE EDUCACIÓN NACIONAL. (2004). Estándares Básicos de Competencias en Ciencias Naturales y ciencias Sociales. Bogotá D.C., Colombia.
- MINISTERIO DE EDUCACIÓN NACIONAL. (s.f.). Derechos Básicos de Aprendizaje. Ciencias Naturales. Bogotá D.C., Colombia: Colombia Aprende.
- MONDRAGÓN MARTÍNEZ, C., PEÑA GÓMEZ, L. Y., SÁNCHEZ DE ESCOBAR, M., ARBELÁEZ ESCALANTE, F., & GONZÁLEZ GUTIÉRREZ, D. (2010). *Hipertexto. Química*. Madrid: Santillana.
- MOROJOV, I. (2017). *International Atomic Energy Agency*. Obtenido de El Átomo al Servicio de la Humanidad.: https://www.iaea.org/sites/default/files/15505094244_es.pdf
- PERKINS, D., & BLITHE, T. (1994). Putting Understanding Up Front. *Educational Leadership*, 4-7.
- PERKINS, D., & BLYTHE, T. (20 de 05 de 2006). *Ante todo la Comprensión*. Obtenido de EDUTEKA: <http://eduteka.icesi.edu.co/AnteTodoComprension.php>
- PETRUCCI, R., HERRING, G., MADURA, J., & BISSONNETTE, C. (2011). *Química General*. Madrid, España: Pearson.

94 Diseño de un Proyecto de Aula, en el Marco de la Enseñanza para la Comprensión, que facilite el entendimiento de la relación estructura atómica - propiedades de la materia.

POGRÉ, P. (2002). Enseñanza para la Comprensión. Un marco para Innovar en la Intervención Didáctica. En I. AGUERRONDO, M. T. LUDO, P. POGRÉ, M. RONNI, & S. XIFRA, *Escuelas del Futuro II. Cómo Planifican las Escuelas que Innovan*. California: Papers.

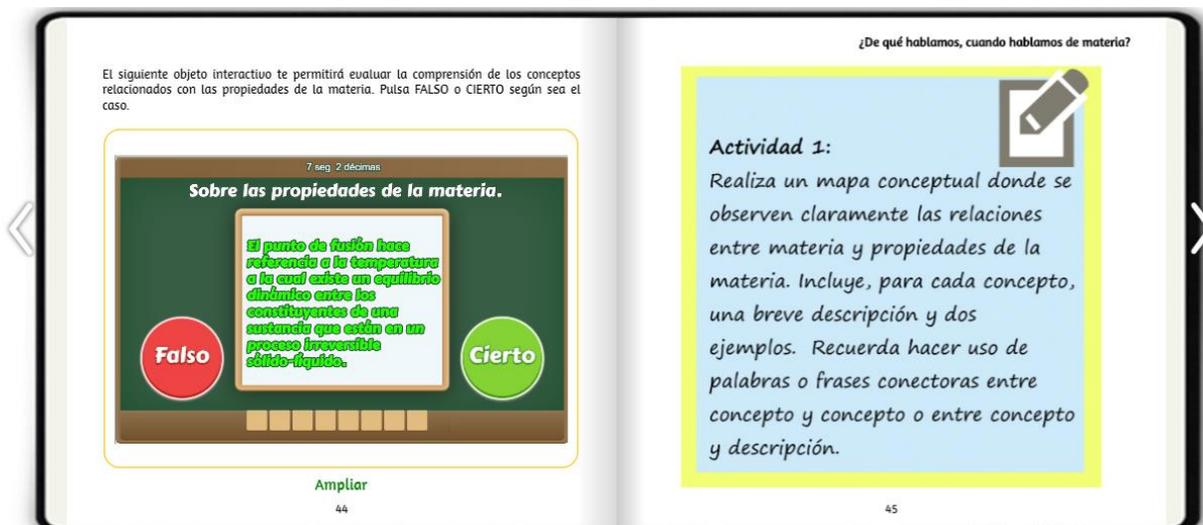
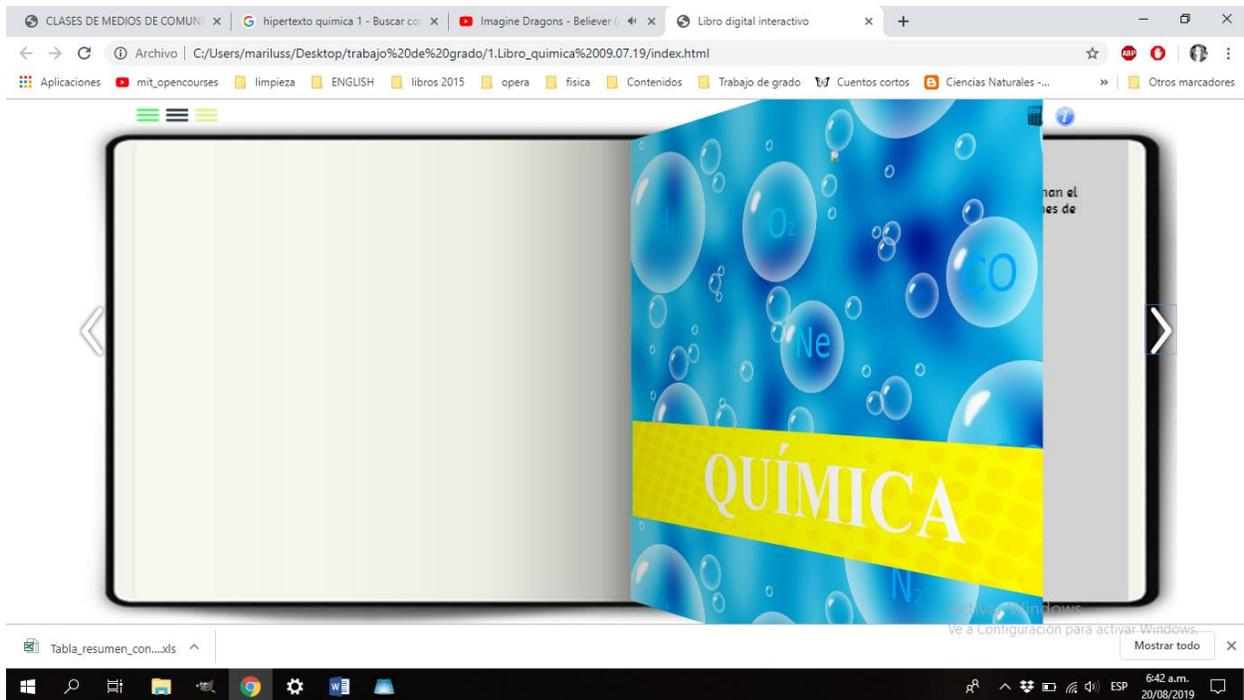
STULL, A., BARRETT, T., & HEGARTY, M. (2013). Usability of Concrete and Virtual Models in Chemistry Instruction. *Elsevier*, 2546-2556.

STULL, A., GAINER, M., & HEGARTY, M. (2017). Learning by enacting: The role of embodiment in chemistry education. *Elsevier*, 80-92.

TORRES, G. (30 de julio de 2013). *Los sincrotrones, el Lugar donde se Diseña la Medicina del Futuro*. Obtenido de BBC:
http://www.bbc.com/mundo/noticias/2013/07/130717_salud_centro_diamond_medicina_macro_molecular_gtg

YAÑEZ FARIAS, G. A., SOÑANEZ ORGANIS, J. P., ROSAS RODRÍGUEZ, J. A., & VIRGEN ORTIZ, A. (2013). *Notas de química*. México: Universidad de Sonora.

Anexo A. Vista del libro digital interactivo



96 Diseño de un Proyecto de Aula, en el Marco de la Enseñanza para la Comprensión, que facilite el entendimiento de la relación estructura atómica - propiedades de la materia.

88

Niveles de energía

Los electrones de un átomo se encuentran distribuidos en capas o niveles de energía en la periferia del átomo. La cantidad de energía cinética (o de movimiento) que posee un electrón está definida por la ubicación del electrón en una determinada capa, siendo más energéticos aquellos que se encuentran más alejados del núcleo. Incluso, un electrón ubicado en el último nivel de energía de un átomo, podría tener una energía cinética tan alta que el núcleo ya no ejerza fuerza de atracción suficiente para contenerlo, y, por lo tanto, éste electrón podría dejar el átomo.

Un átomo eléctricamente neutro tiene igual número de subpartículas con carga positiva (protones) y negativa (electrones); entonces, a mayor número de protones, mayor número de electrones. Por ejemplo: Cada átomo del elemento hidrógeno (H) cuenta con un protón y un electrón; los átomos del siguiente elemento, el helio (He), cuentan con dos protones y dos electrones; los átomos del elemento litio (Li) cuentan con tres protones y tres electrones, y así sucesivamente.

En el siguiente video podrás observar cómo, a mayor número de protones, mayor número de electrones. Además, verás cómo aumentan los niveles de energía a medida que los niveles de menor energía se ocupan con el número de electrones máximo que pueden contener.

89

¿Cómo determinan las partículas subatómicas las propiedades características del átomo?

Propiedades características del átomo.

Niveles de energía

Mary Luz Sepúlveda Ocampo

0:00 / 0:54

Ampliar

159

El presente capítulo facilitará la comprensión del qué son las interacciones intramoleculares y cómo influyen en las propiedades de las unidades básicas.

ENLACES

Cuando dos átomos están lo suficientemente cerca como para influir eléctricamente uno en el otro experimentan interacciones atractivas y repulsivas, lo cual puede llevar a que ocurra una de dos situaciones:

- Situación 1: los orbitales externos de ambos átomos se influyen mutuamente de tal forma que aumenta la interacción eléctrica repulsiva entre ambos átomos a medida que se acercan. En este caso no se enlazan; esto ocurre, entre otros, en los gases nobles.
- Situación 2: la interacción eléctrica atractiva entre ambos átomos genera un estado de enlace; es decir, los átomos no pueden desligarse uno del otro ya que hay atracción entre ambos (a menos que se suministrara energía externa). En este caso la energía del sistema formado por los dos átomos disminuye en la medida en que los átomos se aproximan, y, a partir de cierta distancia entre ambos átomos, la energía vuelve a incrementarse. El punto en que la energía es más baja la estabilidad del sistema es máxima, permitiendo la formación de la molécula estable; a esta distancia se denomina **longitud de enlace** y se expresa en angstrom (Å).

En el siguiente objeto interactivo, diseñado por Yuen-ying Carpenter et al, podrás explorar cómo son las interacciones entre varias combinaciones de dos átomos.

160

¿Cómo se relacionan las propiedades de la molécula con las propiedades de los átomos que la constituyen?

Observa la fuerza de repulsión cuando hay presencia de átomos de gases nobles, en contraste con la fuerza atractiva entre átomos de oxígeno. Además, observa la relación entre el punto de mínima energía potencial con la formación o no de un enlace.

Interacciones Atómicas

PhET

Anexo B. Prueba 1

Actividad.

Objetivo: Determinar el uso adecuado del lenguaje técnico y/o científico por parte del estudiante en la explicación de situaciones conocidas.



La imagen muestra diferentes partes de un objeto más complejo. Identifica el objeto que se obtiene al ensamblar todas las piezas; y explica el principal uso o función que cumple dicho objeto.

OBJETO: _____
 EXPLICA _____

Cada una de las piezas cumple un función dentro del funcionamiento del objeto. ¿Son todas ellas indispensables? Explica.

SI NO



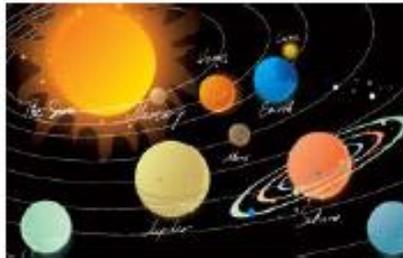
De manera similar a la situación anterior, en la imagen se muestran las diferentes partes de un sistema complejo. ¿Puedes identificar el sistema al que hacemos referencia? ¿Puedes identificar alguna diferencia con respecto a la situación planteada en el punto anterior?

SISTEMA: _____
 DIFERENCIA: _____

Puedes explicar el papel o función que desempeñan cada una de las partes del sistema complejo? _____

¿son todas ellas esenciales, o se podrían prescindir de alguna de ellas? _____

98 Diseño de un Proyecto de Aula, en el Marco de la Enseñanza para la Comprensión, que facilite el entendimiento de la relación estructura atómica - propiedades de la materia.



En una galaxia podemos identificar la presencia de estrellas, astros, planetas, satélites, asteroides, cometas, etc. La fuerza de la gravedad es esencial para la conformación de un sistema planetario que se caracteriza por orbitas periódicas alrededor de una estrella de gran tamaño. Nuestro sistema solar está, básicamente, conformado por el sol, los planetas y sus satélites. ¿Puedes explicar brevemente, o describir de manera clara, cómo funciona nuestro sistema solar y qué papel desempeña cada una de sus partes?



La sal de mesa o sal de cocina es un producto de consumo cotidiano. Siguiendo la misma línea de análisis de los puntos anteriores, ¿qué es la sal?

¿QUÉ PARTES LA COMPONEN?



Hasta acá hemos llamado tu atención sobre el hecho de que un sistema, el cual puede ser muy complejo desde su funcionamiento, está compuesto por partes que se ensamblan y cumplen una función determinada. Has visto el aire?. No. Pero sabemos que está compuesto por elementos y sustancias vitales, tales como el oxígeno, el nitrógeno, el dióxido de carbono, el agua, etc.

¿Cómo explicarías qué es el aire?

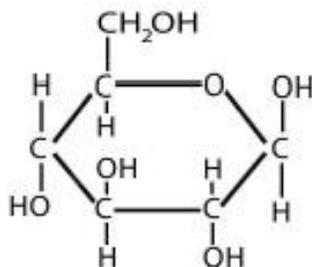
¿Qué experimento se te ocurre, a partir de tus propias vivencias Cotidianas, para mostrar que el aire es materia?

¿qué función cumple el aire?

La imagen representa una molécula de glucosa. Las moléculas de glucosa forman lo que conocemos como el azúcar que está presente en las frutas, miel e incluso la sangre de los animales. ¿Consideras que los elementos que constituyen la molécula de glucosa (si los analizas por separado) poseen ese sabor dulce característico del azúcar? Explica.

SI NO

EXPLICA:



100 Diseño de un Proyecto de Aula, en el Marco de la Enseñanza para la Comprensión, que facilite el entendimiento de la relación estructura atómica - propiedades de la materia.



El ácido clorhídrico (HCl) es una de las sustancias producidas en el estómago cuya función es realizar la digestión de los alimentos. Con base en esta información, y en conocimientos previos explica ¿qué es el ácido clorhídrico? _____

¿Qué partes lo componen y cómo influye cada una de éstas en la formación del compuesto? _____

Como ves, los sistemas complejos están compuestos por partes simples que cumplen una función, y, que al ensamblarlas, ejecutan una función más compleja.



El manómetro es un instrumento de medición para la presión de fluidos contenidos en recipientes cerrados. Los gases son un ejemplo de este tipo de fluido. Puedes explicar, por qué el aire, una mezcla de gases que no podemos ver, puede alterar la medida del manómetro? _____



La imagen muestra una armadura hecha de hierro; armadura que tiene algunas zonas oxidadas. El óxido de hierro es una sustancia cuya estructura molecular es el FeO. ¿Consideras que los elementos que constituyen el óxido de hierro (si los analizas por separado) poseen las mismas propiedades que caracterizan al FeO? Explica. _____

Anexo D. Prueba para valoración de conceptos previos y desempeños de metas de comprensión 1 a 4.

DESARROLLA EL TALLER EN PAREJAS, CON SUS PROPIAS PALABRAS. ENTREGAR AL FINALIZAR LA CLASE.

1. El planeta tierra tiene aproximadamente 6×10^{24} kg, en contraste, una persona adulta tiene en promedio 80 kg. La afirmación hace referencia a la propiedad de la materia llamada:

- a. Gravitación
- b. Masa
- c. Volumen
- d. Inercia

Porque _____

2. Los gases ocupan completamente el espacio del recipiente que los contiene adoptando su forma. Pueden comprimirse fácilmente debido a que existen enormes espacios vacíos entre unas moléculas y otras. La afirmación hace referencia a la propiedad de la materia llamada:

- a. Gravitación
- b. Masa
- c. Volumen
- d. Inercia

Porque _____

3. Señala la(s) imagen(es) que hace(n) referencia al equilibrio dinámico:



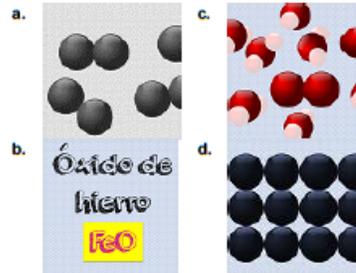
Porque _____

4. Es una transformación física la quema de fuegos artificiales.

- a. Verdadero
- b. Falso

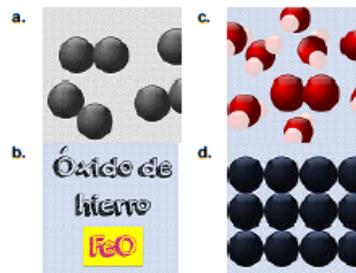
Porque _____

5. Son imágenes que representan una sustancia:



Una sustancia es: _____

6. Son imágenes que representan la sustancia más simple: un elemento:



7. La diferencia entre compuestos y mezclas es

8. Sobre el átomo con la distribución electrónica: $1s^2 2s^2 2p^1$ indica:

- a. N° de niveles de energía: _____
- b. N° de electrones de valencia: _____
- c. N° de electrones: _____
- d. N° de e⁻ en el 2do nivel de energía. _____
- e. N° de e⁻ si el átomo tiene carga +1 _____
- f. Tipo de orbitales presentes en el 2do nivel de energía: _____
- g. El átomo pertenece al elemento: _____

9. En una hoja adicional realiza una representación del átomo bajo el modelo atómico actual.

10. Los electrones ocupan los niveles de menor energía, una vez llenos se ocupan los niveles de mayor energía.
a. Verdadero
b. Falso

11. REPRESENTA: El radio del átomo es la mitad de la distancia internuclear de dos átomos del mismo elemento.

12. REPRESENTA: El efecto de pantalla.

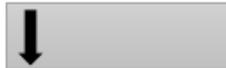
13. La carga nuclear efectiva está relacionada con el efecto de apantallamiento.
a. Verdadero
b. Falso

Explica _____

14. Explica la relación CARGA NUCLEAR EFECTIVA – ELECTRONEGATIVIDAD.

15. ¿Cuál es la utilidad de la tabla periódica?

16. Explica por qué el apantallamiento en la tabla periódica se ve reflejado como en la siguiente imagen:



17. Explica por qué el radio atómico en la tabla periódica se ve reflejado como en la siguiente imagen:



18. Entre un átomo de Na y un átomo de F el tipo de interacción intramolecular más probables es _____ porque _____.

El enlace se puede representar por medio de estructuras de lewis de la siguiente forma:

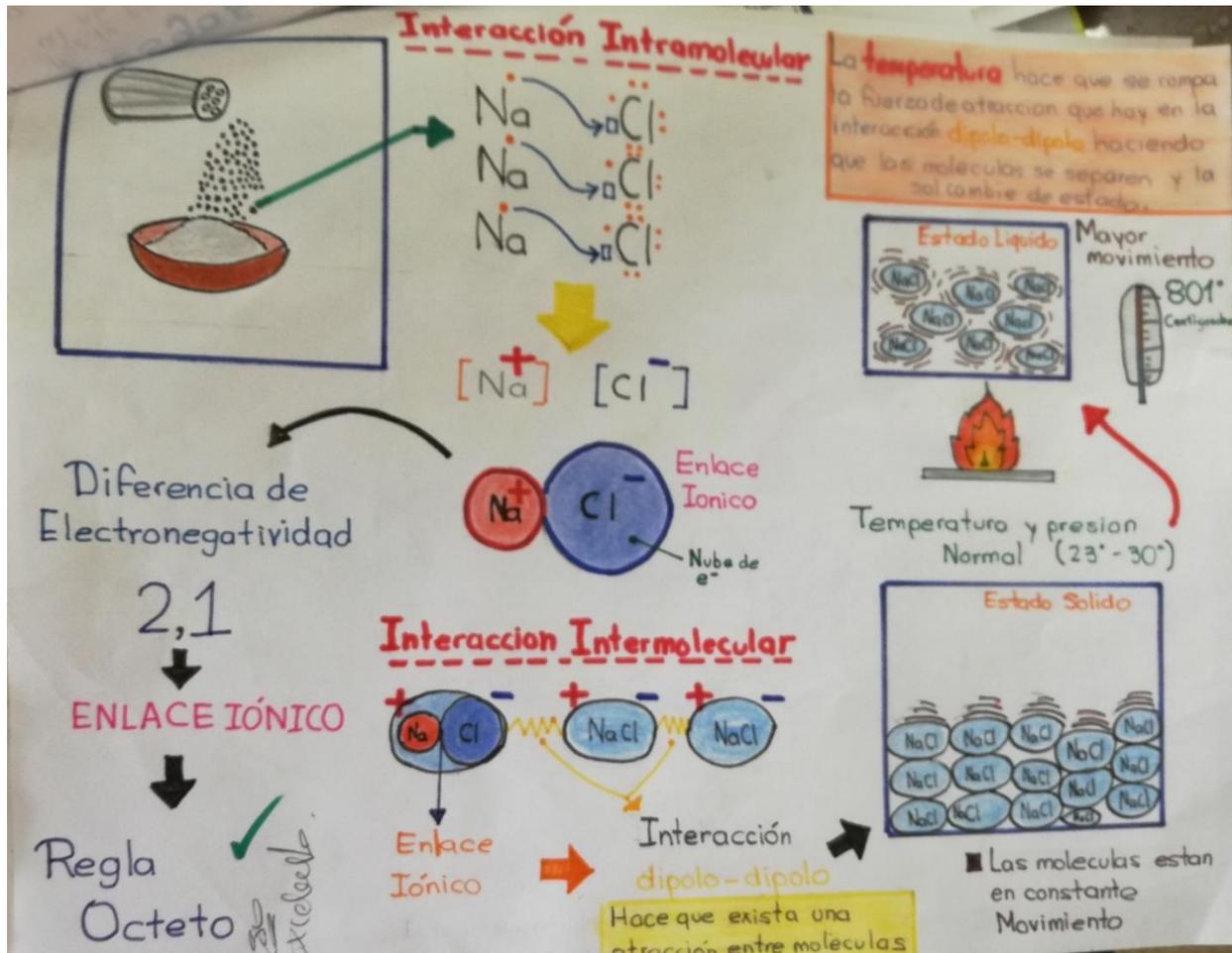
19. Entre un átomo de O y dos átomos de H el tipo de interacción intramolecular más probables es _____ porque _____.

El enlace se puede representar por medio de estructuras de lewis de la siguiente forma:

20. Entre 5 átomos de Mg el tipo de interacción intramolecular más probables es _____ porque _____.

El enlace se puede representar de la siguiente forma:

Anexo E. Diseño de infografía que explica por qué la sal de mesa se encuentra en estado de agregación sólido a temperatura y presión normales.



¿Dónde se encuentra la sal de mesa en estado sólido a la temperatura y a la presión normales?

El cloruro de sodio (NaCl) es la sustancia más buscada por el ser humano. Su utilización prioritaria es condimento sazonador de comidas y conservante de comestibles. Además es un componente vital para el organismo humano ya que regula los líquidos presentes en él. Se encuentra en los océanos (constituye aproximadamente el 3% m/m de estos) y en mares, ríos y lagos.

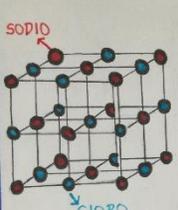
Dato curioso:
La máxima concentración del cloruro de sodio se encuentra en el Mar Muerto.

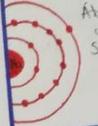
Estructura del NaCl
El cloruro de sodio, a temperatura ambiente, es un sólido blanco, soluble en agua, con una estructura submicroscópica cristalina, en la cual se alternan los cationes Na^+ y los aniones Cl^- formando una red cristalina tridimensional. Como decíamos, es un compuesto iónico.

La fórmula empírica NaCl se compone de la siguiente forma:
 $\text{Na} + \text{Cl} \rightarrow \text{Na}^+ + \text{Cl}^- \rightarrow \text{NaCl}$

SODIO
CLORO

Entonces ¿Por qué es Sólida?
Según la investigación que he realizado:
• El punto de fusión del cloruro de sodio es de: 801°C
• Su punto de ebullición es de: 1465°C
• **Ahora:** la máxima temperatura en todo el mundo es de $56,7^\circ\text{C}$ en Valle de la Muerte (California).
Nuestra temperatura ambiente es insignificante para el punto de fusión del cloruro de sodio. Es tan insignificante que tomando como referencia la máxima temperatura del mundo que es $56,7^\circ\text{C}$, para alcanzar a que la sal se "derrita" necesitaríamos 16 veces más temperatura.
Todo se debe a sus propiedades químicas.





Cloruro de Sodio

Estado Sólido: Es cuando las partículas de un elemento se mantienen unidas y con ello impidiendo el movimiento interno, gracias a esto se mantiene el volumen y la forma.

¿Por qué es Sólida?
• Con la información anterior puedo deducir que la sal está en estado sólido y cristalino por su alto nivel de temperatura de fusión y ebullición. Esto se debe a la fuerte atracción que hay entre los iones que conforman el cristal. Para destruir su estructura se necesitan grandes cantidades de energía.

Dato curioso:
• El sodio es uno de los elementos esenciales para el correcto funcionamiento del cerebro.

Estructura de Lewis:
 $\text{Na}^+ \cdot \text{Cl}^-$

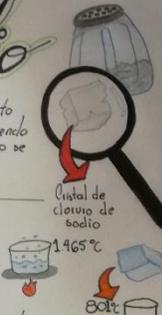
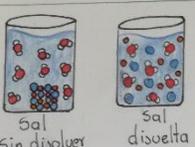
• A temperatura y presión ambiente, las sales cambian de color.
• Cloruro de sodio es blanca
• Sulfato de cobre es azul
• Dióxido de potasio es naranja
• FeCl_3

Peligrosidad

Disolución en agua:
• Las moléculas de agua son eléctricamente neutras y polarizables, gracias a esto los iones de Na^+ y Cl^- se separan bajo la atracción más fuerte de las moléculas de agua.

Sal Sin disolver Sal disuelta

Por: Juan Camilo García Sánchez

Es un compuesto iónico formado por un catión de sodio Na^+ y un anión cloruro Cl^- este puede ser los reactivos de cualquier de estos dos gases.

El sodio es un elemento químico $A=11$
Es un metal alcalino blando, un tono de color plateado, es muy reactivo.

El cloro es un elemento químico $A=17$.
Es del grupo de los alógenos, en estado puro forma de cloro un gas tóxico.

El sodio tiene 3 electrones de una capa completa y, toma $5,4\text{eV}$ para liberar esta energía. Al cloro le falta un electrón para completar una capa y libera $7,62\text{eV}$.

Curiosidades:
Es un conductor eléctrico al reaccionar con el agua.

La sal en los alimentos resalta el sabor.

Antes el salado se recibía en forma de sal de allí hace la palabra salarino.

El sodio es uno de los elementos esenciales para el funcionamiento del cerebro.

Cuando el Cl de Sal está...
Cuando el Cl está en estado sólido, sus átomos se acomodan en una estructura cristalina cúbica, es una unión iónica ocasionada por los campos electrostáticos de sus átomos.

Cuando el Cl de Sal está...
Cuando el Cl está en estado sólido, sus átomos se acomodan en una estructura cristalina cúbica, es una unión iónica ocasionada por los campos electrostáticos de sus átomos.

Carbide propiedades catigativas como: variar la presión del vapor de la disolución, elevar el punto de ebullición y descender al punto de congelación.

Debemos fundir hielo, aplicando calor. Pero esto no es lo que hace la sal con el hielo, esta lo disuelve.

Los iones de cloro y sodio se interaccionan entre las moléculas de agua y evita que se produzcan los enlaces por puentes de hidrógeno. La disolución se mantiene líquida por debajo del punto de fusión del hielo.



